

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

A.Koray YILDIRIMER

EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE DEBİ-MALİYET İLİŞKİLERİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE DEBİ-MALİYET İLİŞKİLERİ

A.Koray YILDIRIMER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 21/12/2006 tarihinde aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.**

İmza..... İmza..... İmza.....

Doç.Dr. Fuat BUDAK
DANIŞMAN

Prof.Dr.Ahmet YÜCEER
ÜYE

Yrd.Doç.Dr. Seyfi N.OĞLULATA
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No :

Prof.Dr Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza-Mühür

**Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FBE 2002YL257**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS

EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE DEBİ-MALİYET İLİŞKİLERİ

A.Koray YILDIRIMER

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Danışman: Doç.Dr. Fuat BUDAK

Yıl: 2006, Sayfa: 111

Jüri : Doç.Dr. Fuat BUDAK

Prof.Dr.Ahmet YÜCEER

Yrd.Doç.Dr. Seyfi N. OĞULATA

Bu çalışmada, bilgisayar programı kullanılarak, evsel atıksuların arıtılması için kullanılan alternatif atıksu arıtma proseslerinin maliyet-debi ilişkileri incelenmiştir. Maliyetler, evsel atıksu arıtma tesisleri alternatifleri için farklı debi miktarlarında incelenmiş ve tesislerin; ilk yatırım maliyetleri, işletme ve bakım maliyetleri, birim atıksu maliyetleri ve arazi maliyetleri, debi-maliyet eğrileriyle ortaya konmuştur. Ayrıca atıksu arıtma sistemi modifikasyonları seçiminde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğindeki deşarj standartları parametreleri göz önüne alınarak prosesler boyutlandırılmış ve farklı prosesler içeren alternatif arıtma tesisleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Evsel Atıksular, Arıtma, Yatırım ve İşletme Maliyetleri, Debi-Maliyet İlişkileri

ABSTRACT

(M.Sc.Thesis)

THE RELATIONS OF FLOW-COST FOR DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANTS

A.Koray YILDIRIMER

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fuat BUDAK

Year: 2006, Pages: 111

Jury: Assoc. Prof. Dr. Fuat BUDAK

Prof. Dr. Ahmet YÜCEER

Assist. Prof. Dr. Seyfi N. OĞULATA

In this study, flow rate-cost relations of the different wastewater treatment plant were investigated which used for to be treat domestic wastewater using computer software. The cost was investigated for domestic wastewater treatment plant alternatives at the different level of flow-rate quantity. Thus, the cost of treatment plants are drawn via to flow rate-cost diagrams showing the relationships between flow rate – construction cost, flow rate – operation and maintenance costs, flow rate – land cost and flow rate- cost of treating 1 m³ of wastewater. However, considering the discharge standards of water pollution control regulation wastewater treatment plant units were designed and this treatment plants including separate units were compared with each others.

Key Words: Domestic Wastewater, Treatment, Investment and Operation Costs, Flow-Cost Relationships

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışmanın yürütüldüğü ve imkanlarını kullandığım Çevre Mühendisliği Bölümüne teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca beni yönlendirip tavsiyeleri ile bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen, değerli hocam ve danışmanım sayın Yrd.Doç.Dr. Fuat BUDAK'a,teşekkür ederim.

Bu tezi hazırlamamda, yazım ve kontrolünde bana yardımcı olan ve adını sayamadığım herkese teşekkür ederim.

Özellikle tüm bu süreçte maddi ve manevi yardımlarını hiç esirgemeyen biricik ailem annem, babam ve kardeşime teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Evsel Atıksuların Tanımı ve Özellikleri.....	2
1.2. Atıksu Arıtma Teknikleri.....	3
1.3. Evsel Atıksuların Arıtılması.....	4
1.3.1. Genel.....	4
1.3.2. Fiziksel Arıtma.....	4
1.3.3. Kimyasal Arıtma.....	5
1.3.4. Biyolojik Arıtma.....	6
1.3.4.1. Havalı (Aerobik) Biyolojik Arıtma.....	6
1.3.4.1.(1). Aktif Çamur.....	6
1.3.4.1.(1).(a). Saf Oksijenli Sistemler.....	7
1.3.4.1.(1).(b). Uzun Havalandırmalı Sistemler.....	8
1.3.4.1.(1).(c). Kontak Stabilizasyon.....	9
1.3.4.1.(1).(d).Oksidasyon Hendekleri	10
1.3.4.1.(1).(e). Kademeli Havalandırma	11
1.3.4.1.(1).(f). Tadil Edilmiş Havalandırma	12
1.3.4.1.(1).(g). Yüksek Hızlı Havalandırma.....	12
1.3.4.1.(2). Damlatmalı Filtreler.....	13
1.3.4.1.(3). Biyodiskler.....	14
1.3.4.1.(4). Mekanik Havalandırmalı Lagünler.....	15
1.3.4.1.(5). Stabilizasyon havuzları.....	16
1.3.4.2. Havasız (Anaerobik) Biyolojik Arıtma.....	18

1.3.4.3. Atıksuların Arazide arıtımı.....	19
1.3.4.4. Akuatik Arıtma Sistemleri.....	21
1.3.4.5. Arıtma Çamuru İşlenmesi ve Arıtımı.....	22
1.3.4.5.(1). Çamur Stabilizasyonu	23
1.3.4.5.(2). Anaerobik Çürüme	23
1.3.4.5.(3). Aerobik Çürüme	24
1.3.4.5.(4). Yoğunlaştırma	24
1.3.4.5.(5). Çamurun suyunun alınması	24
1.4. Atıksuların Arıtma Tesislerinin Boyutlandırılmasında Kullanılan Bazı Kinetik Katsayılar ve Denklemler.....	25
1.5. Atıksuların Arıtılmasında Maliyet Unsurlarının Belirlenmesi.....	31
1.5.1.Genel.....	31
1.5.2. İnşaat (Yapım) Maliyeti	32
1.5.3. İşletme ve Bakım Maliyeti.....	32
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	33
3. MATERYAL VE METOD.....	39
3.1. Materyal.....	39
3.1.1. Atıksu Arıtma Tesislerinin Bilgisayar Programı İle Boyutlandırılmasının Önemi	39
3.1.1.1. CAPDEWORKS Programının Tanıtımı.....	39
3.1.1.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği... ..	44
3.1.1.3. Arıtma Prosesi Bileşenleri.....	47
3.1.1.3.1 Mekanik Arıtma Birimleri ve Proje Kriterleri.....	47
3.1.1.3.1.(1) Izgaralar.....	47
3.1.1.3.1.(2). Kum tutucular.....	47
3.1.1.3.2. Kimyasal Arıtma ve Proje Kriterleri.....	48
3.1.1.3.2.(1). Hızlı Karıştırma- Yumaklaştırma- Çökeltme	48
3.1.1.3.3. Biyolojik Arıtma Birimleri ve Proje Kriterleri.....	49
3.1.1.3.3.(1). Tam Karışımli Sistemler	49
3.1.1.3.3.(2). Uzun Havalandırmalı Sistemler.....	49
3.1.1.3.4. Çamur Arıtma Birimleri Ve Proje Kriterleri	50

3.1.3.4.(1). Yoğunlaştırıcı.....	50
3.1.3.4.(2). Anaerobik çürütme	50
3.1.3.4.(3).Aerobik çürütme.....	51
3.1.3.4.(4). Beltfiltre	51
3.2. Metot	52
3.2.1. Arıtma Tesisi Maliyetlerinde Kullanılan Birim Fiyatlar.....	52
3.2.1.1. Hafriyat Birim Fiyatı.....	52
3.2.1.2. Betonarme Betonu Birim Fiyatı.....	53
3.2.1.3. Arazi Fiyatları.....	53
3.2.1.4. İnşaat Maliyetleri	53
3.2.1.5. Projelendirmelerde Kullanılan Kişi Başını Su Kullanımı ve Organik Yükler.....	53
3.2.2. Karşılaştırılan Sistemlerin Maliyetleri	54
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR.....	59
4.1. Araştırma Bulguları.....	58
4.1.1.Atıksu Arıtma Tesislerindeki Maliyetler.....	58
4.1.1.1.Yatırım Maliyeti.....	58
4.1.1.2. İşletme ve Bakım Maliyeti.....	58
4.1.1.3.Mühendislik Maliyeti ve Döviz Kuru.....	59
4.1.2.Faiz Oranı.....	59
4.2. Atıksu Arıtma Tesislerindeki Debi-Maliyet İlişkileri.....	59
4.2.1. Debi-Toplam Proje Maliyeti İlişkileri.....	59
4.2.2. Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti İlişkileri.....	68
4.2.3. Debi-Birim Hacimdeki Atıksuyun Arıtma Maliyeti İlişkileri.....	76
4.2.4. Debi-Arazi Miktarı İlişkileri.....	84
4.3 Araştırma Bulgularının Tartışılması	92
4.3.1. Sıcak İklimlerde Atıksuların Arıtma Alternatiflerinin Değerlendirilmesi.....	92
4.3.2 Atıksu Arıtma Tesislerinin Debi - Maliyet Bakımından Değerlendirilmesi.....	93
4.3.2.1 Debi-Toplam Proje Maliyeti Değerlendirilmesi.....	93

4.3.2.2. Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Değerlendirilmesi.....	94
4.3.2.3. Debi-Birim Hacimdeki Atıksuyun Arıtma Maliyeti Değerlendirilmesi	95
4.3.2.4. Debi-Arazi Maliyeti Değerlendirilmesi	96
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	103
EKLER.....	104

ÇİZELGELER LİSTESİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Capdetworks programı ile boyutlandırılabilen bazı prosesler.....	41
Çizelge 3.2. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 1:Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 5-60 Kg/Gün arasında, Nüfus: 84-100).....	45
Çizelge 3.3. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 2: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 60-600 Kg/Gün arasında, Nüfus 100-10000).....	45
Çizelge 3.4. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 3: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 60-6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus 10000-100000).....	46
Çizelge 3.5 Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 4: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus 100000' den Büyük).....	46
Çizelge 3.6. Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin).....	46
Çizelge 3.7. Elle ve mekanik temizlemeli ızgaralar için proje kriterleri.....	47
Çizelge 3.8 Havalandırmalı kum tutucu proje kriterleri.....	48
Çizelge 3.9. Çeşitli kimyasalların kullanıldığı kimyasal çöktürme tankında önerilen yüzey yükü değerleri.....	48
Çizelge 3.10. Tam karışımli havuzların proje kriterleri.....	49
Çizelge 3.11. Uzun havalandırmalı sistemlere ait proje kriterleri.....	50
Çizelge 3.12. Gravital çamur yoğunlaştırıcılarda çeşitli tipteki çamurlar için tipik çamur yükleri.....	51
Çizelge 3.13 Mezofilik. Anaerobik çürütmeye ait proje kriterleri.....	51
Çizelge 3.14 Aerobik çürütmeye ait proje kriterleri.....	52
Çizelge3.15. Capdetworks programında kullanılan bazı birim fiyatlar.....	55
Çizelge3.16. Capdetworks programında esas alınan ham atıksu karakteristikleri.....	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

SAYFA

Şekil 1.1. Saf Oksijen Sisteminin Genel Akım Şeması.....	8
Şekil 1.2. Uzun Havalandırma Sisteminin Genel Akım Şeması.....	9
Şekil 1.3. Kontakt Stabilizasyon Sisteminin Genel Akım Şeması.....	10
Şekil 1.4. Oksidasyon Hendek Sisteminin Genel Akım Şeması.....	11
Şekil 1.5. Kademeli Havalandırma Sisteminin Genel Akım Şeması.....	12
Şekil 1.6. Yüksek Hızlı Havalandırma Sisteminin Genel Akım Şeması.....	13
Şekil 1.7. Damlatmalı Filtre Sisteminin Genel Akım Şeması.....	14
Şekil 1.8. Biyodisk Sisteminin Genel Akım Şeması	15
Şekil 1.9. Lagün Sisteminin Genel Akım Şeması	16
Şekil 1.10. Stabilizasyon Havuzu Sisteminin Genel Akım Şeması.....	18
Şekil 1.11. Düşük İnfiltrasyon Sisteminin Genel Akım Şeması	19
Şekil 1.12. Hızlı İnfiltrasyon Sisteminin Genel Akım Şeması	20
Şekil 1.13. Arazi Yüzeyinden Akıtma Sisteminin Genel Akım Şeması	21
Şekil 3.1. Programın File Menüsü Şekli.....	42
Şekil 3.2. Programın Edit Menüsü Şekli.....	42
Şekil 3.3. Programın Layout Menüsü Şekli.....	42
Şekil 3.4. Programın Options Menüsü Şekli.....	43
Şekil 3.5. Programın Cost Data Menüsü Şekli.....	43
Şekil 3.6. Programın Cost Analysis Menüsü Şekli.....	43
Şekil 3.7. Programın Help Menüsü Şekli.....	43
Şekil 3.8. Programın Boyutlandırma Sayfası Şekli.....	44
Şekil 4.1. Tam Karışımlı Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	61
Şekil 4.2. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği	61
Şekil 4.3. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	62
Şekil 4.4. Biyodisk Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	62
Şekil 4.5. Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	63

Şekil 4.6. Saf Oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	63
Şekil 4.7. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	64
Şekil 4.8. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	64
Şekil 4.9. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	65
Şekil 4.10. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	65
Şekil 4.11. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	66
Şekil 4.12. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	66
Şekil 4.13. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	67
Şekil 4.14. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği.....	67
Şekil 4.15. Tam Karışım Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	69
Şekil 4.16. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	69
Şekil 4.17. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	70
Şekil 4.18. Biyodisk Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	70
Şekil 4.19. Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	71
Şekil 4.20. Saf Oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam İşletme veyeti Grafiği.....	71
Şekil 4.21. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	72
Şekil 4.22. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	72
Şekil 4.23. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	73
Şekil 4.24. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	73
Şekil 4.25. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım	

Maliyeti Grafiği.....	74
Şekil 4.26. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	74
Şekil 4.27. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	75
Şekil 4.28. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	75
Şekil 4.29. Tam Karışım Aktif Çamur Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	77
Şekil 4.30. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	77
Şekil 4.31. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	78
Şekil 4.32. Biyodisk Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	78
Şekil 4.33 Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	79
Şekil 4.34. Saf Oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	79
Şekil 4.35. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	80
Şekil 4.36. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	80
Şekil 4.37. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	81
Şekil 4.38. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	81
Şekil 4.39. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	82
Şekil 4.40. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği.....	82
Şekil 4.41. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi - 1 m ³ Atıksu Arıtma	

Maliyeti Grafiği.....	83
Şekil 4.42. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği.....	83
Şekil 4.43. Tam Karışımlı Aktif Çamur Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	85
Şekil 4.44. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	85
Şekil 4.45. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği....	86
Şekil 4.46. Biyodisk Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	86
Şekil 4.47 Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	87
Şekil 4.48. Saf Oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	87
Şekil 4.49. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	88
Şekil 4.50. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği....	88
Şekil 4.51. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği....	89
Şekil 4.52. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği..	89
Şekil 4.53. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	90
Şekil 4.54. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	90
Şekil 4.55. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	91
Şekil 4.56. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Maliyeti Grafiği.....	91

1. GİRİŞ

Atıksu arıtma tesisleri ve buna bağlı inşa edilen diğer tesisler büyük finansman gerektiren altyapı tesisleridir. Bu tesisler için yapılması düşünülen masraflar, özellikle bizim gibi gelişmekte olan ülkelerde ciddi finansman problemlerine neden olabilmektedir. Atıksu Arıtma Tesislerinin yapılması aşamasına geçmeden önce, atıksu arıtma tesisleri, planlama aşamasında değerlendirilmeli ve bu tesislerden; teknolojik, ekonomik, işler olarak en uygununun seçilmesi gerekmektedir.

İnsan sağlığı açısından ortaya çıkacak sağlıksız durumların önüne set çekilmesinde önemli yer tutar. Atıksu arıtma tesislerinde uygulanan arıtma teknikleri de günümüzde hızla gelişmektedir. Bu hızlı gelişmeyle birlikte, aşırı kirlenme sorunu ve özellikle endüstriyel kaynaklı yeni kirleticiler nedeniyle oluşan yüksek maliyetler, atıksuların tasfiyesinin en uygun metotla yapılmasını ve farklı sistemlerin maliyet karşılaştırmalarının yapılarak optimum çözümlere ulaşılmasını zorunlu hale getirmektedir. Atıksu Arıtma Tesisleri gibi büyük altyapı projelerinin boyutlandırılmasında, yatırımın çevre ve maliyet fonksiyonu göz önüne alınması gereken en önemli parametrelerden ikisidir.

Uygulama aşamasına geçmeden daha planlama safhasında atıksu arıtma tesisleri arasından biri diğerine alternatif olabilecek ekonomik alternatifin seçimi hususu çok önemlidir. Bu yüzden yapılacak yatırımın daha planlama safhasında arıtma tesislerinden istenen verimliliğin sağlanması, tesislerin işler olması, arazi durum ve şartlarına göre uygun şekilde boyutlandırılmaları, tesislerin maliyetlendirilmesi ve tüm bunların kısa sürede yapılabilmesi günümüzde bilgisayar programları ile mümkün hale gelmiştir.

Gereken arıtma tesisi seçilmesinde ve buna dayalı olarak veriminin belirlenmesinde, arıtma metodunun seçilmesinde ve mansap olanaklarının araştırılmasında atıksuyun miktarı kadar karakteristik yapısını ortaya koyabilen özelliklerinin de bilinmesi gereklidir. Atıksular oluştukları kaynaklara bağlı olarak önemli farklılıklar göstermekte olup , bu farklılıklar arıtma sistemleri arasından doğru olanının seçiminde kullanılır.

Atıksu arıtma tesisi yapımı ve işletilmesinde doğal kaynakların rasyonel olarak kullanılması kadar farklı arıtma tesisleri arasından belirlenen kriterlere uygun olanın seçilmesi sürecinin kısa sürede tamamlanması önemlidir.

Bu çalışmayla, literatürde boyutlandırma kriterleri belirtilen ve önceden seçilen evsel atıksu arıtma tesislerindeki, debi – maliyet ilişkilerini çok kısa sürede yapabilen bir bilgisayar programı kullanma yoluna gidilmiştir. Böylece atıksu arıtma tesislerinin boyutlandırılmasını çok yorucu ve uzun zaman alan bir süreçten sonra yaparak, maliyetlerini değerlendirebilen gerçek ve tüzel kişilere yeni bir rasyonel yaklaşım sunulması amaçlanmıştır.

1.1 Evsel Atıksuların Tanımı ve Özellikleri

Atıksular, insanların farklı maksatlara yönelik olarak kullanıp kirl ettikleri sular olup; evsel nitelikli atıksular ise, konutlardan, kurumlardan, ticari ve endüstriyel kuruluşlardan gelen atıksular ile yeraltı, yüzeysel ve yağmur suyu gibi suların bir bileşimi olarak tanımlanabilir (Metcalf ve Eddy, 1991). Evsel atıksular ise; insan vücudu atıklarından, yıkanma, genel temizlik ve mutfak işleri sonucu oluşan atıksulardır (Mara,1978).

Evsel atıksular konutlardan, okul,hastane,otel, restaurant gibi küçük işletmeler; yüzme havuzu, kamplar, mesire yerleri gibi kaynaklanır.(metcalf

Evsel atıksuların yaklaşık %95-99'u su olup %1-5'lik kısmı organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder. Evsel atıksuların rengi genellikle açık kahverengimsi gridir ve kendine has bir kokusu vardır (Metcalf ve Eddy, 1991).

Taze atıksu bulanık olup büyüklü küçüklü yüzen veya askıda katı maddeler ve koloidal yapıda çok küçük katı maddeler içerir. Fiziksel olarak arzu edilmediği gibi içerdiği patojen organizmalar nedeniyle oldukça tehlikelidir (Mara,1978).

Kanalizasyonda kalma süresinin artması ve anaerobik şartların gelişmesiyle atıksuyun rengi koyu griye ve daha sonra siyaha doğru değişebilir. Siyah renk atıksuyun anaerobik hala geldiğinin en önemli göstergesidir. Bu renk anaerobik şartlarda oluşan sülfür formlarının atıksudaki metallerle reaksiyona girmesi ile oluşan metalik sülfürlerden kaynaklanır (Metcalf ve Eddy, 1991).

Sıcak iklimlerde evsel atıksular çözünmüş oksijen içeriğini çabuk kaybeder ve böylece septik hale geçer. Septik atıksu kötü bir kokuya sahip olup bunun da en önemli kaynağı hidrojen sülfürdür(Mara,1978).

Hidrojen sülfürden kaynaklanan çürük yumurta kokusu ve merkaptanlar septik atıksuların ayırt edici özelliğidir. Evsel atıksuların sıcaklığı coğrafi bölgeye ve mevsime bağlı olarak 10-21 derece arasında değişir. Önemli miktarda endüstriyel atıksu içermiyorsa yoğunluğu aynı sıcaklıktaki suyun yoğunluğuna yakındır (Metcalf ve Eddy, 1991).

Gelişmiş ülkelerde işletme ve bakım giderlerinin yaklaşık %60'ı personel giderlerine harcanmaktadır. Geriye kalan % 40 ise; % 14'ü elektrk giderleri, % 4'ü kimyasal madde giderleri, %22' si diğerleri olarak dağılmaktadır (Uslu, 1984).

1.2. Atıksu Arıtma Teknikleri

Çeşitli kullanımlar sonucu oluşan atıksular deşarj edildikleri alıcı ortamın fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir veya birkaçı Atıksu Arıtımı olarak tanımlanabilir. Atıksuyun içerisinde çeşitli formlarda bulunabilen kirletici madde vardır. Bu kirleticilerin uzaklaştırılması için atıksu, kirleticinin şekline bağlı olarak; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri derecede arıtmaya tabi tutulur. Atıksu bu işlemlerden sadece birisine veya birbirini takip eden bir dizi işleme tabi tutulabilir. Atıksu karakteristiğine göre çeşitli arıtma yöntemleri kullanılmakta olup bunlar genel olarak dört kısımda incelenmektedir (Köseoğlu, 1995). Bunlar:

—Atıksulardan, kendi ağırlığıyla çökelebilen maddelerin uzaklaştırılabilmesi için uygulanan **Fiziksel Arıtma** sistemleri;

—Suda çözünmüş halde bulunan kirleticilerin, kimyasal reaksiyonlarla çözünürlüğü düşük bileşiklere dönüştürülmesi veya kolloid ve askıda maddelerin yumaklar oluşturarak çökeltilmesi için uygulanan **Kimyasal Arıtma** sistemleri;

—Atık suda çözünmüş halde veya kolloidal haldeki biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji

kaynağı olarak kullanılmak suretiyle atıksu'dan uzaklaştırılması esasına dayanan **Biyolojik Arıtma** sistemleri;

—Biyolojik ve kimyasal arıtmada giderilemeyen kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılan **İleri Arıtma** sistemleridir.

Literatürde, arıtma yöntemleri birinci, ikinci ve ileri arıtma olarak sınıflandırılmaktadır. Aşağıda atıksuda bulunan temel kirleticiler ve bunlar için önerilen arıtma metodları görülmektedir.

Birinci arıtmada, AKM(Askıda katı madde)ve bazıorganik kökenli maddeler giderilir. Bu giderim ızgaradan geçirme veya çöktürme gibi fiziksel yöntemlerle sağlanabilir. Birinci arıtmadan çıkan su çoğunlukla nispeten yüksek BOİ₅(Biyokimyasal oksijen ihtiyacı) ve organik madde içerir. Bundan sonra gelen arıtma, geriye kalan organik maddelerin ve AKM'nin giderimi için yapılır ve ikinci arıtma adını alır. Genellikle ikinci arıtmada biyolojik prosesler kullanılır.

İkinci arıtma sonucu çıkan atıksuda, düşük BOİ₅ ve AKM ile birkaç mg/l çözünmüş oksijen bulunabilir. Atıksu yeniden kullanılacaksa veya alıcı ortamda ötrofikasyon kontrolü gerekiyorsa, atıksuda kalan AKM ve çözünmüş maddelerin giderilmesi için ileri arıtma gerekebilir.

1.3. Evsel Atıksuların Arıtılması

1.3.1. Genel

Atıksuların arıtılmasında atıksuyun kaynağı, karakterizasyon yapısı, içeriği, istenen arıtma verimi gibi özelliklere göre fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma işlemlerinden biri veya bunların tümü kullanılabilir.

1.3.2. Fiziksel Arıtma

Fiziksel arıtma işlemlerinden bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Kum Tutma: Atıksuda bulunan kum,çakıl gibi inorganik maddelerin atıksudan ayrılması işlemidir.

Dengeleme: Su debileri ve karakteristiklerindeki salınımları daha sonraki arıtma üniteleri için optimum çalışma koşullarını sağlamak amacıyla kontrol etmek veya minimuma indirgeme sürecidir. (Şengül, 1995)

Öğütme : İri, büyük ve katı parçacıkların daha küçük ebatlara parçalanması işlemidir.

Çökeltme: Kendi ağırlığıyla çökebilir maddelerin atıksudan ayrılarak suyun berraklığının kazandırılması işlemidir.

Yüzdürme : Yüzdürme işlemi sıvı ortama verilen gaz kabarcıklarının partiküller etrafında tutunarak onları yukarı doğru hareket ettirme sürecidir. (Şengül,1995)

1.3.3. Kimyasal Arıtma

Kimyasal arıtma işlemlerinden bazıları aşağıda belirtilen bir dizi uygulamayı içerir.

Kimyasal oksidasyon: Su ve atıksu arıtımında kimyasal oksidasyon işlemi, istenmeyen kimyasal maddelerin ve bazı toksik bileşiklerin sudan giderilmesi amacıyla maddelerin zararsız veya sakıncası olmayan hale dönüştürülmesi işlemlerini kapsar. (Şengül,1995)

Kimyasal çöktürme: Kimyasal çöktürme süreci, suda çözünmüş veya askıda halde bulunan maddelerin fiziksel durumunu değiştirerek çökelmelerini sağlamak üzere uygulanan bir arıtma işlemidir. (Şengül,1995)

Dezenfeksiyon: Suyun İçerdiği patojenik mikroorganizmaların elimine edilerek güvenli içilebilecek hale getirilmesi işlemidir. (Şengül,1995)

1.3.4. Biyolojik Arıtma

Biyolojik arıtma sistemleri; ortamda oksijen varlığına göre, aerobik ve anaerobik şekilde sınıflandırılırken kullanılan organizmaların sistemdeki durumuna göre asıtlı ve sabit film prosesleri olarak da sınıflandırılabilirler.

1.3.4.1. Havalı(Aerobik) Biyolojik Arıtma

Bütün aerobik arıtma sistemlerinde organik atıklar sentez ve oksidasyon yolu ile yok olurlar. Diğer bir deyimle organik maddelerin bir kısmı yeni hücrelere dönüştürken (sentez) geri kalan kısmı gerekli enerjiyi üretmek amacıyla oksidasyona tabi tutulurlar. Organik maddeler yok olmaya başlayınca biyolojik hücrelerin bir kısmı gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla kendi kendini oksitler ki buna İçsel Solunum denir.

Aerobik biyolojik arıtma yöntemleri arıtmayı yapan bakterilerin, aktif çamur ve modifikasyonları sistemlerinde olduğu gibi, askıda bulunduğu ve arıtmayı yapan bakterilerin,damlatmalı filtre ve biyodisklerde olduğu gibi, sabit bir membran oluşturduğu sistemler olmak üzere 2'ye ayrılır. (İleri,2000)

1.3.4.1.(1). Aktif Çamur

Aktif çamur, organik ve inorganik maddeler içeren atıksu ile hem canlı hem de ölü mikroorganizmaların karışımı olup biyolojik aktivite gösteren çamur anlamında kullanılır. Aktif çamur süreci, mikroorganizmaların organik maddeyi oksijen kullanarak ayrıştırılmaları esassından yararlanılarak geliştirilen bir aerobik biyolojik arıtma sistemidir. (Toprak,1995) Bu proses, sürekli çalışan havalandırılmalı bir tank ile tankın çıkışına yerleştirilen bir çökeltim tankından ibarettir. Çökeltim çamuru geri döngüyle tankın girişine verilir ve bir kısmı da sistemden uzaklaştırılır.(Kargı,1995) Reaktördeki aerobik ortam difüzörlü veya mekanik havalandırıcılarla sağlanır.

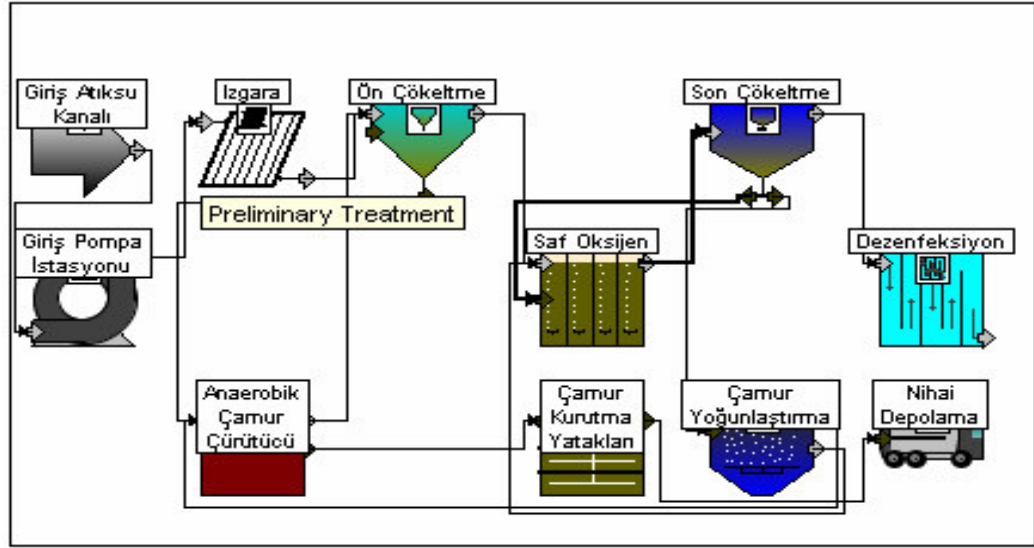
Aktif çamur sistemleri daha etkili işletilebilmek için arıtma verimi ve yükleme hızlarına göre şöyle modifiye edilmişlerdir:

- a) Lineer Şekilde Değişen Havalandırma Tatbik Edilen Sistemler
- b) Tadil Edilmiş Havalandırma Uzun Havalandırma Sistemler
- c) Kontak Stabilizasyon
- d) Tam Karıştırmalı Sistemler
- e) Piston Akımlı Sistemler
- f) Kademeli Havalandırma
- g) Uzun Havalandırma Sistemler
- h) Yüksek Hızlı Havalandırma
- ı) Saf Oksijenli Sistemler
- i) Oksidasyon Hendekleri

1.3.4.1.(1).a. Saf Oksijenli Sistemler

Yüksek BOI içeren atıksulardan BOI giderilmesinde oksijen sınırlamalarını önlemek için oksijenle zenginleştirilmiş hava yada saf oksijen kullanılır.(Kargı,1995) Saf oksijenli sistemler atıksu özelliklerindeki değişimlere daha iyi adapte olabilir ve çamur üretimi hava ile çalışılan sistemlerden daha azdır (Jelfries,1983).

Saf Oksijen sisteminin genel akım şeması Şekil 1.1 de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Saf Oksijen Sisteminin Genel Akım Şeması

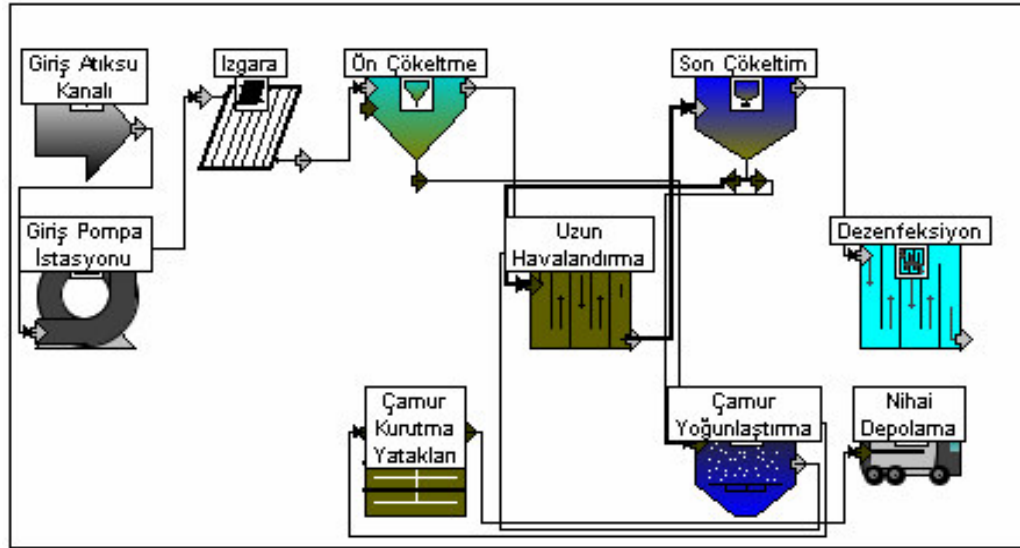
1.3.4.1.(1).b. Uzun Havalandırmalı Sistemler

Uzun Havalandırma prosesi, yıllar içerisinde popülerite kazanmış olan bir aktif çamur modifikasyonudur. Uzun havalandırma prosesinde ham atıksu ızgaralardan ve kum tutuculardan sonra doğrudan doğruya havalandırma havuzuna verilir. Buradaki şartlar tamamen aerobik özelliktedir. Atıksuyun havalandırma havuzundaki kalış süresinin uzun olmasından dolayı bu prosese uzun havalandırma prosesi denmektedir (Soli J Arceivala, 1998).

Yatırım, işletme ve bakım masrafları düşük olup uzun havalandırma süresi gerektirir. (Gemmell ve Herbert, 1985).

Bu sistemde çamurun çürütülmesi işlemi genel olarak uygulanmaz.

Uzun Havalandırma sisteminin genel akım şeması Şekil 1.2 de gösterilmiştir.



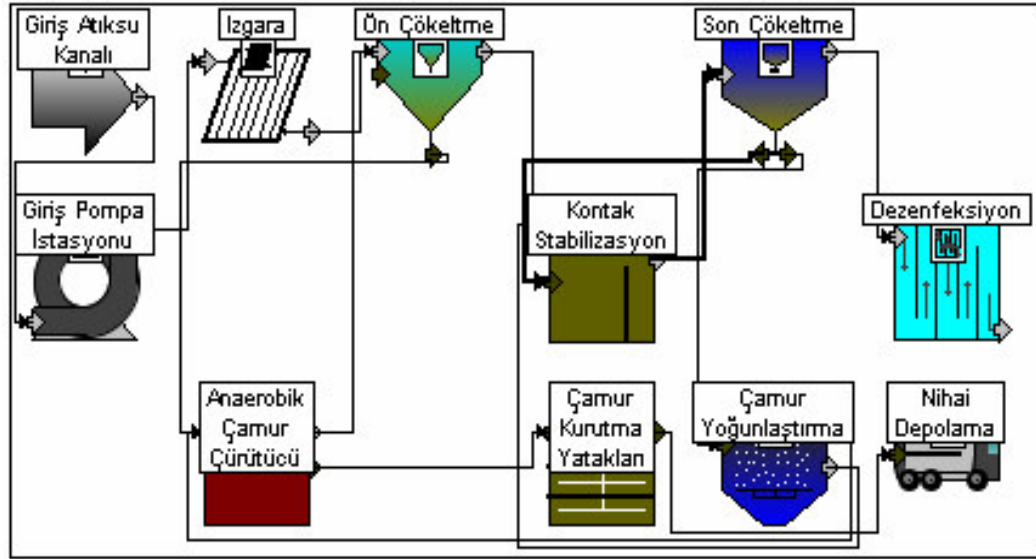
Şekil 1.2. Uzun Havalandırma Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.1.(1).c. Kontak Stabilizasyon

Kontak stabilizasyon metodu, aktif çamurun absorplama özelliklerinden faydalanmak amacıyla geliştirilmiştir. Çökeltilmiş atıksular geri devir çamuru ile karıştırılıp kıontak havuzunda 30-90 dakika süreyle havalandırılır. Bu esnada organik maddeler çamur flokları tarafından absorbe edilir. Son çökeltme havuzunda çamur,tasfiye edilen sudan ayrılır ve geri döndürülerek havalandırma havuzunda havalandırılır. Geri dönen çamurun bir kısmı sabit bir madde konsantrasyonu elde etmek için sistemden dışarı atılır (Metcalf ve Eddy,1991).

Kontak stabilizasyon işlemi evlerden gelen atıksular için çok uygundur. (Muslu,1996).

Kontakt Stabilizasyon sisteminin genel akım şeması Şekil 1.3 de gösterilmiştir.

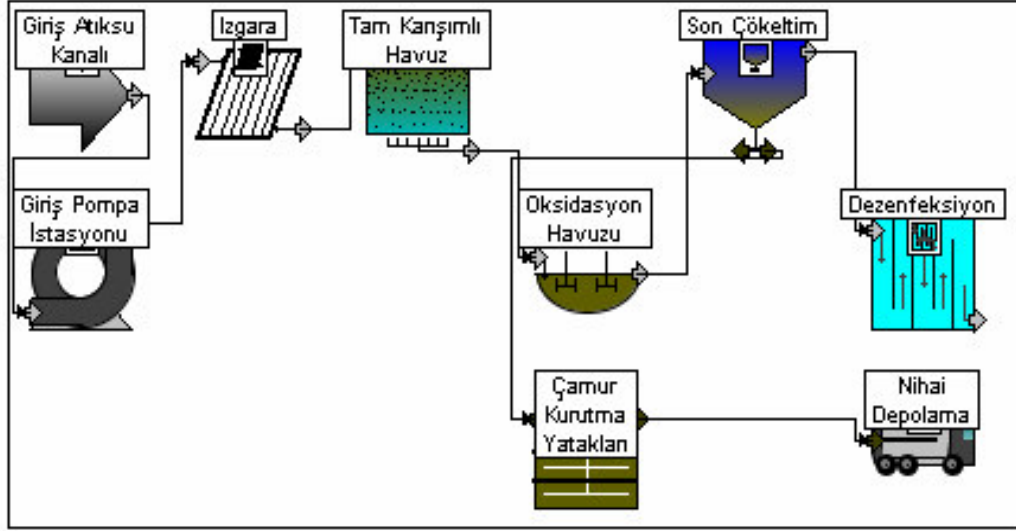


Şekil 1.3. Kontakt Stabilizasyon Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.1.(1).d. Oksidasyon Hendekleri

Oksidasyon hendekleri dairesel yada oval şekilde hendekler olup rotor, yüzey havalandırıcı gibi mekanik yöntemlerle havalandırılırlar. Izgaradan geçirilerek veya çökelttilerek katılarından arındırılmış atıksu hendek içinde hareket ederken havalandırılarak organizmalar tarafından karbon ve azot bileşiklerinden arıtılır (Kargı,1995). Bu hendekler genellikle yüksek alıkonma süresi gerektirirler. Hendek çıkışına bir çökeltim tankı konularak katılar ayrılır.

Oksidasyon hendek sisteminin genel akım şeması Şekil 1.4 de gösterilmiştir.

