



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**NEVŞEHİR İLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDEKİ
ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN MALİYET
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hilmi Tunahan GÜNEŞ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan GÖK

AKSARAY, 2021

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162301417 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Hilmi Tunahan GÜNEŞ tarafından hazırlanan “(NEVŞEHİR İLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDEKİ ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN MALİYET ANALİZİ)” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

Hilmi Tunahan GÜNEŞ

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim ve bana yol gösteren saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan GÖK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Manevi desteklerini hissettiğim başta Özgür-Ayşegül HAN ailesine, Sn. Mehmet Samet KAFALI'ya, Sn. Çağlar ÖZÇELİKLER'e ve Sn. Gökhan ÇAVDAR'a, tezimin gerçekleşmesinde Nevşehir Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü kurumuna, Acıgöl Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü kurumuna, Çevre Yapı Arıtma Sistemleri ve Güven Arıtma Mühendislik şirketlerine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca öğrenim sürem boyunca her alanda düşüncelerinden destek aldığım meslektaşım, dostum, sırdaşım, nişanlım Merve ŞEKER'e çok teşekkür ederim. Hayata ilk gözlerimi açmamdan bu yana yanımda olan, maddi ve manevi hiçbir yardımlarını esirgemedi bana böyle güzel bir hayatı hediye eden ve kendimde bulduğum güç ve desteği varlıkları ile aldığım aileme teşekkür ederim.

Bu tezi Babama ve Anneme ithaf ediyorum.

Hilmi Tunahan GÜNEŞ
AKSARAY, 2021

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Genel	1
1.2 Tezin Amacı ve Önemi	3
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Organize Sanayi Bölgeleri ve Arıtma Tesisleri Prosesleri	5
2.1.1 OSB'lerin ortaya çıkış ve gelişimi	5
2.1.2 OSB'lerin kavramı ve kuruluş amacı	5
2.1.3 Türkiye'de organize sanayi bölgeleri	6
2.1.4 Türkiye'de OSB'lerin yasal çerçevesi	8
2.1.5 Organize sanayi bölgeleri ve altyapı sistemi	13
2.1.6 OSB'lerden maliyet analizinin önemi	14
2.2 Atıksu Arıtma Tesisleri Prosesleri	15
2.2.1 Fiziksel arıtma prosesleri	16
2.2.1.1 Kaba ızgara	16
2.2.1.2 İnce ızgara	16
2.2.1.3 Kum ve yağ tutucu	16
2.2.1.4 Dengeleme havuzu	17
2.2.1.5 Ön çöktürme havuzu	17
2.2.1.6 Son çöktürme havuzu	17
2.2.2 Kimyasal arıtma prosesleri	17
2.2.2.1 Koagülasyon ve flokülasyon	18
2.2.2.2 Nötralizasyon	18
2.2.2.3 Çözünmüş hava flotasyonu	18
2.2.3 Biyolojik arıtma prosesleri	19
2.2.3.1 Ardışık kesikli reaktör	21
2.2.3.2 Uzun havalandırmalı aktif çamur	22
2.2.3.3 Beş kademeli bardenpho	23
2.2.3.4 Anaerobik reaktör	23
2.2.3.5 Döner biyodisk	25
2.2.3.6 Paket tip biyolojik arıtma	26
2.2.4 İleri arıtma prosesleri	27
2.2.4.1 Azot ve fosfor giderimi	27
2.2.4.2 Filtrasyon	29
2.2.4.3 Adsorbsiyon	31
2.2.4.4 Membran biyoreaktör	32
2.2.5 Dezenfeksiyon prosesleri	34
2.2.5.1 Klor	35
2.2.5.2 Ozon	36
2.2.5.3 UV	37
2.2.6 Çamur yoğunlaştırma prosesi	39
2.2.7 Çamur susuzlaştırma prosesleri	40

2.2.7.1 Filtre pres	40
2.2.7.2 Dekantör	41
2.2.7.3 Belt filtre	42
2.2.7.4 Çamur kurutma yatakları.....	42
2.3 Atıksu Arıtma Tesisi Kirletici Parametreleri	43
2.3.1 KOİ.....	43
2.3.2 AKM.....	43
2.3.3 Renk	43
2.3.4 BOİ.....	43
2.3.5 pH.....	44
2.3.6 Toplam azot.....	44
2.3.7 Toplam fosfor.....	45
2.4 Literatür Araştırması	45
3. MATERYAL VE METOD	48
3.1 Materyal	48
3.1.1 Nevşehir organize sanayi bölgesi durumu ve altyapısı	48
3.1.1.1 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi durumu ve tasarımı	57
3.1.1.2 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi prosesleri.....	63
3.1.2 Acıgöl organize sanayi bölgesi durumu ve altyapısı.....	73
3.1.2.1 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi durumu ve tasarımı	83
3.1.2.2 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi prosesleri.....	88
3.2 Metod	97
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	99
4.1 Nevşehir OSB Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi.....	99
4.1.1 Atıksu karakteristiği ve debisi.....	99
4.1.1.1 Sektörel atıksu oluşum debisi	100
4.1.1.2 Sektörel atıksu karakteristiği.....	101
4.1.2 İlk yatırım maliyeti.....	103
4.1.2.1 Mekanik ekipman yatırım maliyeti	103
4.1.2.2 İnşaat yatırım maliyeti.....	106
4.1.2.3 Elektrik ve otomasyon yatırım maliyeti.....	107
4.1.3 Tasarım işletme maliyeti	107
4.1.3.1 Kimyasal madde sarfiyatı maliyeti.....	108
4.1.3.2 Çamur bertaraf maliyeti	109
4.1.3.3 Elektrik tüketim maliyeti.....	109
4.1.3.4 Personel (işgücü) işletme maliyeti	112
4.1.3.5 Bakım ve onarım işletme maliyeti	112
4.2 Acıgöl OSB Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi	113
4.2.1 Atıksu karakteristiği ve debisi.....	113
4.2.1.1 Sektörel atıksu oluşum debisi	113
4.2.1.2 Sektörel atıksu karakteristiği.....	114
4.2.2 İlk yatırım maliyeti.....	116
4.2.2.1 Mekanik ekipman yatırım maliyeti	116
4.2.2.2 İnşaat yatırım maliyeti.....	118
4.2.2.3 Elektrik ve otomasyon yatırım maliyeti.....	119
4.2.3 Tasarım işletme maliyeti	120
4.2.3.1 Kimyasal sarfiyat maliyeti	121
4.2.3.2 Çamur bertaraf maliyeti	121
4.2.3.3 Elektrik tüketim maliyeti.....	122
4.2.3.4 Personel (işgücü) işletme maliyeti	123

4.2.3.5 Bakım ve onarım işletme maliyeti	123
4.3 Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin İşletme Maliyet Sorunları	124
4.4 Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin İşletme Maliyetleri Analizi	124
4.4.1 Nevşehir organize sanayi bölgesi AAT işletme maliyeti analizi	124
4.4.2 Acıgöl organize sanayi bölgesi AAT işletme maliyet analizi	128
4.5 OSB'lerin AAT'lerinin Örneklemelerinin Veri Analizi	132
4.6 Kirletici Değişkenliğine Bağlı OSB'lerin AAT'lerinin İşletme Maliyetlerinin Çıkarılması	133
4.7 Debi Değişkenliğine Bağlı OSB'lerin AAT'lerinin İşletme Maliyetlerinin Çıkarılması	134
4.8 OSB'lerin AAT'lerinin Kirletici Değişkenliğine Bağlı İşletme Maliyet Karşılaştırmaları	136
4.8.1 Kirletici değişkenliği karşılaştırılması	136
4.8.2 Debi değişkenliği karşılaştırılması	137
4.8.3 Elektrik sarfiyatı karşılaştırılması	137
4.8.4 Kimyasal sarfiyat karşılaştırılması	138
4.9 OSB'lerin İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırmaları	139
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	140
KAYNAKLAR	144
EKLER	147
EK-A Nevşehir OSB Yüksek Lisans Tez Araştırma İzin Belgesi	147
EK-B Acıgöl OSB Yüksek Lisans Tez Araştırma İzin Belgesi	148
ÖZGEÇMİŞ	149

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NEVŞEHİR İLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDEKİ ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN MALİYET ANALİZİ

Hilmi Tunahan GÜNEŞ

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan GÖK

ÖZET

Bu çalışmada, Nevşehir ve Acıgöl Organize Sanayi Bölgelerinde yer alan atıksu arıtma tesislerinin maliyet analizleri değerlendirilmiştir. Kimyasal madde sarfıyatı, elektrik tüketimi, çamur bertarafı, personel ihtiyacı ve bakım/onarım gibi değişkenler arıtma tesislerin işletme maliyetlerini oluşturmaktadır. Ayrıca kirlilik parametreleri ve debi değişimleri bu işletme maliyetlerini etkileyen önemli faktörlerdir. Maliyet analizi her iki organize sanayi bölgesindeki atıksu arıtma tesislerinin günlük, yıllık ve birim atıksu başına düşen maliyetler olarak hesaplanmıştır. Her iki organize sanayi bölgesindeki atıksu arıtma tesisleri için KOİ, BOİ₅, AKM, TN ve TP kirlletici parametrelerinde konsantrasyon değişikliklerinin tasarım ve gerçek maliyetleri üzerine etkileri incelenmiştir. Acıgöl OSB birim tasarım ve gerçek kirlletici maliyeti sırası ile KOİ, BOİ₅, AKM, TN ve TP parametreleri için 0,28, 0,93, 1,11, 6,95 ve 55,60 \$ hesaplanmış olup gerçek işletmede birim maliyet 0,46, 1,54, 1,85, 11,56 ve 92,47 \$ olarak tespit edilmiştir. Nevşehir OSB için atıksu arıtma tesisi birim tasarım ve gerçek kirlletici maliyeti sırası ile KOİ, BOİ₅, AKM, TN ve TP parametreleri için 0,06, 0,19, 0,28, 2,32, 17,42 \$ ve 0,03, 0,25, 0,19, 1,70, 94,35 \$ şeklindedir. Acıgöl OSB atıksu arıtma tesisinde; 1500 m³/gün debi tasarımındaki işletme maliyeti 0,56 \$/m³.gün'den gerçek işletme maliyet 0,92 \$/m³.gün hesaplanmış. Toplam işletme maliyetinde %64,29 artış gerçekleşmiştir. Nevşehir OSB'de ise 500 m³/gün debide tasarım işletme maliyeti 0,42 \$/m³.gün'den gerçek işletme maliyeti 0,58 \$/m³.gün ve %38,10'luk ilave maliyet bulunmuştur. Bu neticeler sonucunda atıksu arıtma tesisi tasarımı yapılırken debi, kirlletici konsantrasyonları değişimi ile kimyasal ve elektrik sarfıyatı ve çamur bertarafının maliyetlerinde artışları göz önüne alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu, Arıtma, Maliyet Analizi, Organize Sanayi Bölgesi.

Şubat, 2021; 149 sayfa

M.Sc. THESIS

COST ANALYSIS OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN ORGANIZED INDUSTRIAL ZONES OF NEVŞEHİR PROVINCE

Hilmi Tunahan GÜNEŞ

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineer**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Oğuzhan GÖK

ABSTRACT

In this study, cost analysis of wastewater treatment plants located in Nevşehir and Acıgöl Organized Industrial Zones (OIZ) were evaluated. Chemicals, electricity consumption, sludge disposal, personnel requirement and maintenance/repairs constitute the operating cost of the facilities. In addition, pollution parameters and flow rate changes are important factors that affect these operating costs. Cost analysis has calculated the daily, annual and per unit wastewater costs of wastewater treatment plants in both OIZ. Comparisons were made on the flow rate, electricity and chemical consumption operating costs of the pollutant variables. The actual operating costs of treatment facilities include costs such as chemicals and electricity consumption, sludge disposal, personnel requirement and maintenance/repair. In addition, pollution parameters and flow rate changes are important factors that affect these operating costs. Cost analysis has calculated the daily, annual and per unit wastewater costs of wastewater treatment plants in both Acıgöl and Nevşehir OIZ. Effects of concentration changes of COD, BOD₅, AKM, TN and TP pollutants on actual and design operation cost were investigated in wastewater treatment plants in both OIZ. The unit pollutant costs of design and actual for COD, BOD₅, AKM, TN and TP were determined 0.28, 0.93, 1.11, 6.95, 55.60 \$ and 0.46, 1.54, 1.85, 11.56, 92.47 \$, respectively in Acıgöl OIZ. In the other OIZ treatment plant in Nevşehir, the unit pollutant costs of design and actual for COD, BOD₅, AKM, TN and TP were calculated 0.06, 0.19, 0.28, 2.32, 17.42 \$ and 0.03, 0.25, 0.19, 1.70, 94.35 \$, respectively. The design and actual operating cost were calculated 0.56 \$/m³.day and 0.92 \$/m³.day respectively at flow rate of 1500 m³/day in Acıgöl OIZ and the total operating cost was calculated, increases 64.29% in Acıgöl wastewater treatment plant. The design and actual operation cost were calculated as 0.42 \$ and 0.58 \$, respectively, at flow rate of 500 m³/day in Nevşehir OIZ and an additional cost of 38.10% was found. The changes in flow rate, pollution concentrations and increases in chemicals and electricity consumption and sludge disposal costs should be taken into account while designing wastewater treatment plant.

Keywords: Wastewater, Treatment, Cost Analysis, Organized Industry Zone.

February, 2021; 149 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye’de yıllara bağlı OSB sayıları.....	7
Şekil 2.2. Biyolojik arıtma prosesleri.	20
Şekil 2.3. Biyolojik arıtma prosesleri örnek dizaynı; a) Klasik aktif çamur, b) Piston akımlı aktif çamur, c) Kademeli beslemeli aktif çamur, d) Temas stabilizasyonlu aktif çamur, e) Uzun havalandırmalı aktif çamur, f) Oksidasyon hendeği.	20
Şekil 2.4. Ardışık kesikli reaktör sistemi örnek çalışma düzeni.	21
Şekil 2.5. Uzun havalandırmalı aktif çamur ünitesi dizaynı.	22
Şekil 2.6. Beş basamaklı bardenpho ünitesi akım şeması.....	23
Şekil 2.7. Anaerobik reaktör fazlarında ürün oluşumu (yüzde ifadeleri farklı işletmelerde dönüşüm sağlanan ürünleri ifade etmektedir.).....	24
Şekil 2.8. Anaerobik reaktör tip örnekleri.	25
Şekil 2.9. Biyodisk genel akım şeması.	26
Şekil 2.10. Tipik kum filtresi tasarımı.	30
Şekil 2.11. Tipik basınçlı kum filtresi tasarımı.....	30
Şekil 2.12. Tipik adsorpsiyon ünitesi şematik tasarımı.	31
Şekil 2.13. Membran sistemlerinde fazların geçiş spesifikasyonu.	33
Şekil 2.14. Konvansiyonel aktif çamur prosesi ve MBR teknolojisinin karşılaştırılması; a) Konvansiyonel, b) MBR.....	34
Şekil 2.15. Hücre ölüm eğrisinin dalga boyu üzerinde gösterimi.	37
Şekil 2.16. UV-C ışınlarının DNA üzerinde etkisi.	38
Şekil 2.17. Tekli (sol) ve çoklu (sağ) UV ünite tasarımı.	39
Şekil 3.1. Nevşehir ilinin ülke, bölge, il ve ilçeleri.....	49
Şekil 3.2. Nevşehir ilinin önemli yerel uzaklığını gösteren harita.....	50
Şekil 3.3. Nevşehir OSB uydu görüntüsü.	50
Şekil 3.4. 1/5000 ölçekli 2019 yılı nazım imar planı.....	51
Şekil 3.5. Nevşehir OSB’nin doluluk oranı.	53
Şekil 3.6. Nevşehir OSB sektörel bazda su tüketimi ve atıksu oranları.	56
Şekil 3.7. Nevşehir OSB ile atıksu arıtma tesisi uydu görüntüsü.	57
Şekil 3.8. Arıtma tesisi ve Nevşehir OSB yerleşim arası gösterimi.	58
Şekil 3.9. Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi kullanım alanını gösterir planı.....	59
Şekil 3.10. Nevşehir OSB ile taşlı deresi yerleri gösterimi.	63
Şekil 3.11. Nevşehir OSB AAT akım şeması.	65
Şekil 3.12. Acıgöl İlçesi ile Nevşehir İl Merkezi arası gösterir uydu görüntüsü.....	74
Şekil 3.13. Acıgöl OSB ile Acıgöl ilçesi arası gösterir uydu görüntüsü.	75
Şekil 3.14. Acıgöl OSB’nin sektörel doluluk oranı ile toplam ve 1.etap alan oranları.	77
Şekil 3.15. Acıgöl OSB 1/1000 ölçekli 2019 yılı nazım imar planı.	78
Şekil 3.16. Acıgöl OSB sektörel bazlı atıksu oluşum oranları.	82
Şekil 3.17. Acıgöl OSB endüstriyel ve evsel nitelikli atıksu oluşum oranları.....	82
Şekil 3.18. Acıgöl OSB 1/1000 imar planı üzerinde atıksu arıtma tesisi yeri gösterimi.....	83
Şekil 3.19. Acıgöl OSB atıksu arıtma tesisi kullanım alanını gösterir harita.	84
Şekil 3.20. Acıgöl OSB ile Kırgı deresi boyunca Bölükören Sulama Barajı arası yerlerin gösterimi.....	88
Şekil 3.21. Acıgöl OSB AAT atıksu ve çamur arıtım akım şemaları.	90
Şekil 4.1. Nevşehir OSB AAT 2018 ve 2020 yıllarında sektörel ve toplam atıksu oluşum debileri.....	100

Şekil 4.2. Nevşehir OSB AAT 2020 yılı sektörel bazlı atıksu debi dağılımı.	101
Şekil 4.3. Acıgöl OSB AAT 2018 ve 2020 yılı sektörel atıksu oluşum debileri.	114
Şekil 4.4. Acıgöl OSB AAT 2020 yılı sektörel bazlı kirletici yükleri yüzdeleri.	115