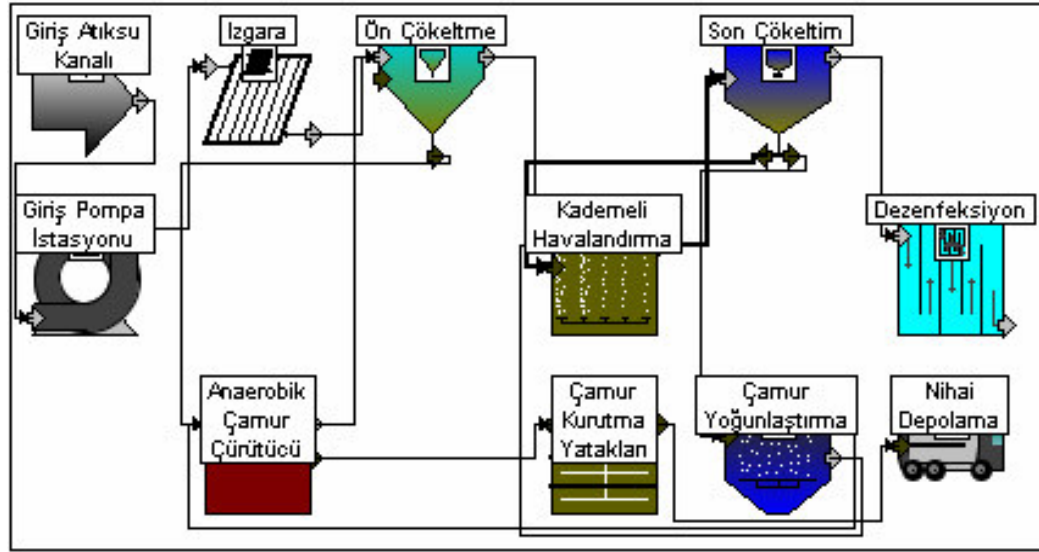


Şekil 1.4. Oksidasyon Hendek Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.1.(1).e. Kademeli Havalandırma

Kademeli havalandırma sisteminin temel teorisi aktif çamur sistemiyle aynı olmasına rağmen oksijen ihtiyacının daha üniform olması ve bu yüzden temin edilen oksijenin daha verimli bir şekilde kullanılmasıyla klasik aktif çamur sisteminden ayrılır. Atıksuyun farklı noktalardan havuza verilmesi nedeniyle yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip bir aktif çamur oluşur ve böylece kısa bekletme süresi içerisinde daha fazla organik maddenin giderilmesi temin edilir. (Metcalf ve Eddy.1991).

Kademeli havalandırma sisteminin genel akım şeması Şekil 1.5 de gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Kademeli Havalandırma Sisteminin Genel Akım Şeması

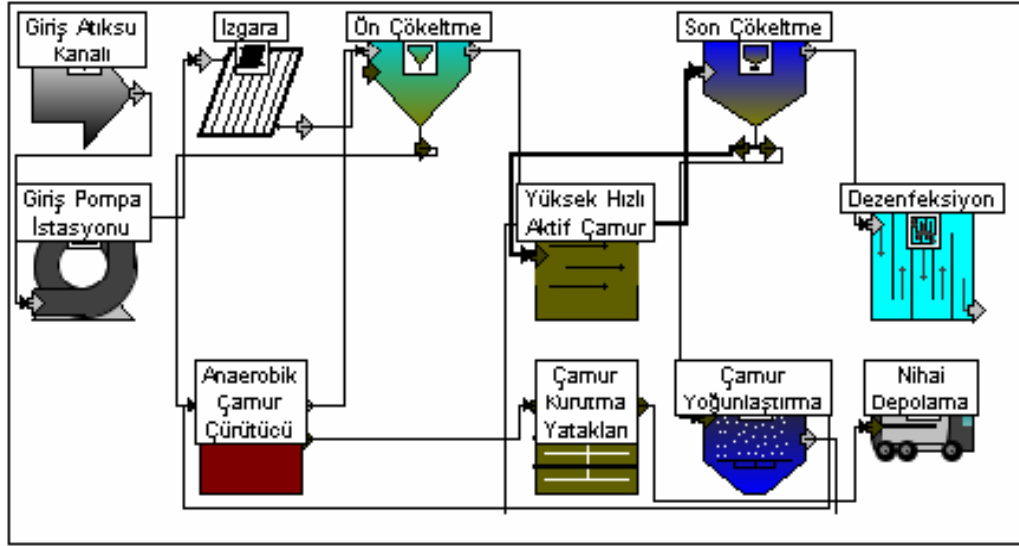
1.3.4.1.(1).f. Tadil Edilmiş Havalandırma

Tadil edilmiş havalandırma uygulanan sistemlerle klasik yada lineer değişen havalandırma uygulanan sistemler arasındaki temel fark, tadil edilmiş havalandırma sistemlerinde 1,5-3 saat gibi daha kısa havalandırma süresinin ve daha yüksek bir besi/mikroorganizma oranının kullanılmasıdır. Ayrıca havalandırma havuzundaki askıda katı madde konsantrasyonu da nispeten yüksektir. (Metcalf ve Eddy.1991).

1.3.4.1.(1).g. Yüksek Hızlı Havalandırma

Yüksek hızlı havalandırma askıda katı madde konsantrasyonu çok yüksek olan ve havalandırılma havuzunun büyük hidrolik yüklere maruz bırakıldığı ve bu sayede de besi maddesi/mikroorganizma oranları da yüksek bir sistemdir. Mikroorganizmalar havuzda uzun süre kalmış olur. (Metcalf ve Eddy.1991).

Yüksek Hızlı Havalandırma sistemi genel akım şeması Şekil 1.6 de gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Yüksek Hızlı Havalandırma Sisteminin Genel Akım Şeması

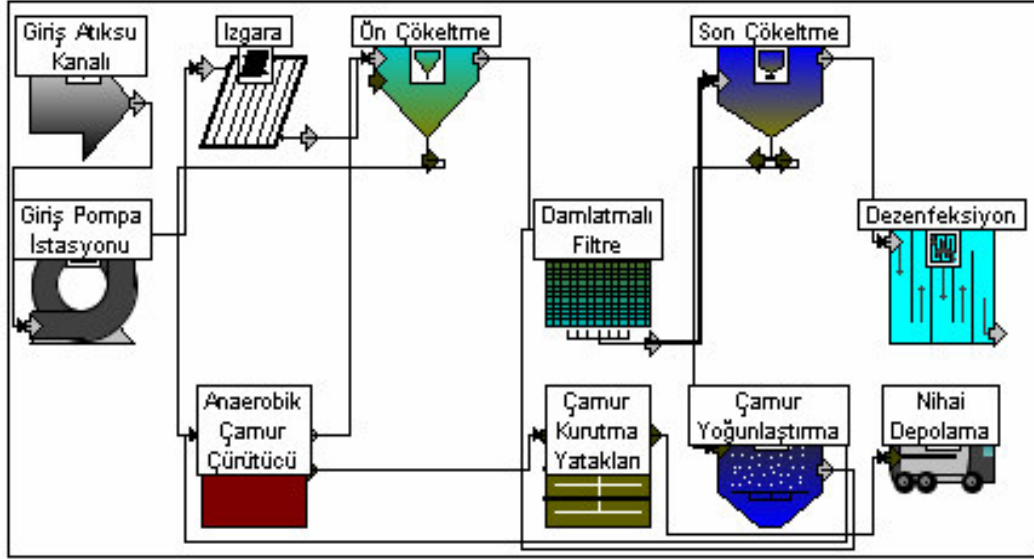
1.3.4.1.(2). Damlatmalı Filtreler

Damlatmalı filtreler, üzerinde mikroorganizmaların biyofilm halinde büyüdüğü katı tanecikler içeren bir dolgu kuleden ibarettirler. Katı tanecikler kum, kırma taş, plastik, sert kömür ve özel dolgu maddelerini içeren tanecikler olup çapları 0.1-10 cm arasında değişir (Kargı,1995).

Damlatmalı filtreler üzerine ilk arıtmaya tabi tutulmuş atıksu belirli bir debi ile verilir. Bu işlem genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça hareket eden delikli bir borudan oluşan bir düzenekle sağlanır. Atıksuyun içerisinde bulunan ve organik maddeleri parçalayan bakteriler taşların üzerinde ince bir tabaka oluştururlar. Bu bakteriyel tabaka yakınından geçmekte olan organik kirleticileri adsorplayıp metabolizmaları ve üremeleri için kullanarak karbondioksit ve suya dönüştürmektedir. Damlatmalı filtreden çıkan atıksu son çökeltme tankına verilir(İleri,2000). Damlatmalı filtreler, uygulanan organik ve hidrolik yüke bağlı olarak düşük hızlı ve yüksek hızlı olmak üzere sınıflandırılırlar. Eğer damlatmalı filtreler ön arıtma amacıyla kullanılıyorsa bunlara kaba filtreler de denir (Soli J Arceivala,1998).

Damlatmalı filtreler işletmesi kolay, verimleri yüksek sistemlerdir. Eğimli arazilere kurulu, atıksu pompajı gerektirmeyen yerleşimler için oldukça uygundur.(Metcalf)

Damlatmalı filtre sistemi genel akım şeması Şekil 1.7 de gösterilmiştir.

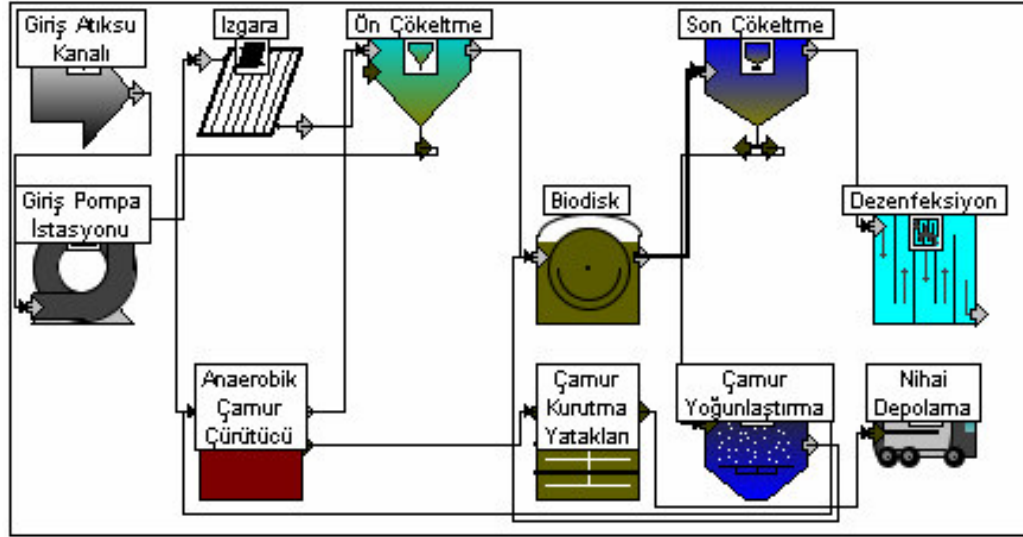


Şekil 1.7. Damlatmalı Filtre Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.1.(3). Biyodiskler

Biyodiskler, genel karakteri ile aktif çamuru andırır.Yalnız havalandırma havuzu yerine döner diskler bulunmaktadır. Bu üniteler, plastikten yapılan 2-3 cm çapında 2-3 cm kalınlığında disklerden oluşur. Diskler bir şaft üzerinde birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor yardımıyla döndürülür. Atıksu uzun ve sıg tankların içerisine konur, diskler atıksu içine %40-50 oranında batık şekilde 2-10 devir/dakika hızıyla döndürülür. Organizmalar disk yüzeyinde biyofilm şeklinde büyürler ve atıksudaki organik bileşikler biyofilm içine difüzlenirken organizmalar tarafından karbondioksit oksitlenirler. 13 derecenin altında verim oldukça düşer ve yeni biyofilm tabakası 10-15 gün arasında oluşur (Metcalf ve Eddy.1991).

Biyodisk sisteminin genel akım şeması Şekil 1.8 de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Biyodisk Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.1.(4). Mekanik Havalandırılmalı Lagünler

Mekanik havalandırılmalı lagünler, 2,5-4 m derinliğinde toprağın kazılması ile inşa edilen ve mekanik yüzey havalandırıcılar ile havalandırılan havuzlardır. Ham atıksu ızgaradan geçirildikten sonra mekanik havalandırıcının bir tarafından verilir ve belli bir havalandırma süresinin ardından diğer taraftan alınır. Stabilizasyon havuzları ile karşılaştırıldıklarında derinliklerinin fazla ve alıkoyma sürelerinin daha kısa olması bakımından %10-20 daha küçüktürler (Toprak, 1996).

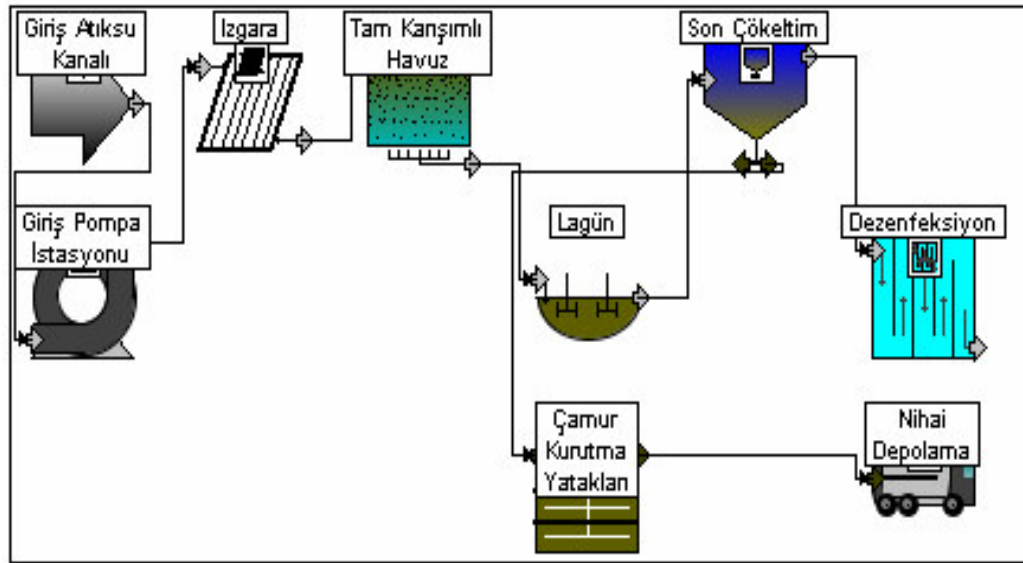
Havalandırılmalı lagünler katı maddelerin durumuna bağlı olarak fakültatif, kesintisiz akışlı aerobik ve katıların geri döndürüldüğü lagünler olmak üzere üç tipe ayrılabilirler.

Fakültatif havalandırılmalı lagünlerde birim hacme düşen enerji, girdisi istenen oksijen miktarının sıvıya dağılması için yeterli fakat bütün katıları askıda tutmak için yeterli değildir. Bunun sonucunda, lagüne giren askıdaki katı maddelerin bir kısmı ve substrat giderimiyle oluşan katı maddeler tabana çökmeye başlarlar ve tabanda anaerob bozunma meydana getirirler. Lagünlerdeki aktivite kısmen aerobik, kısmen de anaerobik olduğundan bu tip lagünlere fakültatif lagün denir. Evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında başarıyla kullanılmaktadırlar.

Kesintisiz akışlı aerobik lagünlerde enerji girdisi, istenilen miktardaki oksijeni sıvı içerisine dağıtacak ve bütün katıları askıda tutacak şekilde oluşturulmuştur. Bu lagünlerde katı madde çökmesi olmaz ve katı maddeler havalandırılmış olarak sistemi atıksu ile beraber terkeder.

Katıların geri döndürüldüğü aerobik lagünler, uzun havalandırılmalı tesislere benzerler. Enerji girdisi hem oksijen ihtiyacını karşılayacak hem de tüm katıları askıda tutacak şekilde olmalıdır. Katı maddelerin atıksu ile beraber dışarı çıkması engellendiği ve geri döndürüldüğünden bu tip lagünlerdeki katı madde konsantrasyonu yüksektir (Soli J Arceivala,1998)

Lagün Sisteminin genel akım şeması Şekil 1.9 da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Lagün Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.1.(5). Stabilizasyon Havuzları

Stabilizasyon havuzları atıksuların bir noktadan girip arıtılmış suyun bir noktadan alındığı büyük ve sığ havuzlardır. Temel olarak dört ana biyolojik faaliyet oluşmaktadır. Bunlar karbonlu maddelerin bakteriler tarafından oksidasyonu, azotlu maddelerin nitrifikasyonu, dip çamurlarındaki çamurlu maddelerin parçalanması ve

alglerin fotosentezidir. Bu sistemlerde algler bakteriler gibi diğer mikroorganizmalarla birlikte simbiyotik olarak yaşarlar. (EPA,1980).

Bu havuzlar evsel atıksulardan endüstriyel atıksulara kadar geniş bir aralığa sahip atıksuların arıtılmasında kullanılırken tropik iklim kuşağından kutupsal iklim kuşağına kadar değişen iklim koşulları altında işletilmektedirler (Toprak,1995).

Atıksuda bulunan organik madde stabilizasyonundan genelde sistemde bulunan bakteriler sorumludurlar. Bu bakteriler anaerobik şartlarda organik asitler, aerobik şartlarda ise CO₂ ve su üretirler. Bu nedenle sistem sürekli olarak aerobik tutulmaya çalışılır. Sistemin aerobik tutulması,sistemdeki alglerle birlikte yüzeysel oksijen transferi sayesinde sağlanır. Algler güneş enerjisini kullanarak fotosentez yoluyla sisteme oksijen verir (Muslu, 1994).

Aerobik şartlarda çökelen organik maddeler önce uçucu yağ asitlerine daha sonra da oluşan bu asitler metan bakterileri tarafından metan ve karbondioksit'e dönüştürülür.

Stabilizasyon havuzlarının işletim özelliklerinin daha iyi bilinmesi ve biyolojik reaksiyonların tanımlanmasına bağlı olarak bu havuzlar aerobik, anaerobik, fakültatif, olgunlaştırma ve havalandırılmalı havuzlar olmak üzere 5'e ayrılır.

Aerobik havuzlarda derinlik, ışık geçirimini ve fotosentezle alg oluşumunu maksimize etmek için yaklaşık 0.3 m veya daha az olur. Aerobik şartlar havuz derinliğinin tümünde her zaman korunur.

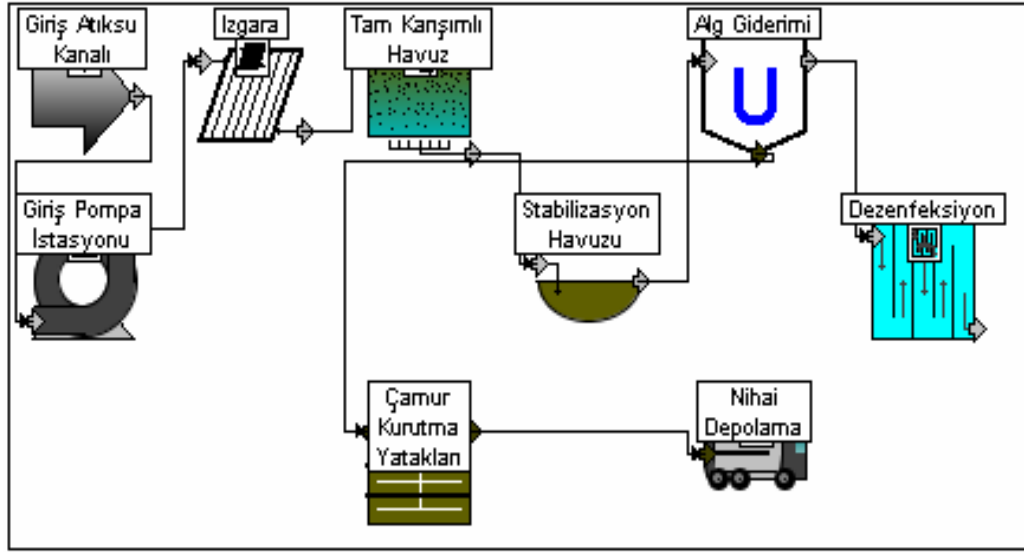
Anaerobik havuzlarda mikroorganizmalar nitrat ve sülfatlardaki oksijeni kullandıklarından çözünmüş oksijene ihtiyaç yoktur. Ürün olarak metan ve karbondioksit üretilir. (Soli J. Arceivala,1998).

Fakültatif havuzlar en yaygın kullanılan tipi oluşturur. Derinlikleri 1-3 m arasında değişir. Havuzda üst tabaka aerobik alt tabakada ise anaerobik ayrışım oluşur. Alglerle bakteriler arasında ortak bir yaşam vardır. Alglerin ürettikleri oksijen bakterilerin organik maddeyi ayrıştırmaları sırasında kullanılır(Toprak,1996).

Olgunlaştırma havuzlarının temel işlevleri patojen organizmaların giderilmesi olup virüsler sığ derinliklerde ölmeleri etkin olduklarından derinlikleri 1-2 m arasında değişir.(Mara,1978).

Havalandırılmalı stabilizasyon havuzunda oksijen ihtiyacı temel olarak, mekanik olarak yada difüzörle havayı temin etmekle sağlanır. Derinlikleri genel olarak 2-6 m arasında değişir(EPA,1980).

Stabilizasyon havuzu sisteminin genel akım şeması Şekil 1.10 da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Stabilizasyon Havuzu Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.2. Havasız (Anaerobik) Biyolojik Arıtma

Atıksuyun anaerobik şekilde arıtılması organik maddelerin moleküler oksijenin bulunmadığı bir ortamda anaerobik mikroorganizmalar tarafından çözülmesiyle gerçekleşir. Bu teknoloji septik tank ve havuzdan başlayıp içerisinde sıcaklık kontrolü ve karışımın uygulandığı yüksek verimli reaktörlere dönüşmüştür (Metcalf ve Eddy,1991).

Bu biyolojik işlem sırasında organik maddeler öncelikle kendilerini oluşturan yapıtaşları gruplarına enzimatik hidrolize katkıda bulunan mikroorganizmalarla ayrışır yani hidrolize olur ve daha sonra hidrolize olan bileşiklerden oluşan moleküller bir grup mikroorganizma vasıtasıyla organik asitlere ve alkole dönüştürülür. Organik asitler bir grup anaerobik mikroorganizma tarafından asetik asit, CO_2 , H_2 ye ve

bunlar da son olarak metan oluşturan mikroorganizmalar tarafından metana dönüştürülürler (İleri,2000).

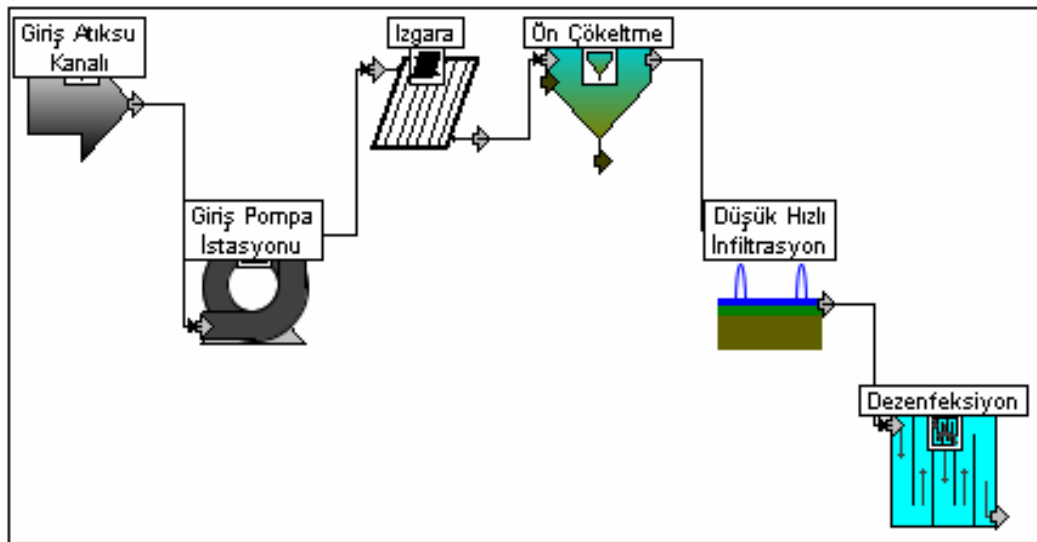
Anaerobik parçalanma prosesinde hidroliz yada metan oluşumu basamağı hız belirleyici basamaktır. Ayrıca atık maddenin bileşimine bağlı olarak CH_4 ve CO_2 yanında H_2S ve N_2 gazları da oluşur.

1.3.4.3 Atıksuların Arazide Arıtımı

Atıksuların arazi üzerinden arıtılmasında bitkiler, zemin yüzeyi ve zemin tabanı kullanılır. Atıksuların araziye verilmesinde; Sulama, Zemine Sızdırma, Arazi Üzerinde Akıtma, Su Altında Bırakma, Yüzey Altından Tatbik olmak üzere farklı yöntemler uygulanır. Bu yöntemlerden özellikle daha çok sulama, arazi üzerinde akıtma ve zemine sızdırma metodları üzerinde durulacaktır.

Sulama yönteminde atıksular bitki ihtiyacını karşılamak üzere ön çöktimden geçmiş sular araziye tatbik edilir. Zemin içine sızan sular fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla temizlenir. Atıksu ya yağmurlama yada yüzeyden araziye tatbik edilmek suretiyle bitki örtüsüne verilir.

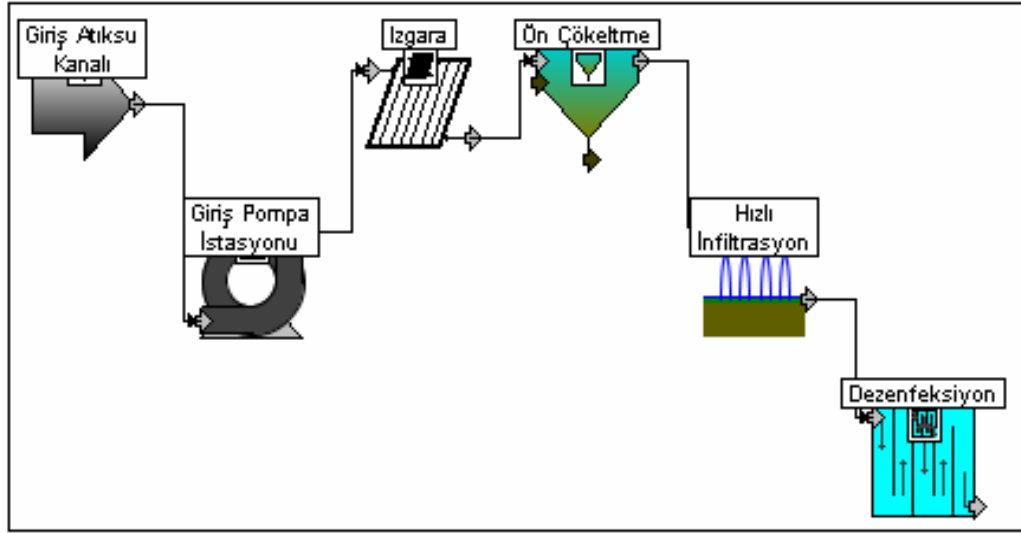
Sulama yada Düşük İnfiltrasyon sisteminin genel akım şeması Şekil 1.11 de gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Düşük İnfiltrasyon Sisteminin Genel Akım Şeması

Hızlı infiltrasyon sistemlerinde ilk çökeltmeden geçmiş atıksular yeraltı suyunu beslemek, dolaylı olarak suların tekrar kullanılmasını sağlamak gibi nedenlerle yüksek hızlarla araziye tatbik edilir. Bunun için de sızdırma havuzları yada yağmurlama metodu kullanılır.

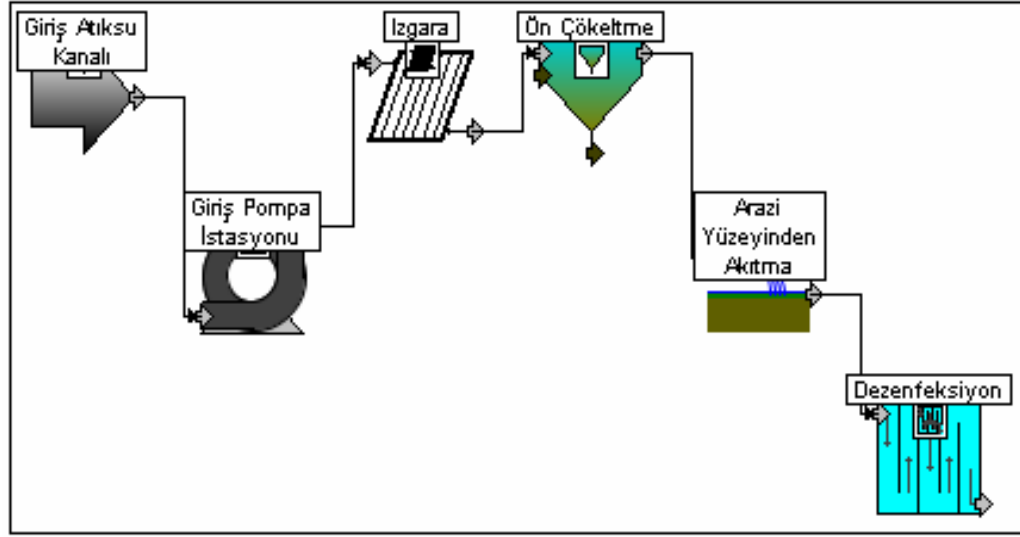
Hızlı İnfiltrasyon sisteminin genel akım şeması Şekil 1.12 de gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Hızlı İnfiltrasyon Sisteminin Genel Akım Şeması

Arazi üzerinden akıtma yönteminde atıksular ön arıtmadan geçirilerek bir yamaçtan aşağı akıtılır. Eğimli arazi üzerinden aşağı akarken bitki örtüsü üzerinden geçen atıksular hendeklerde toplanır. Zemin nispeten geçirimsiz olup atıksu fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla temizlenmiş olur.

Arazi üzerinden akıtma sisteminin genel akım şeması Şekil 1.13 de gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Arazi Üzerinden Akıtma Sisteminin Genel Akım Şeması

1.3.4.4. Akuatik Arıtma Sistemleri

Konvansiyonel arıtma sistemlerinin bazılarının yüksek maliyet gerektirmeleri nedeniyle daha etkin, düşük maliyetli ve çevre açısından su kirliliği kontrolüne uygun yöntemler geliştirilmesi yolundaki yaklaşımlardan bir tanesi de akuatik arıtma sistemleridir.

Atıksu; su ve nutrient kaynağı olarak tarımda, golf sahalarında, yeşil alanların sulanmasında arıtılmıştır. Akuatik arıtma sistemleri genel olarak Doğal sulak alanlar, Yapay sulak alanlar ve su bitkiler havuzları olarak 3'e ayrılır. (Soli J. Arceivala,1998).

Suyun kaynağı ,hızı, akış ve tekerrür oranları ile su verme sıklığı gibi faktörlerin sulak alanlardaki substrat üzerinde ekosistemdeki türlerin dağılımı ve zenginliği, türlerin çoğalması, nütrient çevrimi açısından önemli etkileri vardır (Wile ve ark.,1985).

Doğal sulak alanlar, çoğunlukla kara ile denizin veya bir tatlı su kaynağının birleştiği yerlerde bulunurlar. Doğal sulak alanlar, bitki ve hayvan yönünden zengin ekosistemlerin korunmasında önemli rol oynarlar ve çok köklü bitkilerin yanı sıra bu alanlarda fotoplanktonlar da bulunur. Doğal sulak alanlar saz, sandalye sazı ve kamış

gibi su üstüne çıkan bitki türleri ile karakterize edilirler Yüzen ve su altında bulunan türleri de vardır (Reed ve ark.,1987).

Yapay sulak alanlar adlarından da anlaşılacağı gibi seçilen bir arazide atıksu arıtımı amacıyla oluşturulan sulak alanlar olup özellikle septik tanklardan gelen atıksuların arıtılması ve yüksek deşarj standartlarını sağlamak amacıyla havalandırılmalı lagünlerde yada konvansiyonel arıtma tesislerinde atıksulara üçüncü derece arıtma sağlanması bakımından kullanılırlar.

Su bitkileri havuzları içinde özellikle serbestçe yüzen su sümbülleri içeren su sümbülleri havuzları ve de içinde serbestçe yüzen bitki türleri olan su mercimeği havuzları yaygın olarak kullanılır. Bu havuzlarda su bitkilerinin serbestçe yüzen makrofitlerin yaşaması teşvik edilir. Bu bitkilerin havuzlarda yetiştirilmesindeki amaç; ağıt metalleri , fenoller, pestisidleri, nütrientleri vs. gidermeleri ve kaliteli arıtılmış su sağlamalarıdır. Ayrıca gaz çıkardıkları için ve besin değerleri yüksek olduğundan yeni bitki gelişmesine de yardımcı olurlar. (Soli J. Arceivala,1998).

1.3.4.5. Arıtma Çamuru İşlenmesi ve Arıtımı

Atıksu arıtımı sonucu sıvı veya yarı katı halde, kokulu; uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak ağırlıkça %0.25 ile %12 katı madde içeren atıklar *arıtma çamuru* olarak nitelendirilir. Arıtma çamuru içinde ona kokulu karakterini veren maddeler içermesinin yanı sıra, çoğunlukla organik maddelerin bileşimi halinde bozunma ve kokuşma eğiliminde olup önemli bir kısmı sudur. (Filibeli,1996)

Arıtma tipine ve amacına bağlı olarak arıtma çamurlarının cinsleri; Çökelebilen katı maddelerin ön çökeltim çamurları, kimyasal arıtma ve koagülasyon sonucu oluşan kimyasal çamurlar, biyolojik arıtma işlemleri sonucu oluşan çamurlar gibi farklılık gösterir.

Çamura uygulan birim işlemler ve yöntemlerin amacı temel olarak; çamurun su ve organik muhtevasını azaltmak, çamurun nihai bertarafı ve tekrar kullanımını sağlamaktır.

Çamurun kaynağına bağlı olarak uygulanan arıtma işlemi ve seçilen nihai bertaraf yöntemi de farklılık gösterir. Çamurdaki suyun giderilmesi için

yoğunlaştırma, şartlandırma, suyunu alma ve kurutma gibi yöntemler uygulanırken; çamur içindeki organik maddelerin giderilmesi stabilize edilmesi için ise stabilizasyon, kompostlama, termal işlemler ve dezenfeksiyon gibi yöntemler uygulanır.

Evsel atıksu arıtımında en çok kullanılan yöntemler ise yoğunlaştırma, çamur çürütme ve çamurun suyunu alma işlemleridir. Bu üç yöntem üzerinde kısaca durulacaktır.

1.3.4.5.(1). Çamur Stabilizasyonu

Stabil çamur, çevreye bir zarar vermeksizin ve herhangi bir kötü koku yaratmaksızın bertaraf edilebilen çamurdur. Arıtma çamurları; patojenleri ve istenmeyen kokuları gidermek, potansiyel bozunmayı azaltmak, inhibe etmek veya durdurmak amacıyla stabilize edilirler. Stabilizasyon işlemleri sırasında bu istenmeyen koşulları gidermek için; kireç stabilizasyonu, ısıtma işlemi, anaerobik çürütme, aerobik çürütme gibi işlemler uygulanır..

1.3.4.5.(2). Anaerobik Çürütme

Anaerobik çürütme, çamur stabilizasyonu için kullanılan moleküler oksijen yokluğunda organik ve inorganik maddelerin parçalanması işlemi olarak tanımlanabilir.

Anaerobik çürütme ile uçucu katı maddelerin %50'si giderilir, koku azaltılır ve önemli oranda patojen giderimi sağlanır ve böylece çürümüş çamur doğrudan araziye verilebilir, kurutma yataklarında suyu alınabilir veya mekanik olarak suyu alındıktan sonra nihai bertarafı yapılır(İleri,2000).

Anaerobik çürütme işleminde, ön çökeltim çamurları ve biyolojik çamurlardaki organik maddeler, anaerobik koşullar altında biyolojik olarak CH₄ ve CO₂'e dönüşür. Çürütme işlemi hava girişinin önlendiği kapalı bir reaktörde mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Sürekli olarak veya ara ürün olarak

oluşan çamur, çeşitli süreler içinde reaktörde alıkonur. Stabilize olan çamur ise reaktörden sürekli olarak veya kesikli olarak çekilir. (Filibeli, 1996)

1.3.4.5.(3). Aerobik Çürüme

Çeşitli arıtma işlemlerinden gelen organik çamurların biyolojik stabilizasyonu için kullanılan bir prodestir. Atık aktif çamur veya damlatmalı filtre çamurları ve ön çökeltim çamuru karışımları, ön çökeltimi olmayan aktif çamur tesislerinden gelen atık çamurların stabilizasyonunda kullanılabilir.

Aerobik çürüme aktif çamur prosesine benzer. Ortamda mevcut besi maddesi miktarı azalırken, mikroorganizmalar hücre bakım reaksiyonları için gerekli olan enerjiyi elde etmek üzere kendi hücrelerini yiyip bitirmeye başlarlar. Hücre dokusu; aerobik ortamda su, karbondioksit ve nitrata oksitlenir. (Soli J. Arceivala, 1998).

1.3.4.5.(4). Yoğunlaştırma

Atıksu arıtma tesislerinde çamur katı madde konsantrasyonunu arttırmak için yoğunlaştırıcılar kullanılır. Çamur katı madde konsantrasyonundaki artış önemli derecede hacim azalmasına neden olduğundan bu prosesi kullanmak çok ekonomik sağlar.

1.3.4.5.(5). Çamurun Suyunun Alınması

Su alma işlemi, çamurun su içeriğinin azaltılması için kullanılır ve çamurun suyunu almak için kullanılmaktadır. Stabilizasyon işlemlerinden sonra elde edilen çamurlar, çamur kurutma yataklarında kurutulurlar. Kurutma işleminden sonra da, nihai bertaraf amacıyla düzenli depolama sahalarına gönderilirler veya tarımsal amaçlı gübre olarak toprakta kullanılırlar. Çamurun suyunu almak için başta çamur kurutma yatakları olmak üzere; çamur tarlaları, çamur lagünleri, vakum filtreler, plakalı ve bantlı pres filtreler, santrifüjler prosesleri de kullanılmaktadır.

Çamur kurutma yataklarının en önemli avantajları maliyetinin düşük olması, işletilmeleri için özel bir itina gerektirmemesi ve elde edilen çamur kekinin katı madde içeriğinin yüksek oluşudur. (Filibeli,1996)

1.4. Atıksuların Arıtma Tesislerinin Boyutlandırılmasında Kullanılan Bazı Kinetik Katsayılar ve Denklemler

Atıksu arıtma tesislerinin boyutlandırılarak tesis inşa etme aşamasında, arıtma sistemlerinin her bir prosesi için göz önüne alınması kriterler farklı olduklarından burada literatürde yer alan bazı boyutlandırma kriterlerine değinilmiştir.

Atıksu arıtma tesislerine etki eden parametrelerden biri ortam sıcaklığıdır. Sıcaklıkla hız katsayısının değişimini aşağıdaki bağıntıyla ifade etmek mümkündür.

$$K_T = K_{20}\alpha^{(T-20)} \quad (1.1)$$

Bu bağıntıda:

$$\begin{aligned} K_T &= T \text{ }^\circ\text{C Sıcaklıktaki Reaksiyon Katsayısı (1/gün),} \\ K_{20} &= 20 \text{ }^\circ\text{C Sıcaklıktaki Reaksiyon Katsayısı (1/gün),} \\ T &= \text{Sıcaklık (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

ifadelerini göstermektedir.

Biyolojik arıtma ünitelerinin boyutlandırılmasında kullanılan parametrik denklemler genel olarak Hidrolik Yük, Biyolojik Yük, Çamur Yüğü, Bekletme Zamanı şeklinde olup, aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Hidrolik Yük; Birim reaktör hacmi başına isabet eden su miktarı olup basitçe

$$Q_V = \frac{Q}{V} \quad (1.2)$$

şeklinde gösterilir.

Biyolojik Yük; Birim reaktör hacmi başına isabet eden kirlilik akısı olup basitçe;

$$L_V = \frac{F}{V} \quad (1.3)$$

Burada;

L_V = Hacimsel Yük

olarak ifade edilir.

Çamur Yüğü (F/M) ise;

$$F/M = \frac{Q * S_0}{V * X} \quad (1.4)$$

ile ifade edilir. Burada,

Q = Atıksuyun Debisini, (m³/gün)

S₀ = SubstratGiriş konsantrasyonunu, (kg/m³)

V = Tank Hacmini, (m³)

X = Mikroorganizma Derişimini, (kg/m³)

göstermektedir.

Hidrolik Bekletme Zamanı (t) ise;

$$t = \frac{S_0}{(X_V)(F/M)} \quad (1.5)$$

şeklinde gösterilebilir.

Burada;

X_V =Havalandırma Havuzundaki Mikroorganizma Konsantrasyonunu, (kg/m³)

S_0 = SubstratGiriş konsantrasyonunu, (kg/m³)

F/M= Havuzdaki Besin Maddesi Miktarının Mikroorganizmaya Olan Dönüşüm Oranını,

ifade eder.

Aerobik arıtma sistemlerinde organik maddelerin yanında azotlu maddelerde oksitlenmektedir, dolayısıyla sistem için gereken oksijen miktarı aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$L_{OKS} = \frac{Q(S_0 - S)}{f} - 1.42 * P_X + 4.57 * Q * (N_0 - N) \quad (1.6)$$

Bu Bağıntıda;

L_{OKS} = Gerekli Oksijen Miktarını, (kg/gün)

Q = Atıksu Debisini (m³/gün)

S_0 = Girişteki BOI_5 Miktarını

S = Çıkıştaki BOI_5 Miktarını,

N_0 = Giriş Suyundaki Azot Derişimini, (mg/L)

N =Çıkış Suyundaki Azot Derişimini, (mg/L)

f = BOI_5 'in Nihai BOI 'ye Çevirme Faktörünü,

P_X = Oluşan Çamur Yükünü ,(kg/gün)

göstermektedir.

Geri Devredilen Çamur miktarı ise şu bağıntıda belirtilmiştir:

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{X_a}{X_u - X_a} \quad (1.7)$$

Burada;

Q_r = Geri Devredilen Çamur Debisi, (m³/gün)

X_a = Havlandırma Havuzundaki Mikroorganizma Konsantrasyonu, (mg/lt)

X_u = Geri Devir Çamurundaki Mikroorganizma Konsantrasyonu, (mg/lt)

Q = Sisteme Gelen Atıksu Debisi, (m³/gün)

olarak ifade edilir.

Proses Havuzlarındaki Mikroorganizma (X) derişimini aşağıdaki bağıntıyla hesaplamak mümkündür.

$$X = \frac{Y(c_o - c)}{1 + k_d T_o} \quad (1.8)$$

Burada;

Y = Dönüşüm Oranını, (kg X/kg S)

c_o = Giriş Suyundaki Substrat Derişimini, (mg/L)

c = Çıkış Suyundaki Substrat Derişimini, (mg/L)

k_d = Mikroorganizma Ölüm Oranını, (1/gün)

T_o = Havuzdaki Bekleme Zamanını, (1/gün)

ifade eder.

Birinci mertebe kinetiği kabul edilip geri devirli yada devirsiz olarak V hacminde bir havuz için ise genel olarak ifadesi kullanılabilir;

$$\frac{c}{c_o} = \frac{1}{1 + \frac{kX}{K_c} * \frac{V}{Q}} \quad (1.9)$$

Burada;

- c = Çıkış Suyundaki Substrat Derişimini, (mg/L)
- c_o = Giriş Suyundaki Substrat Derişimini, (mg/L)
- k = Besi Maddesi Kullanma Hızını, (1/gün)
- X = Havlandırma Havuzundaki Mikroorganizma Konsantrasyonunu, (mg/lt)
- K_c = Yarı Doygunluk katsayısı (1/gün)
- V = Tank Hacmini, (m^3)
- Q = Sisteme Gelen Atıksu Debisini, (m^3 /gün)

ifade etmektedir.

Literatürde Aktif Çamur prosesi ile ilgili olarak çökelmeye mani olmak için gerekli enerji ihtiyacı $1000 m^3$ su hacmi başına 15-30 kw, Stabilizasyon Havuzunda 3 kw/ $1000 m^3$ ve Lagünlerde ise bu oranın 5w/ m^3 olduğu kabul edilebilir.

Oswald ve Gotass'a göre hiçbir çamur çökmesi olmadığı ve havuz muhtevasının baştan başa homojen kaldığı kabulü ile alg hücreleri tarafından üretilen oksijen miktarı şu şekilde ifade edilebilir;

$$W_{O_2} = P \cdot W_a \quad (1.10)$$

Burada;

- W_{O_2} = Günlük Olarak Açığa Çıkan Oksijen Miktarını, (g/gün)
- P = Oluşan Beher Gram Alg Başına Ortaya Çıkan Oksijen Miktarı Katsayısını,
- W_a = Günlük Teşekkül Eden Alg Kütlesini, (g/gün)

göstermektedir.

Eckenfelder biyofilm tarafından tüketilen besi maddesi konsantrasyonunu veren denklemi şu şekilde ifade etmiştir;

$$\frac{c}{c_i} = \exp\left[-KHS^m (A/Q)^n\right] \quad (1.11)$$

Burada;

- c = Giriş Suyundaki Substrat Derişimini, (mg/L)
- c_i = Çıkış Suyundaki Substrat Derişimini, (mg/L)
- K = Reaksiyon Hız Sabitini, (1/gün)
- H = Filtre Uzunluğunu, (m)
- S = Filtre Özgöl Yüzey Alanını, (m²/m³)
- A = Filtre En Kesit Alanını, (m²)
- Q = Filtreye Giren Suyun Debisini, (m³/gün)
- m,n = Ampirik Katsayılarını

göstermektedir.

Arazi akıtma Sistemlerinde ise atıksuyun Araziye Tatbik Hızı şu şekilde ifade edilebilir;

$$C = \frac{Q}{A} \quad (1.12)$$

Burada,

- C = Atıksuyun Arazi Üzerine Tatbik Hızını, (cm/sn)
- Q = Atıksu Debisini, (l/sn)
- A = Tatbik Alanını, (m²)

göstermektedir.

Arazi üzerine verilen atıksuyun Sızma Hızı ise şu şekilde ifade edilebilir;

$$V = k \frac{H}{L} \quad (1.13)$$

Burada;

- V = Sızma Hızını, (m/sn)
k = Arazi Geçirimsizlik Katsayısını,
H = Sızma İçin Kullanılan Enerji Yüksekliğini, (m)
L = Sızdırma Havuzunun Uzunluğunu, (m)

ifade etmektedir.

1.5Atıksuların Arıtılmasında Maliyet Unsurlarının Belirlenmesi

1.5.1. Genel

Günümüzde gelişen teknoloji, küresel olarak atık minimizasyonunda alınması gereken rasyonel koşullar, doğal hayatın ve doğal kaynakların korunması gerekliliği, özellikle su havzalarındaki miktar bakımından yetersiz ve kirlilik bakımından kontamine olabilecek suların korunma şartları, arıtma tesisi seçim metodolojisi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Dolayısıyla Arıtma metotlarının seçimi yerel deşarj standartları, finansman ihtiyacı, işlerliği gibi konular mevcut kaynakların en akılcı yönlerden çözülmesini zorunlu kılmaktadır. Genellikle arıtma tesisleri; birinci, ikinci ve ileri arıtma şeklinde kendini göstermektedir.

Çeşitli atıksu arıtma tesislerinin tasarımında ve seçiminde asıl önemli husus, özellikle arıtma tesisini yapacak kurum veya kişi için, atıklar ve maliyet konusudur. Çoğunlukla atıksu arıtma tesisi maliyetleri, özellikle planlama aşamasında; üreticilerin sözlerinden, yayınlanmış yayımların incelenmesinden, tamamlanmış planlardan ve kesin hesap öncesi ara planlama aşamalarından yararlanılarak oluşturulur.

Beklenmeyen durumlar için oluşacak ek maliyet unsuru, maliyet kalemleri içerisine dahil edilmelidir.

1.5.2 İnşaat (Yapım) Maliyeti

Yatırım maliyeti tahminlerini yaparken, değerlendirmede gözönünde bulundurulması gerekli asıl husus tüm alternatifleri gözden geçirmek ve gelecekteki maliyet projeksiyonunu iyi bir şekilde yapmaktır. Gelecekteki maliyetleri tahmin için, en önemli hesaplama yöntemlerinden birisi yatırımın şimdiki değeridir. Bu yöntem sayesinde hesaplanan atıksu arıtma tesisleri birbirleriyle kolayca karşılaştırılabilmekte ve maliyet farklılıkları açıkça ortaya konabilmektedir.

1.5.3. İşletme ve Bakım Maliyeti

Satın alma, işgücü ve enflasyon gibi kimi parametreler bilinmediği için bir atıksu arıtma tesisi işletmesinin maliyeti konusunda tahmin yapmak zordur. Dolayısıyla bu başlık altındaki maliyetlerin ayrı başlıklar halinde incelenmesi uygun olur. Yıllık işletme ve bakım masrafları alternatif arıtma proseslerinin değerlendirilmesinde önemli faktörlerdendir. İşletme ve Bakım masraflarının temel unsurları:

- 1) İşçilik
- 2) Enerji
- 3) Kimyasal Maddeler
- 4) Malzemeler ve yedek parçaları şeklinde ortaya konabilir.

Enerji maliyetleri temelde, kazanılan enerjiden elde edilen uygun enerji bedeli ile proseslerdeki ekipmanlarca tüketileceği tahmin edilen enerjiye bağlı olarak tahmin edilir.

Kimyasal maddelerin maliyeti, benzer şekilde uygun birim fiyatlar ve tüketileceği düşünülen miktar gözönünde bulundurularak hesaplanır.

Malzemeler ve yedek parçalar önceden belirlenen kullanım amaçlarına göre ele alınırlar.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

ABD'de daha önce yapılan çalışmaları değerlendirerek başta mekanik arıtma, aktif çamur, damlatmalı filtre, koagülasyon-flokülasyon olmak üzere kum filtrasyonu, granüler aktif karbon adsorbsiyonu, elektrodializ, nihai havalandırma ve klorlama proseslerine yönelik olarak inşaat, işletme-bakım ve toplam maliyetlerini debinin fonksiyonu olarak incelemiştir. Ve yine bu 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 kurmuştur. (Smith,1968: Uslu, 1984'den).

Amerika'da arıtma tesislerinin çalıştırılması için,1965 ocak ayından 1968 haziranına kadar olan süre içinde 1600 tesisin incelenmesi sonucu genel olarak konvansiyonel aktif çamur, kontakt stabilizasyon, uzatmalı havalandırma, damlatmalı filtre ve stabilizasyon havuzları için personel giderleri ile her bir ünitedeki haftalık çalışma saatleri ile debi ilişkileri verilerek 1 mgd (3785 m³/gün) için bunların bir karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçta, en az yıllık personel giderinin stabilizasyon havuzunda, en fazla ise aktif çamur sisteminde olduğu, yine inceleme sonucunda enerji giderlerinin ortalama olarak bir arıtma tesisinde işletme ve bakım maliyetinin yaklaşık olarak % 14'ü olduğu ve en az elektrik kullanımının stabilizasyon havuzlarında, en fazla ise küçük nüfuslarda kontak stabilizasyon sisteminde olduğu, yine ön arıtma, damlatmalı filtre ve aktif çamur için aylık enerji gereksinimi kw-saat cinsinden incelendiğinde ise tüm debilerde (378-3780 m³/gün) aktif çamur sisteminde enerji gereksiniminin fazla olduğu bulunmuştur (Robert,1970: Uslu, 1984'den).

Arceivala, 4 günlük bekletme süresini ve 20 C° derece havuz sıcaklığını esas alarak Hindistan için havalandırma havuzlarının ilk yatırım maliyetlerini tahmin etmiş, yine aynı çalışmada Hindistandaki koşullar için arazi fiyatı 18000 \$/ hektar' dan daha ucuz olduğu sürece oksidasyon havuzlarının büyük şehirler için bile konvansiyonel aktif çamur tesislerinden daha ekonomik olduğunu göstermiştir. (Arceivala,1970: Uslu, 1984'den).

Aylin K. Onur ve ark.(1999), Aşağı Seyhan nehrinin mevcut durumdaki ve gelecekteki su kalite özellikleri QUAL2EU programıyla belirlemişlerdir. Ayrıca belirlenen özelliklere uygun olarak inşa edilebilecek alternatif atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri ise Capdet-Pc programı yardımıyla değerlendirilmiştir.

C. Nurizzo ve ark.(2001), bu çalışmada atıksu arıtımının gelişmediği, elektriğin ve altyapının yetersiz olduğu, düşük gelirli toplumlar için alınan atıksu tesislerine oranla düşük maliyetli ve düşük teknoloji atıksu arıtma alternatifleri üzerinde durmuşlardır. Teknolojik uygunluk işletilmelerindeki kolaylık, ihtiyaç duyulan enerjinin az olması gibi nedenlerle Stabilizasyon Havuzu prosesi, Yapay Sulak Alan prosesi, Septik Tank prosesi, Damlatmalı Filtre prosesi ve Düşük Hızlı Kum Filtrasyonu prosesi seçilmiştir. Tüm bu prosesler atıksu arıtma verimlilikleri, fiziksel çevre, sosyo-ekonomik kısıtlamalar, teknolojik uygunluk ve yeterlilik, proseslerin faydalı ömürleri bakımlarından incelenmiştir.

D.A.Mashauri ve ark.(2000), yatırım, bakım ve işletme maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle konvansiyonel arıtma tesisleri yerine Stabilizasyon havuzlarının verimliliklerini incelemişlerdir. Burada, Dar es Salam Üniversitesi atıksuları için dizayn edilen Stabilizasyon Havuzu çıkışına ikinci arıtma olarak Yapay Sulak Alan prosesi inşa edilmiş ve proses çıkış suyu verimlilikleri kimyasal oksijen ihtiyacı, askıdaki katı madde, fekal koliform gibi parametreler bakımından incelenmiştir. 4 haftalık deneme sürecinde düşük (0.27m/sa) ve yüksek (2.3m/sa) filtrasyon oranlarında çalışılmış ve sonuçta %80 oranında AKM, %66 oranında KOI ve %91 oranında fekal koliform parametrelerinde bir giderim sağlamışlardır.

F. El Sharkawi ve ark.(2000), yaptıkları çalışmayla Mısır Daqahla'da inşa edilen, iki adet anaerobik havuz, bir adet havalandırılabilir lagün ve üç adet olgunlaştırma havuzu proseslerinden oluşan atıksu arıtma tesislerinin mevcut haldeki ve proseslerin tevsii edilmesi durumundaki proses dizayn parametrelerini ve ayrıca arazi ihtiyacı-maliyet, işletme,bakım,inşaat maliyetleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Franz Bischof ve ark.(1996), yaptıkları çalışmayla aerobik prosesler için havalandırma sistemlerinin dizaynına ilişkin teorik bilgilerin yanı sıra ,özellikle

enerji dostu ekipmanların, özellikle aktif çamur gibi yoğun enerji kullanan proseslerle kurulması ve işletilmesine yönelik yaklaşımlarda bulunulmuştur.

Gutsak Olssen ve ark. (1998), bu çalışmayla, geçen 20 yıllık bir süredeki atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi ve kontrolü üzerindeki gelişmeleri teknik ve ekonomik yönlerden incelenmiş ve yine örnek olarak nütrient ayrımı proseslerinin işletilmesi ve kontrolü üzerindeki gelişim ve metodoloji üzerinde durmuşlardır.

H. Sorour (2003), Bu çalışmada, tarımsal drenaj sularının tipik karakteristiklerinin değerlendirmiş ve özellikle bu suların, arazi dışındaki kullanım amaçları için kullanılmasında 30.000 m³/gün'lük bir debide Havalandırmalı Lagün ve iki aşamalı Ters Ozmoz proseslerinde arıtılabilirlik çalışmaları ilk yatırım, işletme ve birim maliyetleri yönünden incelenmiştir.

Hollanda'da yapılan uygulamalarda oksidasyon hendeklerinin ilk yatırım maliyetinin, konvansiyonel arıtmanıninkinin % 75'i olduğu ve oksidasyon hendeklerindeki işletme masraflarının konvansiyonel arıtma sistemlerinden daha fazla olduğu bulunmuştur (Pasveer,1981: Uslu, 1984'den).

Ho-Wen Chen ve Ni-Bin Chang (2002), Burada da, Tayvan'daki 48 evsel atıksu arıtma tesisi ve 29 endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden elde edilen veriler belirsiz çevresel şartlardaki maliyet tahmin etme prosedürlerine uygulanarak hem evsel hem de endüstriyel atıksu arıtma tesisleri için , içinde farklı regresyon metotlarının uygulandığı bu çalışmada inşaat maliyetlerinin tahmin edilebilmesi konuları incelenmiştir.

Ingemar Karlsson (1996), evsel atıksuların arıtımında sıkça kullanılan ön çökteltmeli biyolojik aktif çamur prosesi ve kimyasal arıtma proseslerinde, harcanan birim oksijen tüketimi-enerji ilişkisini ve kullanılan kimyasallar-enerji ilişkilerini incelenmiştir. Ayrıca prosesler sonucu oluşan ürünlerin ekonomik ve çevresel değerleri karşılaştırmıştır.

Joao Joanez de Melo (2003),yaptığı çalışmayla özellikle paranın kısıtlı olduğu durumlarda Havalandırmalı Lagün, Stabilizasyon Havuzu, Damlatmalı Filtre, Oksidasyon Havuzu, Dönen Biyolojik Disk proseslerini ekonomik bakımdan incelenmiştir. Bunun için önce bu proseslerin farklı sıcaklık ve farklı arıtma verimlerindeki debi-arazi maliyetleri göz önüne alınmış, daha sonra her bir prosesin

inşaat, işletme- bakım, elektrik tesisatı ve ekipman maliyetleri debinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmiştir.

K.P. Tsagarakis ve ark.(2003), Yunanistan'daki Aktif çamur ve Stabilizasyon havuzlarını; arazi kullanımı, inşaat, işletme ve bakım maliyetlerini arasındaki ilişkiyi $y=ax^b$ formunda incelemişlerdir. İnceleme sonucunda yüksek enerji maliyeti,düşük işletme ve otomasyon koşullarıyla düşük F/M oranlarında konvansiyonel aktif çamur tesisinin pahalı olduğunu ve stabilizasyon havuzunun arazi ihtiyacının 30\$/m² olduğu sürece diğer sistemlere göre daha uygun olduğunu saptamışlardır.

M. Değirmenci ve ark.(2000), atıksu arıtma tesisleri tasarımında gereğinden fazla emniyet payları bırakılarak tahmin edilen atıksu debileri ve kirlilik yüklerinin ve projelendirme parametrelerinin, havalandırma havuzu ilk yatırım ve enerji maliyetlerine olan etkilerini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda BOİ₅, debi, UAKM, F/M miktarındaki değişimlerin inşaat maliyetlerini önemli ölçüde değiştirdiğini, maliyetle BOİ₅ arasında MALİYET=(BOİ₅)^A * B şeklinde bir ilişkinin mevcut olduğunu belirlemişler ve ayrıca difüzörlü havalandırma sisteminin enerji maliyetlerinin mekanik havalandırma sistemlerine göre yaklaşık olarak %10 oranında daha az olduğunu saptamışlardır.

M.Kander ve ark (2000),evsel atıksular için aynı işletme ve dizayn şartlarında batmış ve batmamış durumdaki Membran Biyoreaktörleri incelemişlerdir. Bu prosesler özellikle havalandırma ve pompalama maliyetleri, yatırım maliyeti ve enerji tüketimi ile ilgili olarak ekonomik yönlerden ve ayrıca, mikroorganizma konsantrasyonunda azalma, etkin nitrifikasyon gibi atıksu kalite parametreleri yönlerinden de değerlendirilmiştir.

Marcos von Sperling (1996),yaptığı çalışmayla özellikle gelişen ülkelerde Oksidasyon havuzları, Aktif Çamur ve Damlatmalı Filtre prosesleri, Anaerobik arıtma ve Arazi arıtımı proseslerini; ilk yatırım maliyetleri, elektrik kullanımları, arazi ihtiyaçları, çamur üretimleri gibi özellikler bakımından incelenmiştir.

Markus Boller (1997), kırsal alanlarda atıksu arıtımı için yaptığı çalışmada özellikle Lagün ve Oksidasyon Havuzu , Kum Filtresi , Yüksek Hızlı Aktif Çamur ve Damlatmalı Filtre proseslerini özellikle; işletme güvenilirliği, arazi ihtiyacı, yetişmiş insan gücü ihtiyacı, inşaat ve işletme maliyetleri açılarından incelenmiş ve ayrıca

bugünün ve geleceğin arıtma teknolojileri ekonomik ve sosyal yönlerden değerlendirilmeye çalışılmıştır.

M. Tuna (1995), mukayese amacıyla hesaplamada sırasıyla 350, 800, 3.000, 6.000, 17.000, 40.000, 67.500, 125.000, 250.000 ve 600.000 m³/gün debilerini kullanarak, bazı sistemler için debi-maliyet eğrileri elde etmiştir. Bunu yaparken Mukayeseli Tasfiye Programı adıyla bir bilgisayar programı geliştirilmiş ve bu programı kullanarak sırasıyla aktif çamur modifikasyonları, biyofilm sistemleri, stabilizasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi, arazide arıtma sistemlerini incelemiştir. Tüm bu sistemlerin incelenmesi sonucunda; toplam proje maliyeti için 40.000 m³/gün ve daha küçük debiler için, en ekonomik arıtma sisteminin hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, en pahalı sistemin ise damlatmalı filtre olduğu görülmüştür. Toplam işletme-bakım maliyeti açısından en ekonomik sistemin özellikle 100.000 m³/gün debisine kadar hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, daha büyük debiler için ise damlatmalı filtre olduğu tespit edilmiştir. Yine bu çalışmada en fazla arazi ihtiyacının arazide arıtma sistemlerinde olduğu tespit edilmiştir.

O. O. Cengiz (1998), pamuklu boyama endüstrisinde yaygın olarak kullanılan atıksu arıtma tesislerinin maliyetini incelerken, kimyasal ve biyolojik arıtma sistemi ile tek kademeli biyolojik arıtma tesisi arasındaki yatırım ve işletme maliyetlerini karşılaştırmıştır. Bahsedilen arıtma sistemlerini 1000, 2000, 3000, 4000 ve 5000 m³/gün debilerinde, toplam işletme ve toplam yatırım maliyetleri bakımından değerlendirmiştir. Elde edilen verilerden bazı debi değerleri hariç olmak üzere incelenen arıtma tesislerinde, yatırım maliyetinin debi değerleriyle lineer olarak değiştiğini bildirmiştir. Ayrıca, kimyasal ve biyolojik arıtma sisteminin, tek kademeli biyolojik arıtma arıtma sisteminden her debide daha pahalı olduğunu, debi miktarı arttıkça fiyat artış hızının yavaşlayarak arttığını gözlemlemiştir.

Peter A.Vanrollegen (1996), özünde çeşitli formülasyon ve analizlerle oluşturulan karar destek indeksiyle atıksu arıtma tesislerinin planlama aşamasında olduğu kadar mevcut durumdaki proseslerin geliştirilmesi sonucu değişen işletme stratejilerinin değerlendirilmesindeki olumlu ve olumsuz yönler örnekler üzerinde incelenmiştir.

Petr Grau (1996), atıksu arıtma tesislerinin; yasal mevzuata uygunlukları, çevre dostu olmaları, hatayı tolare edebilecek şekilde planlanmaları ve kolay işletilmeleri bakımından yeterlilikleri üzerinde durmuştur.

R.D. Balay ve arkadaşları (1994), Termal Kurutma prosesi, Yakma prosesi, Çamur Susuzlaştırma gibi farklı çamur arıtımı proseslerini sürdürülebilir bir çamur arıtımı ve bertarafı için maliyetler yönünden değerlendirmelerde bulunmak üzere; inşaat, işletme ve bakım maliyetlerini, taşıma maliyetini ve oluşan son ürünün ekonomik değerleri bakımlarından incelenmiştir.

S.V.R. Rao (1986), Bu çalışmada, kentsel atıksu arıtma tesisleri için yüksek enerji gereksinimli konvansiyonel biyolojik ve ileri arıtmada kullanılan prosesler yerine sucul kültürlerin (aquacultures) arıtma prosesleri olarak kullanılması teknik yönden incelenmiş ve sucul arıtma sistemlerinin; işletme ve bakım maliyetleri, farklı iklim koşullarında kullanımları, arıtma maliyetleri alışılan arıtma prosesleriyle karşılaştırılmıştır. Uygun şekilde koruma altına alınmış bir sucul sistemde konvansiyonel arıtma proseslerine göre çok daha düşük inşaat ve bakım maliyetlerinin olduğunu, yeterli miktarda azot ve fosforun atıksudan uzaklaştırıldığını, sıcaklık değişimlerine daha iyi uyum sağladıklarını ve ayrıca sucul bitkilerin hasat edilip yakılmasından biyogaz üretildiğini belirtmiştir.

Xian-wen Li (1995), Çin'deki yedi adet Stabilizasyon Havuzundan elde edilen yapım ve işletme verileriyle maliyet ilişkileri incelemiş ve yine aynı zamanda bu havuzlarla evsel atıksu tesislerinin maliyetlerini karşılaştırmıştır. İnceleme sonucunda, Stabilizasyon Havuzlarının inşaat maliyetlerinin yaklaşık olarak %60'ını arazi maliyetlerinden kaynaklandığını belirtmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Atıksu Arıtma Tesislerinin Bilgisayar Programı ile Boyutlandırılmasının Önemi

Atıksu arıtma tesislerinin boyutlandırılması süreci, bilimsel akılcılığın doğru ve etkin şekilde kullanarak oluşturulmasını gerektirir. Bu tür bir yaklaşım tarzı benimsenmeden planlanan atıksu arıtma tesisi inşaatı ileride telafisi olmayan hataların yapılmasına neden olabilir. Atıksu arıtma tesislerinde farklı ve çok sayıda proses mevcut olup her bir prosesin birbirine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Ayrıca her bir prosesin kullanım sınırları da farklıdır. Belirli karakterde bir atıksuyun arıtılması için çok sayıda arıtma tesisi mevcuttur. Bu proseslerden , çevreye duyarlı ve ekonomik özellikte olanının doğru ve hızlı bir şekilde seçilmesi süreci; ancak, kısa sürede etkin sonuç alınabilen, programlar kullanılarak oluşturulan süreçleri içerir.

Bunu yaparken, ilk yatırım maliyetini, işletme ve bakım maliyetlerini, atıksu arıtma maliyetlerini bilmek önem teşkil etmektedir.

3.1.1.1. CAPDEWORKS-2 Programının Tanıtımı

Kullanılacak olan CAPDEWORKS-2 programının belirtilen amaçlara yönelik olarak çeşitli özellikleri vardır. Program öncelikle kendi içerisinde değişik alternatifler şeklinde yaklaşık 80 farklı arıtma prosesini, istenen deşarj kalitesine uygun olarak boyutlandırır ve daha sonra, tesis toplam maliyetlerini; ilk yatırım maliyetleri, işletme ve bakım maliyetlerini veren debi-maliyet eğrileri sayesinde ortaya koymaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinin planlanıp projelendirilmesinde Capdetworks-2 programı aşağıda belirtilen özelliklere sahiptir.

1. Planlanan arıtma proseslerini seçilmesi,
2. Belirtilen arıtma proseslerinin çok kısa sürede boyutlandırılması,
3. Seçilen arıtma sistemlerinin tasarım kriterlerinin programa girilebilmesi,
4. Arıtma proseslerini oluşturan her bir birim için inşaat maliyetleri, işletme bakım işletme bakım bedelleri, mühendislik hizmeti bedelleri, toplam proje maliyetleri, 1 m³ atıksuyun arıtma bedellerinin hesaplanması,
5. Farklı tipteki arıtma tesislerinin karşılaştırılması,
6. Karşılaştırma sonrası ekonomik olan alternatif seçeneğin kolayca seçilebilmesine olanak vermesi,
7. Çeşitli arıtma prosesleri arasında karşılaştırma yapılarak içlerinden ekonomik olanının kısa sürede seçilmesi,
8. Boyutlandırma ve maliyet analizinin kısa sürede yapılabilmesi,
9. Proses içindeki parametrelerin değiştirilebilir olması ile yeniden hesaplamanın maliyetler üzerine olan etkisinin kolayca görülebilmesi,
10. Windows ortamında hazırlanmış olması nedeni ile çalışma açısından çok kullanışlı ve rahat bir ortamın sağlanması,
11. Kullanımının çok kolay olması,

Bu bilgisayar programının geliştirilmesinde çeşitli programlar kullanılmış, ve yukarıda bahsedilen özelliklerin Windows ara yüzüne uygulanması sonucu kullanıcı dostu bir program oluşturulmuştur.

Birim fiyatların ayrı ayrı tespit edilmesiyle ve programa girilmesiyle birlikte debi-maliyet eğrileri elde edilmiştir.

Capdetworks-2 programının dizayn hesaplarında literatürde kabul edilen hesap esasları ve teknolojik sınırlamalar dikkate alınmıştır.

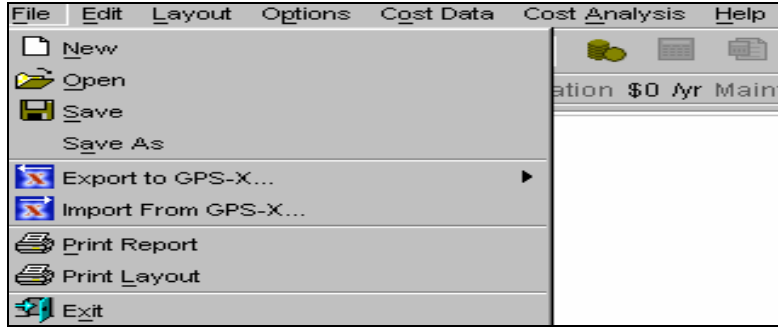
Capdetworks-2 programı ile atıksu arıtma tesisini oluşturan yaklaşık 80 proses boyutlandırılmaktadır. Bu proseslerden bazıları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Capdetworks-2 programı ile boyutlandırılabilen bazı arıtma üniteleri

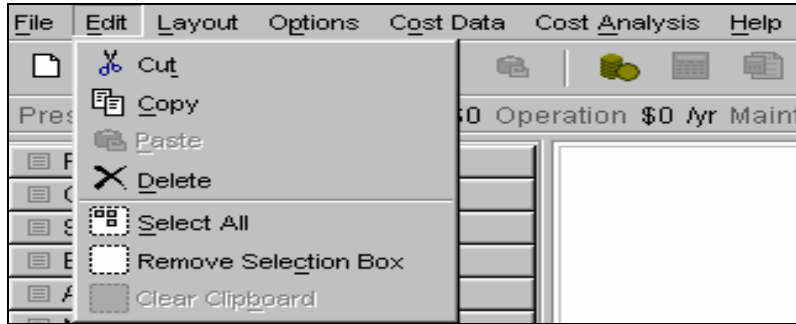
• Tam karışımli aktif çamur prosesi	• Yüzdürme prosesi
• Filtre pres prosesi	• Izgara prosesi
• Belt filtre prosesi	• Nötralizasyon prosesi
• Çamur kurutma yatakları prosesi	• Nitrifikasyon prosesi
• Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma prosesi	• Oksidasyon hendeği prosesi
• Yüzeyden akıtma suretiyle arazide arıtma prosesi	• Piston akımlı aktif çamur prosesi
• Çamurun taşınması ve arazide depolanması	• Elek prosesi
• Çamur yakma prosesi	• Öğütücü prosesi
• Çamur arıtılması prosesleri	• İlk ve Son çökeltme prosesleri
• Vakum filtrasyon prosesi	• Ara pompa istasyonu prosesi
• Stabilizasyon havuzu prosesi	• Saf oksijenli aktif çamur prosesi
• İyon yoğunlaştırıcı prosesi	• Kum tutucu prosesi
• Yüksek hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma prosesi	• Ham atıksu pompa istasyonu prosesi
• Yüksek hızlı aktif çamur prosesi	• Biyodisk prosesi
• Katyon değıştirici prosesi	• Tekrar karbonlama prosesi
• Klorlama prosesi	• Kademeli havalandırmalı aktif çamur prosesi
• Pıhtılaştırma prosesi	• Lagün prosesi
• Anaerobik ve Aerobik çürütme prosesi	• Kireçle arıtma prosesi
• Kontak stabilizasyonlu aktif çamur prosesi	• Yumaklaştırma prosesi
• Yoğunlaştırma prosesi	• Fosfor giderme prosesleri
• Dengeleme prosesi	• Kontak stabilizasyonlu havuzlu aktif çamur prosesi
• Uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi	• Damlatmalı filtre prosesi

Capdetworks-2 programının toplam 7 menüsü orijinal halinde şekiller halinde gösterilmiştir.

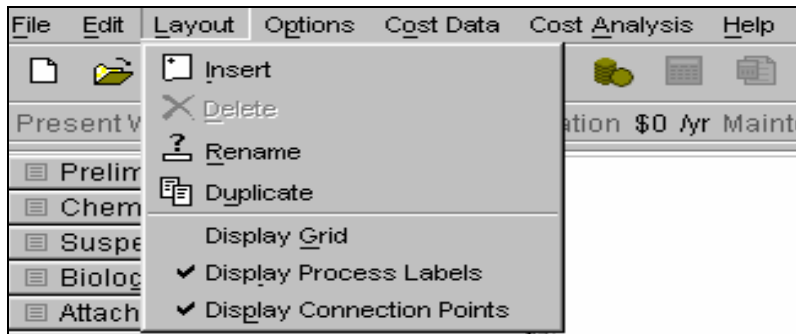
Şekil 3.1’de programın file menüsü , Şekil 3.2 ’de programın edit menüsü li, Şekil 3.3 ’de programın layout menüsü, Şekil 3.4 ’de programın options menüsü , Şekil 3.5 ’de programın cost data menüsü , Şekil 3.6 ’da programın cost analysis menüsü , Şekil 3.7 ’de programın help menüsü , Şekil 3.8 ’de programın boyutlandırma şekilleri gösterilmiştir.



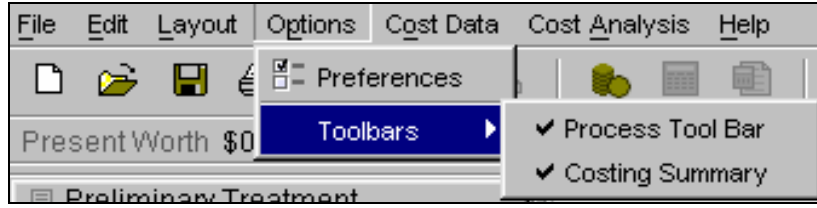
Şekil 3.1. Programın File Menüsü Şekli



Şekil 3.2. Programın Edit Menüsü Şekli



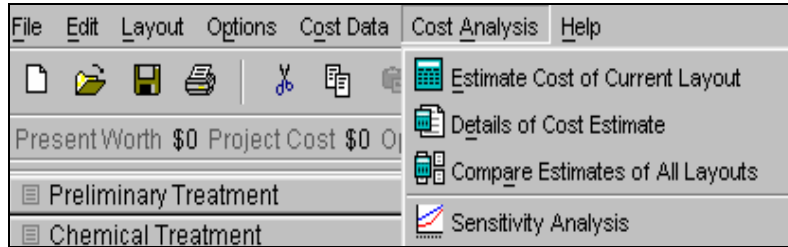
Şekil 3.3. Programın Layout Menüsü Şekli



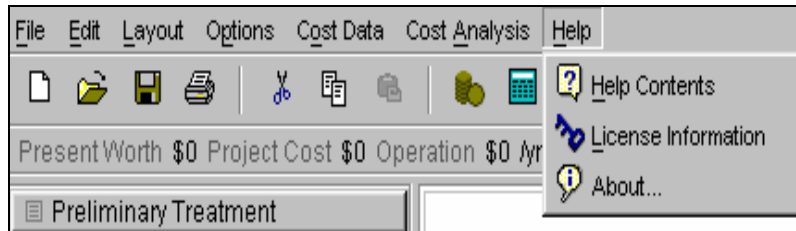
Şekil 3.4. Programın Options Menüsü Şekli



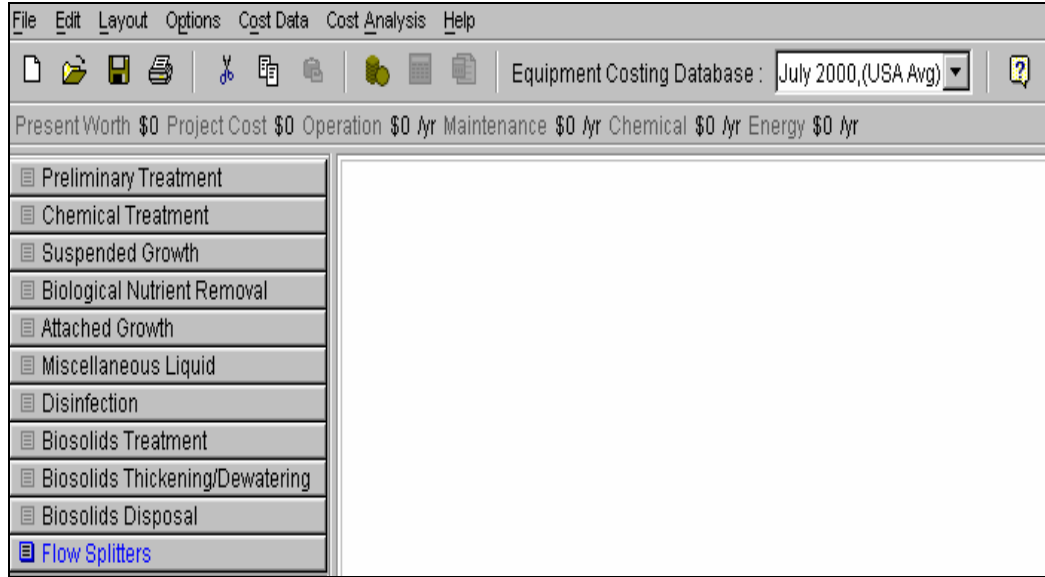
Şekil 3.5. Programın Cost Data Menüsü Şekli



Şekil 3.6. Programın Cost Analysis Menüsü Şekli



Şekil 3.7 Programın Help Menüsü Şekli



Şekil 3.8. Programın Boyutlandırma Sayfası Şekli

3.1.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre ; su kirliliğinin önlenbilmesinde, kalkınma hedefleriyle uyumlu olunması gerekliliği ve bu hedeflerin hukuki ve teknik esasları kapsamı gerektiğinin önemi belirtilmiştir.

Yönetmelik evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartlarını; 4 Sınıf olarak ve eşdeğer nüfusun ne olduğuna bakılmaksızın doğal arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları sistemiyle biyolojik arıtma yapan kentsel atıksu arıtma tesisleri için de 1 adet olmak üzere toplam 5 çeşit kirlilik yüküne göre belirlemiştir. Bunlardan,

Sınıf 1:Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 5-60 Kg/Gün arasında, Nüfus: 84-100)

Sınıf 2: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 60-600 Kg/Gün arasında, Nüfus 100-10000)

Sınıf 3: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 60-6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus 10000-100000)

Sınıf 4: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus 100000' den Büyük)

Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin açıklamaları yapılmıştır.