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Atıksu arıtma tesisinde yaygın kullanılan prosesler.	15
Çizelge 2.2. Biyolojik arıtma üniteleri boyutlandırma kriterleri.	19
Çizelge 2.3. Dezenfeksiyon proseslerin kirletici etkisi.	34
Çizelge 2.4. Dekantörlerin susuzlaştırma verimleri.	41
Çizelge 3.1. Nevşehir OSB alan dağılımı.	52
Çizelge 3.2. Nevşehir OSB sektörel oranları.	52
Çizelge 3.3. Nevşehir OSB sektörel istihdam oranları.	53
Çizelge 3.4. Nevşehir OSB'nin içme ve kullanma suyu su kuyuları kapasiteleri.	54
Çizelge 3.5. Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım debi değerleri. .	60
Çizelge 3.6. Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi kirletici parametreleri kabul ve deşarj değerleri.	61
Çizelge 3.7. Nevşehir OSB kanalizasyon atıksuların analiz değerleri.	62
Çizelge 3.8. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi giderim verimi.	64
Çizelge 3.9. Acıgöl OSB alan dağılımı.	76
Çizelge 3.10. Acıgöl OSB alanı sektörel oranları.	76
Çizelge 3.11. Acıgöl OSB sektörel istihdam oranları.	77
Çizelge 3.12. Acıgöl OSB'nin içme ve kullanma suyu su kuyuları kapasiteleri.	80
Çizelge 3.13. Acıgöl OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım debi değerleri	85
Çizelge 3.14. Acıgöl OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi kirletici parametreleri kabul ve deşarj değerleri.	86
Çizelge 3.15. Acıgöl OSB kanalizasyon atıksuların analiz değerleri.	87
Çizelge 3.16. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi giderim verimi.	89
Çizelge 4.1. Nevşehir OSB AAT kirletici kabul kriterleri.	100
Çizelge 4.2. Nevşehir OSB endüstriyel nitelikli atıksu kirletici parametreleri ve konsantrasyonları.	102
Çizelge 4.3. Nevşehir OSB evsel nitelikli atıksu kirletici parametreleri ve konsantrasyonları.	102
Çizelge 4.4. Nevşehir OSB AAT mekanik ekipman malzeme ekipman listesi.	104
Çizelge 4.5. Nevşehir OSB AAT inşaat yatırım maliyet kalem listesi.	106
Çizelge 4.6. Nevşehir OSB AAT elektrik ve otomasyon yatırım listesi.	107
Çizelge 4.7. Nevşehir OSB AAT tasarım toplam işletme maliyeti listesi.	108
Çizelge 4.8. Nevşehir OSB AAT kimyasal sarfiyat tasarım maliyet listesi.	108
Çizelge 4.9. Nevşehir OSB AAT çamur bertaraf maliyet listesi.	109
Çizelge 4.10. Nevşehir OSB AAT elektrik tüketim maliyet listesi.	110
Çizelge 4.11. Nevşehir OSB AAT personel maliyet listesi	112
Çizelge 4.12. Nevşehir OSB AAT bakım/onarım maliyet listesi.	112
Çizelge 4.13. Acıgöl OSB AAT kirletici parametreleri kabul kriterleri.	113
Çizelge 4.14. Acıgöl OSB endüstriyel nitelikli atıksu kirletici konsantrasyonları. .	115
Çizelge 4.15. Acıgöl OSB evsel nitelikli atıksu kirletici konsantrasyonları.	116
Çizelge 4.16. Acıgöl OSB AAT mekanik ekipman yatırım maliyet listesi.	117
Çizelge 4.17. Acıgöl OSB AAT inşaat yatırım maliyet kalemleri.	119
Çizelge 4.18. Acıgöl OSB AAT elektrik ve otomasyon yatırım maliyet listesi.	119
Çizelge 4.19. Acıgöl OSB AAT toplam işletme maliyeti listesi.	120
Çizelge 4.20. Kimyasal sarfiyat maliyet kalemleri.	121
Çizelge 4.21. Acıgöl OSB AAT çamur bertaraf maliyet listesi.	121
Çizelge 4.22. Acıgöl OSB AAT elektrik tüketim maliyet kalemleri.	122
Çizelge 4.23. Acıgöl OSB AAT personel maliyet kalemleri.	123
Çizelge 4.24. Acıgöl OSB AAT personel maliyet kalemleri.	123

Çizelge 4.25. Nevşehir OSB AAT tasarım ve gerçek işletme maliyeti karşılaştırma listesi.	125
Çizelge 4.26. Nevşehir OSB AAT kimyasal sarfiyat tasarım ve gerçek maliyet karşılaştırma listesi.	126
Çizelge 4.27. Nevşehir OSB AAT çamur bertarafı tasarım ve gerçek maliyet karşılaştırması.	127
Çizelge 4.28. Nevşehir OSB AAT elektrik sarfiyatı tasarım ve gerçek işletme maliyeti karşılaştırması.	128
Çizelge 4.29. Acıgöl OSB AAT tasarım ve gerçek işletme maliyet karşılaştırma listesi.	129
Çizelge 4.30. Acıgöl OSB AAT kimyasal sarfiyat maliyet kalemleri.	130
Çizelge 4.31. Acıgöl OSB AAT çamur bertarafı tasarım ve gerçek işletme maliyet karşılaştırma listesi.	131
Çizelge 4.32. Acıgöl OSB AAT elektrik sarfiyatı işletme maliyeti.	131
Çizelge 4.33. Nevşehir OSB AAT giriş ve çıkış atıksu numuneleri analiz değerleri.	132
Çizelge 4.34. Acıgöl OSB AAT giriş ve çıkış atıksu numuneleri analiz değerleri.	132
Çizelge 4.35. Acıgöl OSB AAT kirletici değişkenliğine bağlı maliyet tablosu.	133
Çizelge 4.36. Nevşehir OSB AAT kirletici değişkenliğine bağlı maliyet tablosu... ..	134
Çizelge 4.37. Nevşehir ve Acıgöl OSB debi değişkenliğine bağlı işletme maliyet tablosu.	135
Çizelge 4.38. OSB'lerin kirletici değişkenliği karşılaştırma tablosu.	136
Çizelge 4.39. OSB'lerin debi değişkenliği karşılaştırma tablosu.	137
Çizelge 4.40. OSB'lerin elektrik sarfiyat değişkenliği ve maliyet karşılaştırma tablosu.	138
Çizelge 4.41. OSB'lerin kimyasal sarfiyat değişkenliği ve maliyet karşılaştırma tablosu.	138
Çizelge 4.42 OSB'lerin işletme maliyet karşılaştırma tablosu.	139

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AG	Alçak Gerilim
AKM	Askıda Katı Madde
AKR	Ardışık Kesikli Reaktör
Al₂SO₄	Alüminyumsülfat (alüm)
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CaOH₂	Kalsiyumhidroksit (kireç)
CH₄N₂O₄	Formilhidrazin (üre)
ÇED	Çevre Etki Değerlendirme
DAF	Çözünmüş Hava Flotasyonu
DSİ	Devlet Su İşleri
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı
FeCl₃	Demirüçklorür
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
(NH₄)₂HPO₄	Diamonyumfosfat (DAP)
OG	Orta Gerilim
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
OSBÜK	Organize Sanayi Bölgesi Üst Kuruluşu
SBR	Sıralı Biyoreaktör
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TCMB	Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
THM	Trihalometan
TOKİ	Toplu Konut ve Kamu Ortaklığı İdaresi Başkanlığı
UV	Ultraviyole

1. GİRİŞ

1.1 Genel

Dünya nüfusunun artması ve endüstrileşme ile birlikte çevre kirliliği ve çevre sorunları günümüze kadar artmıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler hızla ilerleyen sanayileşme giderek yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalan doğal kaynaklar ve üzerine katlanarak artan nüfus 21. yüzyılda çevre problemlerini bize getirmektedir. Çevre sorunları artık sadece ülkelerin sorunu değil yaşadığımız gezegenin sorunu olmaya başlamıştır. Çevre sorunları da çevre felaketlerini peşinde getirmiştir.

Çevre felaketi doğadaki unsurların insan etkisiyle dolaylı veya dolaysız olarak oluşan zararlar olarak tanımlayabiliriz. Sanayileşme bu felaketlerin çıkış noktası olmasında oldukça önemlidir. Sanayileşme insanlık için ne kadar önemliyse çevre sorunları da sanayileşme kadar önem arz etmektedir. Sanayileşmeyi artırırken çevre kirliliğini görmezden gelmek doğru değildir. Zamanla artan çevre sorunları sınır tanımazlığı ile günümüzde çözülmesi gereken en önemli sorun olmuştur. Çevre sorunu çözümü için uluslararası iş birliği, karşılıklı anlaşmalar ve uluslararası planda şeffaf çevre politikalarının oluşmasına bizleri itmiştir.

Çevre ile ilgili sorunlar özellikle çevre kirliliğinin artması günümüzde önem kazanmış gibi görünse de aslında kökü çok eskilere dayanır. Kirliliğin yaydığı zararlar ormanların yok edilmesi verimli toprak katmanının süpürülmesi kimyasal madde katkılı yiyeceklerin varlığı gibi sorunlar insanlar var olduğu sürece her dönemde olmuştur. Günümüzde çevre problemleri ile ilgili birçok kavram vardır. Çevre problemleri çok çeşitli olsa da en önemli ve incelemelerde sıkça üzerine durulanları hava kirliliği, su kirliliği, kimyasal atıklar, küresel ısınma ve ozon tabakasının incelmesidir.

Petrol sektöründe meydana gelen dünya üzerinde çevre felaketi, 2010 yılının haziran ayı içerisinde İngiliz BP şirketinin Meksika Körfezi'ndeki petrol platformu Deepwater Horizon'un patlaması sonucunda son yılların en büyük çevre felaketlerinden biri yaşanmaya başlanmıştır. Her gün yüzlerce varil petrolün okyanusa sızması sonucu İsrail büyüklüğünde bir alan petrol sızıntısı altında kalmıştır. Sızıntının durdurulamaması ve gereken önlemlerinin alınamaması felaketin boyutunu her geçen

gün artırmaktadır. Patlamanın ardından, bölgedeki doğal hayatın uzun yıllar boyunca eskiye dönemeyeceği belirtilmiştir (Yalçın-Erik, 2015). Dünya genelinde bu şekilde büyük çevre felaketlerin önüne geçilmesi önem kazanmıştır.

Çevre kirliliğini önlemek için ekolojik farkındalığın yaratılması ve duyarlılığın artırılması, hayatımızda geri dönüştürülebilir atıkların bu döngüye katkısının sağlanması, ev ve fabrika bacalarından çıkan gazların hava kirliliğine yol açmasını önlemek için filtre kullanmak, yeşil alanların önemine daha fazla destek vermek ve tahribatının önüne geçmek, ozon tabakasına zararı olması muhtemel ürünlerin kullanımının önüne geçilmesi veya azaltılması, otomobil egzozlarının sebep olduğu etkiyi azaltmak için toplu taşıma araçlarının kullanmaya özen gösterilmeli, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaşam biçimi haline getirilmesi, tehlikeli ve tıbbi atıkları imha şartlarına uygun sistemler kullanılması, sanayi bölgelerinden kaynaklı kirliliğin önüne geçilmesi için atıksu arıtma tesislerinin kurulması gibi farkındalık yaratacak eylemler ile çevre kirliliğini önlemek ve azaltılması mümkün olacaktır.

Çevre kirliliğini tamamen durdurmamız mümkün değildir. Çevre kirliliğine sebep olan etkenleri azaltarak çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltabiliriz. Organize sanayi bölgeleri çevre kirliliği oluşumunun en fazla olduğu bölgelerden biridir. Bu oluşumları şehir dışına taşımak düzenli çevre kontrollerini yapmak ve tükenen kaynakların bilinçsizde kullanımı azaltmak bize çevre kirliliğini kontrol altına almak konusunda yardımcı olacaktır. Bunların yanında çevre kirliliğini en aza indirmek için bazı önlemlerde alabiliriz.

Gelişen ve değişen sanayileşmenin ardından çevreye verilen zarar gün geçtikçe artmıştır. Yeni teknolojilerin gelmesi ve geliştirilmesi sonucu çevre felaketleri; hava kirliliği, toprak kirliliği, deniz kirliliği ve su kirliliği gibi felaketler OSB'lerin gelişmesi ile birlikte doğru orantıda artmakta olduğu görüldü. Organize sanayi bölgelerinin 19. yüzyılında ortaya çıkması ile sanayileşmenin ilk adımı atılmıştır. Günümüzde organize sanayi bölgeleri düzenli ve kontrollü şekilde faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının yer aldığı sanayi bölgeleridir. OSB'ler yıllara bağlı teknolojinin gelişmesi ve yenilikçi fikirler, düşünceler ile birlikte Sanayi ihtiyacının artması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Organize sanayi bölgelerinden çıkan atıkların çevreye verdiği zarar indirgenmesi için atıksu arıtma tesisleri, geri dönüşüm tesisleri ve hava kirliliğini önlemek için kurulacak sistemler ile sağlanmaktadır.

Organize sanayi bölgeleri içerisinde yer alan sanayi kuruluşların faaliyetlerine göre Atıksuların karakterizasyonları ve arıtım yöntemleri çeşitlenmektedir. Örnek olarak sanayi içerisinde faaliyet gösteren tekstil sektörü ile metal sektörünün oluşturduğu atıksuların arıtımı farklı yöntemler ile arıtılması gerekmektedir.

Tekstil sektörünün oluşturduğu atıksular genellikle boyar madde içeriği fazla olması ile kimyasal ve ileri arıtma yöntemleri ile arıtılması daha yaygın olmaktadır. Metal sektörünün oluşturduğu atıksular genellikle evsel ve endüstriyel nitelikli olup biyolojik arıtma yöntemi ile arıtımı yaygın olmaktadır.

Organize sanayi bölgesi içerisinde faaliyet gösteren firma sektörlerine bağlı olarak atıksu arıtma tesisi kurmalarında yöntem seçimi yol göstermektedir. Kurulacak yöntemlerin organize sanayi bölgelerinde optimum maliyet ve minimum işletme maliyeti gösteren sistemlerin seçilmesi gerekmektedir.

Atıksu arıtma tesislerinin yöntemlerine bağlı olarak işletme ve kurulum maliyetleri kurulacak olan sistem teknolojilerine bağlı değişkenlik göstermektedir. Evsel ve endüstriyel nitelikli atıksular ile endüstriyel içeriği aşırı yüksek olan atıksuların arıtım maliyetleri arıtma yöntemlerine bağlı olarak endüstriyel içeriği fazla olan atıksuların içinde yer alan kirletici parametrelerinin biyolojik parçalana bilirliği muhtemel olmamasından kaynaklı kimyasal kullanım ile arıtım yapılmasıdır.

1.2 Tezin Amacı ve Önemi

Organize sanayi bölgeleri, sanayiden kaynaklanan çevresel problemlerin minimum düzeye indirilmesi ve ortadan kaldırılması, ekonomik açıdan farklılaşan bölgeler arası dengeli kalkınmanın sağlanmasını amaçlayan bir modeldir.

Bu çalışmada, organize sanayi bölgeleri içerisinde, düzenli ve kontrollü şekilde faaliyet gösteren, ortak altyapı faaliyetlerinden yararlanan endüstri kuruluşlarının çevresel etkilerinin en önemli kaynağı olan atıksuların arıtılması için tasarlanması en

uygun ve sistematik olan tesisin kurulmasının gerekliliği ve maliyet analizinin yapılmasını amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda; Nevşehir ve Acıgöl OSB bđlgeleri içerisinde yer alan endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin tasarım kriterleri doğrultusunda hazırlanan ve inşası tamamlanıp teslim alınması ve işletmeleri sırasında ortaya çıkan problemler, kimyasal madde ve enerji harcamaları ve çamur bertarafında ki maliyet artışlarının sebepleri ve çözüm önerileri konuları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın önemleri olarak dolaylı etkilenenler arasında, organize sanayi bđlgelerinden kaynaklanan çevresel etkilerinden doğacak evre kirliliği ile gelecek nesillere daha yaşanılabilir evre politikasını işlemek, evre felaketlerinden etkilenen, Dünya’da yaşamını sürdüren canlı ve bitki formlarının organize sanayi bđlgelerinden etkilenmesinin önüne geçerek, yaşantının eşik değerlerinin kabul formuna indirgenerek daha yaşanabilir ve sürdürülebilir Dünya yaşam formu oluşturmak olacaktır.

Hedef kitlesi bakımından Nevşehir ve Acıgöl OSB’lerin katılımcılarına atıksu arıtma tesislerinden meydana gelen maddi külfetin nedenlerinin ortaya konması ile maliyet kalemlerinin azaltılması yönünde ki yönelmelerinin OSB’ler tarafından bu tez çalışması aydınlatıcı bir yol olarak önemli görölmesi olacaktır. Aynı zamanda yapılan araştırmalar sonucu atıksu arıtma tesislerinin maliyetlerinin optimum düzeyde uygulanabilir ve sürdürülebilir tesis formu oluşturmalarını sağlamak olacaktır.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde organize sanayi bölgeleri (OSB)'nin kavramsal ifadesi, kuruluş amaçları, organizasyonu, endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin proseslerini içeren konular ele alınmıştır. Ayrıca bu konularla ilgili literatür çalışmalarına detaylı yer verilmiştir.

2.1 Organize Sanayi Bölgeleri ve Arıtma Tesisleri Prosesleri

2.1.1 OSB'lerin ortaya çıkış ve gelişimi

Organize sanayi bölgesi uygulamasına Dünyada ilk kez, 19. Yüzyılın ilk yarısında Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) kendiliğinden ortaya çıkan bir uygulamayla rastlanılmıştır. Kendiliğinden oluşan gelişim ve tekstil imalathaneleri fiziksel yerleşmelerle bir araya toplanmıştır. ABD'de 1885 yılında hazırlanan bir raporda ise ekonominin geliştirilmesiyle bağlantılı olarak "Sanayi Bölgesi" fikri ortaya çıkmıştır. Organize sanayi bölgeleri ile ilgili ilk bilinçli uygulama ise; 1896 yılında İngiltere'nin Manchester kenti etrafında kurulan "Trafford Park" uygulamasıyla gerçekleştirilmiştir. Organize sanayi bölgesi düşüncesinin ilk ortaya atılması ile ABD'de ilk uygulamalara 1899 yılında geçilmiştir. Türkiye'de ise OSB uygulamaları ilk olarak 1962 yılında Bursa Organize Sanayi Bölgesinin kurulması ile başlamıştır.