Evsel nitelikli atıksu kaynaklarından alıcı su ortamlarına deşarjında istenen standart değerler Çizelge 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6 'da ayrı ayrı gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 1: Kirlilik Yüğü Ham BOİ olarak 5-60 Kg/Gün arasında, Nüfus: 84-100)

PARAMETRE	Birim	Kompozit Numune(2Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg/l)	50	45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/l)	180	120
Askıda Katı Madde(AKM)	(mg/l)	70	45
PH	-----	6-9	6-9

Çizelge 3.3. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 2: Kirlilik Yüğü Ham BOİ olarak 60-600 Kg/Gün arasında, Nüfus 100-10000)

PARAMETRE	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg/l)	50	45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/l)	160	110
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/l)	60	30
PH	-----	6-9	6-9

Çizelge 3.4. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 3: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 60-6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus 10000-100000)

PARAMETRE	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg/l)	50	45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/l)	140	100
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/l)	45	30
PH	-----	6-9	6-9

Çizelge 3.5 Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 4: Kirlilik Yükü Ham BOİ olarak 6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus 100000' den Büyük)

PARAMETRE	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg/l)	40	35
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/l)	120	90
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/l)	40	25
PH	-----	6-9	6-9

Çizelge 3.6. Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin)

PARAMETRE	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (Çözünmüş)	(mg/l)	75	50
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/l)	150	100
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/l)	200	150
PH	-----	6-9	6-9

3.1.3 Arıtma Prosesi Bileşenleri

Bu tez kapsamında Bölüm 3' de verilen arıtma sistemlerinin maliyetleri CapdetWorks-2 programı ile belirlenmiştir. Esas alınan arıtma proseslerini oluşturan birimlerin dizayn bilgileri hakkında kısa bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

3.1.3.1 Mekanik Arıtma Birimleri ve Proje Kriterleri

3.1.3.1.(1) Izgaralar

Izgaradan geçirme, iri hacimli kirleticilerin atıksudan uzaklaştırılmasında kullanılan birincil arıtma sistemlerinden birisidir. (Toprak,1996)

Izgaralar genelde elle ve mekanik temizlemeli ızgaralar olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Bu ızgara tipleri için proje kriterleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Elle ve mekanik temizlemeli ızgaralar için proje kriterleri (Metcalf ve Eddy, 1991).

Proje Parametresi	Elle Temizlenen Izgaralar	Mekanik Temizlemeli Izgaralar
• Çubuk Kesitinin Genişliği, mm	5 - 15	5 - 15
• Çubuk Kesitinin Yüksekliği, mm	25 - 38	25 - 38
• Çubuk Aralığı, mm	25 - 50	15 - 76
• Çubukların Yatayla Yaptığı Açı, Derece	30° ile 45°	0° ile 30°
• Yaklaşma Kanalındaki Hız, m/sn	0,30 - 0,60	0,60 - 1,0
• Müsaade Edilen Yük Kaybı, m	0,15	0,15

3.1.3.1.(2). Kum Tutucular

Kum ve çakıl gibi inört maddeleri sudan ayırmak ve bunların tasfiye tesisinin diğer ünitelerine geçmesini önlemek için kum tutucular yapılır. Özellikle küçük tesislerde kum tutucular el arabaları ve küreklerle temizlenir.

Havalandırılmalı kum tutucularda esas alınan proje kriterleri Çizelge 3.8' da verilmiştir.

Çizelge 3.8 Havalandırmalı kum tutucu proje kriterleri (Yücel ve Aksoğan, 1987).

Proje Parametreleri	Sınır Değerler	Tipik Değerler
• Derinlik, m	2 - 5	—
• Uzunluk, m	7,5 - 20	—
• Genişlik, m	2,5 - 7.0	—
• Genişlik / Derinlik Oranı	1/1 - 5/1	2/1
• Pik Debideki Bekletme Süresi, Dakika	2 5	3
• Hava Debisi, m3/dak/m uzunluk	0.15 - 0.45	0.3
• Kum ve Cüruf Miktarı, m3/1000 m3	0.004 - 0.2	0.015

3.1.3.2. Kimyasal Arıtma ve Proje Kriterleri

3.1.3.2.(1). Hızlı Karıştırma- Yumaklaştırma- Çökeltme

Kimyasal Çökeltme; suda çözünmüş veya askıda halde bulunan maddelerin fiziksel durumunun değiştirilerek çökelebilmelerini sağlamak üzere uygulanan bir arıtma işlemidir.

Yumaklaştırma ise; pıhtılaşmış taneciklerin yumaklar haline gelerek büyümesi, gözle görünür ve çökelebilir hale gelmesi işlemidir. (Şengül, 1995)

Çeşitli koagülantların kullanıldığı hızlı karıştırma-yumaklaştırma ve sonra çöktürme tankları için önerilen yüzey yükü değerleri Çizelge 3.9' da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Çeşitli kimyasalların kullanıldığı kimyasal çöktürme tankında önerilen yüzey yükü değerleri (Metcalf ve Eddy, 1991).

Kimyasal İsmi	Yüzey Yükü , m3/m2.gün	
	Aralık	Pik Debi
• Alum Flokları	24.4 - 48.8	48.8
• Demir Flokları	24.4 - 48.8	48.8
• Kireç Flokları	30.5 - 61	61
• Arıtılmamış Atıksu	24.4 - 48.8	48.8

3.1.3.3. Biyolojik Arıtma Birimleri ve Proje Kriterleri

3.1.3.3.(1). Tam Karışımli Sistemler

Tam karışımli aktif çamur sürecinin en genel tanımı, havuz içerisindeki kirletici madde konsantrasyonu ile mikroorganizma konsantrasyonunun havuzun her noktasında aynı olduğu şeklinde yapılabilir. Havuzun her noktasındaki özellikler aynı olduğundan çıkış suyu kalitesi de havuz içeriğine özdeştir. (Toprak, 1996)

Tam karışımli havuzların proje kriterleri ve değerleri Çizelge 3.10' da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Tam karışımli havuzların proje kriterleri (Metcalf ve Eddy,1991).

Proje Parametreleri	Parametre Aralığı
• Q_c (Çamur Yaşı), gün	5 -15
• F/M , kg BOI5/ kg UAKM gün	0.2 - 0.6
• Hacimsel Yük , kg BOI5 / m3/gün	0.8 -1.92
• Havalandırma Havuzunda Asılı Katı Madde Konsantrasyonu , AKM, mg/l	2500 - 4000
• t (Hidrolik Bekletme Süresi) =V/Q , saat	3 - 5
• r =(Geri Devir Oranı) Q _r /Q	0.25 - 1.0

3.1.3.3.(2). Uzun Havalandırmalı Sistemler

Bu sistemler, bakteri çoğalma eğrisinin iç solunum (endojen respirasyon) fazında çalışır ve nispeten düşük bir organik yük değeri ile uzun bir havalandırma zamanı gerektirir. (Muslu,1994)

Uzun havalandırmalı sistemlere ait proje kriterleri ve değerleri Çizelge 3.11' de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Uzun havalandırılmalı sistemlere ait proje kriterleri (Metcalf ve Eddy, 1991).

Proje Kriteri	Parametre Aralığı
• Q_C (Çamur Yaşı), gün	20 - 30
• F/M , kg BOİ5/ kg UAKM gün	0.05 - 0.15
• Hacimsel Yük , kg BOİ5 / m ³ .gün	0.16 - 0.4
• Havalandırma Havuzunda Asılı Katı Madde Konsantrasyonu, AKM, mg/l	3000 - 6000
• t (Hidrolik Bekletme Süresi) = V/Q , saat	18 - 36
• r =(Geri Devir Oranı) Q_r/Q	0.5 - 1.5

3.1.3.4. Çamur Arıtma Birimleri Ve Proje Kriterleri

3.1.3.4.(1). Yoğunlaştırıcı

Yoğunlaştırma, genellikle çamur bertaraf işlemlerinin ilk basamağıdır veya yerçekimi etkisiyle yada çözünmüş hava yüzdürmesiyle sağlanır. (Toprak,1996)

Gravital çamur yoğunlaştırıcılarda çeşitli tipteki çamurlar için tipik çamur yükleri Çizelge 3.12' de verilmiştir.

3.1.3.4.(2). Anaerobik Çürütme

İlk çökeltme havuzlarında sudan ayrılan ve bir miktar geri devir çamuru da ihtiva eden asılı katı maddeler kapalı bir yapı içerisinde aerobik ayrışmaya maruz bırakılırlar. Bu olay havasız olarak hayatlarını sürdürebilen bakteriler tarafından meydana getirilir. (Muslu,1994)

Anaerobik çürütmeye ait proje kriterleri Çizelge 3.13' de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Gravital çamur yoğunlaştırıcılarda çeşitli tipdeki çamurlar için tipik çamur yükleri (Metcalf ve Eddy, 1991).

Çamur Tipi	Çamur Yüğü, kg/ m2-gün
• Ön Çöktürme	88 -137
• Ön Çöktürme ve Havalandırma Havuzu Beraber	39 - 78
• Aktif Çamur	12.2 - 34.2
• Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur	24.4 - 34.2
• Damlatmalı Filtre Çamuru	34.2 - 48.8
• Biyodisk Çamuru	34.2 - 48.8

Çizelge 3.13. Mezofilik Anaerobik çürütmeye ait proje kriterleri (Metcalf ve Eddy, 1991).

Proje Parametreleri	Düşük Hızlı Parçalanma	Yüksek Hızlı Parçalanma
Hacim Kriteri, (m³/N):		
• Ön Çöktürme Çamuru	0.03-0.04	0.02-0.03
• Aktif Çamur + Ön Çöktürme Çamuru	0.06-0.08	0.02-0.04
• Damlatmalı Filtre + Ön Çöktürme Çamuru	0.08-0.14	0.02-0.04
• Çamur Yaşı, Qc (gün)	30 - 60	10-20
• Çamur Yüğü (kg UKM/m ³ gün)	0.64-1.60	2.40-6.41

3.1.3.4.(3). Aerobik Çürütme

Aerobik Çürütme; organik çamurların aerobik biyolojik mekanizmalar vasıtasıyla parçalanması esasına dayanır.

Aerobik çürütücülere ait proje kriterleri Çizelge 3.14'de verilmiştir.

3.1.3.4.(4). Beltfiltre

Çamurun çok daha konsantre hale dönmesi amacıyla uygulanan basınçlı filtrasyon prosesidir. Endüstriyel atıksularda da kullanılmaktadır.

3.2. Metot

3.2.1. Arıtma Tesisi Maliyetlerinde Kullanılan Birim Fiyatlar

Bu bölümde, evsel atıksu arıtma tesislerinde birim fiyat olarak Bayındırlık Bakanlığı ve İller Bankası'nın 2006 birim fiyatları kullanılmıştır. Fiyat listelerinde bulunmayan fiyatlar ise piyasadaki firmalardan elde edilmiştir

Çizelge 3.14. Aerobik çürütmeye ait proje kriterleri . (Metcalf ve Eddy, 1991).

Proje Parametreleri	Parametre Değeri
<u>Hidrolik Bekletme Zamanı, gün (20 C'de)</u>	
• Atık aktif çamur için	10 - 15
• Ön çökeltmesiz aktif çamur için	12 - 18
• İlk+aktif yada ilk+damlatmalı filtre çamuru için	15 - 20
• Katı Yükleme, (kg uçucu katı/m ³ gün)	1.6 - 4.8
<u>Oksijen ihtiyacı (kg/kg çürüyen organik madde cinsinden)</u>	
• Hücre Dokusu	2.3
• İlk çökeltme tankında BOİ ₅	1.6 - 1.9
<u>Karıştırma için Enerji ihtiyacı</u>	
• Mekanik aeratörler, (kW/10 ³ m ³)	19.75 - 39.5
• Hava karışımli aeratörler (m ³ / m ³ dakika)	0.02 - 0.04
• Askıdaki Katı Madde Giderimi, (%)	40 - 50

3.2.1.1. Hafriyat Birim Fiyatı

Bu çalışma kapsamında Hafriyat birim fiyatı 1.77 \$ / m³ olarak alınmıştır.

3.2.1.2. Betonarme Betonu Birim Fiyatı

Genel olarak arıtma tesislerinde betonarme duvar kalınlıkları 15 cm ile 45 cm arasında değişmektedir. 1 m³ betonarme betonu maliyetinin çıkartılmasında ortalama duvar kalınlığı 30 cm olarak alınmıştır.

3.2.1.3. Arazi Fiyatları

Atıksu arıtma tesislerinin üzerine inşaat yapılacak olan arazi fiyatları değişik faktörler ışığında çok değişken olup bu çalışma kapsamında tüm sistem boyutlandırmaları için sabit kabul edilmiş ve ortalama olarak 2.5 \$ / m² alınmıştır.

3.2.1.4. İnşaat Maliyetleri

Evsel arıtmanın uygulandığı arıtma tesislerinde toplam maliyete katkısı olan kalemler; pompa istasyonları, ızgaralar, kum tutucular, ön çöktürme havuzları, havalandırma havuzları, son çöktürme havuzları, yoğunlaştırıcı ve çürütücüler, çamur kurutma yatakları yada preslerin maliyetleri ile idare ve yönetim giderleri, atölye, ısıtma merkezi ve arazi maliyetleri olarak sıralanabilir. (Uslu,1984)

Seçilen evsel atıksu arıtma maliyetini oluşturan her bir ünite için boyutlandırma parametreleri belirlenip programa girildikten sonra sırasıyla ünite maliyetleri ve tesis maliyetleri hesaplanmıştır.

3.2.1.5. Projelendirmelerde Kullanılan Kişi Başını Su Kullanımı ve Organik Yükler

Projelendirmede kişi başına su tüketiminin 150 lt/N.gün olduğu ve yine kişi başı organik yük miktarının da 54 gr/N.gün olduğu varsayımı yapılmıştır.

3.2.2. Karşılaştırılan Sistemlerin Maliyetleri

Bu kapsamda Türkiye'deki fiyatlar kullanılarak çeşitli arıtma sistemleri için debi-maliyet ilişkileri araştırılmıştır.

Maliyet hesaplarında Capdetworks-2 programı kullanılmıştır.

Capdetworks-2 programında sisteme girilen birim maliyetler ve dolayısıyla programın çalıştırılmasından sonra her bir arıtma tesisi için elde edilen maliyetler dolar cinsindendir. Maliyetlerin döviz cinsinden hesaplanması, daha sonraki yıllarda hesaplanacak olan evsel atıksu arıtma tesisleri için karşılaştırmaya uygun olması bakımından önemlidir.

Atıksu arıtma tesisleri çıkış suyunda BOİ5: 20 mg/lt, KOİ: 30 mg/lt ve AKM:25 mg/lt olacak şekilde boyutlandırma yapılmıştır.

Capdetworks-2 programında kullanılan bazı birim fiyatlar Çizelge 3.15' de verilmiştir.

Capdetworks programı ile hesaplanan atıksu arıtma tesislerinin, tesis giriş atıksu karakteristikleri de Çizelge 3.16' da verildiği şekliyle hesaplamalara dahil edilmiştir.

Capdetworks-2 programı ile sırasıyla 750, 1.500, 7.500, 15.000, 37.500, 75.000 ve 112.500, 150.000, 225.000, 375.000, 450.000, 600.000, 750.000 ve 1.500.000 m³/gün'lük debilere; 150 lt/N.günlük kişi başı su kullanımından hareketle karşılık gelen ve sırasıyla, 5.000, 10.000, 50.000, 100.000, 225.000, 500.000, 750.000, 1.000.000, 1.500.000, 2.500.000, 3.000.000, 4.000.000, 5.000.000 ve 10.000.000 kişilik nüfuslar esas alınarak arıtma sistemlerinin Toplam Proje Maliyeti, Toplam İşletme Maliyeti ve 1 m³ Atıksuyun Arıtma Maliyeti hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda Türkiye ortalama sıcaklıkları olarak yaz için 25⁰C ve kış için 8⁰C olduğu kabulü yapılmıştır.

Çizelge3.15. Capdetworks-2 programında kullanılan bazı birim fiyatlar

Birim Fiyat Parametreleri	Fiyat	Birim
Metrekare Bina Maliyeti	282	\$/m ²
Kazı Maliyeti	1.77	\$/m ³
Perde Beton	130	\$/m ³
Döşeme Beton	130	\$/m ³
Vinç Kirası	35	\$/saat
Sundurma Maliyeti	25	\$/m2
İşçi Ücreti	1.8	\$/saat
Bakım Onarım işçi Ücreti	2	\$/saat
Elektrik Fiyatı	0.14	\$/kwsaat
Kireç	0.1	\$/kg
Korkuluk Maliyeti	1.9	\$/m
Arsa Bedeli	2.5	\$/m ²
Orta Blower Fiyatı	22.500	\$
Büyük Blower Fiyatı	195.000	\$
Mühendislik Giderleri	10	%
Genel Gider	30	%
Beklenmedik Giderler	10	%

Çizelge3.16. Capdetworks-2 programında esas alınan ham atıksu karakteristikleri

Ham Atıksu Parametresi	Değeri	Birimi
pH	7.5	—
PO ₄	25	mg/lt
TKN	45	mg/lt
NH ₃	25	mg/lt
NO ₂	10	mg/lt
NO ₃	0	mg/lt
Yağ ve Gres	250	mg/lt
Askıdaki Katı Madde	300	mg/lt
Uçucu Katı Madde	60	SS'nin %'si
Çökebilir Katı Madde	15	mg/lt
BOİ ₅	350	mg/lt
Çözünebilir Maddelerin BOİ ₅ 'i	250	mg/lt
KOİ	550	mg/lt
Çözünebilir Maddelerin KOİ'si	300	mg/lt

CAPDEWORKS-2 adlı program sayesinde, evsel atıksuların arıtılması için toplam 14 adet atıksu arıtma sistemi düşünülmüştür. Bunlar sırasıyla; Stabilizasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi, biyodisk ve damlatmalı filtreden oluşan atıksu arıtma tesisleri, arazi yüzeyinden akıtan atıksu arıtma tesisi, hızlı infiltrasyon yoluyla atıksu arıtma tesisi, düşük hızlı infiltrasyon yoluyla atıksu arıtma tesisi, uzun havalandırmalı aktif çamur atıksu arıtma tesisi, tam karışımli aktif çamur atıksu arıtma tesisi, saf oksijen havuzlu aktif çamur atıksu arıtma tesisi, kontak stabilizasyon havuz modifikasyonlu aktif çamur atıksu arıtma tesisi, oksidasyon hendek havuz modifikasyonlu aktif çamur atıksu arıtma tesisi, oksidasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi, kademeli havalandırma havuzlu aktif çamur atıksu arıtma tesisi, yüksek hızlı aktif çamur atıksu arıtma tesisleridir. Bu çalışmada tüm bu tesislerin debi-maliyet ilişkileri incelenmiş ve tesislerin; ilk yatırım maliyetleri, işletme ve

bakım maliyetleri, birim atıksu maliyetleri ve arazi maliyetleri dolar cinsinden debi-maliyet eğrileriyle ortaya konmuştur.

Evsel atıksu arıtma tesislerinin maliyet analizleri aşamasında debi miktarı $100 \text{ m}^3 / \text{gün}$ ve bunun katları şeklinde alınarak Y ekseninde ve X eksenin de ise ele alınan tesislerin maliyetleri dolar cinsinden grafik üzerinde gösterilmiştir.

Maliyet hesaplarında ayrıca çamur arıtma sistemleri dikkate alınarak çamur arıtma maliyeti bu çalışmanın kapsamı içine alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

4.1. Araştırma Bulguları

4.1.1. Atıksu Arıtma Tesislerindeki Maliyetler

Atıksu arıtma tesislerinde maliyetler genel olarak; yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, toplam proje maliyeti şeklinde sıralanabilir

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekipman ve malzeme fiyatları, birçok faktörün etkisiyle değişmektedir. Değişken olan fiyatlar arıtma tesisleri yatırım maliyetini büyük ölçüde değiştirmektedir.

4.1.1.1. Yatırım Maliyeti

Yatırım Maliyeti; genel olarak inşaat maliyetini, arazi kamulaştırma maliyetini ve mekanik ekipman maliyeti kalemlerini içermektedir. Yatırım maliyetlerinde Bayındırlık Bakanlığı, İller Bankası'nın 2006 yılı için düzenlediği birim fiyatlar kullanılmıştır. Birim fiyatlarda bulunmayan fiyatlar ise çeşitli yerli ve yabancı firmalardan alınmıştır.

4.1.1.2. İşletme ve Bakım Maliyeti

Bir atıksu arıtma tesisinin işletilmesi ve bakımında; enerji , personel, kimyasal madde, bakım ve onarım masrafları önemli yer tutar.

En önemli işletme maliyeti kalemlerinden birisi enerji masraflarıdır. Atıksu Arıtma Tesislerinde pompa üniteleri, havanın sıkıştırılıp püskürtülmesini sağlayan blower üniteleri enerji masraflarının çoğunluğunu oluşturur

Her bir arıtma tesisi için çalışacak eleman sayısı brüt ücretle çarpılarak personel masrafları bulunmuştur.

4.1.1.3. Mühendislik Maliyeti ve Döviz Kuru

Mühendislik giderleri; proje, kontrollük ve özel araştırma giderlerini içerir. Proje ve kontrollük giderleri tesis maliyetinin belli bir yüzdesi olarak kabul edilebilir. Ekseri çalışmalarda proje giderleri tesis maliyetinin % 10'u; kontrollük giderleri ise % 5'i olarak alınmaktadır. Proje giderleri; gerekli topoğrafik çalışmalar, zemin etütleri ve ihale dosyası tanzimi için yapılacak harcamaları da içermektedir. Yapılan çalışmada proje giderleri hesaba katılmıştır. Müteahhit kârı olarak, toplam yatırım maliyetinin % 25'i kabul edilerek analizlere dahil edilmiştir. (Uslu,1984)

Türkiye içinde kabul edilen fiyatların uluslararası düzeydeki fiyatlarla karşılaştırılabilmesi için döviz kuru 1.5 YTL olarak alınmıştır.

4.1.2. Faiz Oranı

Debi – Maliyet ilişkilerinde atıksu arıtma tesisinin yatırım maliyetini senelik maliyet cinsinden ifade etmek için doların faiz oranı % 7 olarak alınmış ve tesis ömrü 50 yıl kabul edilmiştir.

4.2. Atıksu Arıtma Tesislerindeki Debi-Maliyet İlişkileri

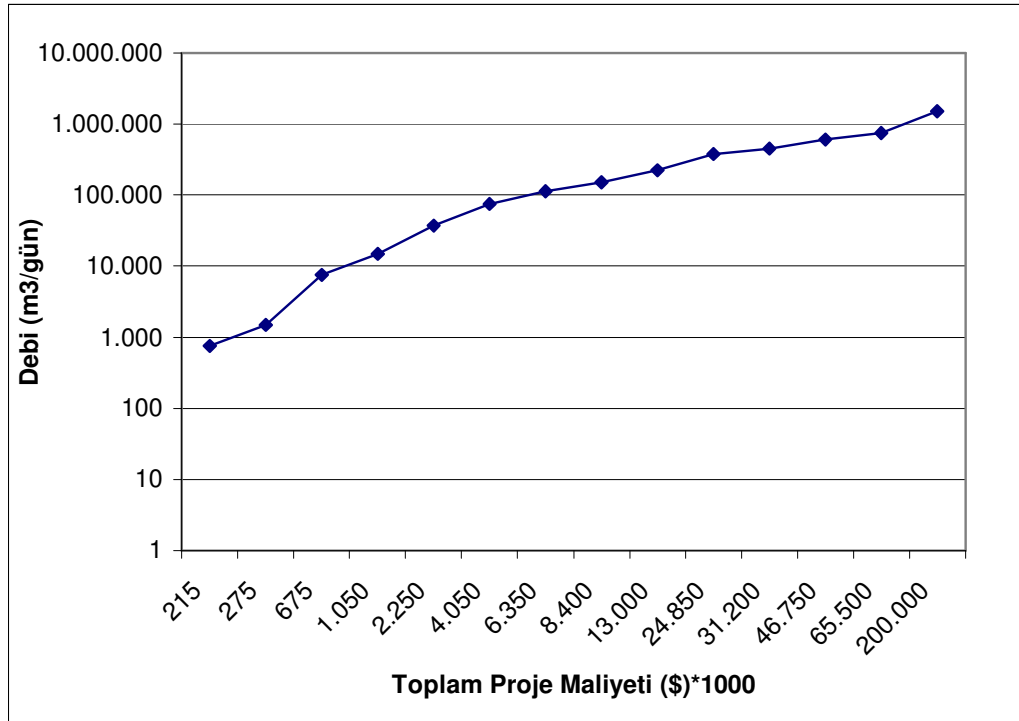
4.2.1. Debi-Toplam Proje Maliyeti İlişkileri

Bölüm 4.1 de belirtilen debiler esas alınarak hesaplanan toplam proje maliyetleri CAPDETWOKS-2 programı yardımıyla yarı logaritmik olarak çizilmiş ve böylece 14 farklı arıtma sistemi için "debi-toplam proje maliyeti" ilişkileri elde edilmiştir. Şekil 4.1 de tam karışımli aktif çamur, Şekil 4.2 de damlatmalı filtre, Şekil 4.3 de kontak stabilizasyon aktif çamur, Şekil 4.4 de biyodisk, Şekil 4.5 de yüksek hızlı aktif çamur, Şekil 4.6 da saf oksijenli aktif çamur, Şekil 4.7 de kademeli havalandırma, Şekil 4.8 de oksidasyon hendeği, Şekil 4.9 da uzun havalandırmalı aktif çamur, Şekil 4.10 da stabilizasyon havuzu, Şekil 4.11 de oksidasyon havuzu, Şekil 4.12 de arazi yüzeyinden akıtılarak arıtma, Şekil 4.13 de

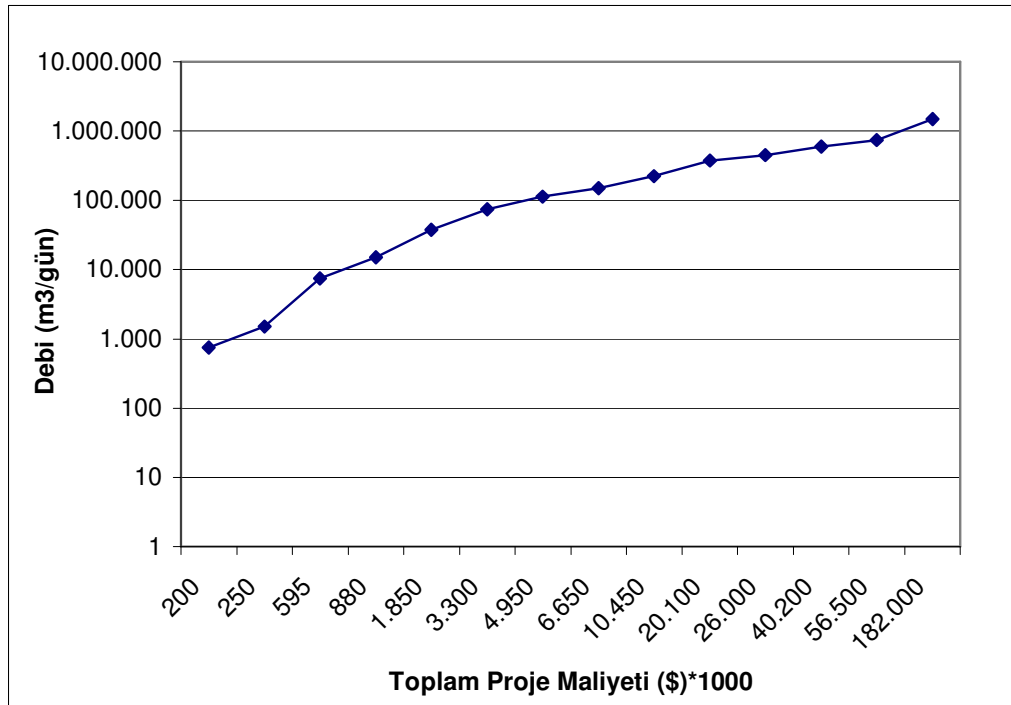
hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma ve Şekil 4.14 de düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma tesislerinin "Debi-Toplam Proje Maliyeti" şekilleri çizilmiştir.

Toplam Proje Maliyeti; başta, inşaat maliyeti olmak üzere kar ve genel giderleri, beklenmeyen giderleri, mühendislik giderlerini ve arazi bedelini içermektedir.

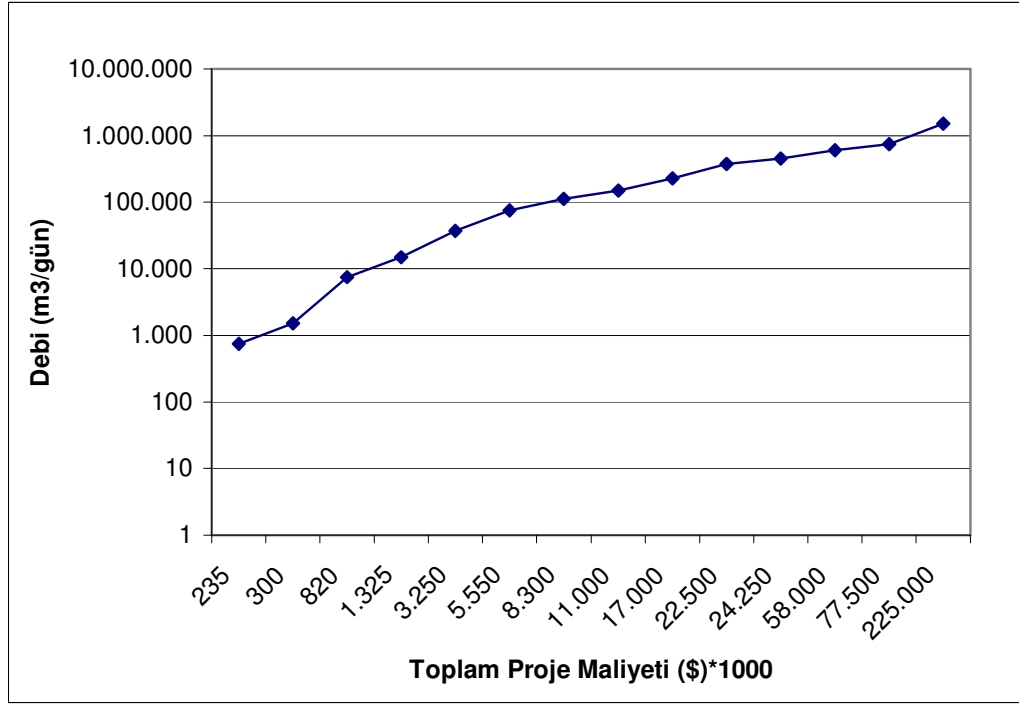
Proje maliyeti, ortalama % 7 faiz oranı ve 5 yıllık inşaat süresine dayanmaktadır. Eğrilerin elde edilmesinde işgücü maliyeti 10\$/saat, enerji maliyetleri 0.14 \$/kw-saat olarak alınmıştır.



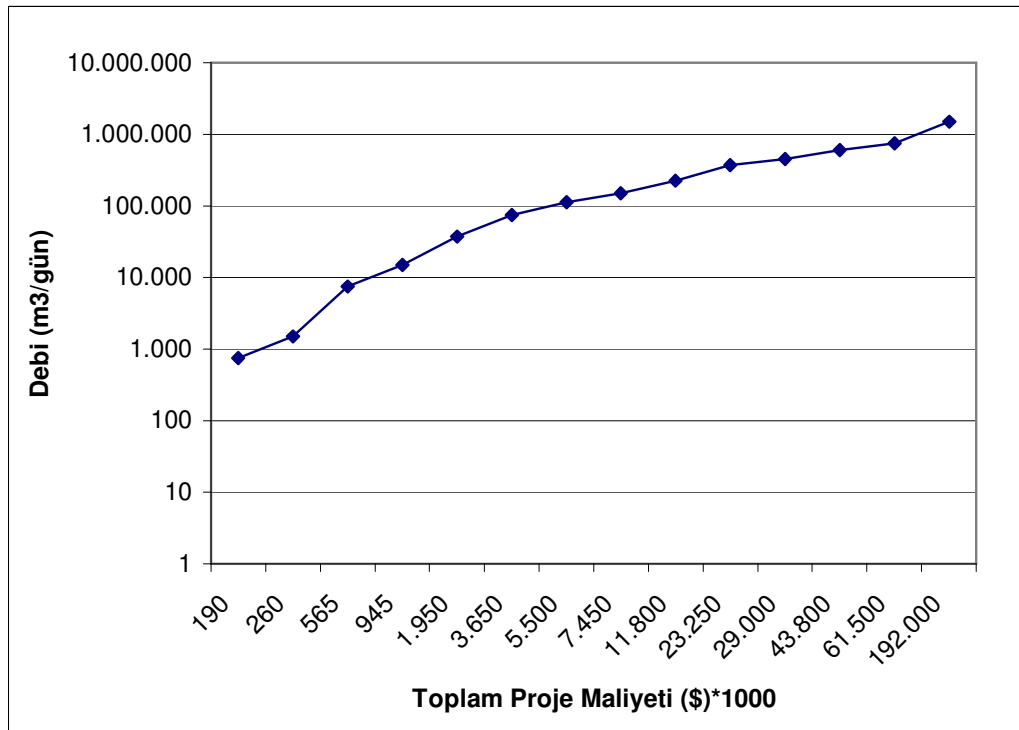
Şekil 4.1. Tam Karışımlı Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



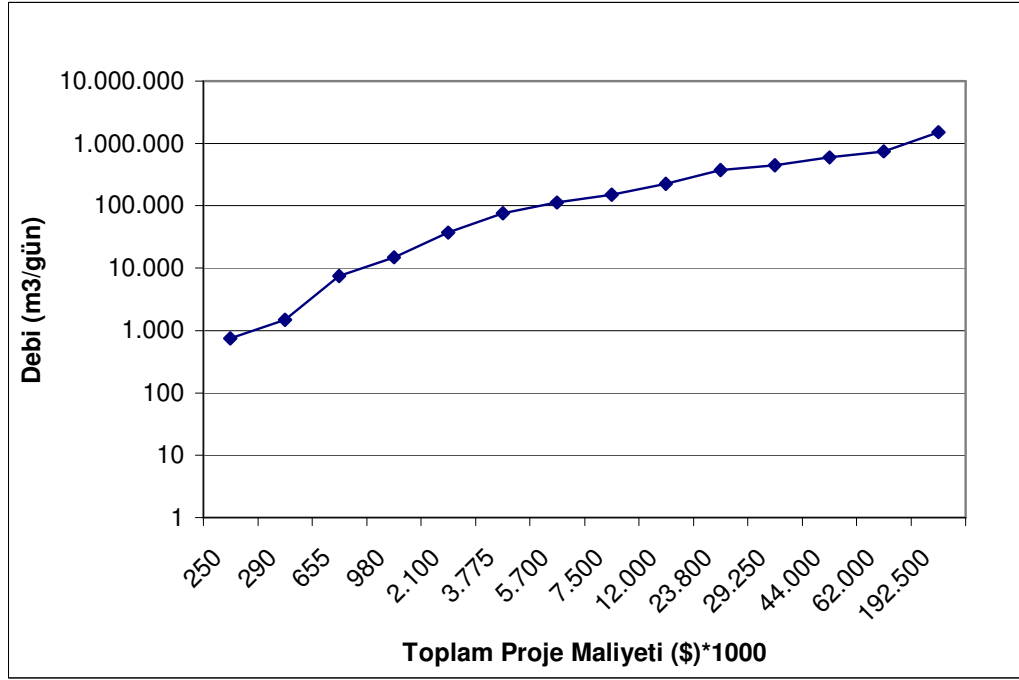
Şekil 4.2. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



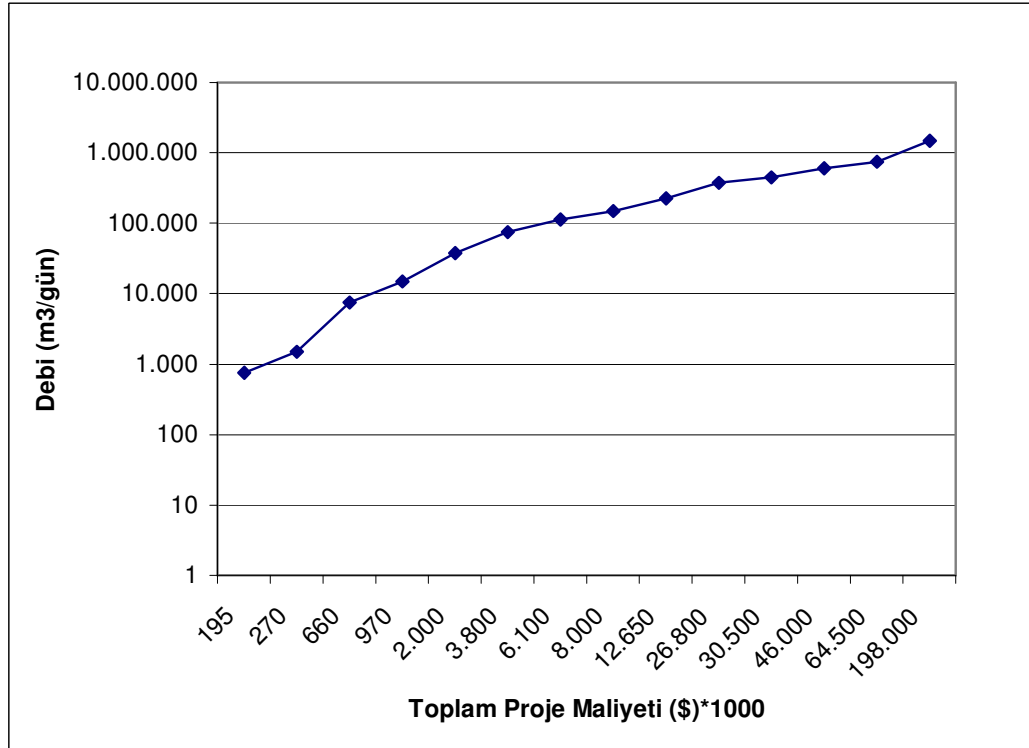
Şekil 4.3. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



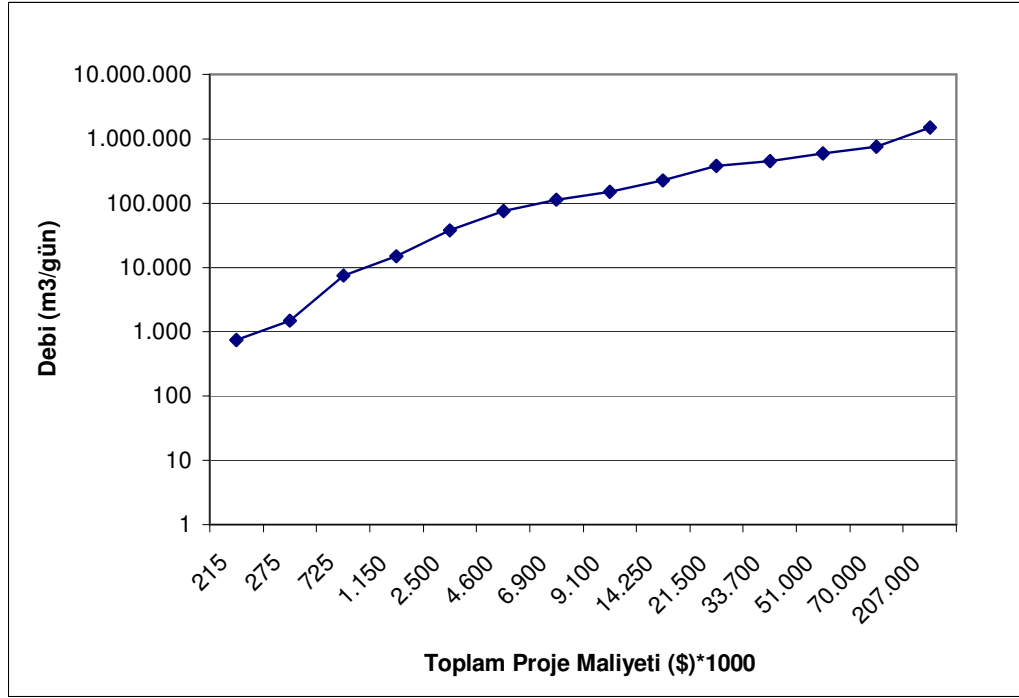
Şekil 4.4. Biyodisk Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



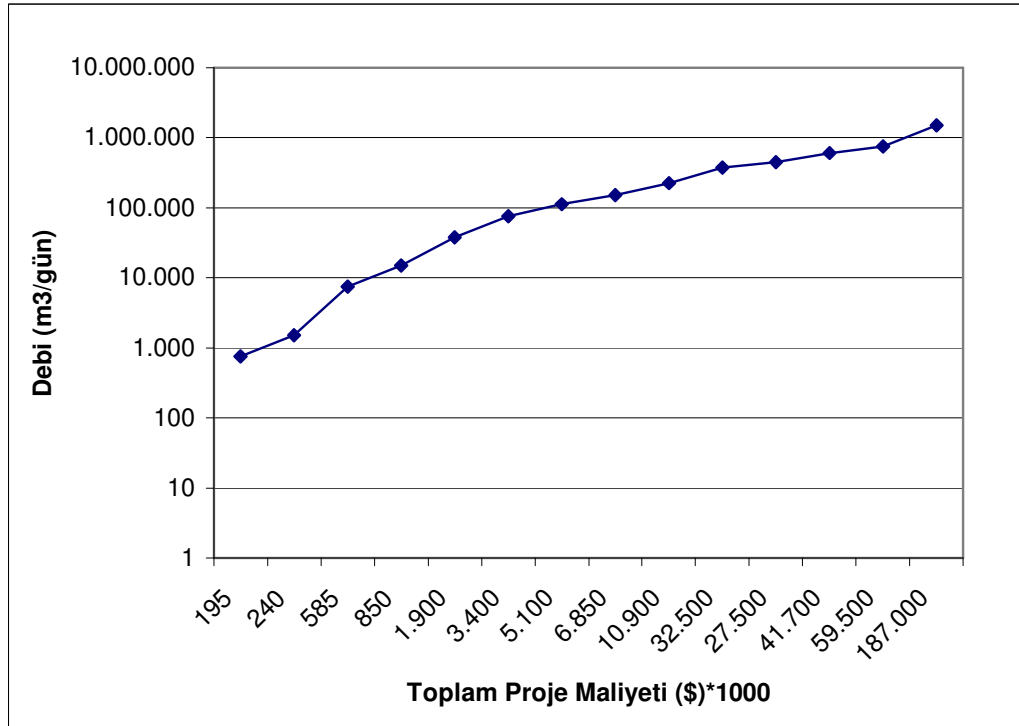
Şekil 4.5. Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



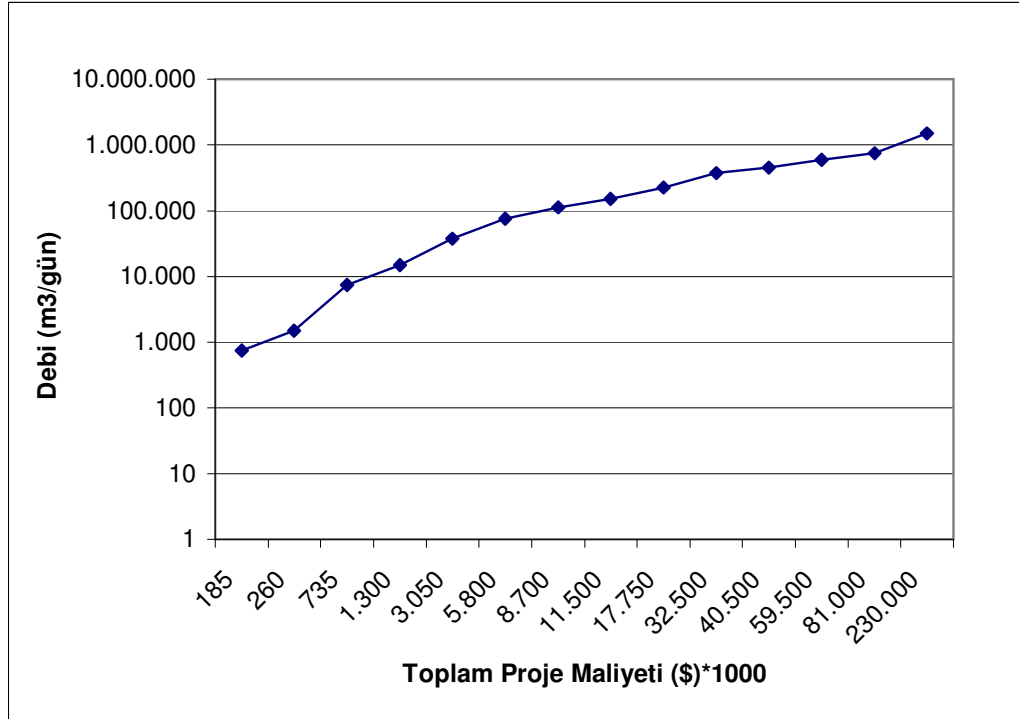
Şekil 4.6. Saf Oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



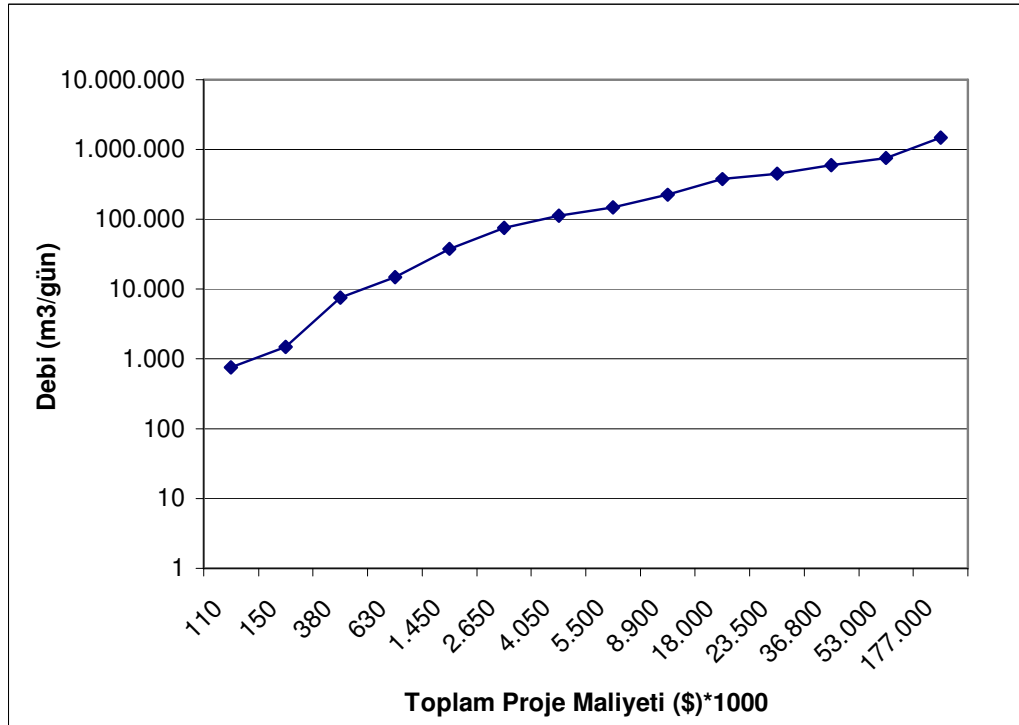
Şekil 4.7. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



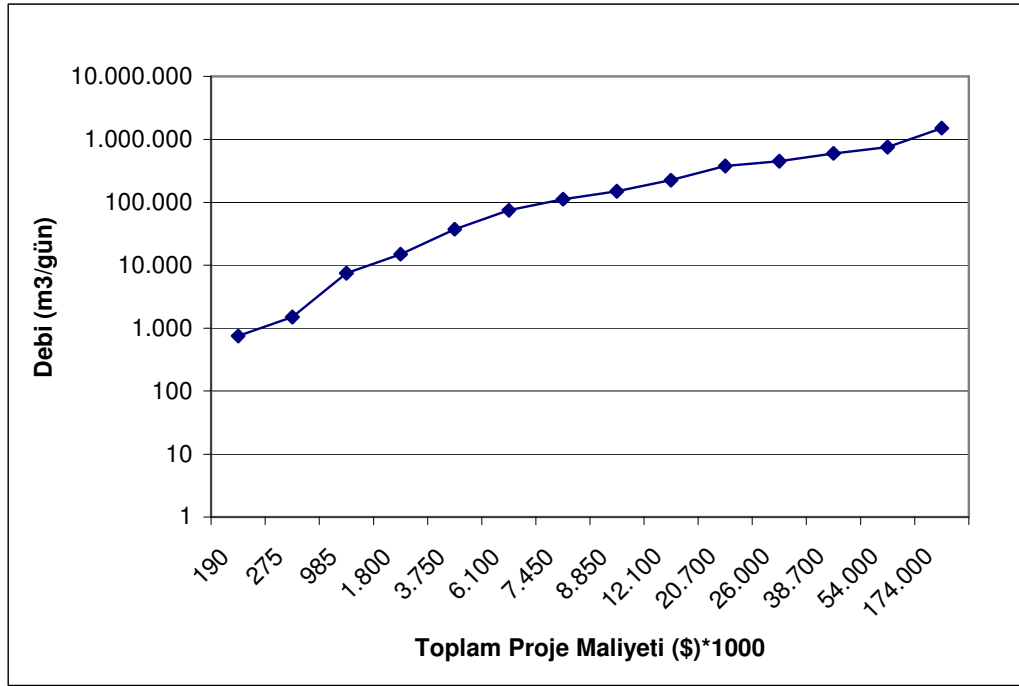
Şekil 4.8. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



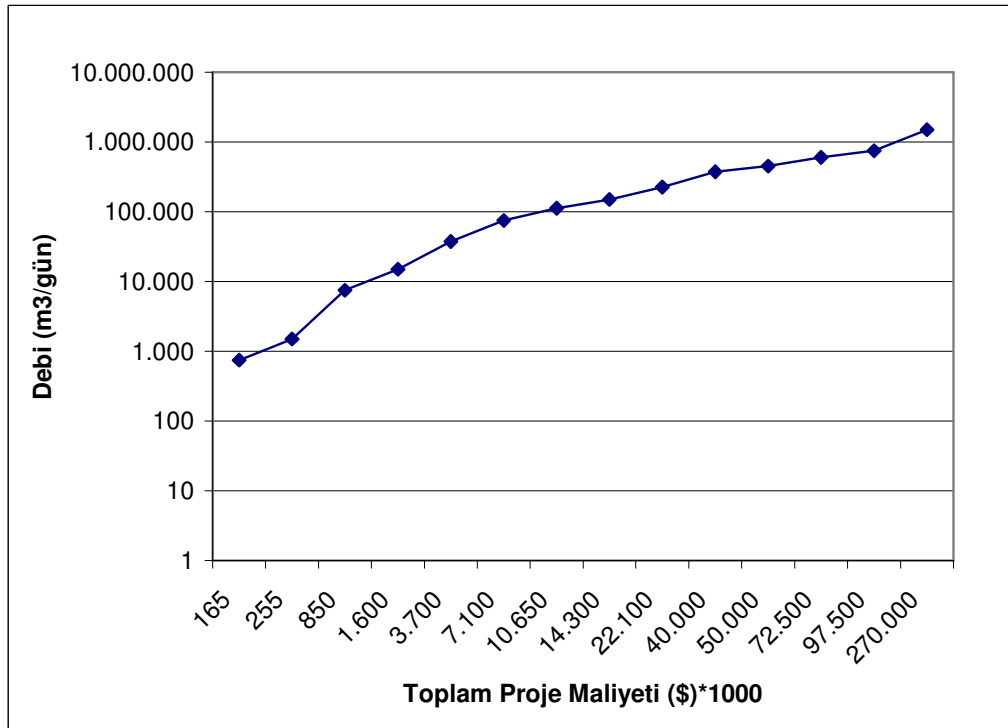
Şekil 4.9. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



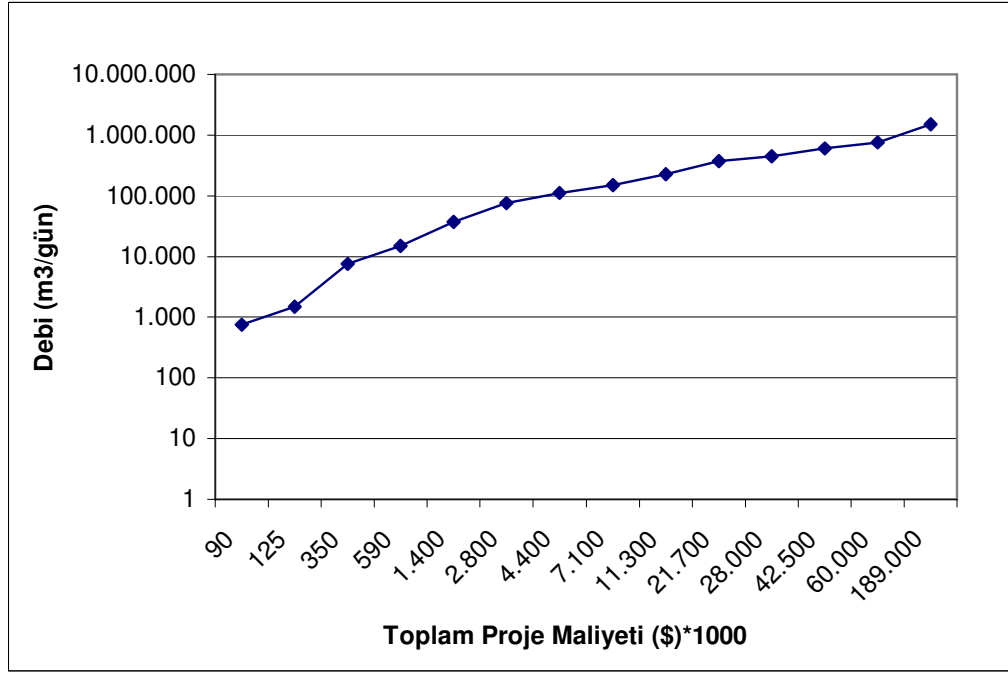
Şekil 4.10. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



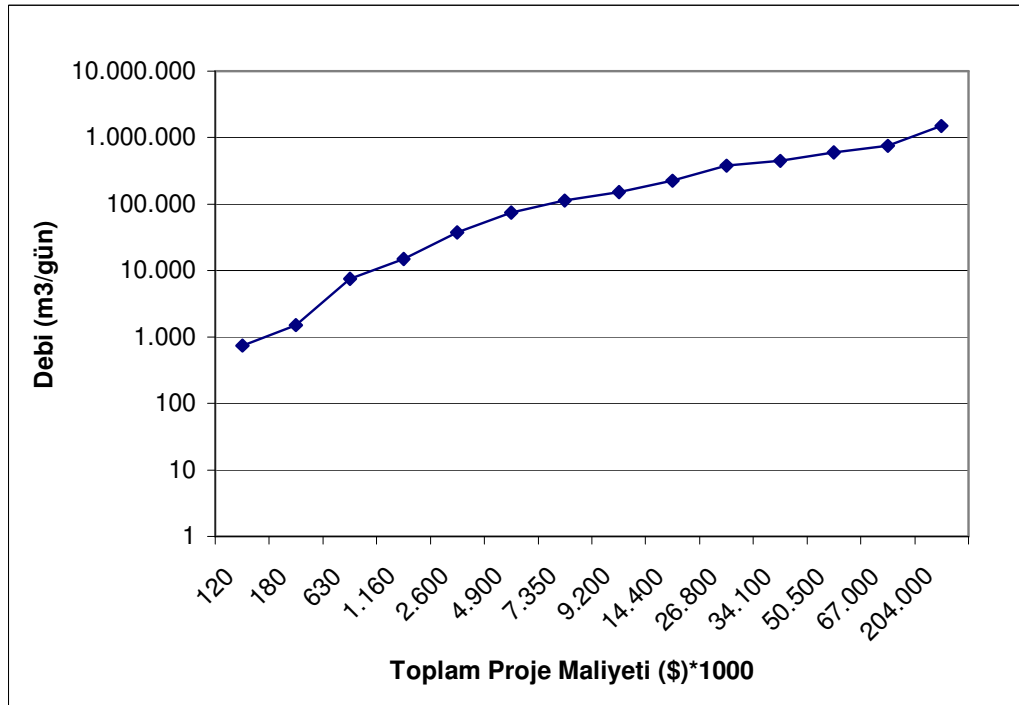
Şekil 4.11. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



Şekil 4.12. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



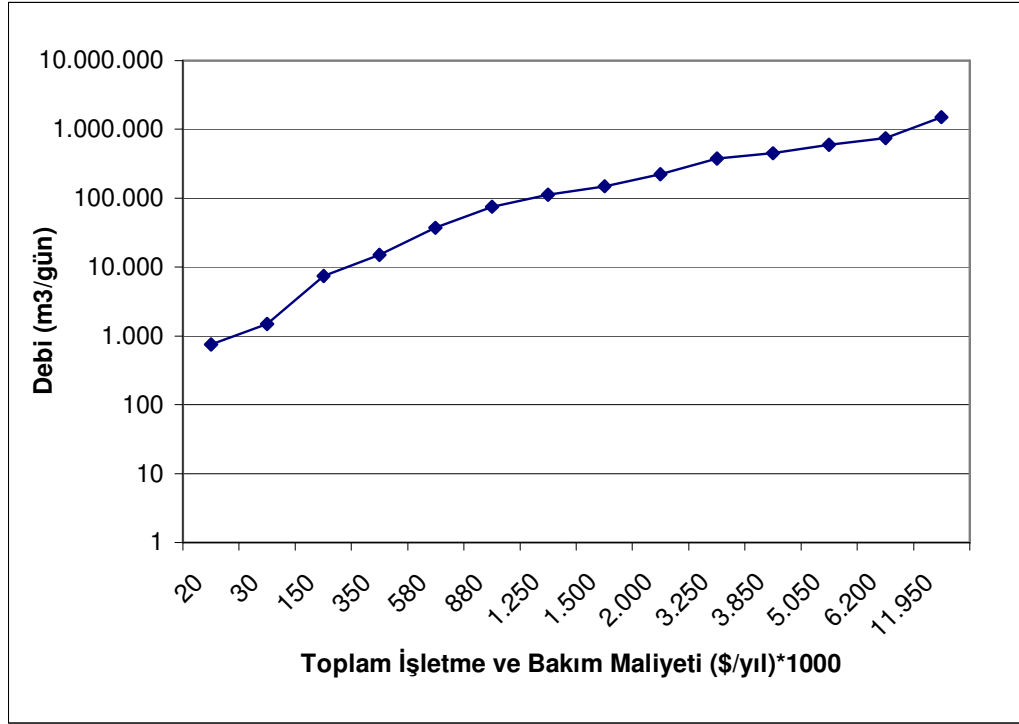
Şekil 4.13. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği



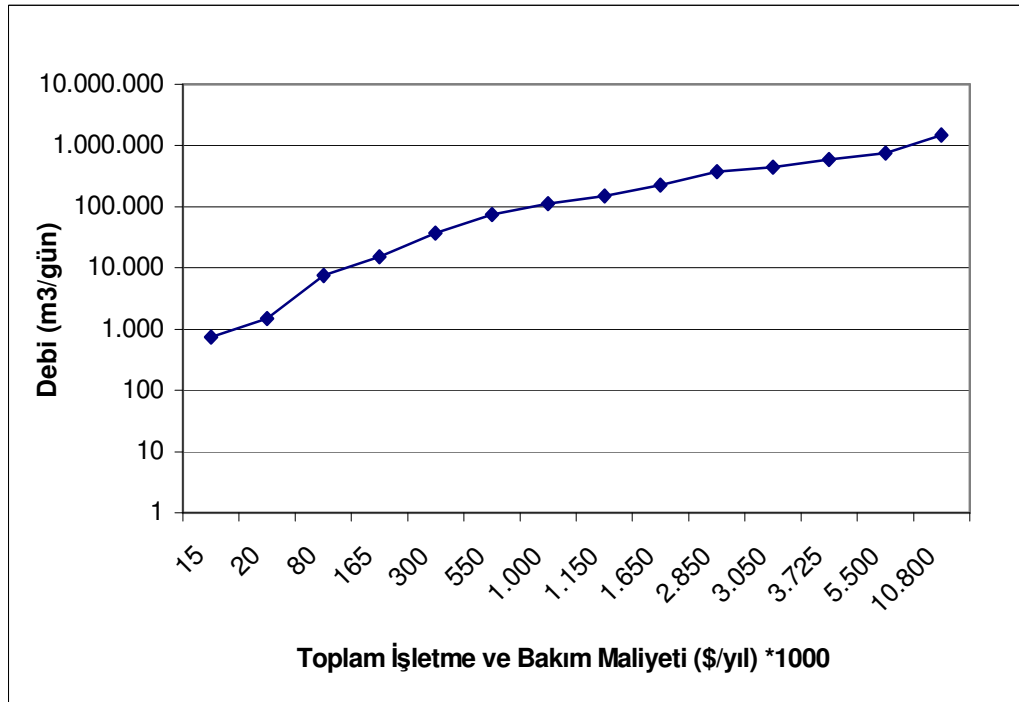
Şekil 4.14. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam Proje Maliyeti Grafiği

4.2.2. Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti İlişkileri

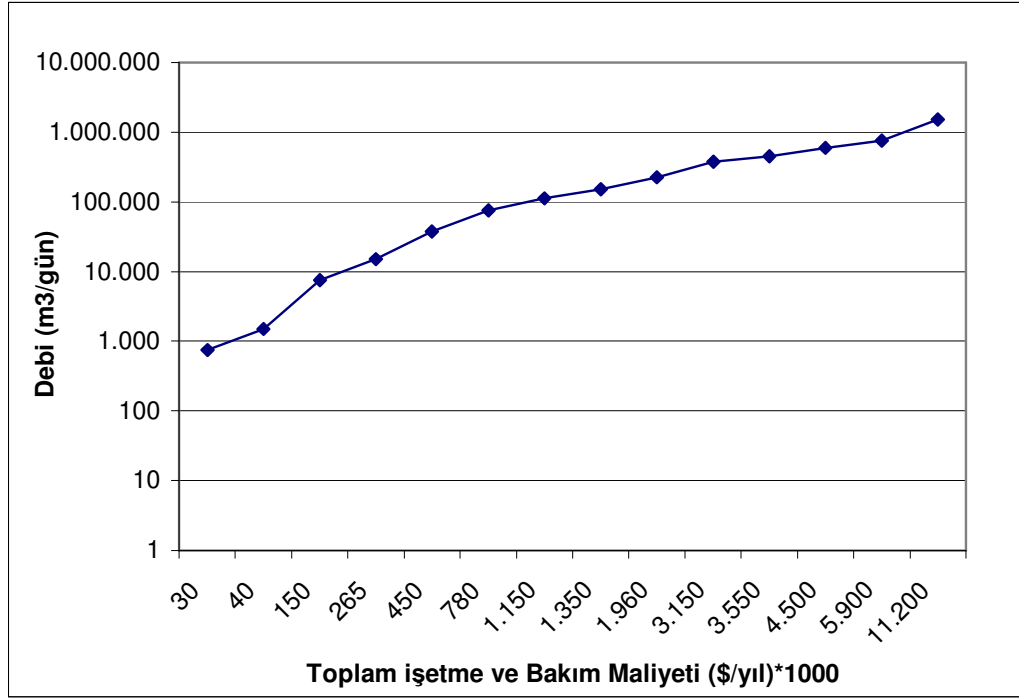
Bu çalışma kapsamında dikkate alınan debiler için Capdetworks-2 programı ile işletme-bakım işçilik ücretleri, enerji ücretleri, ekipman ücretleri, ve kimyasal madde ücretlerinin toplamından meydana gelen Toplam İşletme-Bakım" maliyetleri hesaplanmıştır. Toplam işletme-bakım bedelleri (\$/yıl) bazında verilmiştir. Logaritmik eksenlerde, debiye karşı toplam işletme-bakım maliyetleri işaretlenmiştir. Şekil 4.15 de tam karışımli aktif çamur, Şekil 4.16 da damlatmalı filtre, Şekil 4.17 de kontak stabilizasyon aktif çamur, Şekil 4.18 de biyodisk, Şekil 4.19 da yüksek hızlı aktif çamur, Şekil 4.20 de saf oksijenli aktif çamur, Şekil 4.21 de kademeli havalandırma, Şekil 4.22 de oksidasyon hendeği, Şekil 4.23 de uzun havalandırmalı aktif çamur, Şekil 4.24 de stabilizasyon havuzu, Şekil 4.25 de oksidasyon havuzu, Şekil 4.26 de arazi yüzeyinden akıtarak arıtma, Şekil 4.27 de hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma ve Şekil 4.28 de düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma tesislerinin "Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti" şekilleri çizilmiştir.



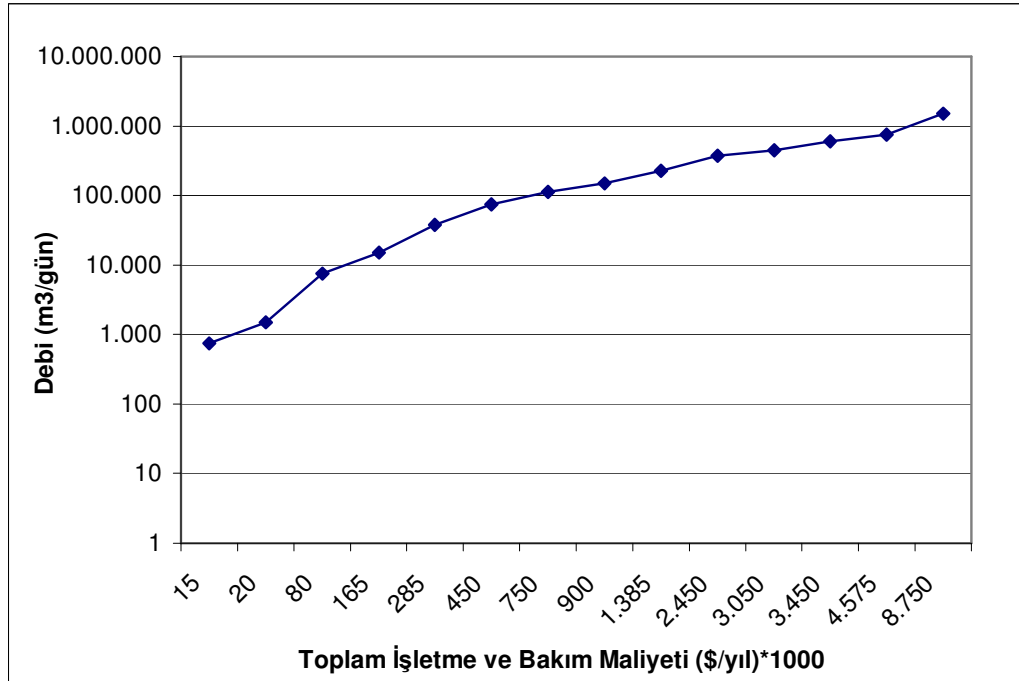
Şekil 4.15. Tam Karışımli Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



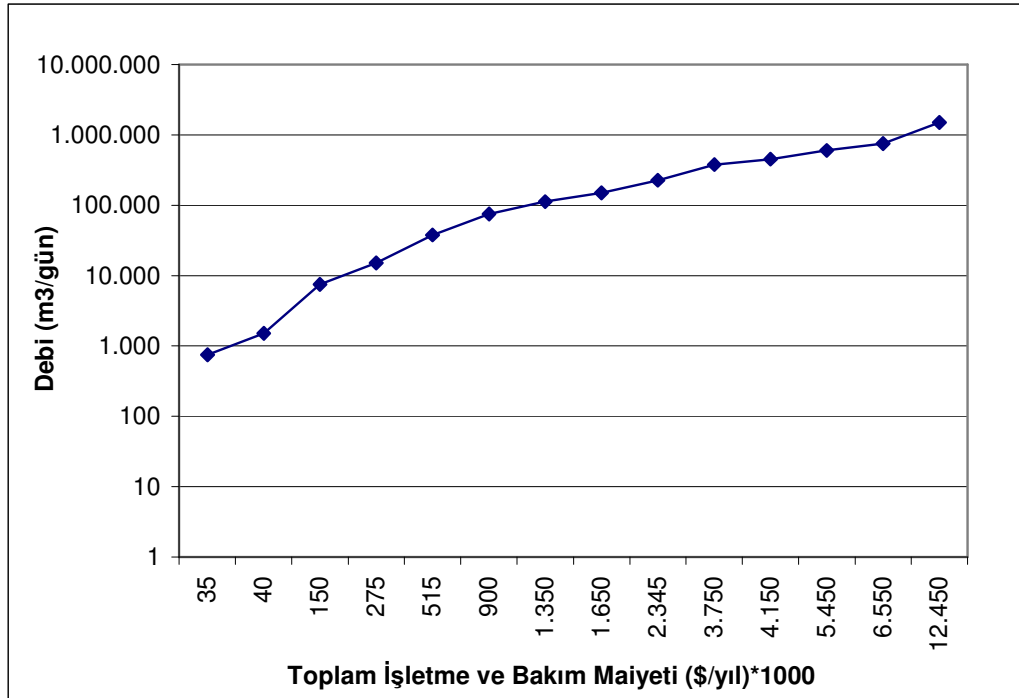
Şekil 4.16. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



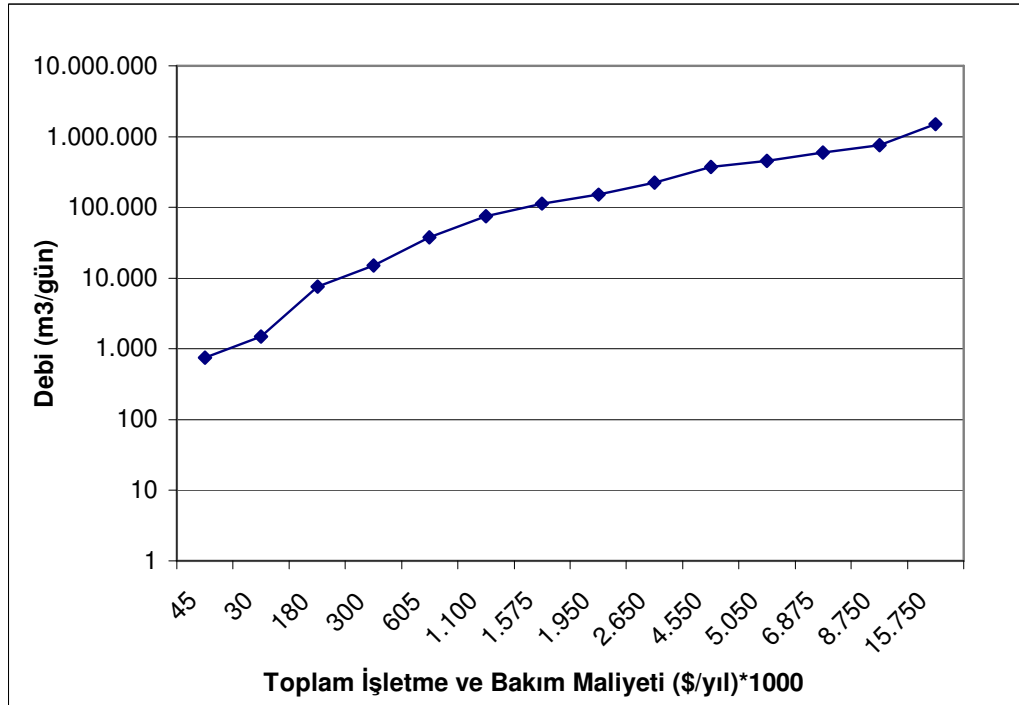
Şekil 4.17. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



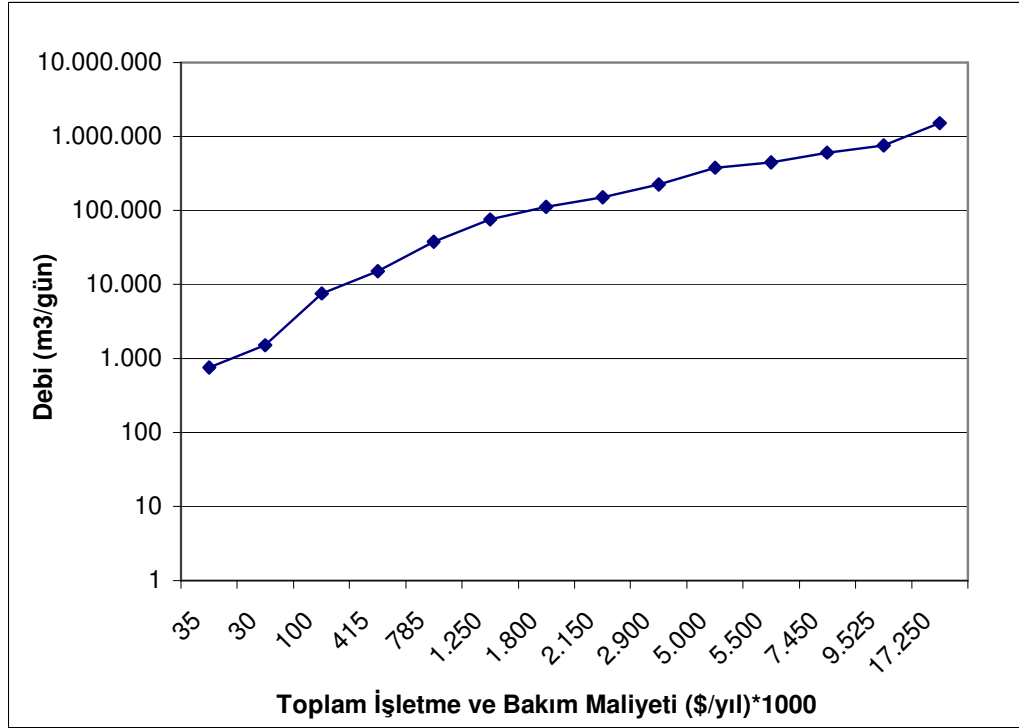
Şekil 4.18. Biyodisk Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



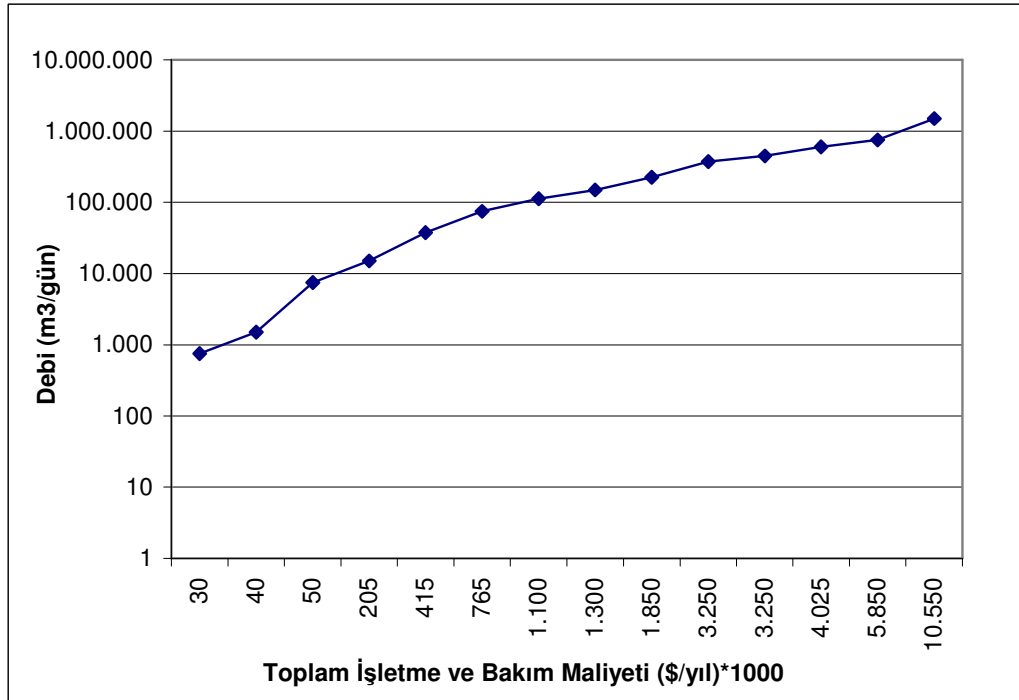
Şekil 4.19. Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



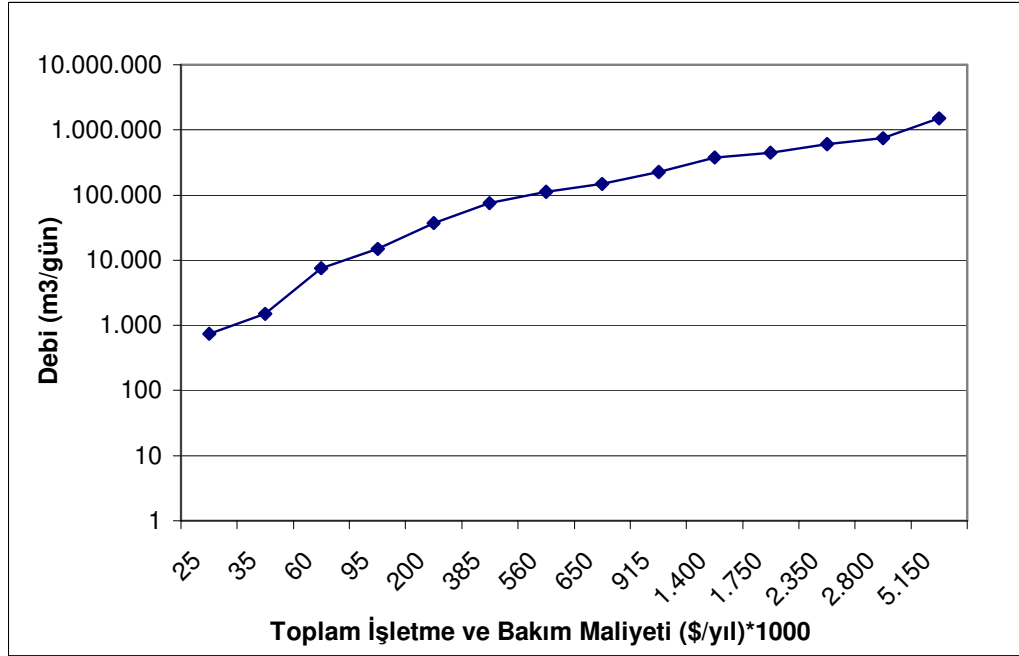
Şekil 4.20. Saf oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