2.1.2 OSB'lerin kavramı ve kuruluş amacı

Sanayi bölgelerinin yüksek standartlarla işletilebilecek şekilde planlanmaya başlanması sonucu organize sanayi bölgeleri kavramı doğmuştur. Büyük yatırımlar yapılarak meydana getirilen organize sanayi bölgeleri, buralarda çalışanlara iyi şartlarda çalışma imkânları sağlamanın yanında, fiziki yönden yol, su, enerji, arıtma, atıkların imhası gibi altyapı tesisleri, sosyal tesisler ve teknoparkları sanayinin faydalanmasına sunarak, sosyal ve ekonomik düzen içinde önemli fonksiyonlar üstlenmiştir. Organize sanayi bölgeleri, sanayinin uygun görülen alanlarda yapılanmasını sağlamak, çarpık sanayileşme ve çevre sorunlarını önlemek, kentleşmeyi yönlendirmek, kaynakları rasyonel kullanmak, bilgi ve bilişim teknolojilerinden yararlanmak, sanayi türlerinin belirli bir plan dâhilinde yerleştirilmeleri ve geliştirilmesi amacıyla kurulmuştur. Organize sanayi bölgeleri; karma, ihtisas, tarıma dayalı ihtisas, özel, ıslah organize sanayi bölgeleri olarak değişik açılardan sınıflandırılabilir. Küçük sanayi siteleri, endüstri bölgeleri, serbest

bölgeler, teknoloji geliştirme bölgeleri, özel ekonomi bölgeleri, teknoloji geliştirme merkezleri, kalkınma ajansları organize sanayi bölgesine benzeyen organizasyonlardır.

4562 sayılı Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu, OSB'leri *“Sanayinin uygun görülen alanlarda yapılanmasını sağlamak, çarpık sanayileşme ve çevre sorunlarını önlemek, kentleşmeyi yönlendirmek, kaynakları rasyonel kullanmak, bilgi ve bilişim teknolojilerinden yararlanmak, sanayi türlerinin belirli bir plan dahilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla; sınırları tasdik edilmiş arazi parçalarının imar planlarındaki oranlar dahilinde gerekli idari, sosyal ve teknik altyapı alanları ile küçük imalat ve tamirat, ticaret, eğitim ve sağlık alanları, teknoloji geliştirme bölgeleri ile donatılıp planlı bir şekilde ve belirli sistemler dahilinde sanayi için tahsis edilmesiyle oluşturulan ve bu kanun hükümlerine göre işletilen mal ve hizmet üretim bölgeleri”* olarak tanımlamaktadır (O.S.B.K., 2000).

OSB'lerin kuruluş amaçları;

- Sanayinin disipline edilmesi,
- Şehrin planlı gelişmesine katkıda bulunulması,
- Birbirini tamamlayıcı ve birbirinin yan ürününü teşvik eden sanayicilerin bir arada ve bir program dahilinde üretim yapmalarıyla, üretimde verimliliğin ve kar artışının sağlanması,
- Sanayinin az gelişmiş bölgelerde yaygınlaştırılması,
- Tarım alanlarının sanayide kullanılmasının disipline edilmesi,
- Sağlıklı, ucuz, güvenilir bir altyapı ve ortak sosyal tesisler kurulması,
- Müşterek arıtma tesisleri ile çevre kirliliğinin önlenmesi,
- Bölgelerin devlet gözetiminde, kendi organlarınca yönetiminin düzenli sağlanması gibi amaçlarla kurulmuştur.

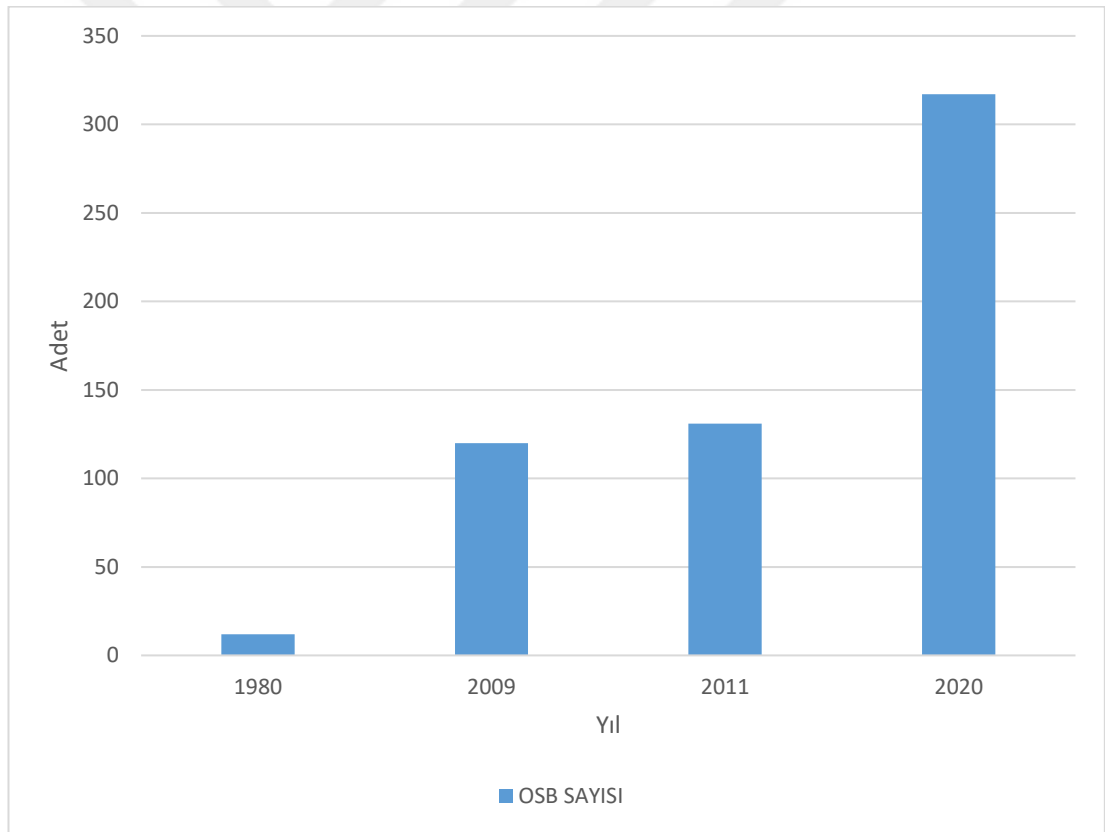
2.1.3 Türkiye’de organize sanayi bölgeleri

Günümüzde etkili bir kalkınma aracı olarak görülen organize sanayi bölgeleri 59 yıllık bir geçmişe sahiptir. Adını ilk kez birinci beş yıllık kalkınma planında duyduğumuz organize sanayi kavramı daha sonraki tüm kalkınma planlarına eklenerek işlerlik kazandırılmaya çalışılmıştır. Türkiye gibi ekonomik kaynaklarını en verimli şekilde

kullanmak durumunda kalan ülkelerde organize sanayi bölgeleri önemli ölçüde yer kaplamaktadır.

Türkiye’de kurulacak organize sanayi bölgeleri sanayinin gelişimine cevap verebilmesi gibi ulusal kalkınmaya da hizmet etmesi gerekmektedir. Organize sanayi bölgeleri endüstriyel kalkınma çabaları için önemli bir araç olarak geliştirilebilir. Organize sanayi bölgesi, bölgede kurulan sanayi ile sanayiye destekleyen yerleşme merkezlerinin gelişmesi için oldukça önemlidir.

Sanayi bölgesi, bölgede yerleşen sanayiciye verimli bir işletme kurabilmesi için gerekli idari, fiziki olanakların bir kısmını sağlamakta, ona kaliteli, rekabete uygun bir ortam vermektedir. Sanayi bölgesi kurmanın temel amacı belirtilen şekildedir. Türkiye’de belirli aralıklarla kurulan OSB sayıları Şekil 2.1’de verilmektedir.



Şekil 2.1. Türkiye’de yıllara bağlı OSB sayıları.

Türkiye’de 1962 yılında OSB’nin Bursa’da kurulum yapılması ile her geçen gün OSB’lerin sayısı artarak devam etmiştir. Türkiye’de yıllara bağlı gelişen OSB sayısı; 1980’de 12, 2009’da 120, 2011’de 131 ve 2020 yılı itibariyle, faal olan OSB sayısı 317’ye ulaşmıştır (URL-1).

2.1.4 Türkiye’de OSB’lerin yasal çerçevesi

Organize sanayi bölgelerinin kuruluş işlemlerinin yürütülmesinde yetki sahibi kurum ve kuruluşlar ülkelere göre farklılık göstermektedir. Organize sanayi bölgeleri İngiltere’de kamu kurumları tarafından kurulup işletilirken; bu görevin ABD’de özel kuruluşlar tarafından üstlenildiği görülmektedir. Fransa, İtalya, Hollanda, Belçika gibi ülkelerde ise, yerel yönetimler ve/veya sanayi ve ticaret odaları gibi girişimci kuruluşları devreye girmektedir (Özdemir, 1990).

Ülkemizde, organize sanayi bölgelerinin yönetimi ilgili Kanun, 12 Nisan 2000 tarihinde çıkarılan 4562 sayılı Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu'dur. Bu Kanun çıkarılmadan önce, aşağı yukarı kırk yıllık dönemde de organize sanayi bölgesi aşağıdaki şekilde kurulup işletilmiştir. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı organize sanayi bölgeleri üzerinde yetkili olan tek kuruluş olmuş ve organize sanayi bölgelerinin kuruluşuna izin vermek; bu bölgeleri desteklemek, denetlemek ve eşgüdüm sağlamakla görevli tutulmuştur.

Bakanlığın teşkilat ve görevleri hakkındaki 28.Kanunun ikinci maddesinin a bendinde *“... günün şartlarına ve teknolojinin gereklerine göre, ülkenin sanayi politikasının belirlenmesine, sanayinin geliştirilmesine ve yönlendirilmesine ait tedbirlerin hazırlanmasına yardımcı olmak; kalkınma planlarında ve programlarında yer alan ilkelere ve hedeflere uygun şekilde tespit, tanzim ve idare etmek; bu konularda ilgili kuruluşlar arasında gereken işbirliğini sağlayacak tedbirleri almaktan”*, b bendinde ise *“sanayi bölgelerinin ve sitelerinin kurulmasına izin vermek; bu kuruluşları desteklemek ve denetlemek; bu konuda ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapmak ve gerekli mevzuatı hazırlamak; küçük sanayi ve el sanatları ile ilgili her türlü ulaştırma, geliştirme ve koordinasyon hizmetleri yürütmek; organize sanayi bölgelerinin ve küçük sanayi sitelerinin kurulması ile ilgili bütün faaliyetlerin koordinasyonunu sağlamaktan”* sorumlu tutulduğu görülmektedir. Bu çerçevede, organize sanayi bölgeleri ile ilgili düzenlemeler için Organize Sanayi Bölgeleri ve Küçük Sanayi Siteleri İnşaatı ve İşletme Giderleri Fonu adı altında bir fon oluşturulmuştur. Fonun amacı, sanayinin gelişmesi ve dengeli bir biçimde yaygınlaştırılması amacıyla gerekli bulunan su, yol, kanalizasyon, enerji, haberleşme ve benzeri altyapı hizmetlerinin yanı sıra; sağlık, sosyal ve kültürel alandaki hizmetlerin yerine getirilmesi için girişimci kuruluşlarına yapılacak parasal yardımları

düzenlemek olarak belirtilmektedir. Organize sanayi bölgelerinin kurulması için, bankada açılan fon hesabından yapılacak ödemeler, bakanlıktaki ilgili genel müdürlüğün talebi üzerine fonlar yönetim kurulunun kararına ve yönetmelik hükümlerine uygun olarak yapılmıştır.

Günümüzdeki uygulamalar ise; 4562 sayılı Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu çerçevesinde yürütülmektedir. 15 Nisan 2000 tarihli, 24021 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan söz konusu Kanun, 27 madde ve 7 geçici maddeden oluşmaktadır. Kanunun amacı, organize sanayi bölgelerinin kuruluşu, yapımı ve işletilmesi esaslarını düzenlemek şeklinde belirtilmektedir. Kapsamı organize sanayi bölgelerinin ve üst kuruluşlarının oluşumunu, organlarını, işleyişini, yönetimini ve denetimini düzenleyen hükümler ile bunlarla ilgili kişi ve kuruluşların görev, yetki ve sorumluluklarını belirlemektir. Kanunda yapılan tanımlamaya göre, organize sanayi bölgeleri sanayinin uygun görülen alanlarda yapılanmasını sağlamak, kentleşmeyi yönlendirmek, çevre sorunlarını önlemek, bilgi ve bilişim teknolojilerinden yararlanmak, imalat sanayi türlerinin belirli bir plan dâhilinde yerleştirilmeleri ve geliştirilmeleri amacıyla; sınırları tasdikli arazi parçalarının gerekli altyapı hizmetleriyle ve ihtiyaca göre tayin edilecek sosyal tesisler ve teknoparklar ile donatılıp planlı bir şekilde ve belirli sistemler dâhilinde sanayi için tahsis edilmesiyle oluşturulan ve kanun hükümlerine göre işletilen mal ve hizmet üretim bölgelerini ifade etmektedir (Eyüpoğlu, 2005).

Organize Sanayi Bölgesi Yer Seçimi Yönetmeliği'ne göre uygun görülen yerlerde bakanlığın onayı ile kurulmaktadır. Organize sanayi bölgesinin yer seçimi bakanlığın eşgüdümünde, ilgili kurum ve kuruluşların katılımıyla oluşan yer seçimi komisyonunun yerinde yaptığı inceleme sonucunda oybirliği ile yapılmaktadır. Yer seçiminin kesinleşmesinden sonra, organize sanayi bölgesi sınırları dışında kalan alanların planlanması Çevre ve Şehircilik Bakanlığı veya ilgili belediye tarafından en geç bir yıl içinde yapılmak durumundadır.

Organize sanayi bölgesinin tüzel kişilik kazanması İl Özel İdaresi'nin; İl ve İlçelerdeki mevcudiyet durumuna göre sanayi odası, ticaret odası veya ticaret ve sanayi odasının; sanayici dernek ve kooperatiflerinin biri veya daha fazlasının temsilcilerince imzalı ve valinin olumlu görüşünü taşıyan kuruluş protokolünün bakanlık tarafından onaylanması ile gerçekleşmektedir. Organize sanayi bölgesi kamu yararı gerekçesiyle adına kamulaştırma yapılabilen veya yaptırılabilen bir özel hukuk tüzel kişiliğidir.

Organize sanayi bölgesinin organları müteşebbis heyet (işletme aşamasında genel kurul), yönetim kurulu, denetim kurulu ve bölge müdürlüğüdür.

Müteşebbis heyet organize sanayi bölgesinin oluşumuna katılan kurum ve kuruluşların yetkili organlarınca (mensupları arasından) tespit edilecek üyelere oluşur, üyeler 15 asil ve 15 yedek üyeden fazla olamaz. Müteşebbis heyetin yükümlülükleri ve görevleri beş ana başlıkta toplamak mümkündür. Bunlardan ilki kuruluş amacını gerçekleştirmek için gerekli kararları ve tedbirleri almaktır. İkincisi ise yer seçimi raporunda belirtilen hususları yerine getirmektir.

Üçüncüsü kanun, yönetmelik, kuruluş protokolü ve benzeri düzenlemelerle verilen görevleri yapmaktır. Bir diğeri ise, yönetim ve denetim kurulu çalışmalarını ve hesaplarını ibra etmektir. Organize sanayi bölgesine ait para ve diğer kaynakları kuruluş amaçlarına uygun kullanmak şeklinde sıralanmaktadır. Yönetim kurulu ise kanun, yönetmelik, kuruluş protokolü ve benzeri düzenlemeler ile müteşebbis heyetin kararları çerçevesinde organize sanayi bölgesinin sevk ve idaresiyle görevlendirilmiştir.

Organize sanayi bölgesi gelirleri yasanın 12. Maddesinde açıklanmaktadır. Gelirlerin ilk maddesini oluşturan katılım payları, organize sanayi bölgesinin oluşumuna katılan kurum ve kuruluşların kuruluş masraflarına katılma konusunda bakanlığa olan taahhütleridir ve miktarı bakanlıkça belirlenir. Bu taahhüt tüzel kişiliğin kazanılmasından itibaren organize sanayi bölgesine karşı da geçerlidir. Katılım paylarının ödeme şekli ve koşulları kuruluş protokolünde belirlenmektedir. Organize sanayi bölgelerinin yetkili organları projenin keşif tutarı ile ilgili olarak, bakanlıktan kredi talep edebilir; krediye ait tip sözleşme bakanlıkça hazırlanır. Kredi talebi ve bunun geri ödeme usul ve esasları bakanlık tarafından çıkarılan yönetmelikle belirlenmekte; kredinin amacına uygun biçimde kullanımını da yine bakanlık denetlemektedir (Eyüpoğlu, 2005).

Organize sanayi bölgelerinin gereksinme duydukları elektrik, su, kanalizasyon, doğalgaz, arıtma tesisi, yol haberleşme, spor tesisleri gibi altyapı ve genel hizmet tesislerini kurmak ve işletmek; kamusal ve özel kuruluşlardan satın alarak dağıtımını ve satışını yapmak; üretim tesisleri kurmak ve işletmek sadece organize sanayi bölgesinin yetki ve sorumluluğundadır. Organize sanayi bölgelerinde yer alan

kuruluşlar altyapı gereksinmelerini organize sanayi bölgesi tesislerinden karşılamak zorundadır.

Organize sanayi bölgesi tüzel kişiliği, bu kanunun uygulanması ile ilgili işlemlerde her türlü vergi, resim ve harçtan muaf tutulmuştur. Organize sanayi bölgesi kuruluş protokolü müteşebbis heyetlerce hazırlanmakta ve bakanlık tarafından onaylanmaktadır. Bakanlık gerekli gördüğü hallerde veya şikâyet üzerine organize sanayi bölgelerinin her türlü hesap ve işlemlerini denetlemeye ve tedbirler almaya yetkilidir.

Bakanlık kanalıyla kredi kullanan organize sanayi bölgelerinin altyapı, sosyal hizmet tesisleri ve proje ihalelerinde (ihale komisyonu teşkil edilmesi de dâhil olmak üzere) ihale ile ilgili bütün işlemler; Bakanlıkça belirlenecek usul ve esaslar dâhilinde organize sanayi bölgesi yönetimi tarafından yürütülür ve sonuçlandırılır. Söz konusu krediden faydalanmayan organize sanayi bölgelerinde, ihale işlemlerinin yürütülmesi ve sonuçlandırılması müteşebbis heyetin yetki ve sorumluluğundadır.

Organize sanayi bölgesi üretime başladığında, kanunun 25. Maddesindeki koşullar çerçevesinde, ilk genel kurul toplantısı yapılmakta ve mevcut müteşebbis heyetin, yönetim kurulunun ve denetim kurulunun görevleri sona ermektedir. Üretime geçmiş katılımcıların salt çoğunluğunun, müteşebbis heyetin devamını istemesi durumunda; müteşebbis heyet faaliyetini sürdürür.

Genel kurulun ilk toplantısında, organize sanayi bölgesinin kuruluş protokolü tüzel kişiliğin ana sözleşmesi olarak değiştirilmektedir. Genel kurulun oluşmasından sonra, organize sanayi bölgesi organları ile ilgili olarak Türk Ticaret Kanunu'nun anonim şirketlerin organları ile ilgili hükümleri kıyaslama yoluyla uygulanacağı hükmü vardır. Kanunun 26. maddesine göre, kanundaki usullere göre belirlenen yerlerde özel hukuk tüzel kişilerin ve gerçek kişilerce de organize sanayi bölgesi kurulabilmektedir.

Organize Sanayi Bölgesi Uygulama Yönetmeliği, 1 Nisan 2002/24713 Resmi Gazete'de yayımlanmış ve 8 Ocak 2003/24987 Resmi Gazete'de değişiklik yapılmıştır. Yönetmelik 211 madde ve 7 geçici maddeyi içermektedir. Yönetmeliğin 1. Maddesinde, yönetmeliğin amacı "*Organize Sanayi Bölgelerinin Kuruluş, Yapım ve İşletilmesi İlgili Usuller ve Esaslar*" olarak belirlenmiştir. Yönetmeliğin dayanağı

olarak, 3143 sayılı Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın bir maddesi ile 4562 sayılı Organize Sanayi Bölgesi Kanun'u gösterilmektedir.

Organize sanayi bölgeleri müteşebbis heyetin sorumluluğunda kurulmaktadır. Organize sanayi bölgelerinin kuruluş aşamasındaki işlemler sırasıyla şöyledir: İlgili Valiliğin teklifi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın ön inceleme yaptırması, müteşebbis heyetin oluşturulması, yatırım programına alınması için Devlet Planlama Teşkilatı'na teklif verilmesi, yer seçimi komisyonu tarafından yer seçiminin yapılmasıdır. Daha sonra, imar planının hazırlanması, arsa ofisi veya il özel idaresi tarafından kamulaştırma işlemlerinin yapılması ve kamulaştırılan arazinin müteşebbis heyete devredilmesi, altyapı ve sosyal tesislerle ilgili uygulama projelerinin ve keşif ve ihale dosyasının hazırlanması, dış krediye gereksinme duyulması halinde, müteşebbis heyet tarafından fizibilite raporu hazırlanması olarak belirtilmektedir (Eyüpoğlu, 2005).

Organize sanayi bölgelerinde yer seçimi sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar ise şöyle sıralanabilir. Altyapı maliyetinin yüksek olmadığı alanlar tercih nedenidir. Birinci, ikinci, üçüncü sınıf tarım arazileri üzerinde ve Devlet Su İşleri tarafından planlanmış veya proje aşamasına gelmiş sulama alanında organize sanayi bölgesi kurulamaz.

Organize sanayi bölgesinin sağlam zemin üzerinde kurulması gerekir; fay hatlarına yakın veya fay hattıyla bölünmüş araziler kuruluş yeri olamaz. Kuru dere veya dere yataklarıyla bölünmemiş alanlar olmalıdır. Hâkim rüzgâr yönü nedeniyle şehri olumsuz etkilememelidir. İçme suyu amaçlı barajların kısa ve orta mesafeli alanında olmamalıdır. Turizm alanlarını olumsuz etkilememelidir. Doğal sit alanlarını, arkeolojik sit alanlarını, kentsel sit alanlarını etkileyecek veya bunların içinde olan alanlar seçilemez. Ana ulaşım akslarına yakın olan kuruluş yeri tercih nedenidir.

Organize sanayi bölgesinin atıksu boşaltmasıyla kirlenme olasılığı olan su havzalarına bağlantılı dereler göz önünde bulundurulmalıdır. İhtisas Organize Sanayi Bölgesi projelerinde ÇED raporu istenmektedir. Koruma altına alınmış alanlar kuruluş yeri olarak seçilmez. Organize sanayi bölgesinin kurulacağı arazinin yeterli büyüklükte ve genişlemeye uygun olmasına dikkat edilir. Enerji ve su tesisi kurulması kolay alanlar tercih edilmelidir (Sapmaz, 1997).

2.1.5 Organize sanayi bölgeleri ve altyapı sistemi

1 Nisan 2002/24713 Resmî Gazete ‘de yayımlanmış ve 8 Ocak 2003/24987 Resmî Gazete ‘de değişiklik yapılmış olan OSB Uygulama Yönetmeliği’nin 104. Maddesinde OSB’leri altyapı hizmetleri konusuna açıklık getirilmiştir. Söz konusu maddeye göre; *“OSB’ler ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla elektrik, içme ve kullanma suyu, doğalgaz temini ve dağıtım şebekesi, kanalizasyon ve yağmur suyu şebekesi, atık su arıtma tesisi, içme ve kullanma suyu arıtma tesisi, OSB içi yollar, haberleşme şebekesi, internet servis sağlayıcılığı, spor tesisleri, genel hizmet ve sosyal tesisler ve benzer tesislerden gerekenleri kurma ve işletme, kamu ve özel kuruluşlardan satın alarak dağıtım ve satışını yapma, üretim tesisleri kurma ve işletme hakkı sadece OSB’nin yetki ve sorumluluğundadır. Ancak, atık suların ortak arıtma tesisinin kabul edebileceği standartlara düşürülmesi amacıyla münferiden ön arıtma tesisi yapılması gerekir. OSB de yer alan kuruluşlar, altyapı ihtiyaçlarını OSB’nin tesislerinden karşılamak zorundadır. OSB’nin izni olmaksızın altyapı ihtiyaçları başka bir yerden karşılanamaz ve bu amaçla münferiden tesis kurulamaz. Bu kuruluşlar kendilerine tahsis edilen altyapı kullanma hakkını başka kuruluşlara devir ve temlik edemez, başkalarının istifadesine tahsis edemez”*. OSB’nin endüstrilerin hizmetine sunulması; OSB’nin yer seçiminden başlayarak altyapısının tamamlanmasına kadar birçok etkene bağlı olarak uzun bir süreci içermektedir. Hizmete sunulan OSB’de üretime geçilebilmesi ise;

- Seçilmiş olan OSB yerinin fiziki konumuna (limanlara, kara ve demiryollarına uzaklığı vb.) göre endüstri potansiyelinin oluşabilmesi,
- Teşvik sistemindeki dinamizm,
- Global ölçekteki ekonomi politikalarındaki istikrarsızlık,
- Kaynak yetersizliğine ve iyi bir etüt-fizibilite çalışması yapılmamış olunmasından ötürü sanayicinin sektör seçimi ve üretim kapasitesini belirleyememesi,
- Sanayi parseli talebinin getirim elde etmek için yapılmış olması gibi birçok nedene bağlı olarak uzun yıllar alabilmektedir.

OSB’lerin altyapısı (yol, su, kanalizasyon, yağmursuyu, atıksu arıtma sistemi, AG-OG, doğalgaz, telekomünikasyon vb.) OSB’lerin kendi imkanları veya Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nın kredi desteği ile yapılmaktadır. Ancak, Karma OSB’lerin altyapı inşaatı ile beraber atıksu arıtma sistemi inşaatının da yaptırılması teknik olarak

mümkün olamamaktadır. Bunun nedeni ise; Karma OSB'nin kuruluşu aşamasında, sanayi tesislerinin hangi sektörde ve hangi kapasitede faaliyet göstereceği belirlenmediğinden, oluşacak atık suyun da debi ve kirlilik parametresi değerlerinin geleceğe yönelik olarak tespit edilememesidir.

Ayrıca karma veya ihtisas OSB'lerde sanayi parsellerinin tamamında faaliyete geçildiğinde bile işletmelerin; üretim artısına gitmesi, mevsimsel üretim yapmaları veya üretim konularını değiştirmeleri gibi nedenlerle OSB atıksuyun debi ve kirlilik parametreleri değerlerinde değişiklikler gözlenebilmektedir. Bu nedenle; karma ve ihtisas OSB'lerde atıksu kapasiteleri ile kirlilik parametre değerleri için evsel nitelikli atıksularda olduğu gibi birim atıksu başına sabit kirlilik parametre değerlerinin alınması mümkün olamadığından, her bir OSB için ayrı planlama yapılması gerekmektedir.

OSB'lerde atıksu arıtma sisteminin yapılması ve işletilmesine yönelik olarak yapılan işlemler;

- 2872 sayılı Çevre Kanunu,
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, (31/12/2004, Sayı :25687)
- 4562 sayılı OSB Kanununun “Altyapı tesisleri kurma, kullanma ve işletme hakkı” başlıklı 20. Maddesi,
- OSB Uygulama Yönetmeliği 4. Bölümünün 22. Maddesi ve 12. Bölümünün 104, 107, 108, 109, 110, 112 ve 117. Maddeleri esaslarına göre yürütülmektedir.

OSB'den kaynaklanmakta olan atıksuların yaratacağı çevre kirliliğinin giderilebilmesi amacıyla; OSB Yönetimince, OSB Kanunu ve OSB Uygulama Yönetmeliği çerçevesinde, bilimsel verilere dayanılarak çevre yönetim sistemi oluşturulması ve bu sistemin sürekli olarak güncelleştirilmesi gerekmektedir.

2.1.6 OSB'lerden maliyet analizinin önemi

Atıksu arıtma tesislerindeki artış ülkemiz ekonomisine paralel olarak düzenli bir artış göstermektedir. Arıtma tesislerindeki toplam maliyeti oluşturan çeşitli ekipmanların artış oranları farklı olduğu gibi alternatif arıtma proseslerindeki artışlar birbirinden farklı olmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinin inşaatı birden fazla maliyet ekipmanını

gerektirdiğinden yıllara göre maliyet indeksinin geliştirilmesi hem arıtma sistemlerindeki ilerlemenin hem de gelecekteki ihtiyaçların göz önünde bulundurulması için büyük önem arz etmektedir. Tesis planlaması yaparken tek tek ekipmanın maliyetini belirlemek ilerde oluşacak toplam maliyetin önceden belirlenmesini sağlayacaktır. Diğer taraftan başka tesisler ile mukayese yapmamıza yardımcı olur. Arıtma tesisleri tasarlanırken atıksuyun karakteristik özellikleri bulunduğu iklim altyapı gibi çok sayıda etkene bağlı olarak farklı alternatifler altında yapılmaktadır. Organize sanayi bölgelerinde arıtma tesislerinde her bir ünite bulunduğu bölgenin sanayideki firmaların özelliğine göre tasarlanmalıdır. Arıtma tesislerinin her biri farklı karakterde olması nedeniyle her bir ekipmanın maliyet analizi ayrı ayrı yapılması gerekmektedir. Örneğin süt endüstrisinin yoğun bulunduğu bir sanayideki ekipman ile boya endüstrisinin yoğun olduğu sanayideki ekipman farklı olduğundan ve bu da genel maliyeti etkilediğinden her bir parçanın ayrı ayrı maliyet analizini yapmak daha doğru olacaktır.

2.2 Atıksu Arıtma Tesisleri Prosesleri

Atıksu arıtma tesisleri kurulum aşamasında; kirletici ve debi özelliklerine, bölge ve yer seçimine dayalı sürdürülebilir ve uygulanabilir arıtma prosesleri seçilmesi gerekmektedir. Türkiye’de yer alan atıksu arıtma tesislerinin en büyük sorunlarından biri uygulanabilirliğinin ve sürdürülebilirliğinin etkisi altında olmasından kaynaklı atıl durumda kalmaktadır. Yapılan projelerin uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği açısından arıtma tesislerinin proses seçimi yapılan araştırmalar sonucunda önem arz ettiği görülmüştür. Atıksu arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılan prosesler aşağıdaki Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Atıksu arıtma tesisinde yaygın kullanılan prosesler.

Fiziksel Arıtma	Kimyasal Arıtma	Biyolojik Arıtma	İleri Arıtma
Izgara	Koagülasyon	Ardışık Kesikli Reaktör	Azot/Fosfor Giderimi
Elek	Nötralizasyon	Anaerobik Reaktör	Adsorbsiyon
Kum ve Yağ Tutucular	Flokülasyon	Uzun Havalandırılmalı Aktif Çamur	İyon Değişirme
Çökeltme Havuzu	Çözülmüş Hava Flotasyonu	5 Kademeli Bardenpho	Membran Biyoreaktör
Dengeleme		Döner Biyodisk	Filtreler

Atıksu arıtma tesisleri proses seçimi, su karakterizasyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. OSB’lerde yaygın kullanılan arıtma prosesler ele alınarak detaylı açıklamaları yapılmıştır.

2.2.1 Fiziksel arıtma prosesleri

Atıksu arıtma tesislerinin ilk prosesleridir. Tesis girişlerinde yer almaktadır. Atıksu içerisinden fiziksel olarak; yerçekimi esaslı veya mekanik ekipman ile su içerisinden gözle görülecek kaba ve ince partiküllerin, yağ ve gresin uzaklaştırılmasını sağlayan ünitelerdir.

2.2.1.1 Kaba ızgara

Izgaralar atık suyun farklı boyutlardaki katı maddeler için uygulanan arıtma kısmıdır. Kaba ızgaralar tesise gelen atıksuyu karşılayan ilk ekipmanlardır. Arıtma tesisinin diğer ünitelerinde tıkanıklara yol açabilecek büyüklükteki maddelerin atıksudan ayrılmasını sağlar. Çubuklar arası açıklık 4 cm üzerindedir ve yatayla 30 ile 60 derece yapacak şekilde konumlandırılır (Kamiloğlu, 2016).

2.2.1.2 İnce ızgara

İnce ızgaraların ön arıtma işlevi vardır. Çubuk aralığı genellikle 6-20 mm arasındadır. Izgaralarda tutulan katı madde konteynerlerde depolanır ve bu depolanan maddeler uygun alanlara aktarılır. Izgaralarda tıkanmalardan oluşacak aksaklıkları önlemek için belirli aralıklarla temizlenmesi ve bakım yapılması gerekmektedir (Kamiloğlu, 2016).

2.2.1.3 Kum ve yağ tutucu

Genellikle ön çökeltme işleminden önce ve ızgaralarından sonra kullanılan kum ve yağ tutucu ünitelerinde atıksu içindeki 0,2 mm’den büyük kum taneciklerinin sudan ayrılarak alınması işlemi gerçekleştirilir.

Kum tutucu havuz kenarına yerleştirilen havalandırıcılar sayesinde suya 0,3-0,4 m/sn hız kazandırarak suyun spiral dönmesini sağlar. Böylelikle atık su içindeki ağır partiküllerin havuzun dibine çökmesi önlenerek boruların tıkanmasının pompaların zarar görmesinin önüne geçilerek tesisin verimli çalışması sağlanır (Kanat, 2017).

2.2.1.4 Dengeleme havuzu

Bir arıtma tesisine gelen su miktarında ve kalitesinde düzenli bir seyir yoksa zamana göre değişiyor ise bu değişimi engellemek için dengeleme ünitesi eklenir. Atıksuyun miktarı ve değişimine göre dengeleme ünitesinin boyutu ve tipi belirlenir.

Biyolojik arıtmadan önce ve ön arıtım ünitelerinden sonra konumlandırılacak dengeleme tankı köpük sorunlarını ve çamur sorunlarının çözmede yardımcı olacaktır. Dengeleme tankında katı madde çökmesinin engellemek yeterli karışım sağlanmalı ve koku problemlerine karşı yeteri derecede havalandırmanın sağlanması gerekmektedir.

2.2.1.5 Ön çöktürme havuzu

Ön çöktürme havuzları, atıksu ve çamur niteliğine bağlı olmak üzere iki bileşene ayrılmaktadır. Bu sayede ayrıştırılan katılar ayrı olarak arıtılır. Ön çökeltme havuzlarının katıları çökelterek sıvıları ayırma katıları yoğunlaştırma ve yağ köpük gibi yüzen maddeleri sıyrıcılarla ayırma gibi işlevi vardır. Ön çökeltim havuzları dairesel ya da dikdörtgen biçiminde olurlar (Kamiloğlu, 2016).

2.2.1.6 Son çöktürme havuzu

Son çökeltme havuzu aktif çamurun iyice çökelebilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Tasarımında veya işletilmesinde oluşabilecek sıkıntılar çıkış suyunun kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Sistemden kaçan AKM tesis çıkışında arıtılmış sudaki BOİ değerinin yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Çıkış suyundaki BOİ değerinin düşürülmesi için son çökeltim havuzundaki katı maddenin dibe çökmesi ve savakların kaçmaması için projelendirmenin bu doğrultuda yapılması gerekmektedir (Kanat, 2017).

2.2.2 Kimyasal arıtma prosesleri

Bu ünitelerin amacı atıksu içerisinde kirlilik oluşturan parametrelerin fiziksel ve biyolojik arıtılabilirliği mümkün olmayan atıksulara kimyasal dozajı yapılması sonucu atıksu içerisindeki kirleticiler sudan uzaklaştırılmaktadır. Genellikle endüstri tesislerinin olduğu atıksu arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılan ünitelerdir.

2.2.2.1 Koagülasyon ve flokülasyon

Pıhtılaştırma–yumaklaştırma olarak da adlandırılan arıtma prosesi bir kimyasal ilavesi ile askıda katı maddelerin yumaklar haline getirilerek sudan uzaklaştırılması anlamına gelir. Kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile oluşan yumaklar daha sonra çökeltme, yüzdürme veya filtrasyon prosesleri ile sudan uzaklaştırmakta ve sudaki kolloid ve askıdaki kirleticilerin giderimi sağlanmaktadır. Kolloid ve askıdaki kirleticilerin yanı sıra bu proses ile KOİ, BOİ₅, NH₅-N, toplam fosfor, ağır metal, sülfür ve sülfat iyonu giderimi sağlanır (Tabak, 2008).

2.2.2.2 Nötralizasyon

Asiditesi ve alkanilitesi yüksek olan endüstriyel atıksuların alıcı ortama veya biyolojik ortamlara verilmeden önce nötralleştirilmesi gerekmektedir. Asitli atıksuların nötralizasyonunda genellikle kireç kullanırken bazik nitelikli atıksuların nötralleştirilmesi sülfürik asit gibi güçlü asitler kullanılmaktadır (Konat, 2008).