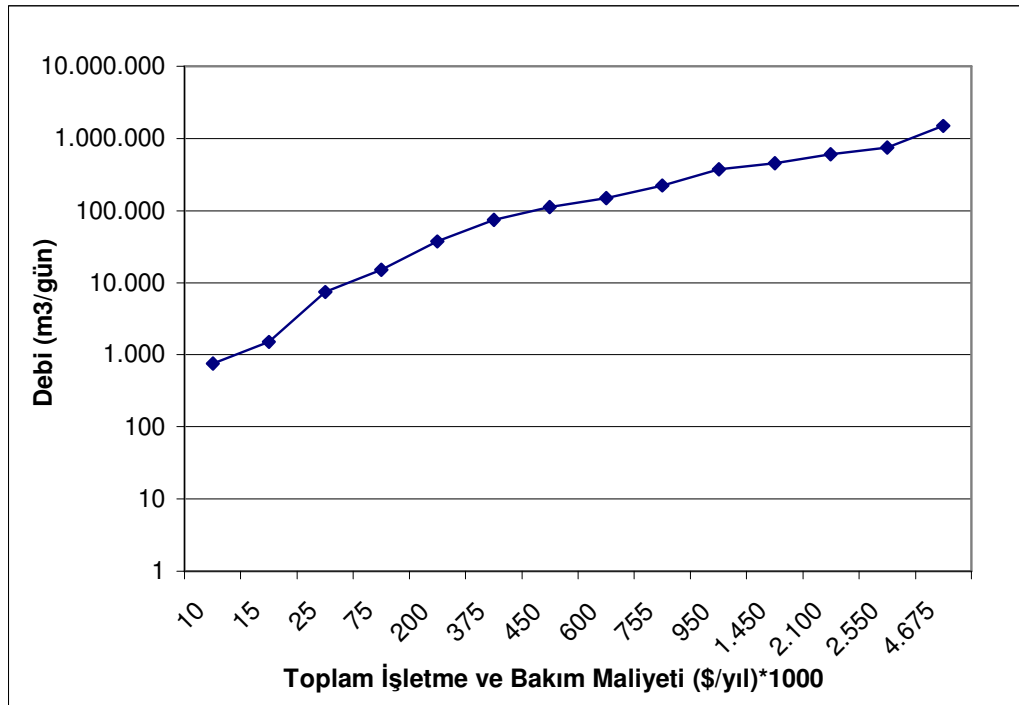
Şekil 4.21. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



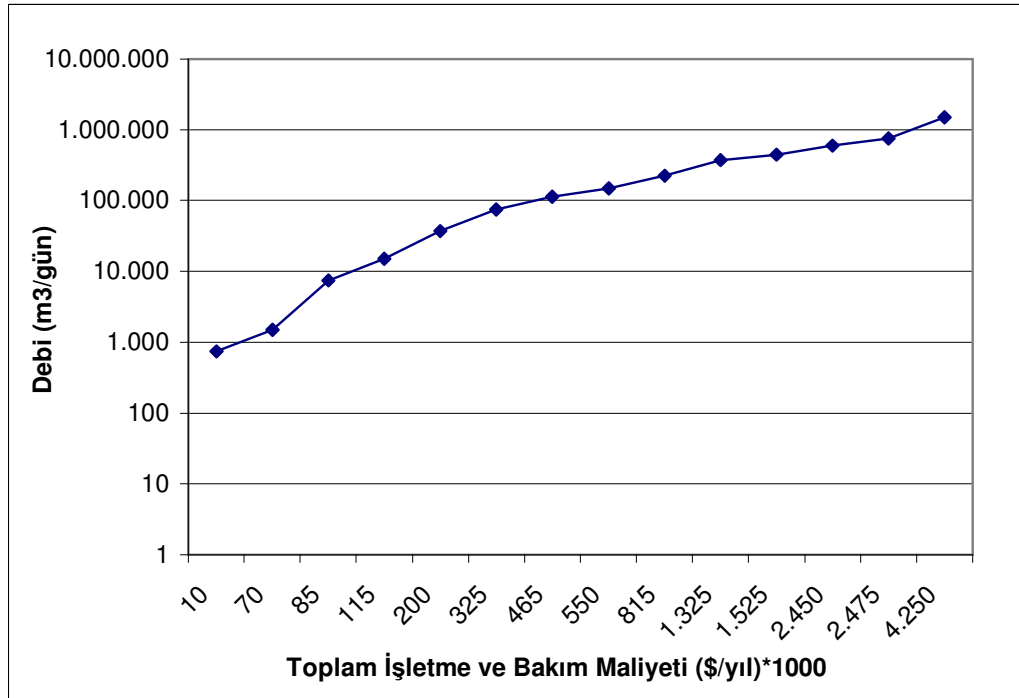
Şekil 4.22. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



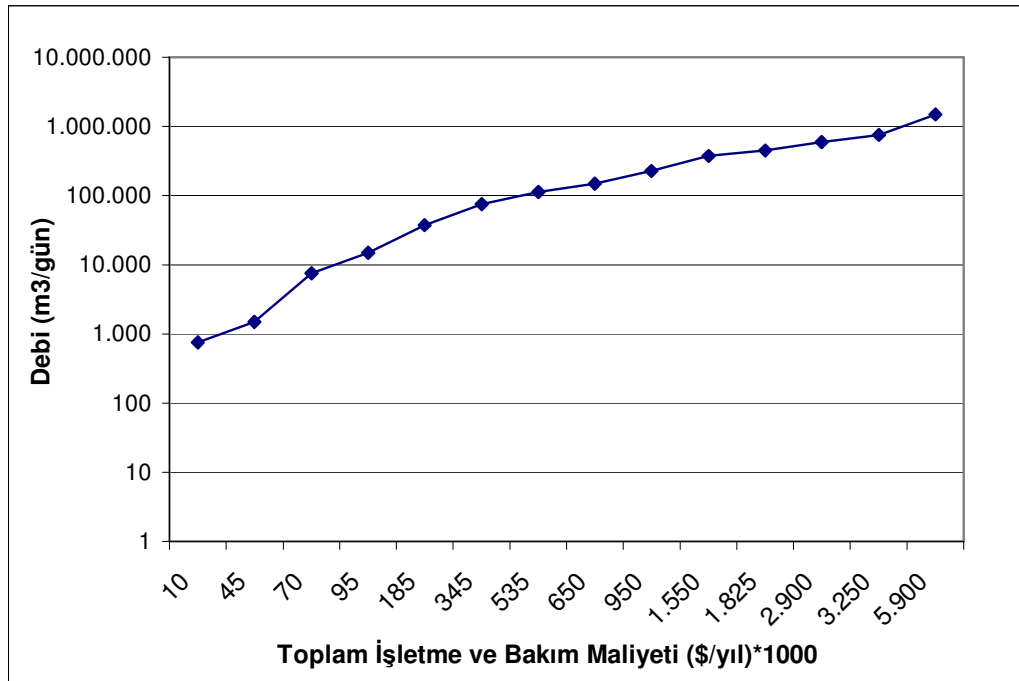
Şekil 4.23. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



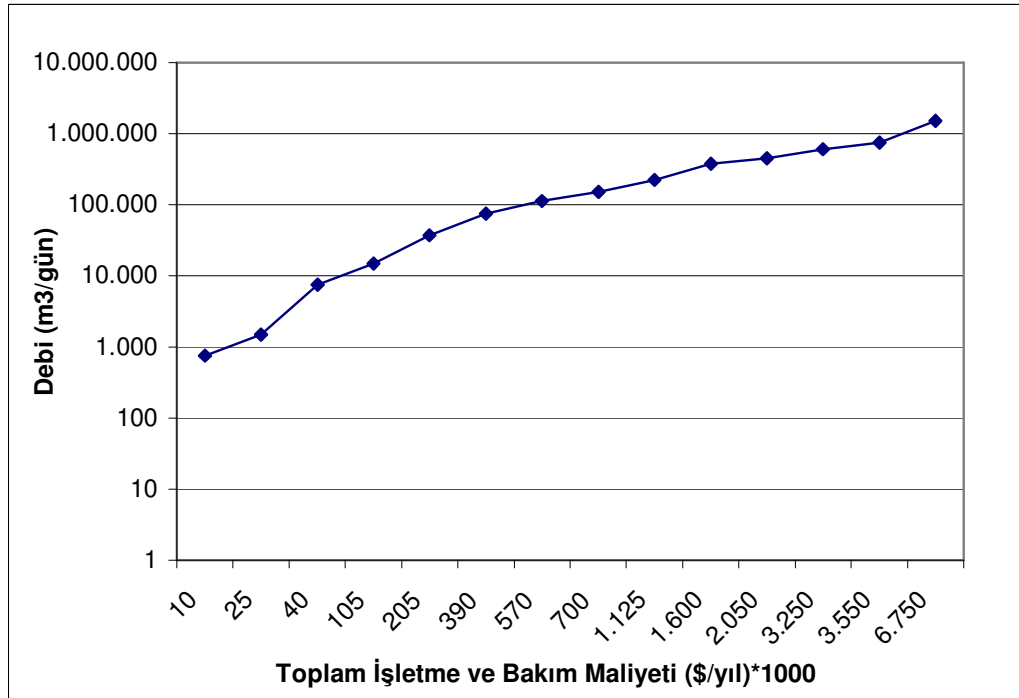
Şekil 4.24. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



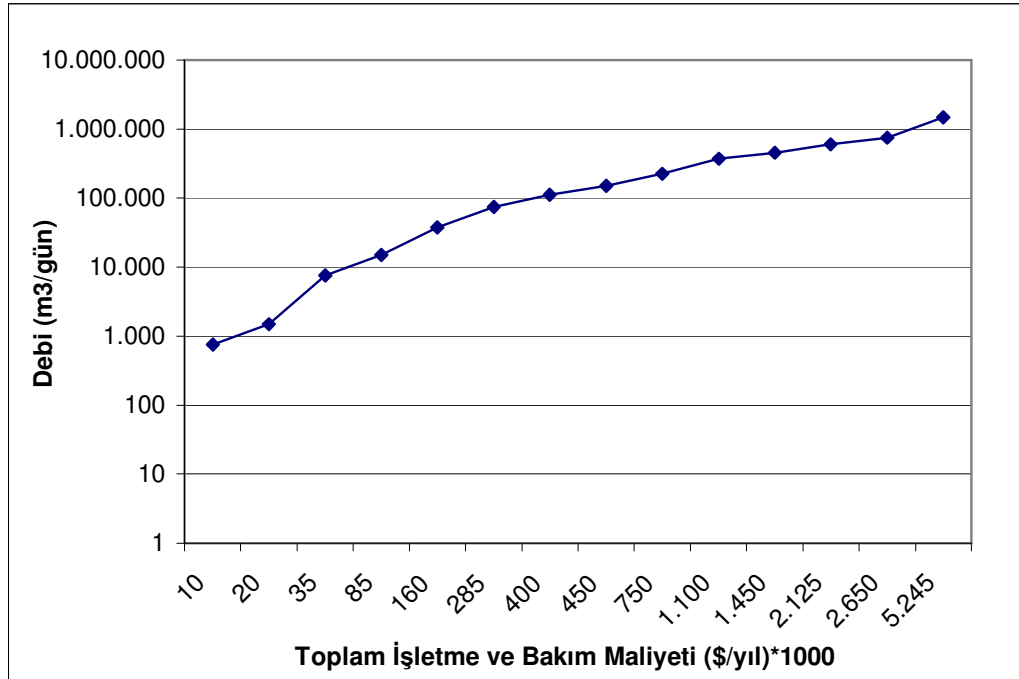
Şekil 4.25. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



Şekil 4.26. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



Şekil 4.27. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği



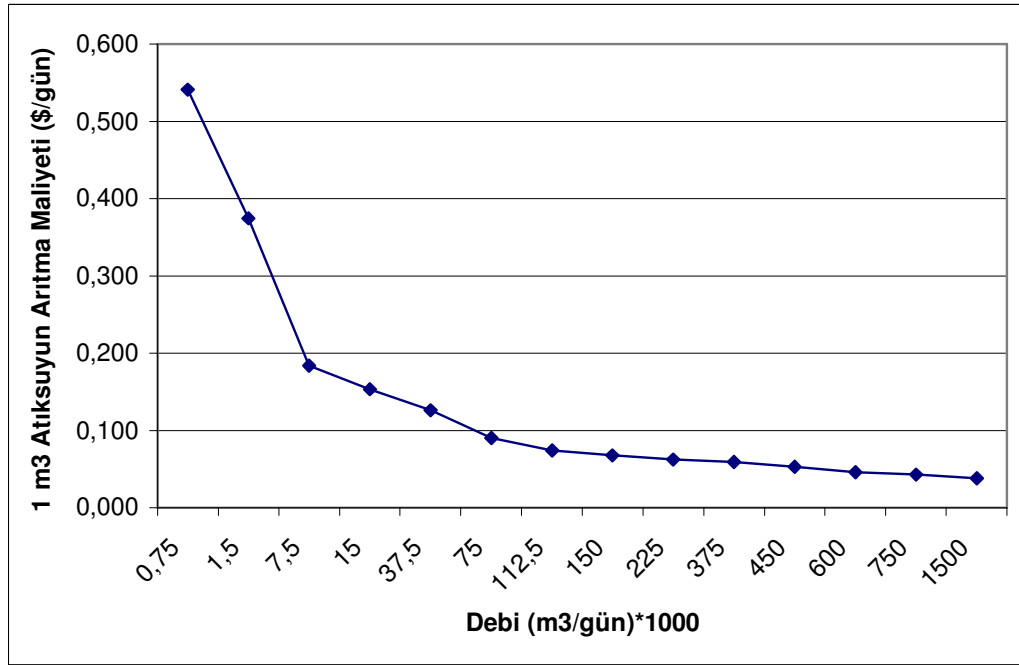
Şekil 4.28. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Grafiği

4.2.3. Debi-Birim Hacimdeki Atıksuyun Arıtma Maliyeti İlişkileri

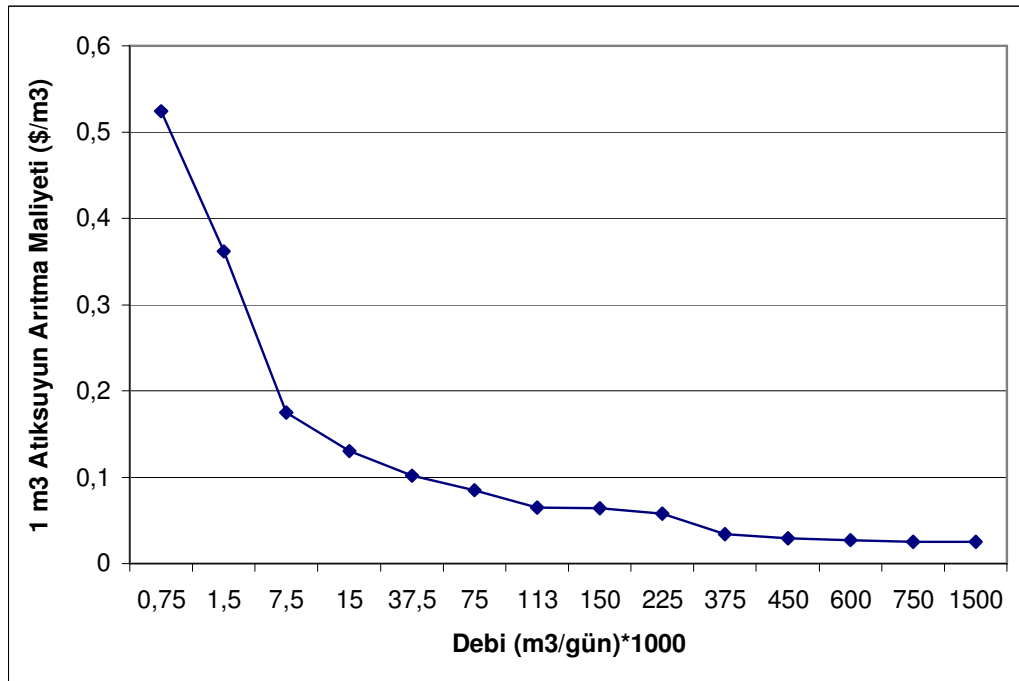
Karşılaştırma yapılarak Debi-Maliyet ilişkileri kurmada farklı debiler için toplam proje maliyeti ile toplam işletme-bakım maliyetleri gösterilmiştir. Şekil 4.30 ile Şekil 4.43 arasındaki belirtilen arıtma sistemleri için yıllık toplam maliyetler, bir yılda arıtılan atıksu miktarlarına bölünerek, 1m^3 atıksuyun arıtılma bedelleri hesaplanmıştır. Capdetworks-2 programında amortisman bedelleri, toplam işletme-bakım maliyetleri ve yönetim giderleri (\$/yıl) bazında hesaplanmaktadır.

CAPDEWORKS-2 Programında 1m^3 atıksuyun arıtılma bedeli, yıllık toplam maliyetin bir yılda arıtılan atıksu miktarlarına bölünmesiyle elde edilmektedir.

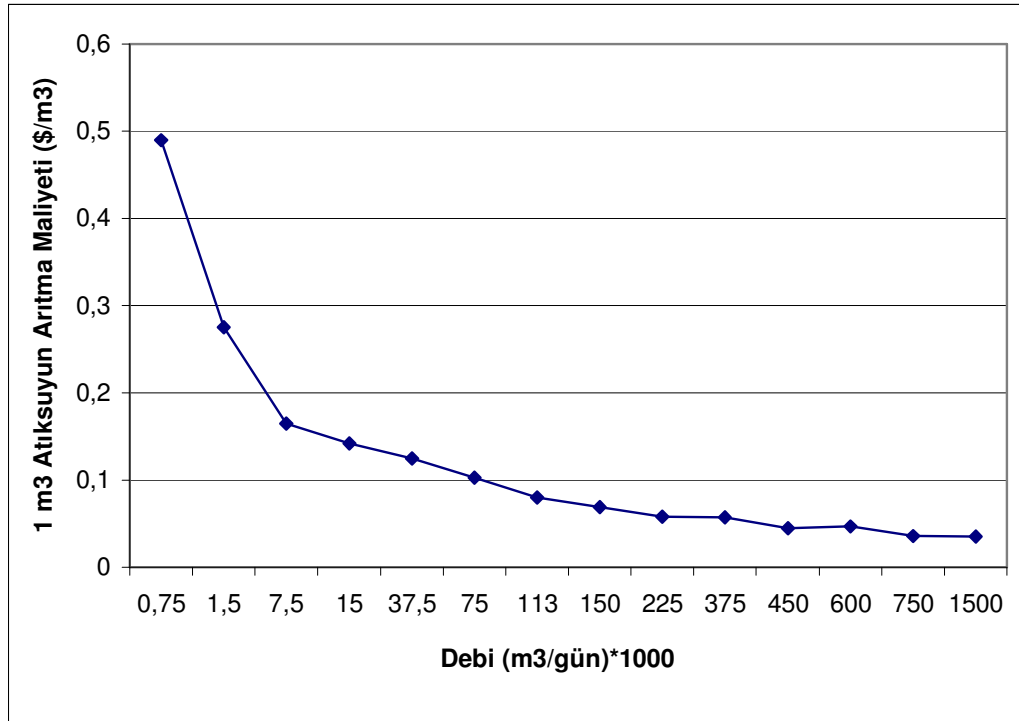
Yukarıda verilen debiler esas alınarak her bir sistem için elde edilen Debi-Toplam Proje Maliyeti ilişkileri, incelenen arıtma sistemleri için yukarıdaki metotla hesaplanan 1m^3 atıksuyun arıtılma maliyetlerinin debiye göre değişimi, CAPDEWORKS-2 programı yardımıyla logaritmik olarak gösterilmiştir. Yine sırasıyla; Şekil 4.29 da tam karışımli aktif çamur, Şekil 4.30 da damlatmalı filtre, Şekil 4.31 de kontak stabilizasyon aktif çamur, Şekil 4.32 de biyodisk, Şekil 4.33 de yüksek hızlı aktif çamur, Şekil 4.34 de saf oksijenli aktif çamur, Şekil 4.35 de kademeli havalandırma, Şekil 4.36 da oksidasyon hendeği, Şekil 4.37 de uzun havalandırmalı aktif çamur, Şekil 4.38 de stabilizasyon havuzu, Şekil 4.39 da oksidasyon havuzu, Şekil 4.40 da arazi yüzeyinden akıtarak arıtma, Şekil 4.41 de hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma ve Şekil 4.42 de düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma tesislerinin "Debi- 1m^3 Atıksu Arıtma Maliyeti" şekilleri çizilmiştir.



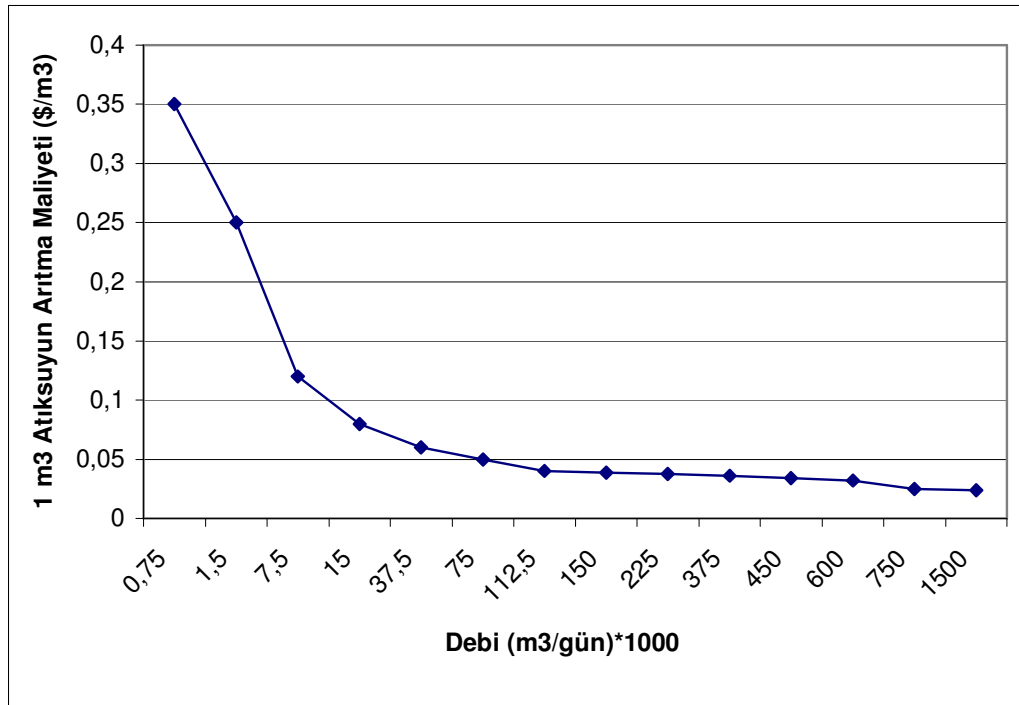
Şekil 4.29. Tam Karışımli Aktif Çamur Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



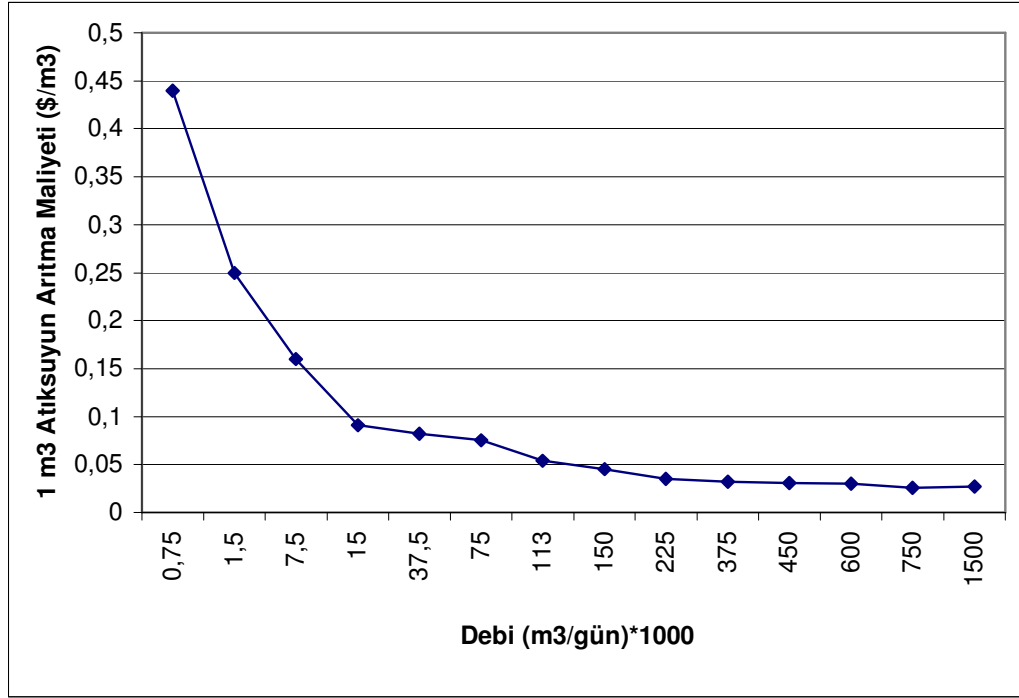
Şekil 4.30. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



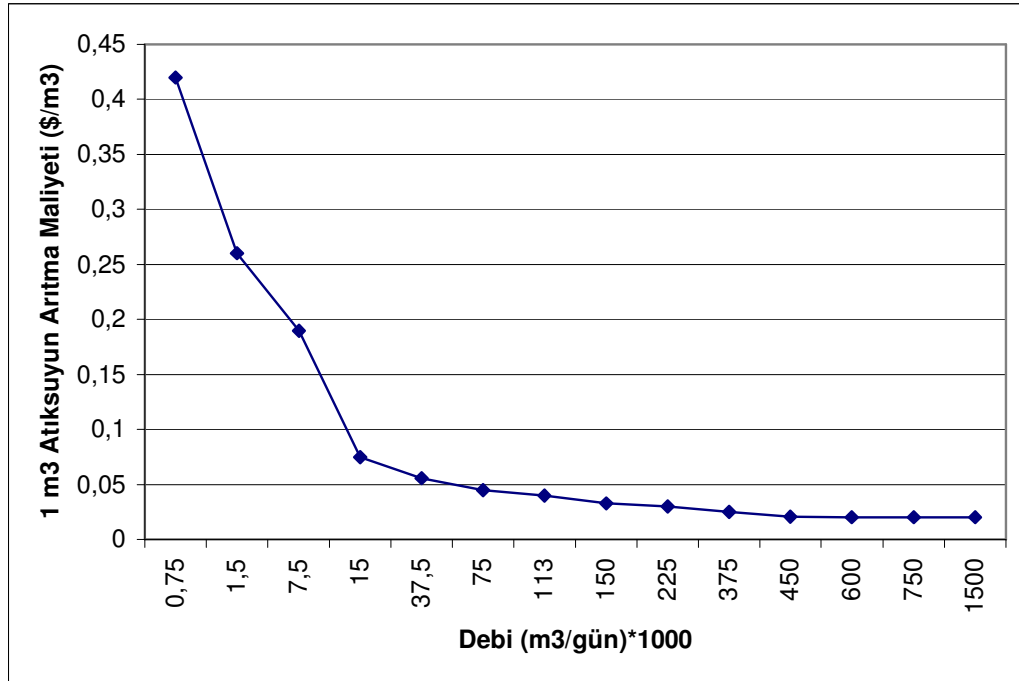
Şekil 4.31. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



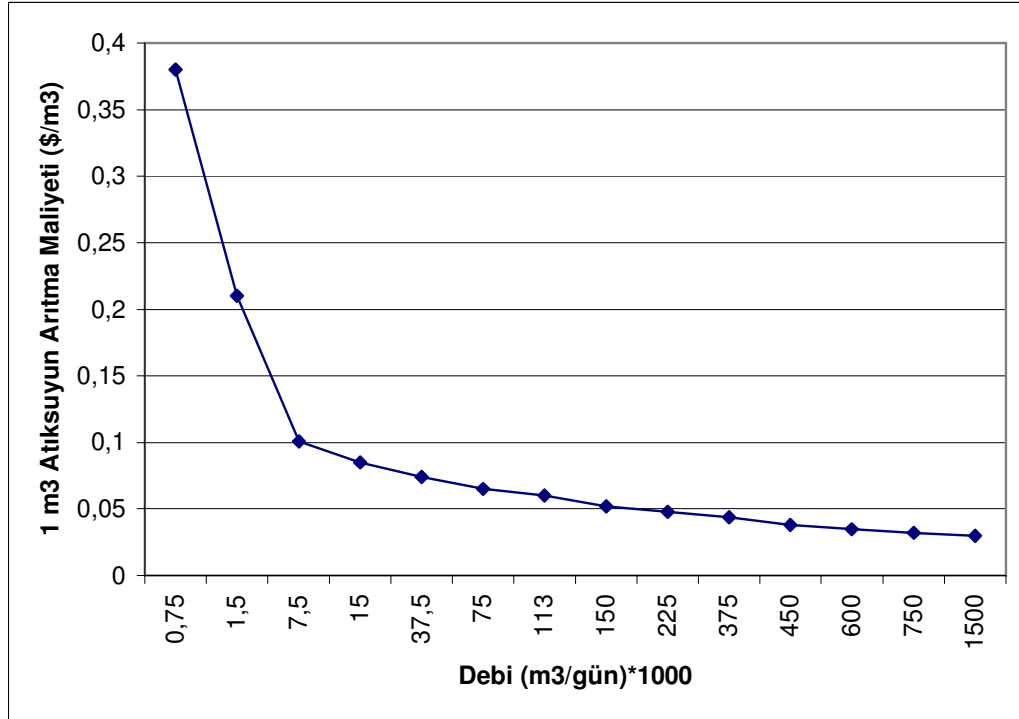
Şekil 4.32. Biyodisk Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



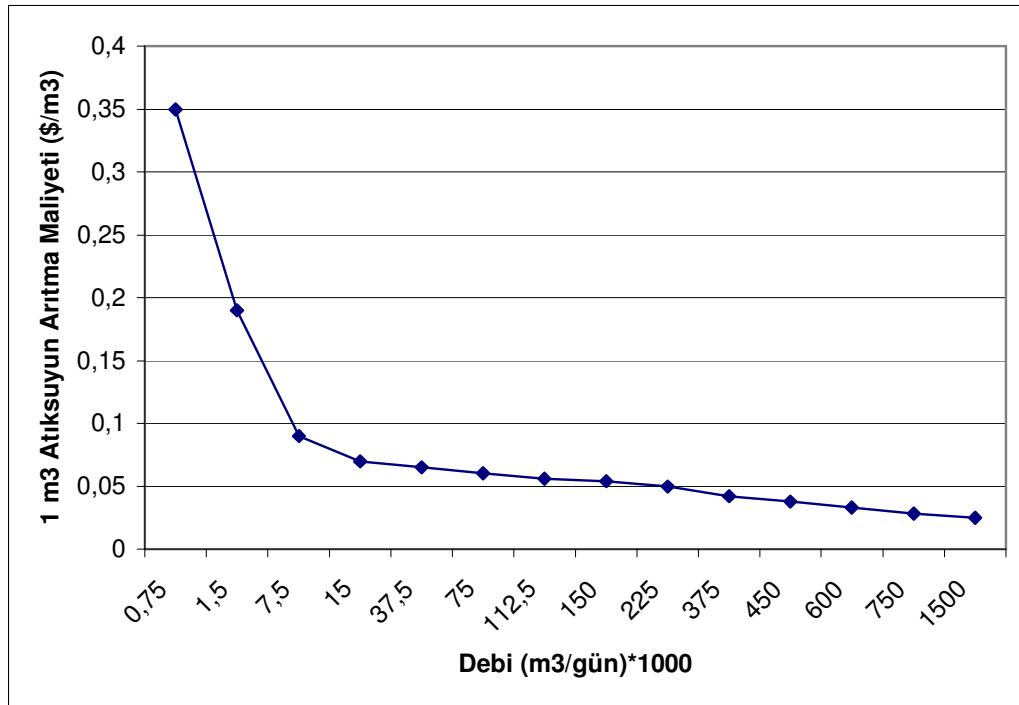
Şekil 4.33. Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



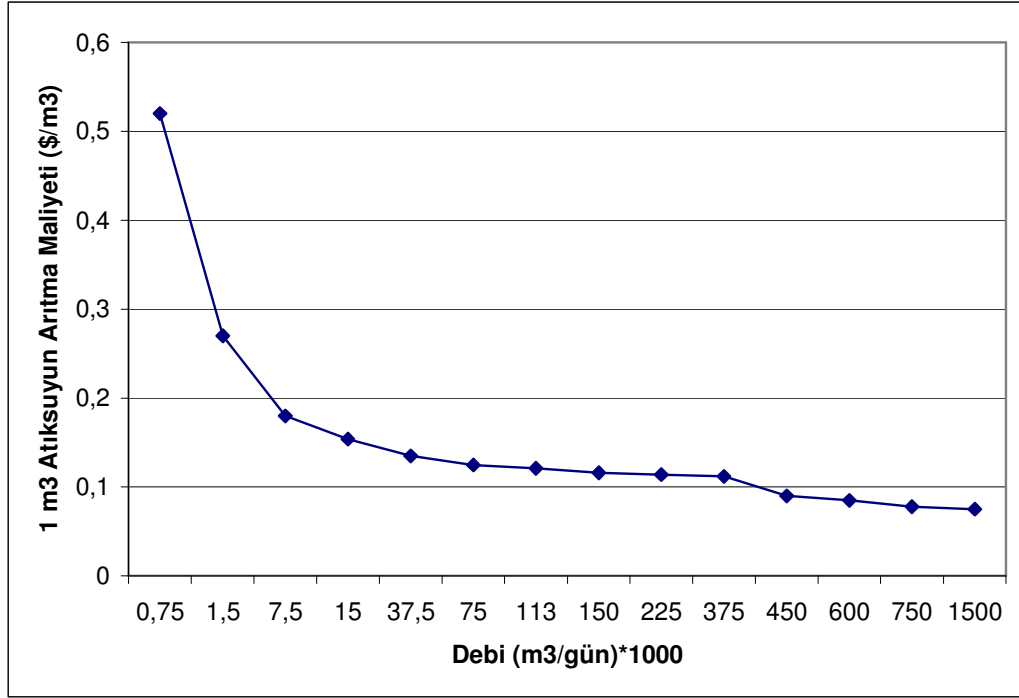
Şekil 4.34. Saf oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



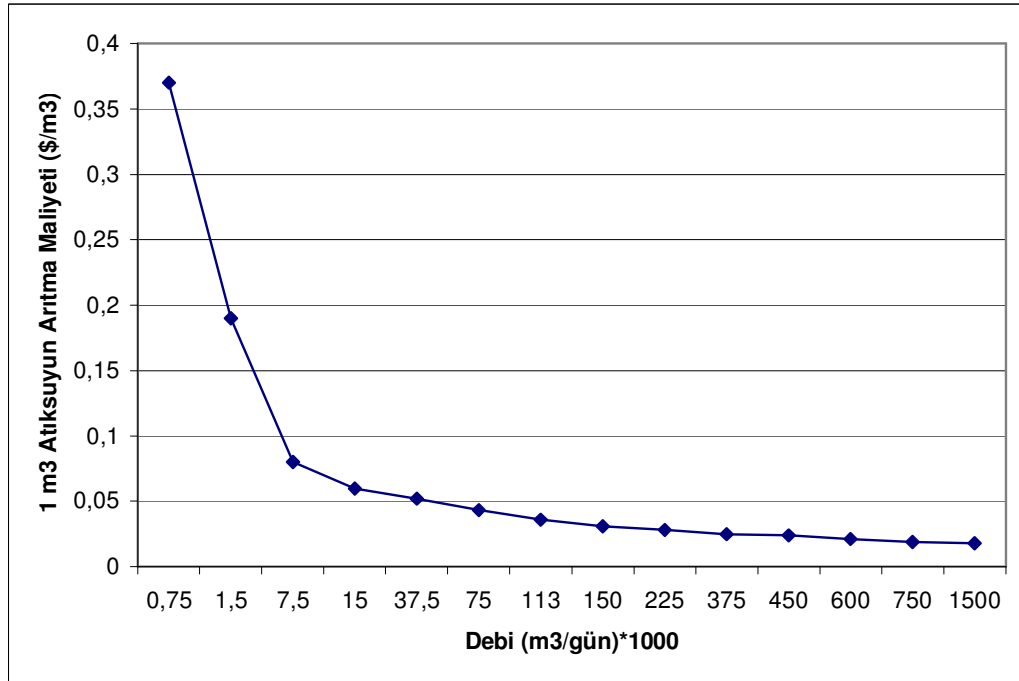
Şekil 4.35. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



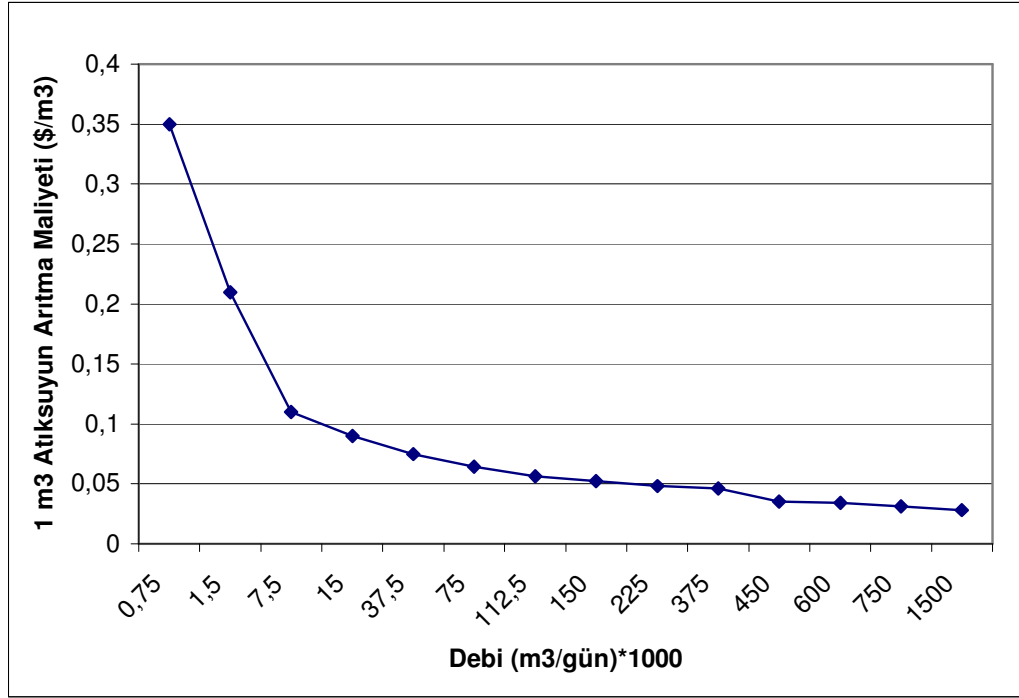
Şekil 4.36. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



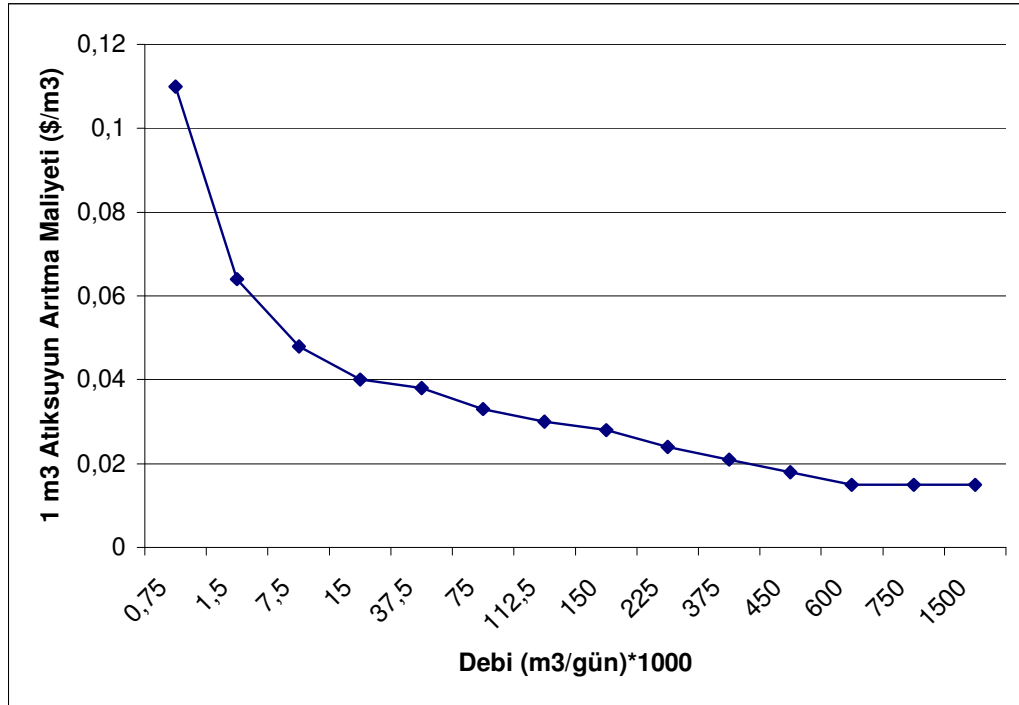
Şekil 4.37. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