2.2.2.3 Çözünmüş hava flotasyonu

Çözünmüş hava ile yüzdürme prosesinde yoğunluğu atıksudan küçük olan kirleticilerin atıksuyun bulunduğu reaktöre alt bölümden verilen hava yardımı ile reaktörün yukarı bölümüne çıkarılması yüzdürülmesi amaçlanır. Bu proses atıksulardan, askıda katı madde, yağ-gres ve bunun gibi düşük yoğunluklu maddelerin sudan uzaklaştırılması için uygulanır. Basınçlı havanın atmosfer basıncına maruz kalmış atıksuya verilmesi ile gerçekleşir. Gaz balonların kirleticiler ile karşılaşarak beraber yukarı çıkmaları, yüzdürmeleri prensibi uygulanır. Yağ-gres ve AKM gibi kirleticilerin yanında, bu proses ile KOİ, BOİ, NH₃-N ve toplam fosfor giderimi de gerçekleştirilir (Tabak, 2008).

Çözünmüş hava flotasyonu (DAF) ünitesi kimyasal ilavesi sonrası entegre sistem olarak çalıştırılması özel kullanım amaçlı tasarlanmaktadır. Atıksu içerisinde yüksek yağ ve gres içeren sular için entegre sistem kullanımı mevcuttur. Kimyasal arıtma ünitelerine entegre olması ile yüksek basınçlı su kabarcıkların atıksu içerisinde oluşum gösteren kolloidal maddeleri yüzdürmesi ile sularda yüksek oranda arıtma verimi sağlamaktadır. Geri devirli veya geri devirsiz olmak üzere farklı kombinasyonları mevcuttur.

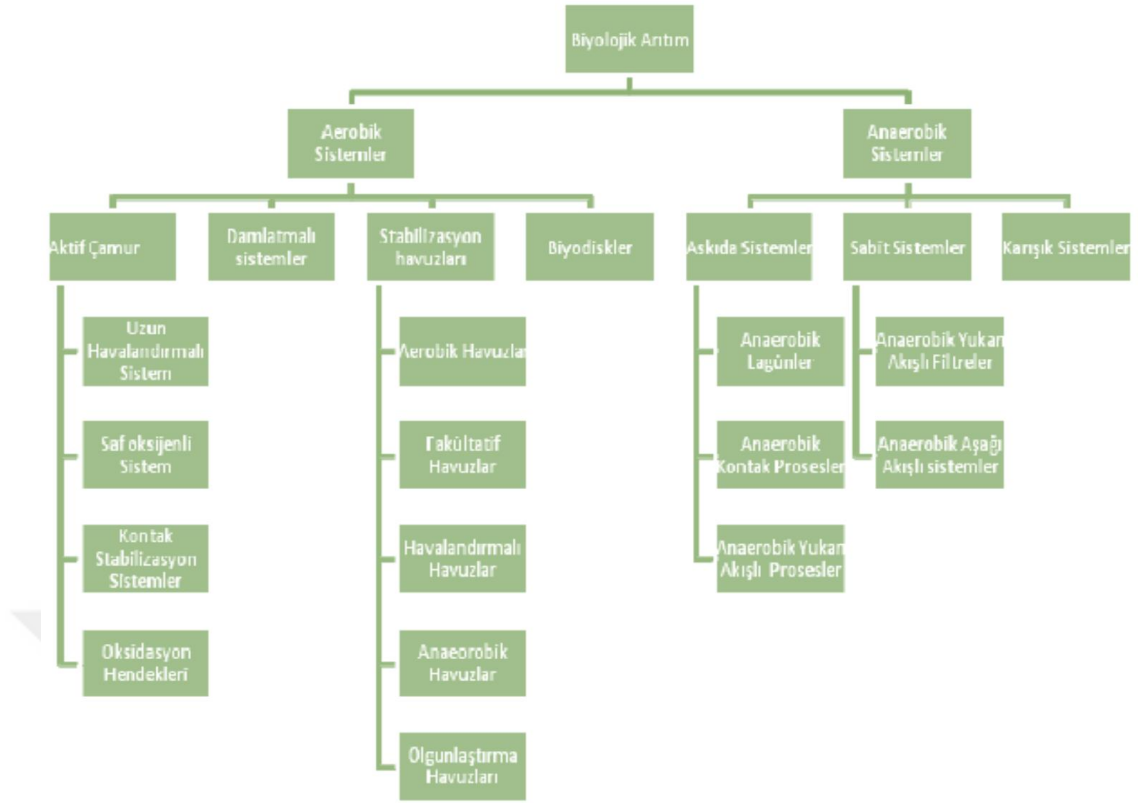
2.2.3 Biyolojik arıtma prosesleri

Biyolojik arıtmada alıcı ortama zarar veren kirleticiler olan karbon azot ve fosforun uzaklaştırılabilmesi biyokimyasal reaksiyonlarla sağlanmaktadır. Havalı şartlarda arıtma uygulamalarına örnekler verilecek olursa bunlar aktif çamur sistemleri, biyodisk, stabilizasyon havuzu, havalandırmalı lagünler, damlatmalı filtrelerdir. Bu proseste askıda ya da tutunarak büyüyen mikroorganizmalar özellikle de bu mikroorganizmalardan biri olan bakteriler sayesinde biyolojik arıtma gerçekleşir. Biyolojik arıtma ünitelerinin boyutlandırma kriterleri aşağıda yer alan Çizelge 2.2’de verilmiştir.

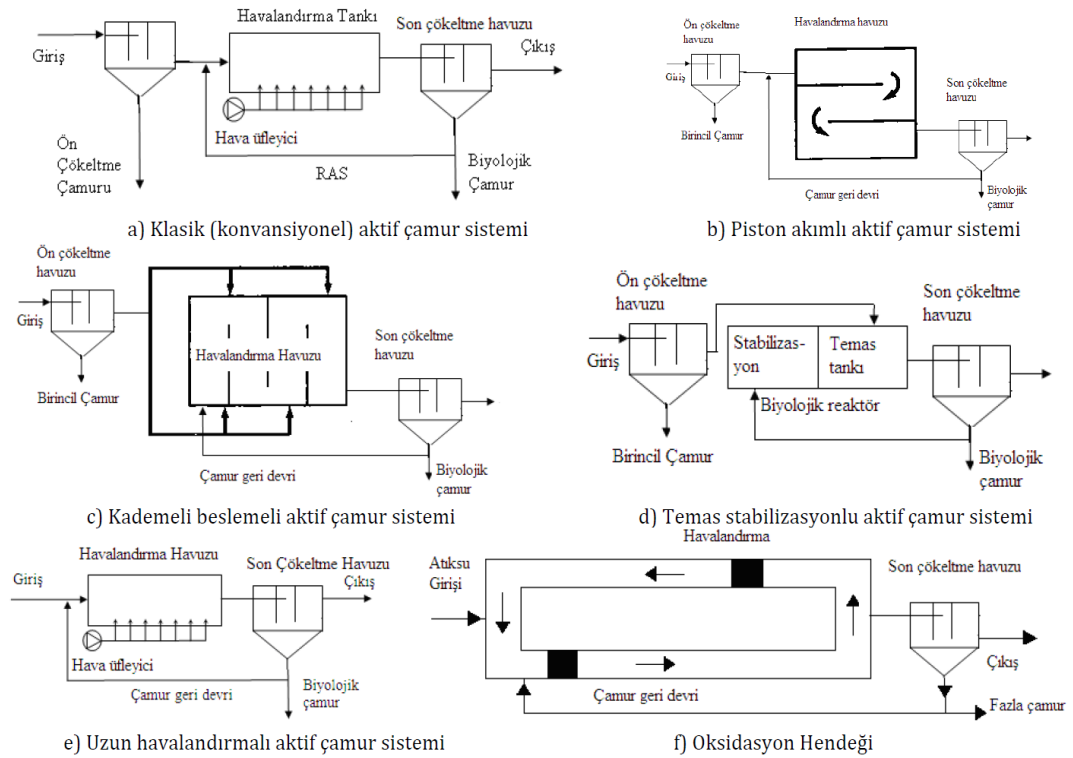
Çizelge 2.2. Biyolojik arıtma üniteleri boyutlandırma kriterleri.

Proses çeşitleri	θ_c ,gün	F/M , kg $BOI_5/kgTAKM.g$	kg $BOI_5/$ $m^3.g$	TAKM,mg/l	$t=V/Q$,saat	Q_r/Q
Klasik	5-15	0,2-0,4	0,32-0,64	1500-3000	4-8	0,25-0,75
Tam karışımli	5-15	0,2-0,6	0,8-1,92	2500-4000	3-5	0,25-1
Kademeli besleme	5-15	0,2-0,4	0,64-0,96	2000-3500	3-5	0,25-0,75
Uzun havalandırmalı	20-30	0,05-0,15	0,16-0,4	3000-6000	18-36	0,5-1,5
AKR	-	0,05-0,3	0,08-0,24	(1500-5000)	12-50	-
Tek kademeli nitrifikasyon	8-20	0,1-0,25	0,08-0,32	2000-3500	6-15	0,5-1,5

Biyolojik arıtma prosesleri dalları Şekil 2.2’de ve biyolojik arıtma prosesleri örnek dizaynı Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Biyolojik arıtma prosesleri.

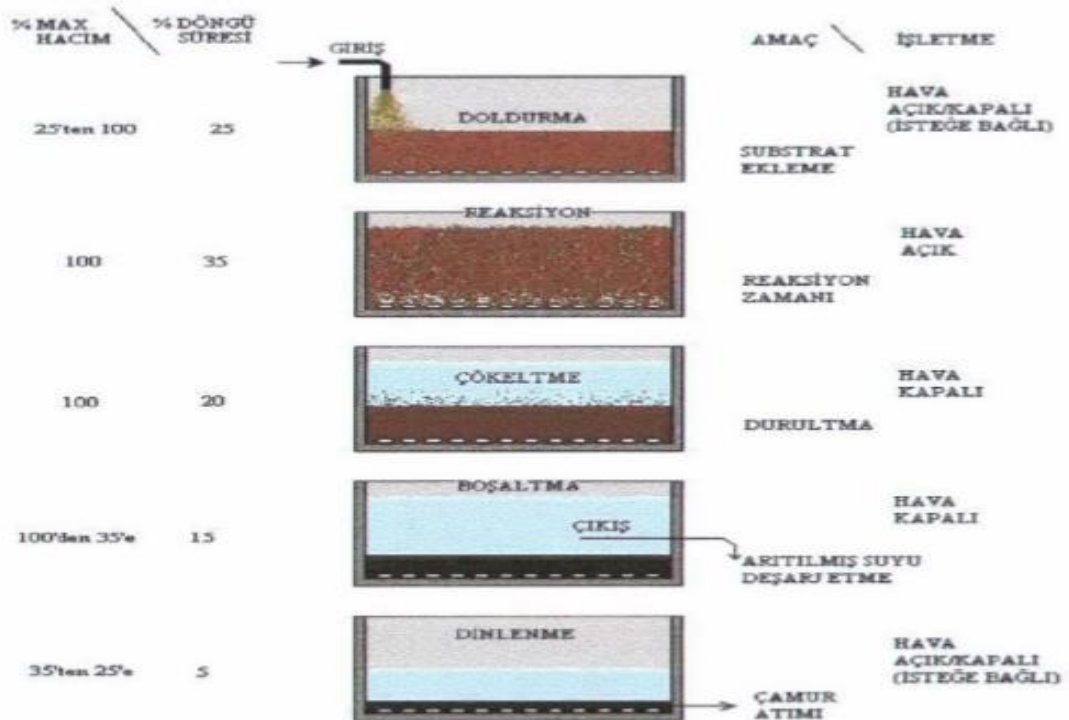


Şekil 2.3. Biyolojik arıtma prosesleri örnek dizaynı; a) Klasik aktif çamur, b) Piston akımlı aktif çamur, c) Kademeli beslemeli aktif çamur, d) Temas stabilizasyonlu aktif çamur, e) Uzun havalandırma aktif çamur, f) Oksidasyon hendeği.

2.2.3.1 Ardışık kesikli reaktör

Ardışık kesikli reaktör (AKR) ünitesi doldur-boşalt sistemine dayanmaktadır. Literatürde AKR veya SBR olarak bilinmektedir. Doldurma, havalandırma, çöktürme, boşaltma ve dinlenme olarak 5 fazdan oluşmaktadır. AKR sistemi fazları klasik aktif çamur sistemlerinin tek bir üniteye toplanması ile hem işletme maliyeti hem de işletilmesinde kolaylık sağlamaktadır. AKR sistemi, klasik aktif çamur sistemlerinin birbirine entegre edilmesi ile süreklilik prensibine dayalı dizayn edilmesidir. AKR sistemi özellikle, orta debiye sahip evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların biyolojik olarak arıtılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaygın kullanımı ile biyolojik arıtma ünitelerine alternatif bir sistemdir.

AKR ünitesi kullanan endüstriyel atıksu arıtma tesisleri normal şartlarda %90-95 arıtma verimi ile çalışabilen tesislerdir. Dezavantajları arasında gelen atıksu karakterine göre aşırı yüklenmesinden kaynaklı arıtma veriminin düşmesi veya sistemin bozulmasına neden olmasıdır. Oksidasyon hendeği/havuzu tesisleri ise böyle durumlara karşı daha az hassastır. AKR ünitesinde atık çamur çoğu zaman çöktürme veya bekleme fazlarında sistemden uzaklaştırılmaktadır (Yıldız vd., 2016). AKR sistemi için örnek çalışma düzeni Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

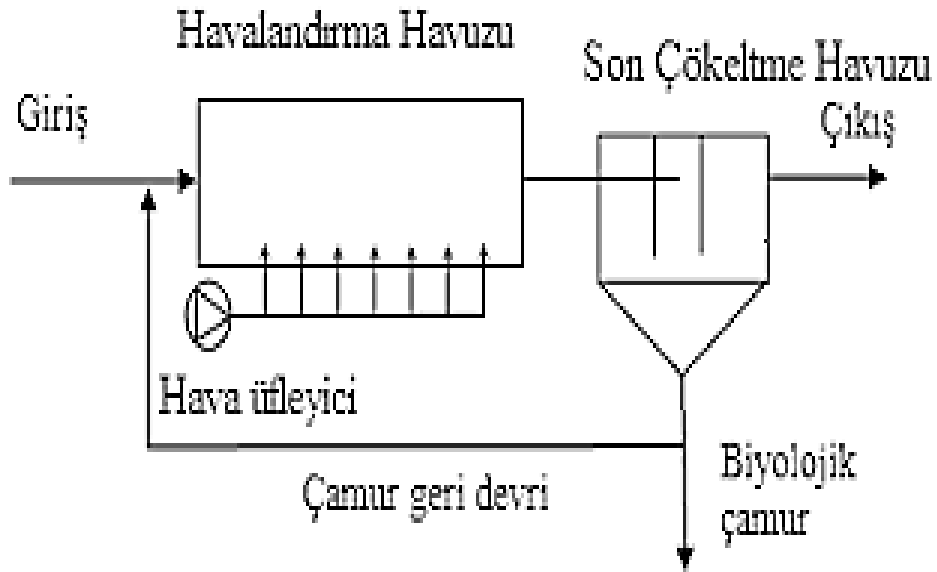


Şekil 2.4. Ardışık kesikli reaktör sistemi örnek çalışma düzeni.

AKR sistemi çok yaygın kullanımı sayesinde gelişmeye ve geliştirilmeye açık bir sistemdir. Sistem özelliklerinde 5 fazın yer alması ile ilave entegre edilecek ileri arıtma sistemlerinden azot/fosfor giderimi sistemi için uygun ortam, faz arasına entegre edilmesi sayesinde bir ünite içerisinde çeşitli biyolojik arıtma imkânı sunmaktadır. Ünite içerisinde azot giderimi için sabit olmayan karakteristikler; hidrolik bekleme zamanı, çamur bekleme zamanı, anoksik/aerobik hava oranı, anoksik/aerobik fazların adeti ve doldurma ile kontrol mekanizmalarıdır. Aerobik ve anoksik faz sürelerinin uzunluğu, giderilmesi gereken azot miktarını belirlemektedir (Yıldız ve Çekim, 2016).

2.2.3.2 Uzun havalandırmalı aktif çamur

Uzun havalandırmalı aktif çamur ünitesi ya piston akımlı reaktör ya da tam karışım reaktör olarak dizayn edilir. Uzun havalandırmalı aktif çamur ünitesi dizaynı Şekil 2.5.'de gösterilmiştir.

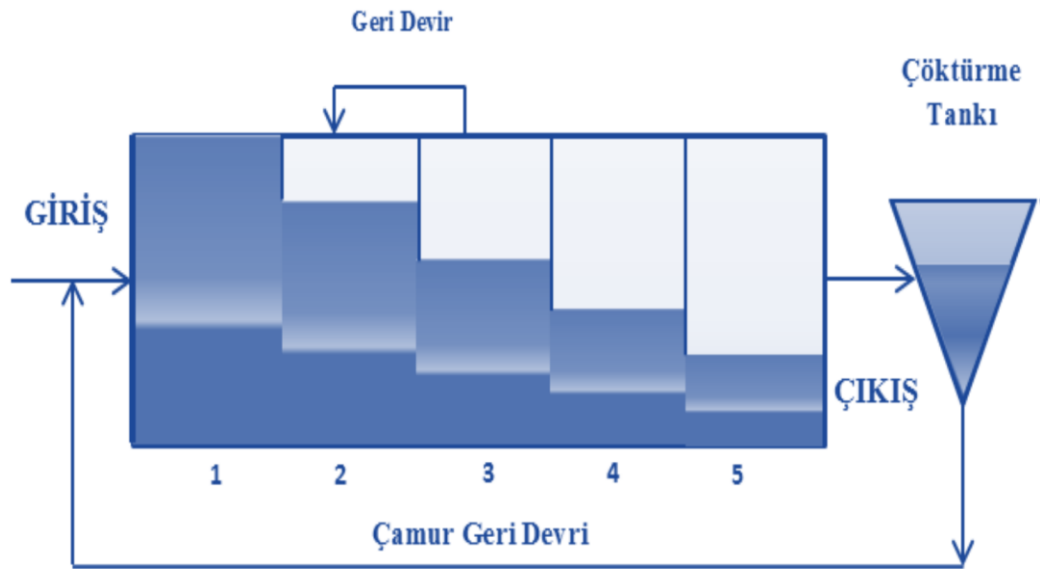


Şekil 2.5. Uzun havalandırmalı aktif çamur ünitesi dizaynı.

Diğer reaktörlerden tek farkı alıkonma süresi uzun olmasıdır. Bu nedenle aktif çamur yükü fazla olmamasından mikroorganizmalar, çoğalma eğrisinde ölme fazında faaliyet gerçekleştirirler. Uzun süren bir havalandırma uygulandığı için çamur yaşı yüksek olup daha stabil bir çamur elde edilmektedir. Sistemde oluşan fazla çamur, pompalar veya cazibeli akış ile çamur susuzlaştırma ünitelerine gönderilmektedir. Sisteme hava verilmesi ile biyolojik arıtım sağlanmaktadır.

2.2.3.3 Beş kademeli bardenpho

Biyolojik arıtma proseslerinden olan beş (5) kademeli bardenpho ünitesi nitrifikasyon-denitrifikasyon ile azot giderimi sağlamakla beraber aynı ünite içerisinde fosfatı da gidermektedir. Prosese anaerobik (havasız) bölüm eklenmesi ile 5 kademeli modifiye bardenpho prosesi dizayn edilmiş ve böylece fosfor giderimi de yapılmaya başlanmıştır. 5 kademeli sistemde aerobik, anaerobik ve anoksik bölümler ile azot, fosfor ve karbon gideriminde yer alırlar. İkinci anoksik bölüm, havalı bölümde oluşan nitratı elektron alıcı, içsel organik karbonu ise elektron verici olarak kullanması ile ilave denitrifikasyon sağlamaktadır. Son havalı bölüm ise eser azot gazını çözültiden sıyırmak ve son çöktürücüde fosfor açığa çıkmasını minimuma indirmek için kullanılır. Ünite içerisinde karışım birinci aerobik bölümden anoksik bölüme geri beslenir (Uysal ve Üstünyıldız, 2016). 5 kademeli bardenpho ünitesi akım şeması Şekil 2.6’da gösterilmiştir.

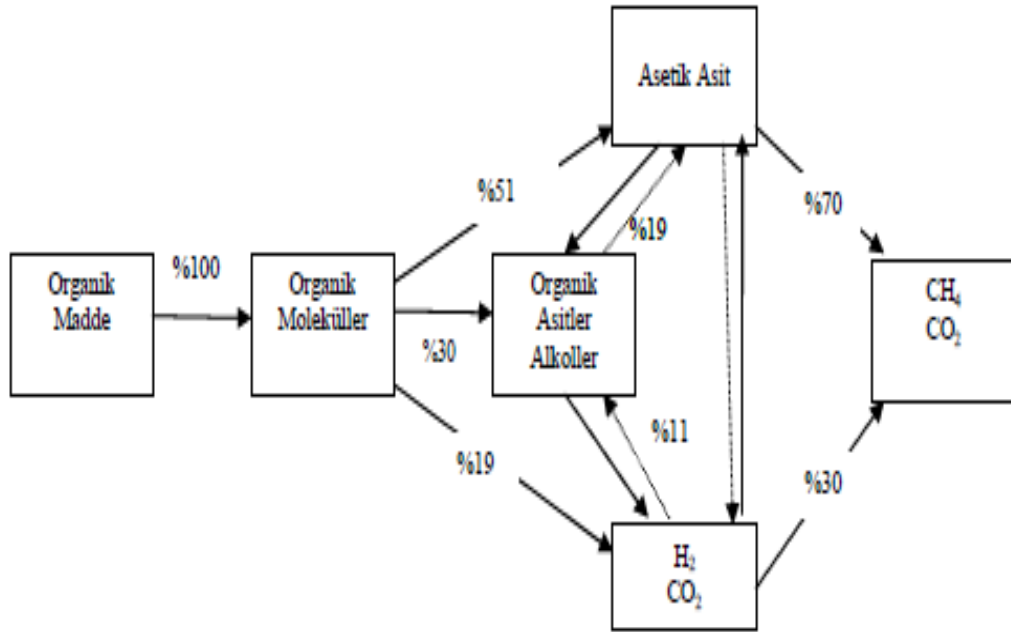


Şekil 2.6. Beş basamaklı bardenpho ünitesi akım şeması.

2.2.3.4 Anaerobik reaktör

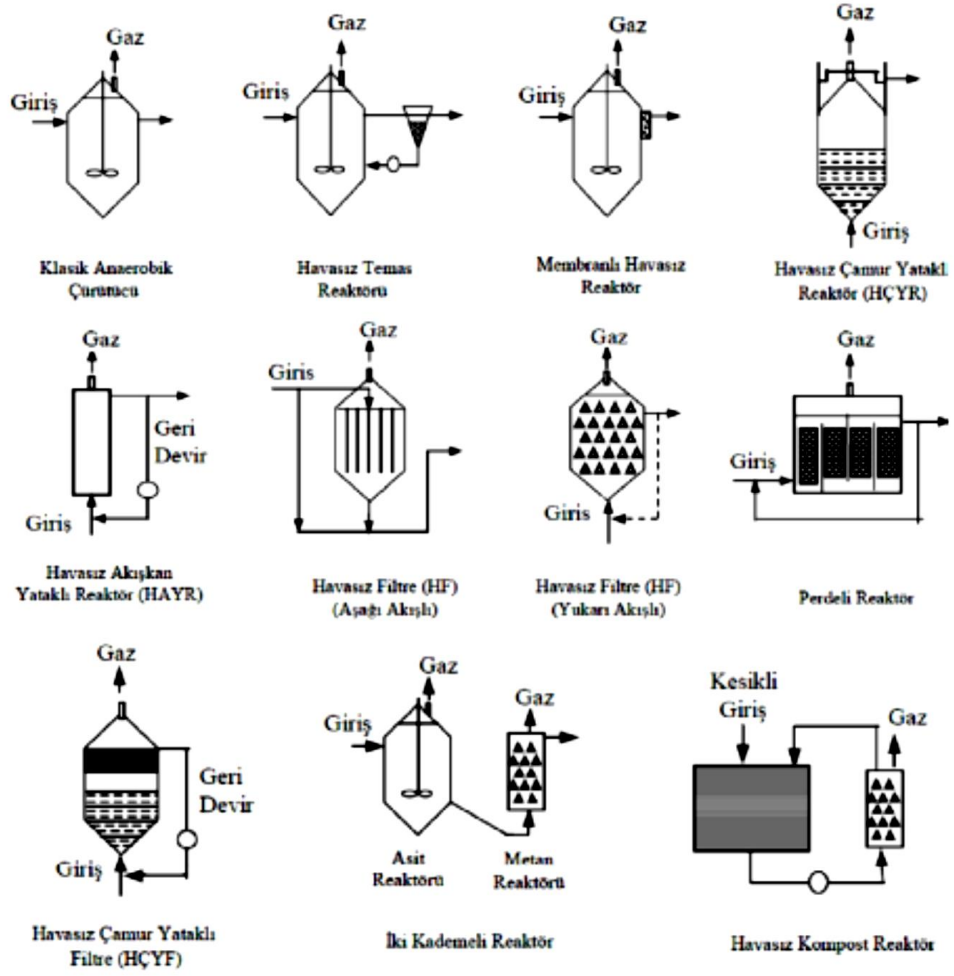
Anaerobik (havasız) reaktörler, endüstriyel atıksuların, oksijensiz ortamda çeşitli özellikte ve türde mikroorganizma topluluklarının faaliyetleri sonucunda biyolojik süreçlerle parçalanması sonucu, CH_4 , CO_2 , NH_3 ve H_2S gibi nihai ürünlere dönüştürülmesi şeklinde ifade edilir. Anaerobik (havasız) arıtımın $\text{KOİ} > 2000 \text{ mg/l}$ olan evsel ve endüstriyel atıksular için kullanımı, aerobik (havali) arıtımına kıyasla

daha ekonomiktir. Havasız olarak parçalanma sonucu ortaya çıkan gazlardan enerji dönüşümü yapılması ile enerji elde edilebilmektedir. Anaerobik arıtma; genel olarak hidroliz, asit ve metan oluşumları olmak üzere üç fazda meydana gelir. Hidroliz fazda, çözünemeyen, yüksek moleküllü organik maddeler (proteinler, polisakkaridler, lipitler,) ayrıştırılabilir, enerji ve karbon hücresi kaynağı organik maddelere (amino asitler, monosakkaritler, şekerler ve serbest yağ asitleri) çevrilir. Asit oluşum fazında; hidroliz faz ürünleri düşük moleküllü ara ürünlere, asetik aside, CO_2 ve H_2 'e dönüşmesi gerçekleşmektedir. Metan oluşum fazında ise asit oluşumu safhasında oluşan ürünler CH_4 ve CO_2 'e dönüşümü gerçekleşmektedir. Anaerobik reaktör fazlarında ürünlerin oluşumu Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Anaerobik reaktör fazlarında ürün oluşumu (yüzde ifadeleri farklı işletmelerde dönüşüm sağlanan ürünleri ifade etmektedir.).

Anaerobik arıtma sistemleri için çok fazla reaktör tipleri mevcuttur. Reaktör tiplerinden bahsedecek olursak; klasik anaerobik çürütücü, havasız temas reaktörü, membranlı havasız reaktör, havasız çamur yataklı reaktör (HÇYR), havasız akışkan yataklı reaktör (HAYR), aşağı akışlı havasız filtre, yukarı akışlı havasız filtre, perdeli reaktör, havasız çamur yataklı filtre (HÇYF), iki kademeli reaktör ve havasız kompost reaktörler yer almaktadır. Yaygın olarak HÇYR, HAYR ve HÇYF reaktörleri kullanılmaktadır (Muratçobanoğlu, 2017). Anaerobik reaktör tipleri Şekil 2.8'de detaylı gösterilmiştir.

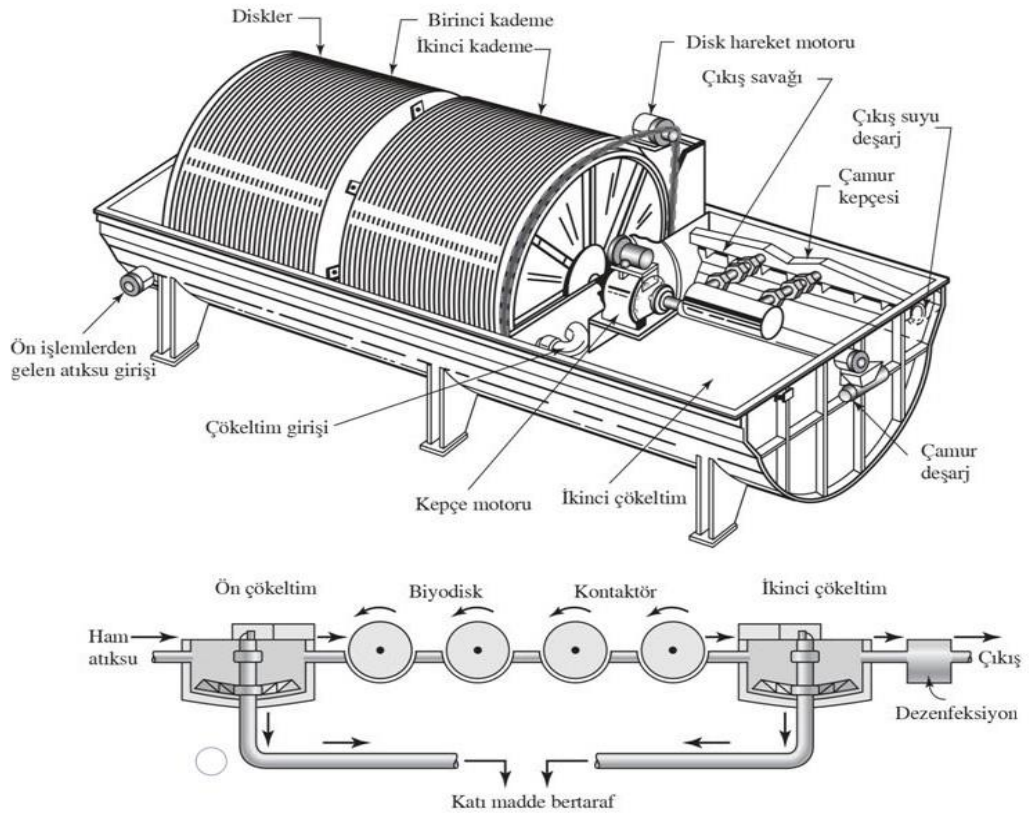


Şekil 2.8. Anaerobik reaktör tip örnekleri.

2.2.3.5 Döner biyodisk

Biyodisklerin genel karakteristiğinde aktif çamura benzerliği vardır. Fakat aktif çamur sisteminde havalandırma havuzu yerine döner diskler yer almaktadır. Bu üniteler, ham maddesi plastik olan 2-3 cm çapında ve kalınlığında disk şeklindedir. Döner diskler bir mil üzerinde birbirine paralel olarak yerleştirilir ve mil bir motor yardımıyla döndürülür. Endüstriyel atıksu uzun ve sığ tankların içerisine konur, diskler atıksu içine %40-50 oranında batık şekilde dakikada 2-10 devir hızla döndürülür. Mikroorganizmalar disk yüzeyinde biyofilm şeklinde büyürler ve endüstriyel atıksudaki organik bileşikler biyofilm içine yayılırken mikroorganizmalar tarafından karbondioksit oksitlenirler. Biyodisklerin verimi 13 santigrat derecenin altında oldukça düşer ve yeni biyofilm tabakası 10-15 gün arasında oluşur. Döner biyodiskler sabit film tabakalı tasfiye sistemleridir. Son yıllarda özellikle küçük prefabrik arıtma tesislerinde kullanılmaktadır.

Plastik malzemeden yapılan diskler, mikroorganizmaların yerleştiği ve geliştiği ortamı oluşturmaktadır. Dönme esnasında disklere yerleşmiş biyokütlenin bir kısmı endüstriyel atıksu içinden geçerken plastik ortamdan ayrılır. Bu durum disklerin gözeneklerinin tıkanmasını önlemektedir. Bu sebepten diskler üzerinde kısmi olarak sabit biyofilm bulunur. Biyodisk gözeneklerinden ayrılan biyokütle son çöktürme havuzuna gidinceye kadar, biyodisklerin dönme eylemi ile oluşturduğu su içerisindeki momentum karıştırma etkisi ile askıda katı madde halinde kalır ve son çöktürme havuzunda sistemden uzaklaştırılır (Günay, 2010). Biyodisk ünitesinin genel akım şeması Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Biyodisk genel akım şeması (Günay, 2010).

2.2.3.6 Paket tip biyolojik arıtma

Son yıllarda birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de paket atıksu arıtma tesisleri hem evsel hem de endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle 10-1500 m³/gün arasında değişen kapasitelerde yapılmaktadır. Hızlı ve pratik kurulmaları, tasarım evrelerinde daha az mühendislik hizmeti gerektirmesi gibi avantajları sebebiyle tercih edilmektedir. Paket atıksu arıtma sistemlerinde en çok uygulanan

prosesler, aktif çamur sistemlerinin uzun havalandırmalı, temas-stabilizasyon, AKR tipleri ve biyodisklerdir. Son yıllarda, membran entegreli paket arıtma sistemleri ile atıksuyun ileri seviyede arıtılabildiği sistemler de uygulama alanları arasında yer almaktadır. Atıksuyun karakteristik yönüne göre paket arıtma sistemleri biyolojik veya kimyasal proseslere göre tasarımı yapılmaktadır (Yıldız ve Çekim, 2016).

Paket atıksu arıtma tesisleri olarak bilinen prefabrik arıtma tesisleri bireysel uygulamalar ve küçük topluluklar için atıksu arıtımında sık sık kullanılmaktadır. Bireysel olarak evlerde kullanılması için düşük kapasiteli paket tesisler geliştirilmiştir. Optimum şekilde dizayn edilen ve işletilen bu tür tesisler düşük kapasiteli atıksu debileri için genellikle tatmin edici arıtım sağlarlar. Biyolojik arıtımda paket tesisler ilk kullanılmaya başlandığında, oksidasyonun evresinin tam anlamıyla gerçekleşmesi ile fazla biyolojik çamur atılmayacağı düşünülmekteydi. Ancak sistemde çamur birikmesi ile bu çamurun periyodik olarak sistemden uzaklaştırılması gerektiği görülmüştür (Debik vd., 2008).

2.2.4 İleri arıtma prosesleri

Klasik arıtma sistemlerinden çıkan arıtılmış atıksuda bulunan ve klasik arıtma yöntemleri ile atık sudan ayrıştırmasının mümkün olmadığı partiküller ile kirleticilerin giderilmesi için ek sistemlere atık sular bir üst seviyeye kadar arıtım yapabilmekte ve bu sistemlere de ileri arıtma adı verilmektedir (Kamiloğlu, 2016).

2.2.4.1 Azot ve fosfor giderimi

Azot ve fosforun birlikte arıtımı için birçok biyolojik proses geliştirilmiştir. Bu prosesler özel sistemler olup, azot ve fosfor gideriminde anaerobik, aerobik ve anoksik bölümlerin aynı çatı altında oluşması aktif çamur prosesine benzerliği olduğunu göstermektedir. Bu proseslerin bazıları fosfor giderimi için geliştirilmiş olup, geliştirilme aşamalarında ortaya çıkan sonuçlar neticesinde azot ve fosforun birlikte arıtılabileceği proseslere dönüştürülmüştür. Azot ve fosfor gideriminde çok yaygın olarak kullanılan prosesler A²/O, beş basamaklı bardenpho, AKR olup proses dizaynında eklenen aerobik-anaerobik fazlar ile azot ve fosfor giderimi sağlanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan proseslerin içerisine eklenen sistem

sayesinde yer tasarrufu, maliyet indirgenmesi ve enerji verimliliği gibi faydalar sağladığı görülmektedir.

Endüstriyel atıksu içerisinde azot, amonyak veya organik formda olup, her ikisi de çözülmüş ve katı halde olabilirler. Endüstriyel atıksu içerisinde azotun nitrit ve nitrat formu halinde bulunurken evsel nitelikli atıksularda yok sayılabilecek kadar az bulunurlar. Organik azot atıksuda sıklıkla üre ve amino asit halinde bulunmaktadır. Atıksu arıtma tesisleri içerisinde bulunan çöktürme prosesi ile azotun katı halindeki organik formları giderilmektedir. Biyolojik arıtma ile organik azotun birçoğu amonyum azotuna ve diğer inorganik formları olan nitrit ve nitrata dönüşürken amonyumun bir kısmı da hücre sentezi için mikroorganizmalar tarafından kullanılır. Bu nedenle biyolojik arıtma prosesleri ile atıksu içerisinde bulunan toplam azotun en fazla %30-40'ı giderildiği ifade edilebilir.