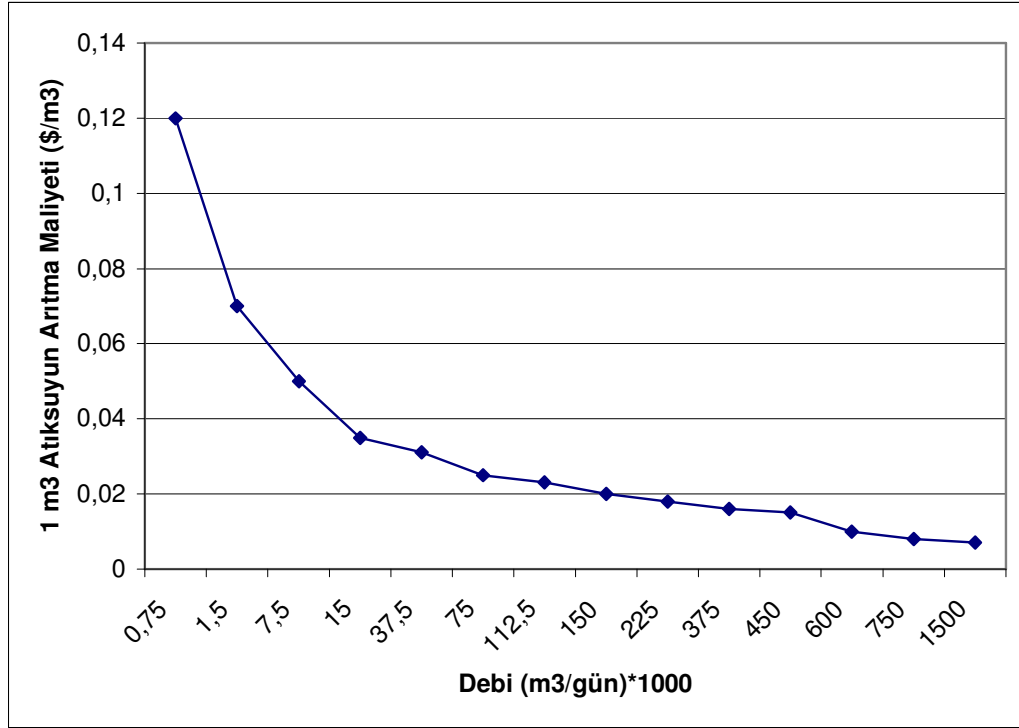
Şekil 4.38. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



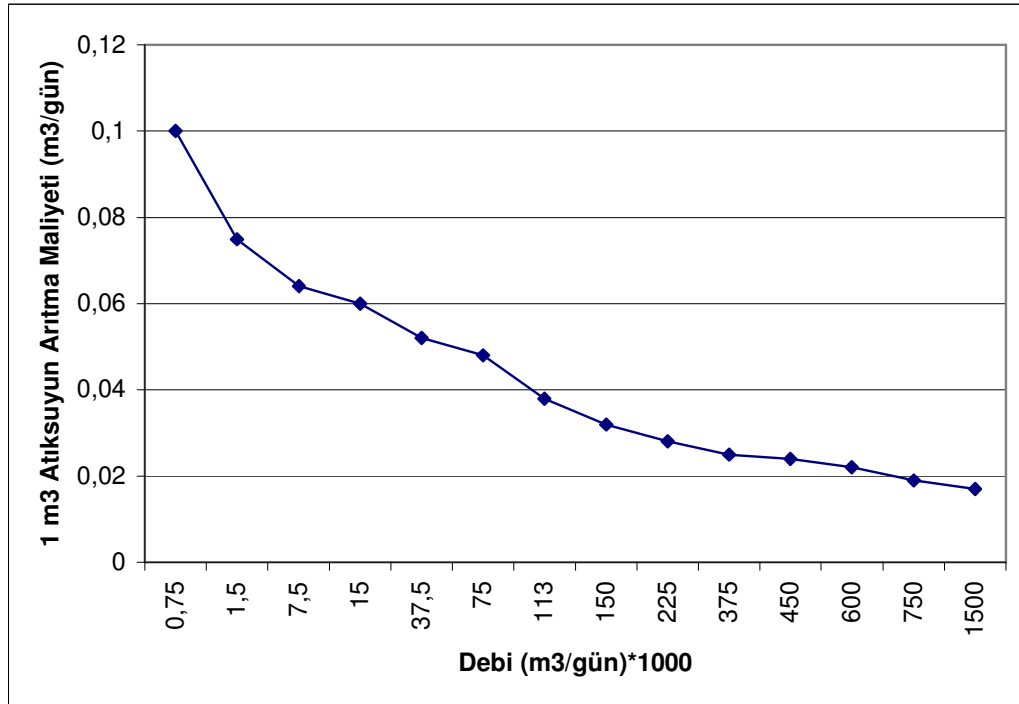
Şekil 4.39. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



Şekil 4.40. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



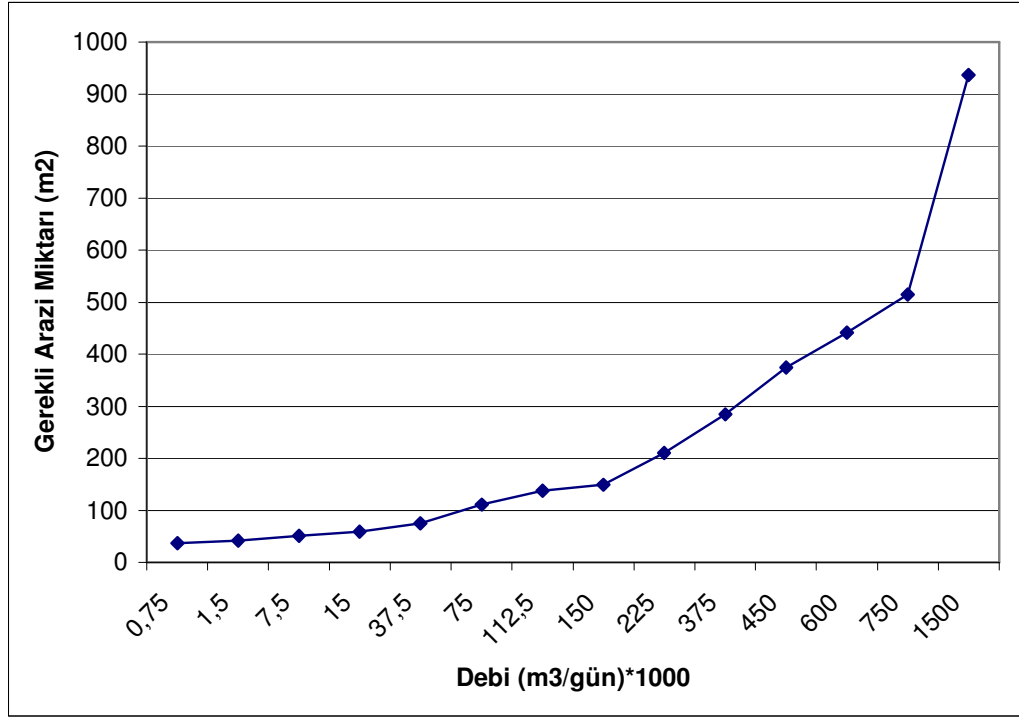
Şekil 4.41. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği



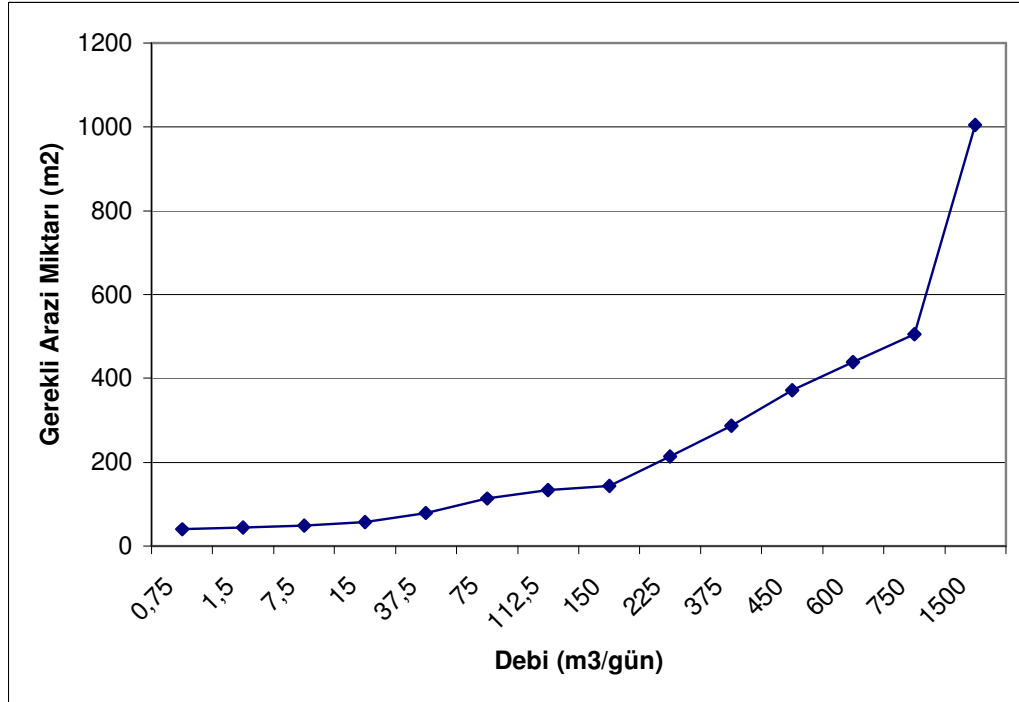
Şekil 4.42. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi - 1 m³ Atıksu Arıtma Maliyeti Grafiği

4.2.4. Debi-Arazi Miktarı İlişkileri

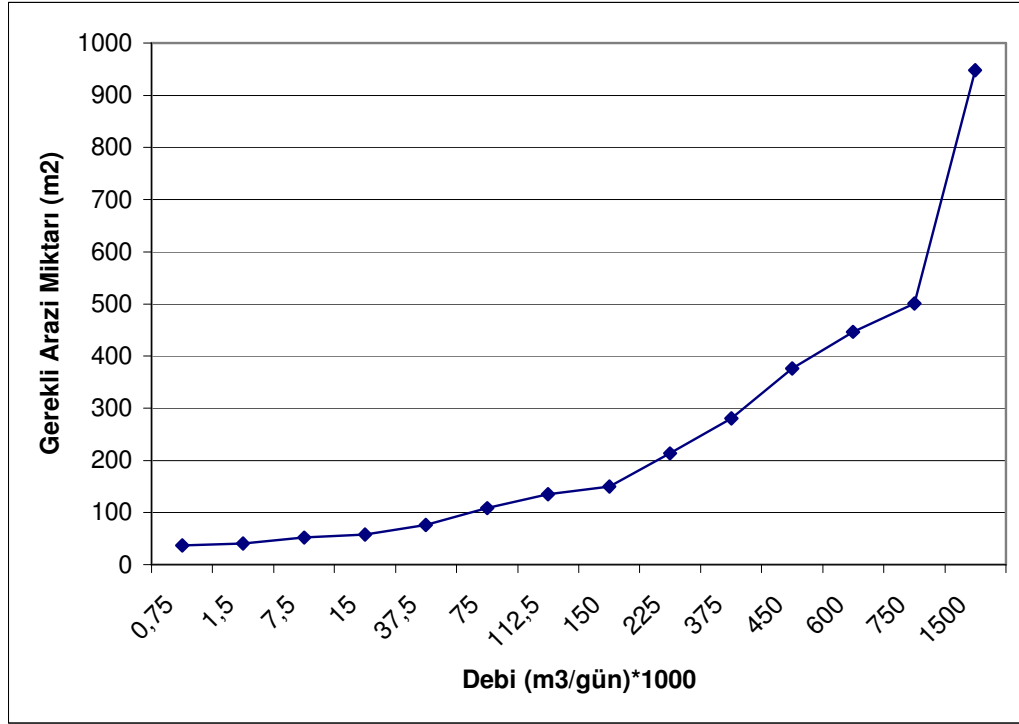
Atıksu Arıtma Sistemi seçimine etki ederek sistem seçiminde etken rol alan önemli faktörlerden biri de arazi ihtiyacıdır. Bu çalışmada CAPDETWOKS-2 programı yardımıyla, incelenen atıksu arıtma sistemlerinin debiye bağlı olarak arazi ihtiyaçları da hesaplanmış ve logaritmik olarak eğriler çizilmiştir. Sırasıyla; Şekil 4.43 de tam karışımli aktif çamur, Şekil 4.44 de damlatmalı filtre, Şekil 4.45 de kontak stabilizasyon aktif çamur, Şekil 4.46 da biyodisk, Şekil 4.47 de yüksek hızlı aktif çamur, Şekil 4.48 de saf oksijenli aktif çamur, Şekil 4.49 da kademeli havalandırma, Şekil 4.50 de oksidasyon hendeği, Şekil 4.51 de uzun havalandırma aktif çamur, Şekil 4.52 de stabilizasyon havuzu, Şekil 4.53 de oksidasyon havuzu, Şekil 4.54 de arazi yüzeyinden akıtarak arıtma, Şekil 4.55 de hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma ve Şekil 4.56 da düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma tesislerinin " Debi - Arazi Miktarı Grafiği " şekilleri çizilerek gösterilmiştir.



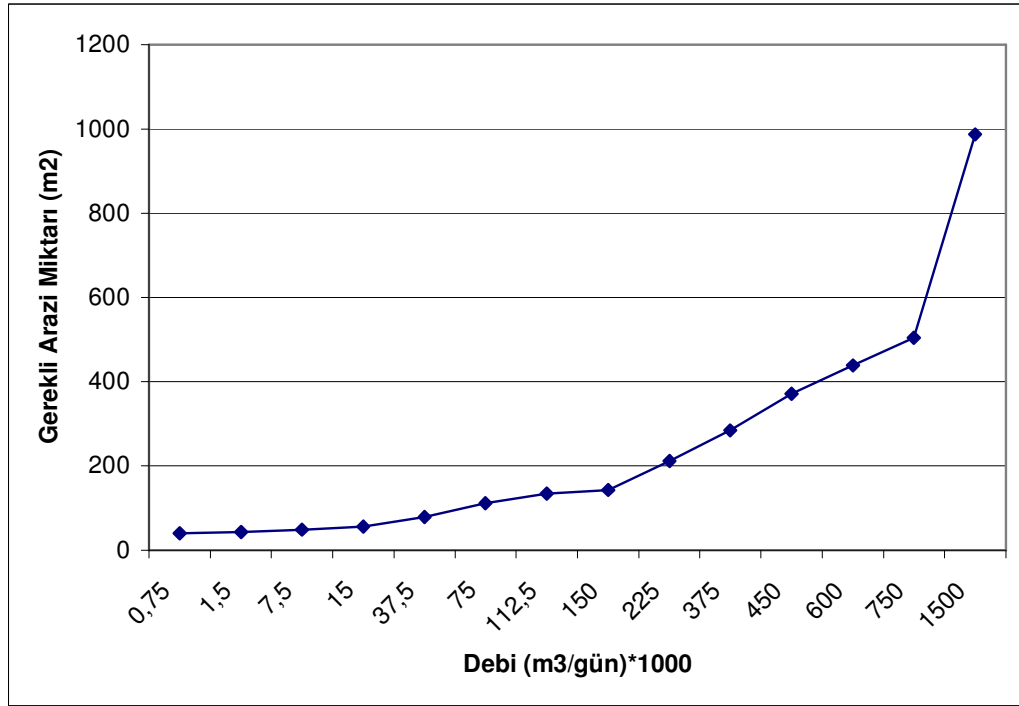
Şekil 4.43. Tam Karışımlı Aktif Çamur Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



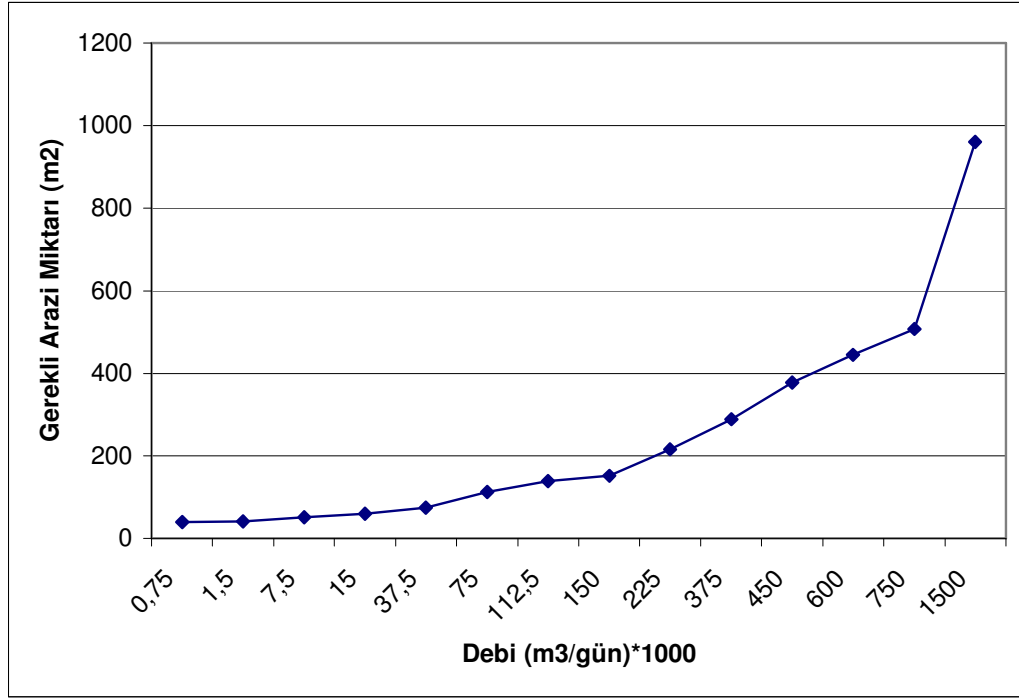
Şekil 4.44. Damlatmalı Filtre Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



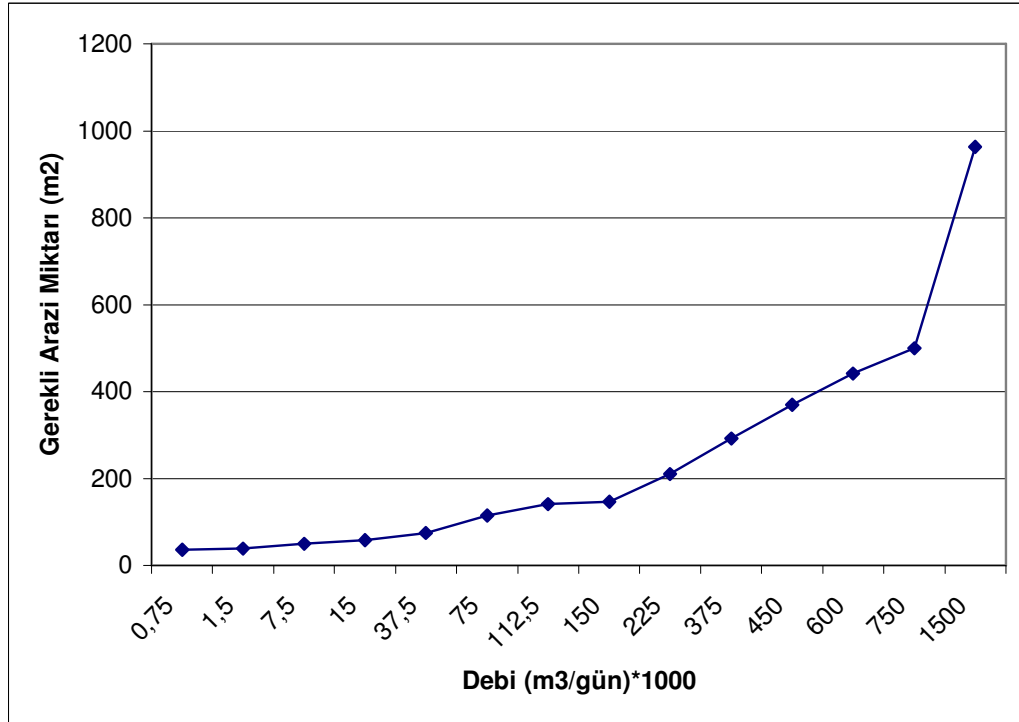
Şekil 4.45. Kontak Stabilizasyon Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



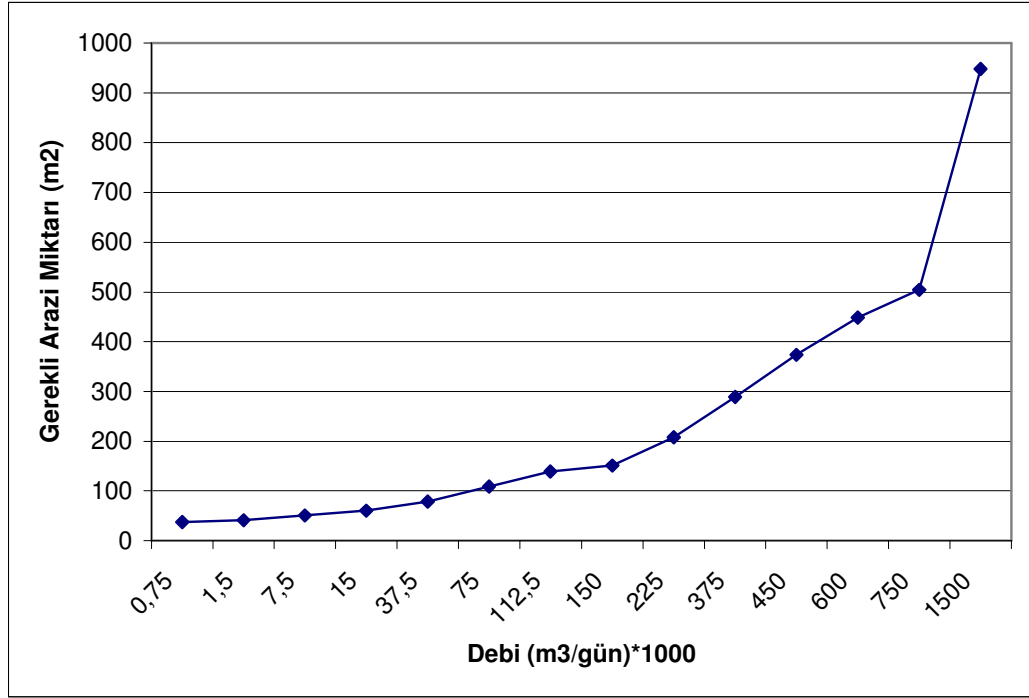
Şekil 4.46. Biyodisk Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



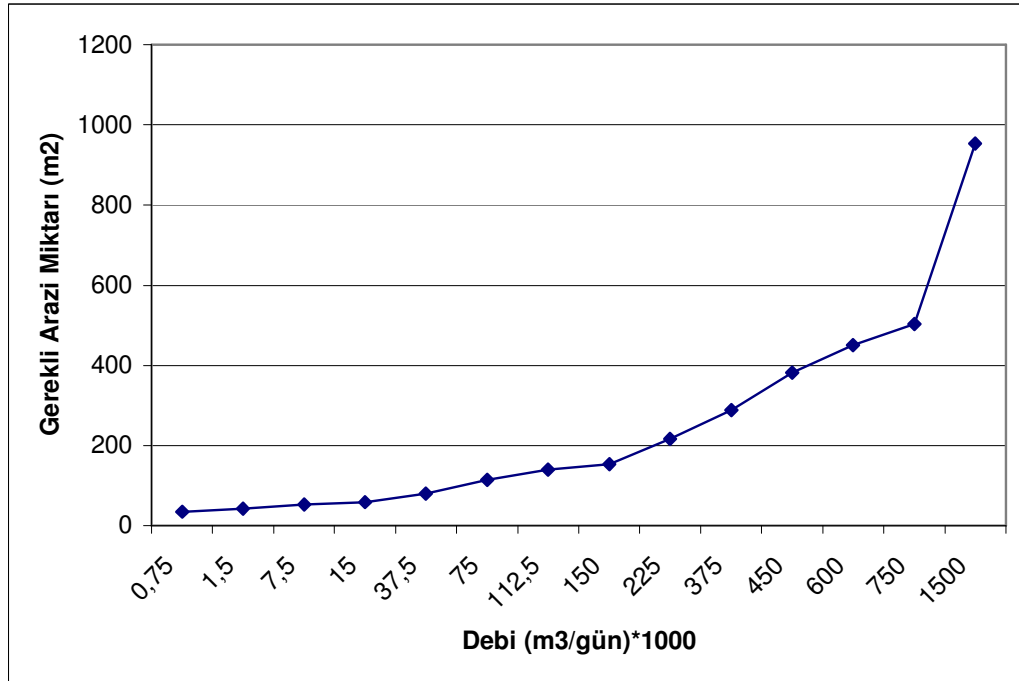
Şekil 4.47. Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



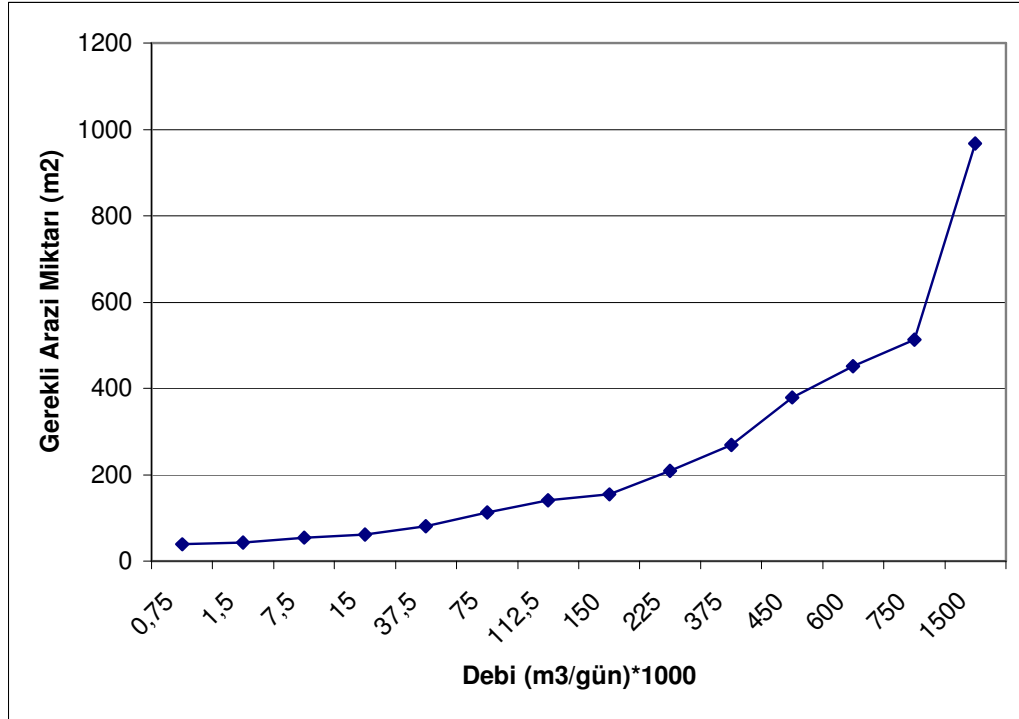
Şekil 4.48. Saf Oksijenli Aktif Çamur Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



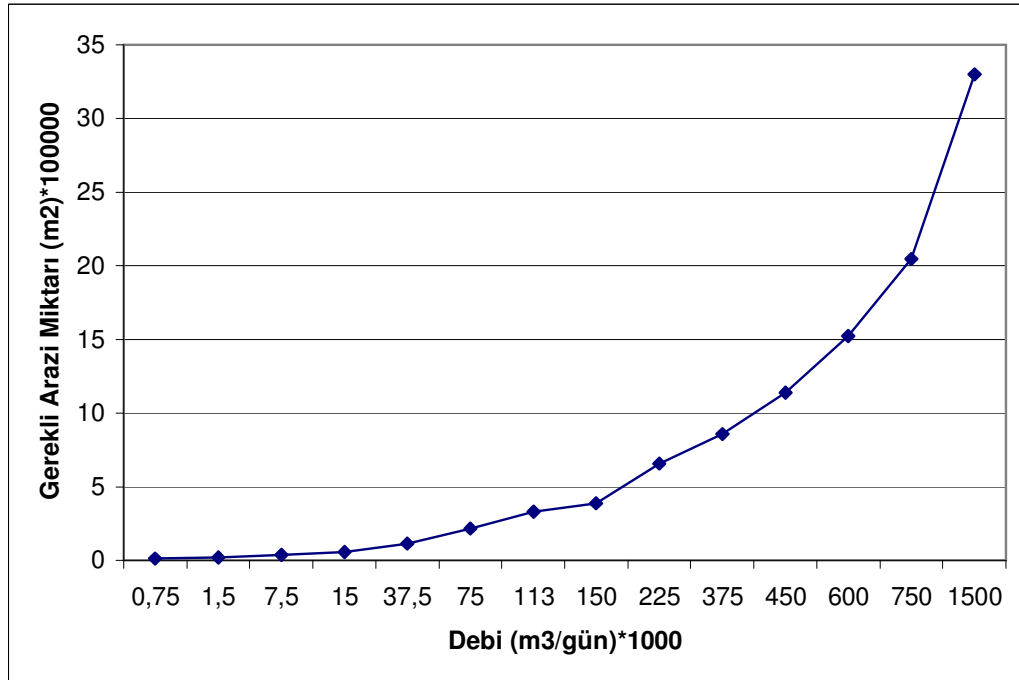
Şekil 4.49. Kademeli Havalandırma Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



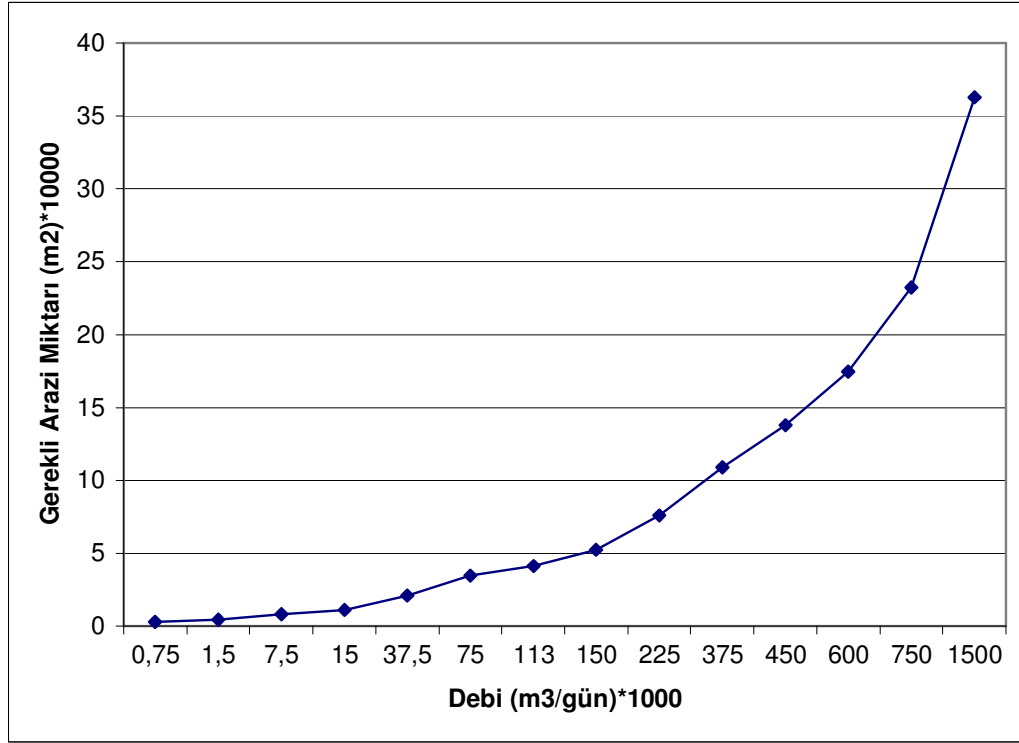
Şekil 4.50. Oksidasyon Hendeği Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



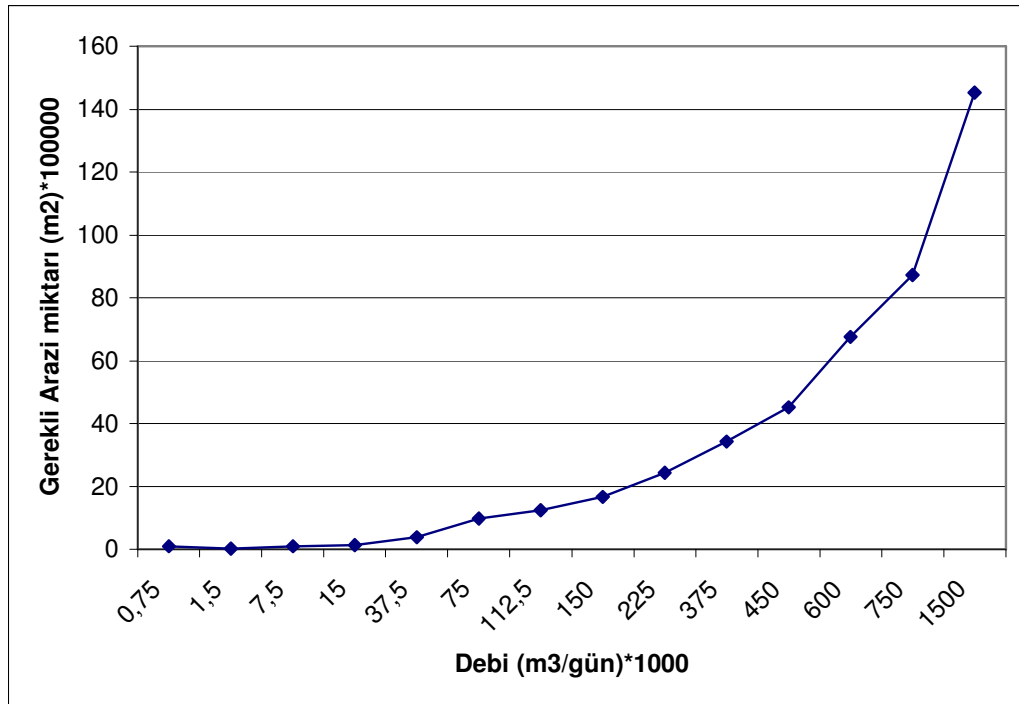
Şekil 4.51. Uzun Havalandırma Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



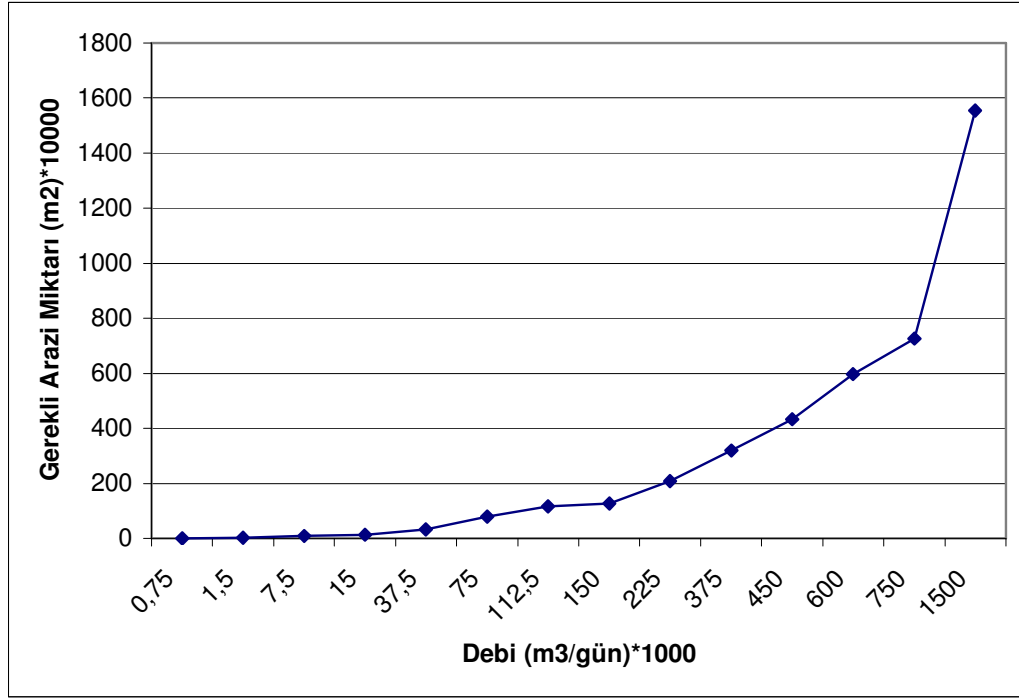
Şekil 4.52. Stabilizasyon Havuzu Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



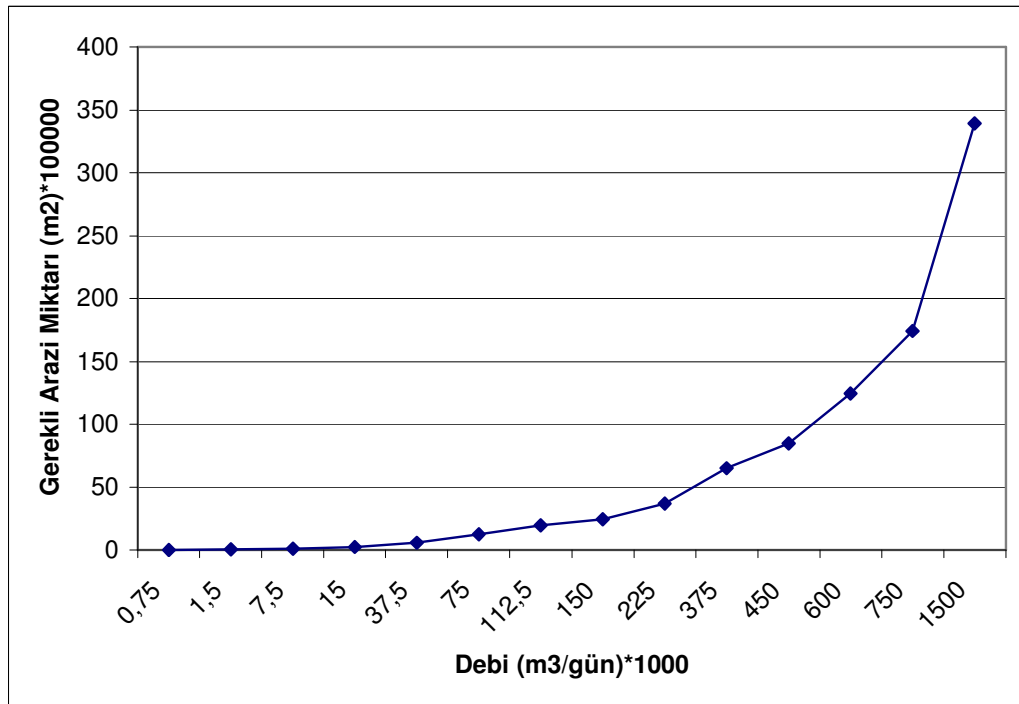
Şekil 4.53. Oksidasyon Havuzu Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



Şekil 4.54. Arazi Yüzeyinden Akıtma Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



Şekil 4.55. Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği



Şekil 4.56. Düşük Hızlı İnfiltrasyon Tesisinin Debi - Arazi Miktarı Grafiği

4.3.Araştırma Bulgularının Tartışılması

4.3.1. Sıcak İklimlerde Atıksuların Arıtma Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Atıksuların hacimce önemli bir kısmını oluşturan evsel atıksuların arıtılmasında başvurulan farklı alternatiflerin yanında sıcak iklim (subtropikal, tropikal) bölgelerinde evsel atıksuların arıtılmasında; bu tür atıksuların özellikleri, iklimsel koşullar, seçilen arıtma kombinasyonlarına göre farklı giderme verimleri elde edilebilmektedir. Günümüzde ekonomik unsurların ön plana çıkmasıyla istenen arıtma verimlerini düşük yatırım, işletme ve bakım maliyetleri ile sağlayan sistemlerin seçilmesi önem arz eder.