Endüstriyel atıksularda fosfor, inorganik, ortofosfat veya kompleks fosfatlar olarak organik formda bulunmaktadır. Kompleks yapıda olan fosfatlar sentetik deterjanlardan kaynaklanması ve atıksu içerisindeki fosfatın yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Kompleks yapıda olan fosfatlar biyolojik arıtma proseslerinde ortofosfata hidrolize olmaktadır. Endüstriyel atıksu içerisinde fosfor eser miktarda bulunması ancak evsel atıksularda ortalama fosfor konsantrasyonu 4-12 mg/l arasında değişmektedir. Endüstriyel atıksuda, çözünmemiş halde olan sudaki fosforun yaklaşık %10'u kadar katı formdaki fosfor ön çöktürme prosesi ile giderilirken biyolojik arıtma esnasında %10-20 ve kalan fosfor alıcı ortama deşarj edilmektedir. Fosfor, hücre sentezinde mikroorganizmalar tarafından kullanılan miktar hariç, kalan çözülmüş fosforun biyolojik arıtma prosesleri ile giderimi oldukça zordur. Kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtma prosesleri fosforun gideriminde etkin rol aldığı görülmektedir. Demirüçklorür (FeCl_3), alüm (Al_2SO_4) ve kireç (CaOH_2) ile yapılan kimyasal çöktürme işlemi fosfor gideriminde yaygın kullanılmaktadır. Biyolojik fosfor gideriminde mikroorganizmaların stres altında olması hücre büyümesi için gerekenden daha fazlasını giderim sağlamaları esasına dayanır. Biyolojik arıtma prosesleri çoğunlukla kimyasal arıtmaya proseslerine alternatif olması için geliştirilmiştir.

Biyolojik olarak fosforun giderilmesi, polifosfat, ortofosfat ve organik bağlı fosforun mikroorganizmaların hücre dokusuna bağlanması esasına dayanmaktadır. Mikroorganizmalar havasız ve havalı şartlar altında kalmaları biyolojik olarak

fosforun giderilme yöntemidir. Şartların stabil olmaması mikroorganizma üzerinde baskı oluşturmaları ve ortamdan fosforu adsorblama kapasitesi üzerinde aşırı fosforu hücre içerisine alırlar. Atıksu içerisinde bulunan fosfor, sadece hücre bakımı, enerji aktarımı ve hücre sentezi amacıyla kullanılmaz, depolanarak sonraki adımlarda mikroorganizmaların kullanımı için de saklar. Fosfor gideriminde tipik biyolojik arıtma prosesleri olarak A/O prosesi, A²/O prosesi ve ardışık kesikli reaktörler (AKR)'dir. AKR'ler debi oluşumu az olan atıksular şartları için daha uygun olup ve ayrıca ünite tasarımı olarak esnek işletme şartları sayesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ünitelerde fosforun giderilmesinin yanında azot giderimi de yapılmaktadır. Tek bir ünite ile azot ve fosfor giderimi sağlanması arıtma prosesleri içerisinde avantaj olarak görülmektedir.

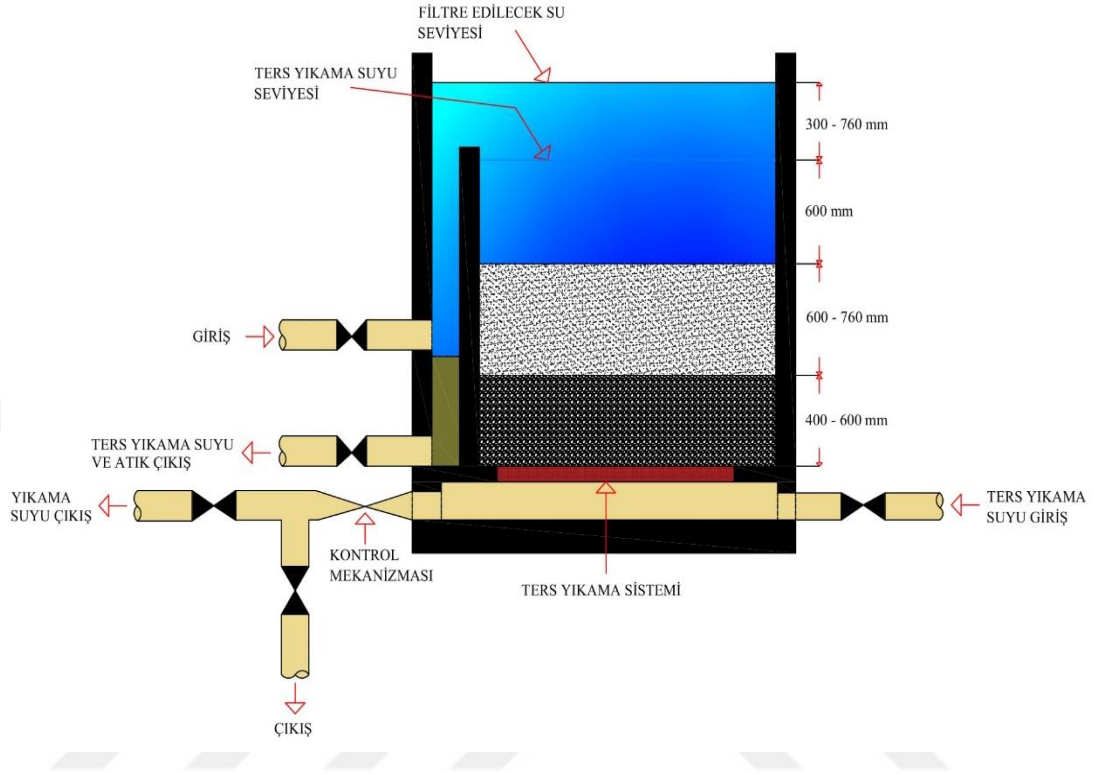
2.2.4.2 Filtrasyon

Endüstriyel atıksu içerisinde asılı halde bulunan maddelerin delikli veya boşluklu bir malzemeden geçirilmesi suretiyle asılı maddelerin karmaşık gözenekli yapılar içerisinde kalmasına filtrasyon ünitesi adı verilir. Filtrasyon adından da anlaşılacağı üzere herhangi bir maddeyi filtre etmek, süzmek anlamlarına gelmektedir. Farklı bir deyişle filtrasyon, bir akışkan malzemenin katı parçacıklar içerisinde geçirilmesi ile bünyesinde yer alan kirliklerin uzaklaştırılması işlemidir.

Filtrasyon prosesi, bir dolgu yatağına yerleştirilen filtre dolgusundan arıtılması gereken suyun geçirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Kullanılan filtre dolgusu olarak; kum, ince çakıl, parçalanmış antrasit, perlit, diatoma toprağı ve aktif karbon gibi materyaller yer almaktadır. Dolgu malzemelerinin içerisinde, istenilen boyutta bulunması ve ucuz olmasından dolayı yaygın olarak en çok kum materyali kullanılmaktadır. Özellikle içme suyu arıtma tesislerinde son çökeltme havuzlarından sonra ve atıksu arıtma tesislerinde deşarj öncesi son çökeltim veya AKR sistemi sonrasına inşa edilen bir ünite. Bu ünite genel anlamda çökeltme havuzunda giderilemeyen askıda katı maddelerin süzülmesi ile sudan uzaklaştırılması işlemi gerçekleştirilmektedir.

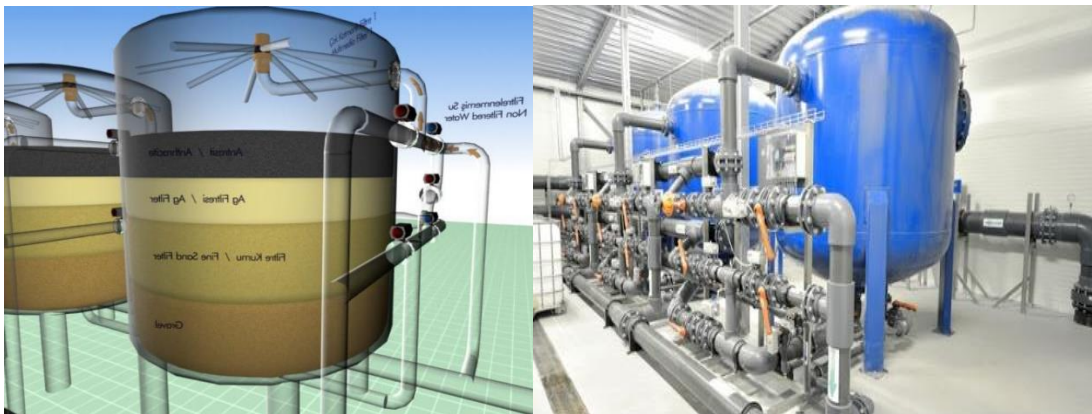
Filtre dolgu malzemesi olarak çok fazla çeşitli materyaller kullanılmasına rağmen diğer materyallere oranlara fazla avantaja sahip olmasından dolayı kum malzemesi kullanılmaktadır (Avşar, 2020). Filtrasyon ünitesi 3 farklı tasarıma sahiptir. Yavaş

kum filtresi, hızlı kum filtresi ve basınçlı kum filtreleri olarak tasarım ve dizayn edilmektedir. Şekil 2.10 'da genel olarak bir kum filtresinin tasarım şekli görülmektedir.



Şekil 2.10. Tipik kum filtresi tasarımı.

Yaygın olarak basınçlı kum filtreleri düşük debilerde kullanılmakla beraber, içme ve kullanma suyu tesislerinde genellikle hızlı veya yavaş kum filtreleri yaygındır. Endüstriyel nitelikli atıksuların yüksek filtrasyon hızı, en iyi filtre edilebilme ve bakım ve işletme kolaylığı ile basınçlı filtreler tercih edilmektedir. Şekil 2.11 'de tipik basınçlı kum filtresi tasarımı görülmektedir (Ardıç, 2009).

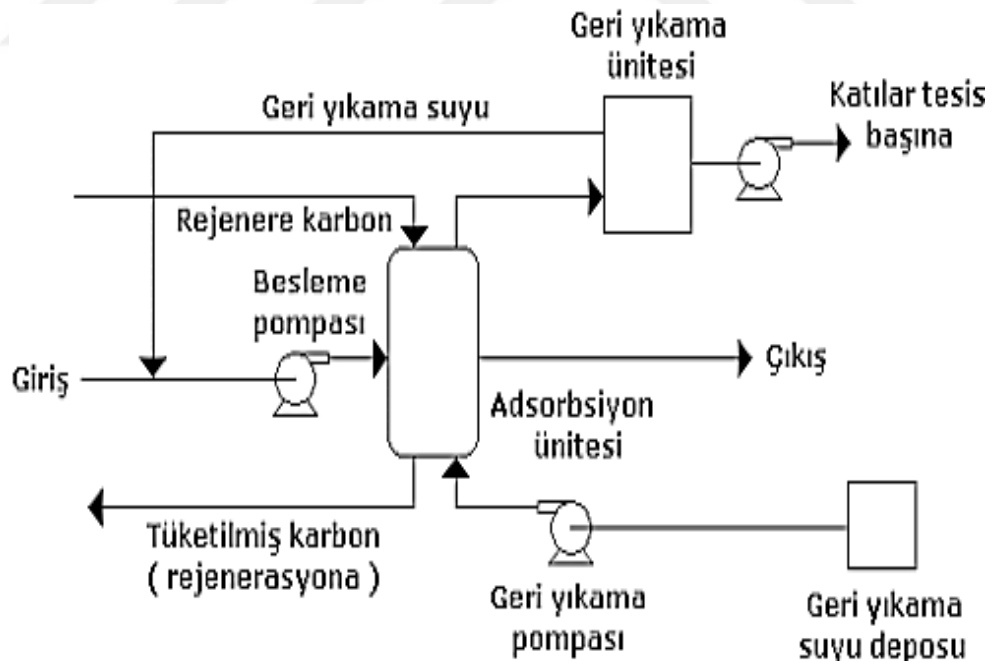


Şekil 2.11. Tipik basınçlı kum filtresi tasarımı.

2.2.4.3 Adsorbsiyon

Adsorpsiyon bir sıvının veya bir katının dış yüzeyindeki konsantrasyon değişmesi olarak tanımlanabilir. Pozitif adsorpsiyon ve negatif adsorpsiyon olarak iki farklı çeşit vardır. Konsantrasyonun artması halinde pozitif, azalması halinde ise negatif adsorpsiyon olarak tanımlanmaktadır. Adsorpsiyon, maddenin dış yüzeyinde moleküller arası kuvvetlerin eşleşme olmamasından ileri gelir. Adsorpsiyon başka bir ifade ile atom, iyon veya moleküllerin bir katı yüzeyinde tutunması şekline denilmektedir.

Adsorpsiyonun bir yüzey ya da ara kesit üzerinde maddenin birikmesi ve konsantrasyonunu arttırması olarak tanımlanabilmektedir. Bu işlemin gerçekleşmesi için herhangi iki farklı fazın arakesitinde meydana gelebilmektedir. Örnek olarak; sıvı-sıvı, gaz-katı, sıvı-katı gibi olmaktadır. Adsorbsiyon sistem içeriği olarak yüzeyde tutulan maddeye ‘adsorplanan’, yüzeyinde tutan veya birikenlere ‘adsorban’ denilmektedir (Atalay-Sönmez, 2014). Tipik adsorpsiyon ünitesi tasarımı şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Tipik adsorpsiyon ünitesi şematik tasarımı.

Adsorpsiyon prosesinde, ekonomik etmenler, ünite kararlılığı ve farklı kaynaklardan temin edilebilme özelliği ile aktif karbon uygulama alanına geniş bir yere sahiptir. Atıksu arıtımı işlemlerinde adsorpsiyon ünitesi atıksu içerisindeki renkli maddelerin,

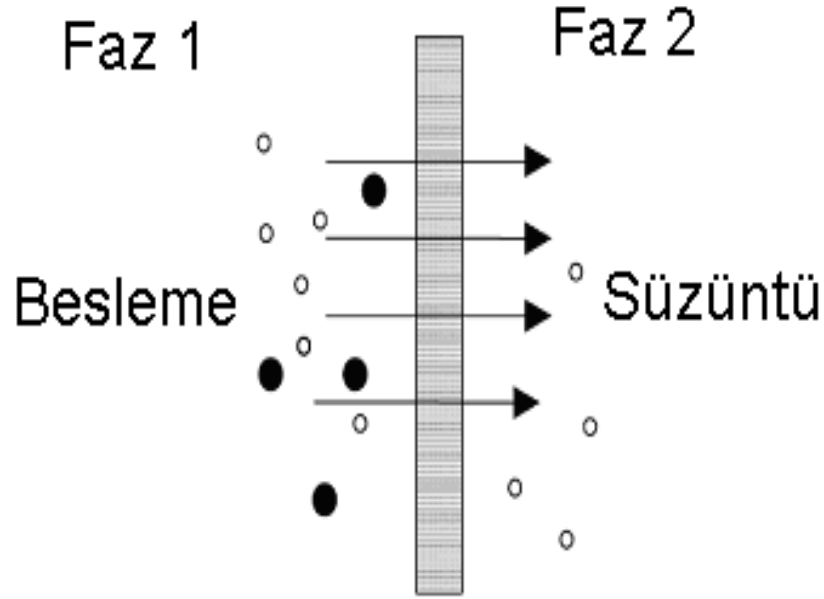
organik ve inorganik kirliliklerin giderilmesi için etkin bir metottur. Adsorpsiyon ünitesi tasarım olarak toksik maddelerin atıksu ortamından giderilmesinde yaygın olarak kullanılan metotlar arasında yer almaktadır. Adsorbsiyon ünitesinde aktif karbon, kırmızı çamur, montmorillonit, alümina, bentonit gibi maddeler kullanılması yaygındır. Adsorbsiyon ünitesinde en yaygın olarak; ham madde içeriğinde kullanılan malzemelerin hızlı temini ve düşük maliyetli olması nedeni ile aktif karbon maddesidir (Akın, 2010).

Endüstriyel atıksu arıtmında katı-sıvı adsorpsiyonu önemli role sahiptir. Adsorpsiyon ünitesi atıksu ve su arıtımında tat ve kokuların uzaklaştırılmasında, pestisitlerin biyolojik arıtma sistemlerinde girişim getirmesi ve biyolojik arıtmadan arıtılmadan çıkmasını engellemek gibi çeşitli nano ve mikro boyuttaki maddelerin tutulması için geliştirilmiştir.

2.2.4.4 Membran biyoreaktör

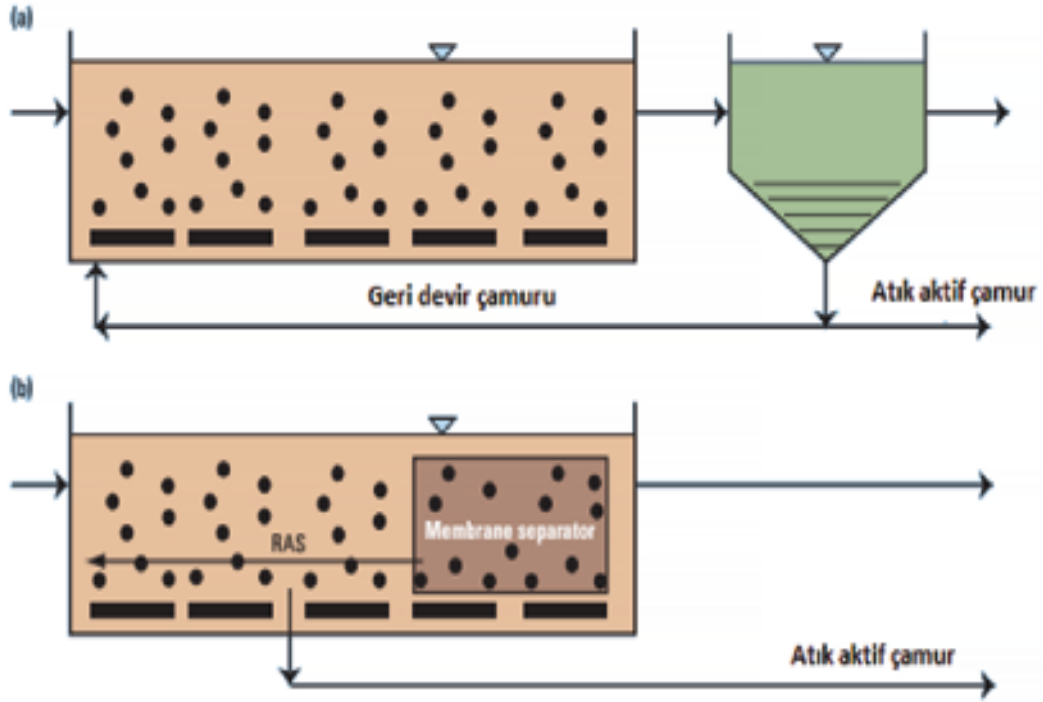
Membran reaktörlerin kesin tanımını vermek zor olmaktadır. Genel bir tanım yapılmasında iki faz arasındaki seçici geçirgen bariyer olarak verilebilir. Seçici geçirgen terimi membran veya membran ünitesine ait bir terimdir. En genel anlamıyla membran, iki faz arasındaki kararsızlık rejimi veya toplu hareketine karşı bariyer gibi etki gösteren fakat seçicilik özelliğiyle bir veya daha fazla türün kısıtlı ya da düzenli geçişine izin veren sistemdir. Bu tanımlardan çıkarılacak sonuçlara göre bir membran; katı, gaz, sıvı veya bunların kombinasyonlarından oluşabilmektedir. Bir membran sistemi aynı zamanda diğer başka etmenler de etkili olduğu halde maddelerin moleküler büyüklüklerini temel alınması ile ayrıştırmasını sağlamaktır.