Evsel atıksular günümüze kadar farklı yöntemlerle arıtılmış ve seçilen her bir sistemde gerek proses özellikleri ve gerekse de atıksu tipine bağlı olarak, farklı giderme verimleri elde edilmiştir. Sıcak iklimin (tropikal, subtropikal) hakim olduğu bölgelerde çoğu arıtma tesisinde elde edilen verimler nispeten soğuk iklimde elde edilenlerden farklı olabilmektedir (EPA, 1979).

Tropik ve subtropik iklimlerde uygulaması yapılan stabilizasyon havuzlarında araştırmacıların bir kısmı; havuzların biyolojik içeriği ile ilgili kirlilik parametrelerin giderimi ile ilgili bulgular üzerinde, pilot ve model stabilizasyon havuzları kurmuş ve bunların arıtma verimliliklerini incelemişler, bir kısmı küçük yerleşim birimlerinin atıksularını arıtmak için yapılan stabilizasyon havuzlarında araştırma yapmışlardır. Ayrıca stabilizasyon havuzlarının; arıtma verimini etkileyen iklimsel, kinetik, fiziksel ve biyolojik, yapısal ve diğer faktörler üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Stabilizasyon havuzları özellikle sıcak iklimlerde geniş çapta kullanılabilen bir sistem olup, sadece Amerika'da 1983 yılı itibariyle 7000 civarında stabilizasyon havuzu vardır.(EPA, 1974)

Anaerobik parçalanma evsel atıksuların arıtımında ve patojen mikroorganizma sayısının azaltılmasında kullanılmaktadır. Aneorobik prosesler gıda, içki, kağıt, kimyasal endüstri ve sıcak iklimlerde evsel atıksuların arıtımında uygulanmaktadır.

Atıksuların sulak alanlara ve akuatik bitkilerin bulunduğu alanlara uygulanması prosesleri eski olmamakla birlikte bu sistemlerin sıcak iklimlerde olduğu kadar soğuk iklimlerde atıksuların arıtılması üzerindeki verimleri kayda değerdir . (EPA,1964).

4.3.2 Atıksu Arıtma Tesislerinin Debi - Maliyet Bakımından Değerlendirilmesi

Maliyetlerin tahmini ve gerçeğe yakın olmasında; tahminleri bölgeden bölgeye ve hatta ülkeden ülkeye görülen farklılıklar önemlidir. Malzemelerin bulunması, mekanik ekipman ve inşaat işlerinin yerli imkanlarla yapılması, bölgesel işçilik ücretleri , iklim ve mevsim faktörleri, yerel alan koşulları ve daha birçok faktör maliyet değerlerinin farklılığına neden olmaktadır.

Bu çalışmada "Capdetworks" programı ile hesaplanabilen ve Bölüm 3.4b de belirtilen maliyetlerden "toplam proje maliyetleri", "toplam işletme-bakım maliyetleri", "1 m³ atıksuyun arıtılma bedelleri" ile değerlendirme yapılması yeterli görülmüş ve arazi miktarları açısından da ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

4.3.2.1 Debi-Toplam Proje Maliyeti Değerlendirilmesi

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 4.1 ile Şekil 4.15 arasında incelenen arıtma sistemlerinin "Debi-Toplam Proje Maliyeti" gösterilmiştir.

Şekiller incelendiğinde artan debi miktarıyla toplam proje maliyetinin 90 bin ile 270 milyon dolar arasında değiştiği , debinin 100 bin ile 1 milyon m³/günlük debi değişim hızının 10 bin ile 100 bin m³/günlük debi değişim hızıyla karşılaştırıldığında, toplam proje maliyetinin artış hızının 10 bin ile 100 binlik dilime oranla çok daha yavaşladığı görülmüştür.

Yine debi miktarı arttıkça toplam proje maliyeti bakımından en ucuz sistemin küçük debilerde arazi yüzeyinden akıtma olduğu, büyük debilerde ise hızlı

infiltrasyon yoluyla arazide arıtma olduğu, en pahalı sistemin ise damlatmalı fitreli arıtma tesisi olduğu tespit edilmiştir.

Xian-wen Li (1995), Çin'deki yedi adet Stabilizasyon Havuzundan elde edilen yapım ve işletme verileriyle maliyet ilişkileri incelemiş ve yine aynı zamanda bu havuzlarla evsel atıksu tesislerinin maliyetlerini karşılaştırmıştır. İnceleme sonucunda, Stabilizasyon Havuzlarının inşaat maliyetlerinin yaklaşık olarak %60'ını arazi maliyetlerinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Hollanda'da yapılan uygulamalarda oksidasyon hendeklerinin ilk yatırım maliyetinin, konvansiyonel arıtmanıninkinin % 75'i olduğu ve oksidasyon hendeklerindeki işletme masraflarının konvansiyonel arıtma sistemlerinden daha fazla olduğu bulunmuştur (Pasveer,1981: Uslu, 1984'den).

M. Tuna (1995), yaptığı kabullere göre toplam proje maliyetinde, 40.000 m³/gün ve daha küçük debiler için, en ekonomik arıtma sisteminin hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, en pahalı sistemin ise damlatmalı filtre olduğunu bulmuştur.

4.3.2.2. Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan debiler için Capdetworks-2 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 maliyetleri (\$/yıl) biriminde verilmiştir. Çift logaritmik eksenli grafik kağıdına debiye karşı toplam işletme-bakım maliyetleri işaretlenmiştir. Şekil 4.15 ile Şekil 4.29 arasında incelenen arıtma sistemlerinin "Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti" gösterilmiştir.

Şekiller incelendiğinde artan debi miktarıyla toplam işletme ve bakım maliyetinin 10 bin ile 17.250 milyon dolar arasında değiştiği, debi miktarı arttıkça toplam işletme ve bakım maliyetini bakımından en ucuz sistemin oksidasyon havuzlu, en pahalı sistemin ise kademeli havalandırma prosesli arıtma tesisi olduğu tespit edilmiştir.

Amerika'da arıtma tesislerinin çalıştırılması için, 1965 ocak ayından 1968 haziranına kadar olan süre içinde 1600 tesisin incelenmesi sonucu , en az yıllık

personel giderinin stabilizasyon havuzunda, en fazla ise aktif çamur sisteminde olduğu, yine inceleme sonucunda enerji giderlerinin ortalama olarak bir arıtma tesisinde işletme ve bakım maliyetinin yaklaşık olarak % 14'ü olduğu ve en az elektrik kullanımının stabilizasyon havuzlarında, en fazla ise küçük nüfuslarda kontak stabilizasyon sisteminde olduğu, yine ön arıtma, damlatmalı filtre ve aktif çamur için aylık enerji gereksinimi kw-saat cinsinden incelendiğinde ise tüm debilerde (378-3780 m³/gün) aktif çamur sisteminde enerji gereksiniminin fazla olduğu olduğu bulunmuştur (Robert,1970: Uslu, 1984'den).

M. Tuna (1995), Toplam işletme-bakım maliyeti açısından en ekonomik sistemin özellikle 100.000 m³/gün debisine kadar hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, daha büyük debiler için ise damlatmalı filtre olduğu tespit etmiştir.

M. Tuna (1995), ile yapılan çalışma arasındaki farkın; özellikle mekanik havalandırıcıların değiştirme maliyetlerinin bakım giderlerine eklenmesi sebebiyle, difüzörlü sistemlerin mekanik sistemlere göre daha düşük bakım maliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yine buna destek olma bağlamında M. Değirmenci ve arkadaşlarının yaptığı çalışma buna örnek gösterilebilir.

M. Değirmenci ve ark.(2000), difüzörlü havalandırma sisteminin enerji maliyetlerinin mekanik havalandırma sistemlerine göre yaklaşık olarak %10 oranında daha az olduğunu saptamışlardır.

4.3.2.3. Debi-Birim Hacimdeki Atıksuyun Arıtma Maliyeti Değerlendirilmesi

Şekil 4.29 ile Şekil 4.43 arasında incelenen arıtma sistemlerinin "Debi-Birim Hacimdeki Atıksuyun Arıtma Maliyeti " gösterilmiştir.

Debi arttıkça birim maliyetin m³ başına 0.54 dolardan 0.006 dolara kadar indiği, birim maliyetin tüm sistemler için 75 bin ve üzeri debilerde birim maliyetin m³ başına 0.1 dolar ve 0.1 doların altında olduğu görülmüştür.

1m³ atıksuyun arıtılma bedelinin, 10.000 m³/gün debisinden itibaren yaklaşık olarak sabit kaldığı görülmektedir, Debi-1m³ atıksuyun arıtılma bedeli ilişkileri de çift logaritmik eksenle birer doğru ile temsil edilmişlerdir. İncelenen şekillerden

Çıkarılacak sonuç ise, tesis büyüklüğü arttıa birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyetinin azaldığı yönündedir. Yine en ekonomik arıtma alternatiflerinin ise, arazide arıtma sistemleri olduğu tespit edilmiştir.

4.3.2.4. Debi-Arazi Maliyeti Değerlendirilmesi

şekil 4.43 ile şekil 4.56 arasında incelenen arıtma sistemlerinin "Debi - Arazi İhtiyacı Maliyeti " gösterilmiştir.

Buna göre; her sistem için debi miktarının artmasıyla atıksu arıtma tesisi arazi ihtiyacının da arttığı görülmüş, 450 binlik debiye kadar stabilizasyon havuzu, oksidasyon havuzu, düşük, hızlı ve arazi yüzeyinden akıtarak arazide arıtma sistemleri haricindeki diğer sistemlerde arazi ihtiyacının birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca debi arttıa en büyük arazi ihtiyacının düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma sisteminde olduğu belirlenmiştir.

Arceivala, 4 günlük bekletme süresini ve 20 C° derece havuz sıcaklığını esas alarak Hindistandaki koşullar için arazi fiyatı 18000 \$/ hektar' dan daha ucuz olduğu sürece oksidasyon havuzlarının büyük şehirler için bile konvansiyonel aktif çamur tesislerinden daha ekonomik olduğunu göstermiştir. (Arceivala,1970: Uslu, 1984'den).

K.P. Tsagarakis ve ark.(2003), yüksek enerji maliyeti,düşük işletme ve otomasyon koşullarıyla düşük F/M oranlarında konvansiyonel aktif çamur tesisinin pahalı olduğunu ve stabilizasyon havuzunun arazi ihtiyacının 30\$/m² olduğu sürece diğer sistemlere göre daha uygun olduğunu saptamışlardır.

M. Tuna (1995), çalışmasında en fazla arazi ihtiyacının arazide arıtma sistemleri olduğu tespit edilmiştir.

Belirtilen rnekler, bulunan sonuçların literatürle uyumlu olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; farklı tipten toplam 14 adet arıtma sistemi ve buna çamurun konvansiyonel olarak 2 aşamalı arıtması da dahil olmak üzere evsel atıksu arıtma tesislerinin debi-maliyet ilişkileri planlanma safhasında incelenmiştir.

Farklı tipten toplam 14 adet arıtma sistemi ve buna çamurun konvansiyonel olarak 2 aşamalı arıtması da dahil olmak üzere, evsel atıksu arıtma tesislerinin sırasıyla; debi - toplam proje maliyeti, debi - toplam işletme ve bakım maliyeti, debi - 1 m³ atıksu arıtma maliyeti grafiği, debi - birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyeti ve debi- gerekli arazi ihtiyacı ilişkilerini gösteren eğriler elde edilmiştir.

Program kullanılarak belirtilen evsel atıksu arıtma tesisleri arasından elde edilen debi - toplam proje maliyeti eğrileri sonucunda, en ucuz sistemin küçük debilerde arazi yüzeyinden akıtma olduğu, büyük debilerde ise, hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma olduğu, en pahalı sistemin ise damlatmalı filtreli arıtma tesisi olduğu gözlemlenmiştir.

Belirtilen evsel atıksu arıtma tesisleri arasından elde edilen toplam işletme ve bakım maliyeti eğrileri birbirleriyle karşılaştırıldığında, en ucuz sistemin oksidasyon havuzu, en pahalı sistemin ise kademeli havalandırmayı içeren aktif çamur arıtma tesisi olduğu tespit edilmiştir.

Seçilen evsel atıksu arıtma tesisleri arasından elde edilen şekiller incelendiğinde, tesis büyüklüğü arttıkça birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyetinin azaldığı görülmektedir. Yine debi - birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyeti bakımından en ekonomik arıtma alternatiflerinin arazide arıtma sistemleri olduğu tespit edilmiştir.

Debi - Arazi İhtiyacı Maliyeti bakımından eğriler incelendiğinde ; her sistem için debi miktarının artmasıyla atıksu arıtma tesisi arazi ihtiyacının da arttığı görülmüştür. 450.000 m³/gün ve küçük debiler için; stabilizasyon havuzu, oksidasyon havuzu, düşük, hızlı ve arazi yüzeyinden akıtarak arazide arıtma sistemleri haricindeki diğer sistemler için, arazi ihtiyacının birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca debi arttıkça en büyük arazi ihtiyacının düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma sisteminde olduğu belirlenmiştir.

Capdetworks-2 adı verilen yazılımı, Windows ara yüzü program olup evsel atıksu arıtma tesisleri modifikasyonları yanında bazı endüstriyel atıksu arıtma tesislerini çok kısa projelendirip debi-maliyet ilişkilerini veren kullanıcı dostu bir programdır.

Capdetworks-2 programıyla, karar verici konumunda olan insanlar için, her an farklı verilerin girilmesi ve bu verilere göre debi-maliyet ilişkilerini ortaya koyması bakımından, bu ve buna benzer programların kullanılması hız, zaman, maliyet gibi açılardan önem arz etmektedir.

Windows ara yüzlü ve kullanıcı dostu bu program sayesinde ekipman, arazi, inşaat v.b. kalemler de yapılan anlık değişimler, yine anlık olarak debi-maliyet eğrileri üzerinde görülebilmektedir.

KAYNAKLAR

- BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI, 2006. İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları.
- BİSCHOF, F., HÖFKEN, M., DURST, F., 1996. Design and construction of aeration systems for optimum operation of large wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, 33,12,189-198.
- BLACK and VEATCH ENGINEERS, 1971. Estimating Costs and Manpower Requirements for Conventional Wastewater Treatment Facilities. EPA report 17090 ,10-71.
- BOLLER, M., 1997. Small wastewater treatment plants-a challenge to wastewater engineers. *Water Science and Technology*, 35,6,1-12.
- CENGİZ, O. O., 1998. Pamuklu Boyama Endüstrisinde Yaygın Olarak Kullanılan Atıksu Arıtma Sistemlerinin Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- CHEN, H.W., CHANG, N.B., 2002. A comparative analysis of methods to represent uncertainty in estimating the cost of constructing wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 65,4,383-409.
- DAVIS, R.D., BALLAY, D., ASANO, D., BHAMİDİMARRİ, T., CHİN, R., DAHLBERG, K.K, GRABOW, A.G., OHGAKİ, W.O.K., ZOTTER, S., MİLBORN, K., IZOD,A., NAGLE, E.J., 1994. Planning the best strategy for sludge treatment and disposal operations. *Water Quality International'94. PART 8. Anaerobic Digestion; Sludge Management; Appropriate Technologies*, 149-158; *Water Science and Technology* , vol. 30, no. 8.
- DEĞİRMENCİ, M., ALTIN, A., ALTIN, S., 2000. Atıksu Miktarı ve BOİ₅ Kirlilik Yükünün, Havalandırma Havuzu İlk Yatırım ve Enerji Maliyetlerine Olan Etkilerinin İncelenmesi. *D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2,1,1-12.
- EL SHARKAWİ, F., EL SEBAİE, O., HOSSAM, A., ABDEL KERİM, G., 1995. E Evaluation of daqahla wastewater treatment plant, aerated lagoon and ponds system. *Water Science and Technology*, 32,11,111-119.
- EL-GOHARY, F.A., NASREL-GOHARY, F.A., 1999. Cost-effective pre-treatment of wastewater. *Water Science and Technology*, 39,5,97-103.

- EPA, 1964. Modern Sewage Treatment Plants-How Much Do They Cost?. Pub. Healt Service Publ. No.1229, U.S. Govt. Printing Office. Wash., D.C.
- EPA, 1974. Process Design Manual for Upgrading Existing Wastewater Treatment Plants Technology Transfer .EPA 625/1-71-004.
- EPA, 1978. Construction Costs for Municipal Wastewater Treatment Plants. Office of Water Program Operations Washington, D.C. 20460. MCD, 37.
- EPA, 1979. Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal Technology Transfer .Cincinnati, ohio 45268 EPA 635/1-79-011.
- ESEN, L., PUSKAS, K., BANAT, I.,AL-DAHER, R., 1992. BOD and COD Remowal in Waste Stabilization Ponds. Enviromental Technology, 13,1181-1186.
- FİLİBELİ, A., 1996. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi. D.E.Ü. Matbaası, İzmir,189s.
- GANDER, M., JEFFERSON, B., JUDD, S., 2000. Aerobic MBRs for domestic wastewater treatment: a review with cost considerations. Separation and Purification Technology, 18,2,119-130.
- GRAU, P., 1996. Low Cost Wastewater Treatment. Water Science and Technology, 33, 8, 39-46.
- İLERİ, R., 2000. Çevre Biyoteknolojisi. Değişim Yayınları, Adapazarı, 525s.
- İLHAN, E., 1976. Türkiye Jeolojisi. Nuray Matbaası, Ankara, 239s.
- İLLER BANKASI, 2006. Kanalizasyon Birim Fiyatları.
- JUWARKER, A.S., OKE,B., JUWARKER, A., PATNAİK, S.M., 1995. Wastewater treatment through constructed wetland in India. Water Science and Technology, 32, 3, 291-294.
- KARGI, F., 1995. Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler. D.E.Ü. Matbaası, İzmir,425s.
- KARLSSON, I., 1996. Environmental and energy efficiency of different sewage treatment processes. Water Science and Technology, 34,3-4,203-211.
- KHAN, M.A., AHMAD, S.I., 992. Performance Evaluation of Waste Stabilization Ponds in Subtropical Reagion. Water Science and Technology, 26,7-8,1717-1728.

- Lİ, X., 1995. Technical economic analysis of stabilization ponds. *Water Science and Technology*, 31,12,103-110.
- MANDİ, L., BOUHOUM, K., OUAZZANI, N., 1998. Application of constructed wetlands for domestic wastewater treatment in an arid climate. *Water Science and Technology*, 48,1,379-387.
- MARA, D., 1978. *Sewage Treatment in Hot Climates*. Wiley-Interscience Publication, Scotland, 168pp.
- MASHURİ, D.A., MULUNGU, D.M.M., ABDULHUSSEIN, B.S., 1995. Constructed wetland at the University of Dar es Salam. *Water Science and Technology*, 34, 4, 349-356
- METCALF and EDDY, 1991. *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse*. McGraw-Hill Inc., 3rd. Edition.
- MUSLU, Y., 1994. *Atıksuların Arıtılması*. İ.T.Ü Matbaası, İstanbul, 754s.
- NURİZZO, C., BONOMO, L., MALPEİ, F., 2001. Some economic considerations on wastewater reclamation for irrigation, with reference to the Italian situation. *Water Science Technology*, 43,10,75-81.
- OLSSON, G., ASPEGREN, H., NIELSEN, M.K., 1998. Operation and control of wastewater treatment - a Scandinavian perspective over 20 years. *Water Science and Technology*, 37, 12, 1-13.
- ONUR, K.O., EKEMEN, E., SOYUPAK, S., YURTERİ, C., 1999. Management Strategies for the Lower Seyhan Catchment. *Water Science and Technology*, 40,10,177-184.
- PAPADOPOULOS, A., PARISOPOULOS, G., PAPADOPOULOS, F., KARTERİS, A., 2003. Sludge accumulation pattern in an anaerobic pond under Mediterranean climatic conditions. *Water Science and Technology*, 37,3,634-644
- RAO, S.V.R., 1996. A Review of the Technological Feasibility of Aquacultures for Municipal Wastewater Treatment. *International Journal of Environmental Studies: Sections A & B*, Oct86, Vol. 27 Issue 3/4, p219, 5p; (AN 6503316)
- SOROUR, M.H., EL DEFRAWY N.M.H., SHAALAN H.F., 2003. Treatment of agricultural drainage water via lagoon/reverse osmosis system. *Desalination*, 152,1,359-366

- SPERLING, M.V., 1996. Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment in developing countries. *Water Science and Technology*, 33,3,59-72.
- ŞENGÜL, F., 1995. Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler. D.E.Ü. Matbaası, İzmir,223s.
- TAY, J.H., HANGİNG, Y., WILSON, F., 1997. A sustainable municipal wastewater treatment process for tropical and subtropical regions in developing countries. *Water Science and Technology*, 35,9,191-198.
- TOPRAK, H., 1996. Atıksu Arıtma Çamurlarının Tasarım Esasları. D.E.Ü. Matbaası, İzmir,612s.
- TSAGARAKIS,K.P., MARA,D.D., ANGELAKIS, A.N., 2003. Application of cost criteria for selection of municipal wastewater treatment systems. *Water, Air,Soil Pollution* 142, 187-210 pages.
- TUNA, M., 1995. Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet İndeksi ve Debi - Maliyet İlişkileri. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TÜRKİYE ÇEVRE VAKFI, 1999. Türk Çevre Mevzuatı cilt 2, Ankara.
- USLU, H., 1984. Arıtma Sistemlerinin Türkiye'deki Maliyetleri. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- VANROLLEGEN, P.A., JEPPSSON, U., CARSTENSEN, J., CARLSSON, B., OLSSON, G., 1996. Integration of wastewater treatment plant design and operation - a systematic approach using cost functions. *Water Science and Technology*, 34,3-4,159-171.
- ZHAO, Q., ZHANG, Z., 1991. Temperature Influence on Performance of Oxidation Ponds. *Water Science and Technology*, 24,5,85-86.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Adana’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Adana’da tamamladım.1994 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne girdim ve buradan 1998 yılında mezun oldum. 2002 yılında Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde Yüksek Lisans Öğrenimime başladım.

EK

Seçenek No:1

Ham Atıksu Pompalama Tasarım Parametreleri:

- 1- Ham Atıksu Pompalama Sisteminin Pik Debisi($m^3/gün$)
- 2-Giriş Kanalına olan Yüksekliği (m)
- 3-Pompa Basma Yüksekliği (m)
- 4-Pompa Sayısı
- 5-Pompa Tipi
- 6-Pompa Fiyatı(\$)(Her Türlü Modül Dahil)
- 7-Pompa Yenileme Zamanı (yıl)

Seçenek No:2

Izgara Tasarım Parametreleri:

- 1-Izgara Genişliği(m)
- 2-Izgara Yüksekliği(m)
- 3-Izgara Çubukları Arasındaki Açıklık(m)
- 4-Yatayla Yaptığı Açık(derece)
- 5-Yaklaşım hızı(m/sn)
- 6-Yük Kaybı(m)
- 7-Izgara Türü(Elle temizlenebilen, Mekanik)
- 8-Şekil Faktörü
- 9-Izgara Fiyatı(\$)

Seçenek No:3

Kum Tutucu Tasarım Parametreleri:

- 1-Partikül Boyutu(m)
- 2-Özgöl Yoğunluk(kg/ m^3)
- 3-Kum tutucu Türü(Yatay, Havalandırılmalı)
- 4-Proses Sayısı
- 5-Derinlik(m)
- 6-Genişlik(m)
- 7-Manning Pürüzlülük Katsayısı
- 8-Tutulan Kum Miktarı(kg/ m^3)
- 9-Bekletme Zamanı(dakika)
- 10-Hava İhtiyacı (mg/lt.saad)
- 11-Yüzeysel Hız(m/sn)

12-Kum Tutucu Maliyeti(\$)

Seçenek No:4

Dengeleme Havuzu Tasarım Parametreleri:

- 1-Günlük Debi Miktarının Saatlik Değerleri($m^3/saat$)
- 2-Oksijen Gereksinimi($mg/lt.saat$)
- 3-Basınç Düzeltme Faktörü
- 4-Havuz Derinliğı (m)
- 5-Havuz Hacmi (m^3)
- 6-Atıksuya Oksijen Transferi Faktörü
- 7-Atıksuyun Oksijene Doygunluk Kapasitesi
- 8-Karışım İçin Gerekli Minimum Güç(hp)
- 9- Oksijen Transferi Verimliliğı
- 10-Yüzeysel Havalandırma Maliyeti(\$)
- 11-Yüzeysel Havalandırma Yenileme maliyeti(\$)

Seçenek No:5

Ön Çökeltme Havuzu Tasarım Parametreleri:

- 1-Yüzeysel Hidrolik Yük($m^3/m^2/gün$)
- 2-Derinlik(m)
- 3- Özgöl Yoğunluk(kg/ m^3)
- 4-Savak Yüğü($m^3/m^2/gün$)
- 5-Çökeltme Havuzu Tipi(Dikdörtgensel, Dairesel)
- 6-Ayrılan Askıda Katı Madde Miktarının Yüzdesi
- 7- Ayrılan Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının Yüzdesi
- 8- Ayrılan Kimyasal Oksijen Miktarının Yüzdesi
- 9- Ayrılan Toplam-Kjeldahl Azotunun Yüzdesi
- 10-Havuz Boyu(m)
- 11-Havuz Genişliğı yada Çapı(M)
- 12-Havuz Derinliğı(m)
- 13-Çamur Toplama Havuzu Derinliğı(m)
- 14-Havuz ve Göz Sayısı
- 15-Çamur Sıyırıcı Ekipmanı Fiyatı(\$)
- 16-Ekipmanın Yenileme Zamanı(yıl)

Seçenek No:6

Havalandırmalı ve Fakültatif Lagün için Tasarım Parametreleri:

- 1- Çıkışta İstenilen Çözünmüş BOI5 Konsantrasyonu(mg/l)
- 2-Hidrolik Bekletme Zamanı(gün)
- 3-Minimum Çözünmüş Oksijen İhtiyacı(mg/l)
- 4-BOI5 Yüğü(kg/ m²/gün)
- 5-Gerekli Olan Yüzey Alanı(m²)
- 6-Havuz Derinliğı(m)
- 7-Havuz Sayısı
- 8-Reaksiyon Oranı Sabiti(k)
- 9-Sentezlenen BOI Oranı
- 10-Enerji için Oksitlenen BOI Oranı
- 11-Mikroorganizmaların Endojen Fazda Yok Olma Oranı
- 12-Sıcaklık Düzeltme Faktörü
- 13-Basınç Düzeltme Faktörü
- 14-Sıcaklık(derece)
- 15-Optimum Sıcaklık(derece)
- 16-Alg Konsantrasyonu(mg/l)
- 17-Askıdaki Katı Madde Konsantrasyonu(mg/l)
- 18-Uçucu Askıda Katı Madde Miktarı(mg/l)
- 19-Yüzeysel Mekanik Havalandırıcının Fiyatı(\$)
- 20-Kaynaklı Çelik Boru/boy(\$)
- 21-Kelebek Vana/adet(\$)
- 22-Vana ve Borunun Yenileme Zamanı(yıl)
- 23-Havalandırıcının Yenileme Zamanı(yıl)

Seçenek No:7

Tam Karışımı, Piston Akımlı,Uzun Havalandırmalı, Yüksek Hızlı, Kademeli Havalandırmalı, Saf Oksijen Sistemli, Kontak Stabilizasyon ve Oksidasyon Hendeğini de içeren Aktif Çamur Sistemi Tiplerinin Tasarım Parametreleri:

- 1-F/M oranı
- 2- Sıcaklık Düzeltme Faktörü
- 3- Çıkışta İstenilen Çözünmüş BOI5 Konsantrasyonu(mg/l)
- 4-Havalandırma Tipi(Difüze,Mekanik)
- 5- Reaksiyon Oranı Sabiti(k)
- 6- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının Uçucu Askıda Katı Madde Miktarına Dönüşüm Oranı(Y)
- 7-Çamur Geri Devir Oranı(0.2-0.8)
- 8-Yarım Hız Katsayısı(Kc)mg/l
- 9-Gerçek Dönüşüm Oram(Y)(0.5-0.7)
- 10-Maksimum Substrat Kullanım Hızı Katsayısı(k)(1/gün)
- 11-BirGünlük Çamur Yaşında Biyokütle Bozunma Katsayısı
- 12- Maksimum Giderilme Hızı Katsayısı(Nitrifikasyon için
- 13-Havalandırma Havuzunda Aktif Biyokütle konsantrasyonu(mg/l)
- 14-Biyokütle Bozunma Katsayısı(1/gün)
- 15-Çamur Yaşı (SRT)(gün)
- 16- Çamur Geri Devir Oranı
- 17- Çıkış Suyunda İstenilen Amonyak Konsantrasyonu(mg/l)
- 18-Giriş Alkalinitesi Konsantrasyonu(mg/l)
- 19-Sentezlenen BOI Oranı
- 20-Enerji için Oksitlenen BOI Oranı
- 21-Mikroorganizmaların Endojen Fazda Yok Olma Oranı
- 22-Giriş Suyundaki Uçucu Askıda Katı Madde Miktarının Bozuşmayan Kısmı
- 23-Havalandırma Havuzundaki Askıda Katı Maddelerin Bozuşan Kısmı
- 24-Askıda Katı Madde Miktarı(mg/l)
- 25- Atıksuya Oksijen Transferi Faktörü
- 26-Atıksuyun Oksijene Doygunluk Kapasitesi
- 27-Karışım İçin Gerekli Minimum Güç(hp)
- 28-Oksijen Transferi Verimliliği
- 29-Havalandırma Tipi(Difüze,Mekanik)
- 30-Havuz Boyu(m)
- 31-Havuz Genişliği yada Çapı(M)
- 32-Havuz Derinliği(m)
- 33-Çamur Toplama Havuzu Derinliği(m)
- 34-Havuz ve Göz Sayısı
- 35- Gerekli Hava Miktarı(m³/m)
- 36-Gerekli Blower Büyüklüğü
- 37-Giren Her Bir m³ Atıksu Başına Difüzörlü Havalandırma İhtiyacı
- 38-Geri Devir Çamur Hacmi(m³)

39-Difüzörlü Havalandırma İhtiyacı
40 -pompa,difüzör, Mekanik Havalandırma,Oksijen Üretme Ünitesi Maliyeti(\$)
41-Pompa,Mekanik Havalandırma, Difüzör gibi Ekipmanların Yenilenme Süreleri(yıl)

Seçenek No:8

Damlatmalı Filtre ve Döner Biyolojik Disk Üniteleri için Tasarım Parametreleri:

- 1-Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının Uçucu Askıda Katı Madde Miktarına Dönüşüm Oranı
- 2-Çıkışta İstenilen Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Konsantrasyonu(mg/l)
- 3- Çıkışta İstenilen Çözünmüş Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Konsantrasyonu(mg/l)
- 4-Hidrolik Yükleme Oranı($m^3/m^2/gün$)
- 5-Gerekli Yüzey Alanı(m^2)
- 6-Su sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- 7-Filtre Girişine Verilen Akımın Geri Devir Oranı
- 8-Çıkışta Çökeltilmemiş Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının, Çökeltilmiş Kısma Oram(0.5)
- 9- Havuz Boyu(m)
- 10-Havuz Genişliği yada Çapı(m)
- 11-Havuz Derinliği(m)
- 12-Çamur Toplama Havuzu Derinliği(m)
- 13-Havuz ve Göz Sayısı
- 14-Filtre Yatağı, Dağıtıcı Sistem, Pompa ve aksamı ve Döner Biyolojik Ekipman Maliyeti(\$)
- 15-Pompa, Filtre Yatağı, Dağıtıcı Sistem ve Döner Biyolojik Ekipmanın Yenilenme Süreleri(yıl)

Seçenek No:9

Ara Atıksu Pompalama Tasarım Parametreleri:

- 1- Atıksu Debisi($m^3/gün$)
- 2-Çalışma Süresi(saat/gün)
- 3-Pompa Basma Yüksekliği (m)
- 4-Pompa Sayısı
- 5-Pompa Tipi
- 6-Pompa Fiyatı(\$)(Her Türlü Modül Dahil)
- 7-Pompa Yenileme Zamanı (yıl)

Seçenek No:10

Son Çökeltim Havuzu Tasarım Parametreleri:

- 1-Yüzeysel Hidrolik Yük($m^3/m^2/gün$)
- 2- Çamur Üretim Faktörü kg çamur/ kg giderilen BOİ (0.4-0.65)
- 3-Özgül Yoğunluk(kg/ m^3)_ı
- 4-Havuz Derinliği(m)
- 5- Savaklanma Hızı($m^3/m^2/gün$)
- 6- Çıkışta İstenilen Askıda Katı Madde Konsantrasyonu(mg/l)
- 7-Tank Şekli (Dairesel,Dikdörtgensel)
- 8- Havuz Boyu(m)
- 7-Havuz Genişliği yada Çapı(m)
- 8-Çamur Toplama Havuzu Derinliği(m)
- 9-Havuz ve Göz Sayısı
- 10-Sıyırıcı ve Diğer Aksamın Maliyeti(\$)
- 11- Sıyırıcı ve Diğer Aksamın Yenilenme Süreleri(yıl)

Seçenek No:11

Klorlama Havuzu Tasarım Parametreleri:

- 1-KlorDozu(mg/l)(2-15)
- 2-Maksimum Dehide Klor Temas Zamanı (dakika) (15-30)
- 3-Klor Fiyatı(\$/ton)
- 4-Klor Dozlama Tankı ve Ekipmanı Maliyeti(\$)
- 5-Klorinatörün ve Diğer Kısımların Yenileme Süresi(yıl)

Seçenek No:12

Yerçekimi İle Yoğunlaştırma Tasarım Parametreleri:

- 1-Çamur Geri Kazanma Oranı (0.9-0.98)
- 2-Savaklanma Hızı($m^3/gün/m^2$)(400-800)
- 3-Havuz Derinliği(m)
- 4-Birinci Arıtma Çamuru İçin Yoğunlaştırılmış Çamur Yüzdesi
- 5-Birinci ve Damlatmalı Filtre Çamuru için Yoğunlaştırılmış Çamur Yüzdesi
- 6-Birinci ve Aktif Çamur Arıtma Çamuru İçin Yoğunlaştırılmış Çamur Yüzdesi
- 7- Katı Madde Yükleme Hızı($kg/gün/m^2$)
- 8-Çökeltme Hızı(m/sn)
- 9-Havuz Sayısı
- 10-Sıyırıcı ve Diğer Ekipmaların Maliyeti(\$)
- 11- Sıyırıcı ve Diğer Ekipmaların Yenileme Süresi(yıl)

Seçenek No:13

Çamur Kurutma Yatağı Tasarım Parametreleri:

- 1-Uygulanan Derinlik(m)
- 2-Kurutma Zamanı(gün)
- 3-Drene Olabilen Çamurun Sulu Çamura oranı
- 4-Buharlaştırma Oranı (mm/ay)
- 5-Yağış Miktarı(mm/ay)
- 6-Buharlaştırma Düzeltme Faktörü
- 7-Absorblanan Kısım
- 8-Gerekli alan (m^2)
- 9-Kurutma Yatağı Genişliği(m)
- 10- Kurutma Yatağı Sayısı
- 11-Drenaj ve Kum Derinliği(m)
- 12-Drenaj Boruları ve Aksamının Maliyeti(\$/m)
- 13-Kum Maliyeti(\$/ton)
- 14- Drenaj Boruları ve Aksamının Yenileme süresi(yıl)

Seçenek No:14

Arazide Arıtma Seçenekleri İçin Tasarım Kriterleri:

- 1-Atıksuyun Araziye Verilme Sıklığı(cm/hafta)
- 2-Atıksuyun Verilen Arazideki Sızma Miktarı(cm/hafta)
- 3-Atıksuyun Buharlaştırma hızı(cm/hafta)
- 4-Yıllık Olarak Arazinin Sulanma Süresi(gün)
- 5-Atıksuyun Denitrifikasyona Olmuş Kısımın Olmamış Kısma Oranı
- 6-Zeminin Geçirgenlik oranı
- 7-Çıkış Suyunda İstenilen (mg/l)
- 8-Arazi Eğimi ve Bitki Örtüsünün Birbirlerine Göre Yüzde Oranları
- 9-Atıksudaki Uçucu Amonyak Yüzdesi
- 10-Ürün geliri (\$/yıl)
- 11-Şerit Uzunluğu(m)
- 12-Kuyu Sayısı
- 13-Kuyu çapı(m)
- 14-Kuyu Derinliği(m)
- 15-Atıksuyun Depolanma Süresi(gün)
- Drenaj Borusu Maliyeti(\$/m)
- 16-Su Kuyusu Maliyeti(\$)
- 17-Yağmurlama Sistemi maliyeti(\$)
- 18-Pompa ve Diğer aksamaların Maliyeti(\$)
- 19-Boru, Vana, Pompa ve Aksamaların, Yağmurlama Sistemlerinin Yenileme Süresi(yıl)

Seçenek No:15

Kamyonla Taşıma/Çamurun Arazide Tasfiyesi Giriş Tasarım Parametreleri.

- 1-Yıllık Çalışma Saati
- 2-Tek Yönlü Taşıma Mesafesi(km)
- 3-Kamyonların Amortisman Süresi(yıl)
- 4-Yakıt Fiyatı(\$/m³)
- 5-Arazi Fiyatı (\$/m²)
- 6-Program Kontrol(Araziye Serme:0, Araziye Doldurma:1)
- 7-Sıvı Çamur Depolama Periyodu(yıl)(0.1-0.5)
- 8-Maksimum mücade edilebilir azot tatbik hızı (kg/m²/yıl)
- 9-Araziye Serme İçin, Şantiye Hazırlama Maliyeti(\$/m²)
- 10- Araziye Serme Uygulama Maliyeti(\$/ton)
- 11-Maksimum Kapasite Faktörü (Kamyonlar İçin)
- 12-Maksimum Kapasite Faktörü(Çamur Depolama İçin)
- 13-Kamyon Başına Yıllık taşıma(sefer) sayısı
- 14-Tüm Kamyonlar İçin Yıllık Taşıma Sayısı
- 15-Toplam Kamyon Sayısı
- 16-Depolanan Çamur Hacmi(m³/1000)
- 17-Araziye Verilen Kuru Çamur Miktarı (ton/y 11)
- 18-Arazi İhtiyacı (km²)
- 19-Araziye Yapılan Yatırımın Yıllık Faiz Maliyeti Eşdeğeri(\$/yıl)
- 20-Arazi Esas Maliyeti
- 21-Kamyonların Geri Kazanma Maliyet Faktörü