Ayrıca, yüklü moleküler yapıların üzerinden geçişlerini düzenler ve bu şekilde bir elektrik potansiyelin oluşması için gerekli şartları oluşturmaktadır. Membran sistemi, yarı seçici bariyer veya iki faz arasındaki ara yüzey olarak tarif edilebilir. Faz 1 genellikle besleme ya da üst akış kısmı, faz 2 de süzüntü veya alt akış kısmı olarak görülmektedir. Membran, şarj sırasında beslenme karışımındaki bir maddeyi kolay geçirme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle diğer bileşen ya da bileşenlerden kolaylıkla ayırma gerçekleştirilir (Akın, 2010). Membran sistemi için yapıların birbirinden ayırmalarının spesifik bir gösterimi Şekil 2.13’de gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Membran sistemlerinde fazların geçiş spesifikasyonu.

Atıksu arıtma tesislerinde çoğunlukla yeterli arıtım sağlanamadığı için gerekli deşarj kriterleri sağlanamamaktadır. Özellikle bazı kentsel atıksu arıtma tesislerinde evsel atıksular ile kanala deşarjı gerçekleştirilen bazı endüstriyel atıksuların karışması ile anlık şok yüklemeler yaşanabilmekte ve arıtılmış su pek çok açıdan istenen kalitede olmamaktadır. Klasik sistemlerle arıtım işlemi gerçekleştirilen atıksu arıtma tesisleri genellikle hedeflenen organik yükün altında işletilmektedir. Düşük organik yüklemelerden dolayı mikroorganizma aktivitesi azalmakta ve iğne uçlu flokların oluşumundan dolayı çamur çökme problemleri ortaya çıkmaktadır. Böylece deşarj kriterlerinin sağlanması için düşük organik yük altında işletme yapılması da çıkış suyunun yüksek miktarda askıda katı madde içermesine sebep olmaktadır. Membran biyoreaktör (MBR) prosesi dünyanın pek çok bölgesinde artarak uygulanmaya başlayan ileri atıksu arıtma teknolojisidir. Konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinde çamur ve arıtılmış suyun ayrılması için kullanılan çöktürme tankı yerine MBR’lerde tek bir biyoreaktöre daldırılan membran ile sıvı-katı faz ayrımı gerçekleştirilmektedir (Jørgensen vd., 2017). MBR’lerin en önemli avantajı küçük alan ihtiyacıdır. Konvansiyonel arıtma sistemlerinde son çöktürme tankında işletmeden kaynaklanan çamur çöktürme problemlerine bağlı olarak deşarj edilen arıtılmış atıksu kalitesinde dalgalanmalar söz konusu olurken, MBR’lerde daha yüksek kalitede çıkış suyu elde edilmektedir (Sarı-Erkan ve Önkale-Engin, 2017). Konvansiyonel aktif çamur prosesi ve MBR teknolojinin karşılaştırılması Şekil 2.14’de gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Konvansiyonel aktif çamur prosesi ve MBR teknolojisinin karşılaştırılması; a) Konvansiyonel, b) MBR.

2.2.5 Dezenfeksiyon prosesleri

Hızla artan ve gelişen dünya nüfusu ve çevre kirliliği, temiz ve kirlenmiş atıksuların yenilenme eldesini giderek güçleştirmektedir. Dezenfeksiyon prosesleri, sularda bulunan ve hızla çoğalabilen; insan, hayvan ve bitki sağlığı açısından risk teşkil eden virüsler dahil tüm patojen mikroorganizmaların (bakteriler, sporlar, parazitler) tahrip edilmesi veya çoğalma ve yaşama imkanlarının sona erdirilmesi olarak tanımlanabilir (Aydın, 2009). Arıtılmış atıksuya uygulanan dezenfeksiyon tekniklerinin bakteri virüs ve protozoa üzerindeki etkinlik durumları Çizelge 2.3’de verilmiştir

Çizelge 2.3. Dezenfeksiyon proseslerin kirletici etkisi.

Mikroorganizma Tipi	Klor	Ozon	UV
Virüs	Çok etkili	Çok etkili	Etkili
Bakteri	Çok etkili	Çok etkili	Etkili
Protozoa	Az etkili	Etkili	Çok etkili

Atıksular sulama amaçlı kullanılmak isteniyorsa ve insan temasının olabileceği bir ortamsa arıtılmış atıksuların dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Dezenfeksiyon klor,

ozon, ultraviyole ışın ve proseslerin farklı birleşik gruplandırma tekniklerinden biri kullanılarak gerçekleştirilir (Kamiloğlu, 2016).

2.2.5.1 Klor

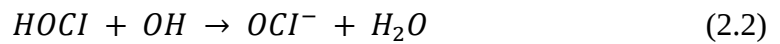
Klorun atıksu ve içme suyu dezenfeksiyonundaki kullanım amacı oksitleme sayesinde bakterileri etkisiz hale getirmesidir. Klor ile dezenfeksiyon için klor formları; gaz klor (Cl_2) veya klordioksit (ClO_2), hipoklorit ($NaOCl$ veya $Ca(OCl)_2$) ile kullanılmaktadır. Atıksuları klorlamanın etkinliği; klor miktarına, suyun sıcaklığına, temas süresine ve ortam pH'ına bağlı kalmaktadır.

Klor dozajının artması atıksu içerisindeki ve deşarj edilen alıcı ortam boyunca bakteriyi tahrip etmektedir. Dezenfeksiyon yöntemi etkisinin artması, klorun birim miktar dozajının artması ile birlikte artacaktır. Klorun atıksu içerisindeki mikroorganizmaları tahrip etmesindeki rolü suyun sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Klor, soğuk suda kararlı yapıda olması, suyun sıcaklığının artması ile dezenfeksiyonun etkinliği de artmaktadır. Atıksuların klorla dezenfeksiyonun etkili olabilmesi için atıksuyun klorla temas süresinin minimum 10-15 dakika olması gerektiğidir. Klorun düşük pH değerlerinde hipokloröz asit şekline dönüşmektedir. Klorun düşük pH'larda hipokloröz aside dönüşümü 1.1'de gösterilmiştir.



Dönüşüm esnasında oluşan moleküller elektriksel olarak nötr yapıda olması bakteri hücrelerine kolaylıkla girmesi olanağı sağlamaktadır.

Yüksek pH değerinde ($pH > 6$) hipokloröz asidin hipoklorit iyonlarına dönüşümü 1.2'de gösterilmiştir.



Yüksek pH değerlerinde oluşum gösteren negatif yüklü Hipoklorit iyonlarının (OCl^-) bakteri hücrelerine nüfus etmesi daha zor olmaktadır. Bu nedenle atıksu deşarjı yüksek pH değerlerinde olması iyi bir dezenfeksiyon yöntemi için daha fazla klor dozajı gerekmektedir. Mikroorganizma tahribatında, Hipokloröz asitin ($HOCl$) hipoklorit iyonuna (OCl^-) göre 40 ile 80 kat arasında daha fazla etkisi vardır. (Atalay, 2016).

Klor ile dezenfeksiyon yöntemi UV ve Ozon yöntemine göre daha düşük maliyetli olmasıdır. Klor ile dezenfeksiyon yöntemleri özellikle düşük debili sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. İşletilmesi ve bakımı kolay olması cazip hale getirmektedir.

Diğer yöntemlere kıyasla dezavantajlarından bakiye klor ayarının analizinin sürekli olarak takibinin yapılmasıdır. Aksi takdirde alıcı ortam deşarjında trihalometan (THM) oluşumu gösterilmesi ile toksik bir yapıya dönüşmesidir. Bu oluşum hayvanlara, bitkilere ve alıcı ortam hedef gruplarına toksik etkiye bağlı zararlar ortaya çıkacaktır.

2.2.5.2 Ozon

Ozon kullanım alanlarının geniş yelpazeli alanları mevcuttur. Bunlar; içme suyu tesisi, kanalizasyon çıkış suları, renk giderme, tekstil atık suları, kâğıt atıkları, biyolojik arıtmadan sonra atıkların dezenfeksiyonu, ağır metal giderme, fenol giderme gibi çoğu benzer amaçlar için bu alanlarda ozon kullanılabilir. Ozon çokça etkili bir oksidant maddedir. Ozon; içme sularında genellikle fenoller tarafından neden olunan tat ve koku gidermede, atıksularda bakteriyel, virüs inaktivasyonu, organik madde oksidasyonu ve fenol kalıntılarının gideriminde başarılı olmuştur. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ozonlamadaki farklı teknikler ile dezenfekte edilen atıksu arıtma tesisi çıkış sularının toksisitesini göz önünde bulundurarak iki geniş tesisin programını yöneterek, atıksuyun toksisitesi çeşitli yerli balık türünün çıkış sularına bırakılması ile değerlendirilmiştir. Çıkış sularının, klorlanmış toksisitesi ozonlanmış toksisitesinden çok fazla olduğu görülmüştür. Çıkış sularındaki balık gelişimi ozonlanmış çıkış sularından diğer dezenfektanlardan daha çok olduğu görülmüştür. Diğer dezenfektanlarda balık gelişimin ozonlanmış suya göre negatif etkilendiği ortaya konulmuştur (Oğuz ve Çelik, 2001).

Atıksu arıtma tesislerinden çıkan atıksuyun ve dezenfeksiyon işlemi uygulanmış suların bile yeniden kirlenme potansiyeli yüksektir. Atıksu deşarjı süresince herhangi bir etkili tekrar kirlenme meydana gelmediği kontrolü için kalıntı bir indikatöre ihtiyaç vardır.

Dağıtım sistemlerinde ozon kalıntısını sağlama güçlüğünden dolayı ozon kullanan birçok ülkede atıksu arıtma prosesinde hem ozon ve hem de klor kullanılmaktadır.

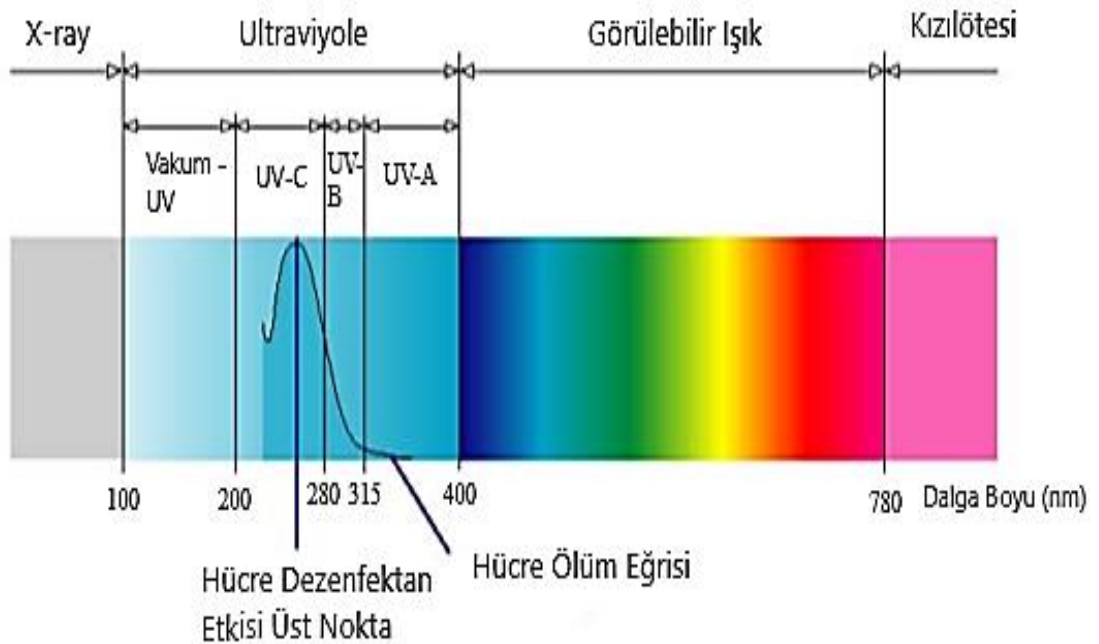
Ancak az miktardaki kalıntı klor suyu yeniden kirlenmeye karşı koruyamaz Atıksu arıtma tesislerinde ozon alternatifi olarak ultraviyole ışınlar ile dezenfeksiyon olmaktadır.

2.2.5.3 UV

UV ışınlarının kaynağı, doğada sürekli etkisi olan ve büyük enerji potansiyeline sahip Güneş'tir. Güneşten atmosfer tabakası boyunca ilerleyen UV-A (315-...-400 nm) ve UV-B (280-...-315 nm) ışınları yeryüzüne kısmen ulaşabilir. Kısmen ulaşan ışınlar aşırıya kaçılmadıkça insanlar, bitkiler ve hayvanlar açısından faydalıdır.

Bu konuda örnek verecek olursak, vücudumuzun D vitamini sentezi yapmasını veya cildimizin bronzlaşmasını sağlar. Dezenfektan etkisi olan güçlü UV-C (200-...-280 nm) ışınları ozon tabakası tarafından büyük oranda soğurulmakta ve yeryüzüne ulaşamamaktadır.

UV-C ışınları yer yüzüne gelmesi ile mikro yaşamı yok etmesi ile dünyada insan dahil hiçbir canlının gelişmesi mümkün olmayacaktır. Şekilde hücrelerin ölüm eğrisinden görüldüğü üzere mikroorganizmaların DNA'sı üzerinde en fazla tahribata yol açacak UV ışınları 240 ila 280 nm aralığındaki UV-C ışınları olmaktadır. Şekil 2.15'de hücrelerin ölüm eğrisi dalga boyu tablosu üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Hücre ölüm eğrisinin dalga boyu üzerinde gösterimi.

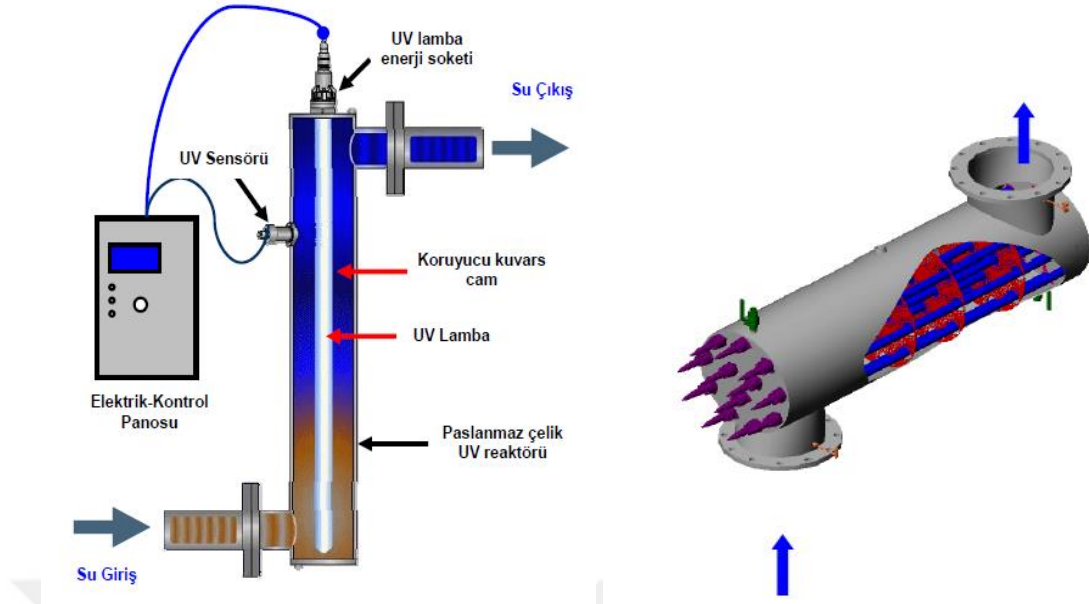
Eğrinin pik noktası olan 253-256 nm dalga boyu ışınları dezenfeksiyon etkisinde en üst noktaya ulaşır (Aydın, 2009). UV-C ışınlarının DNA üzerinde etkisi Şekil 2.16’da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. UV-C ışınlarının DNA üzerinde etkisi.

UV-C ışınlarının 254 nm dalga boyu ile yüksek enerjiye sahip olması mikroorganizmaların hücre zarından içeri süzülür ve DNA’yı oluşturan “Timin” adlı nükleik asitler tarafından absorbe edilmektedir. Bu ışınlar tarafından yayılan enerji transferi sonucu DNA zinciri birçok noktasından etkilenererek tahrip olmaktadır. Canlının üreme dahil tüm hücre faaliyetleri DNA’sının tahrip olması ile durması ve hücre ölümü olayları gerçekleşir.

UV ışınları ile atıksuların dezenfeksiyonu için, UV lambanın ürettiği ışınları ile dezenfekte edilecek suyun uygun şartlarda ve optimum süreyle temas ettirilmesi gerekmektedir. Üstün özellikleri olan bir UV lambasından optimum dezenfeksiyon verimi almak için o lambaya uygun tasarlanmış bir UV sistemi ile mümkün olabilir. Yüksek kapasiteli UV üniteleri ihtiyaca göre iki veya daha fazla lamba içerebilir. Yaklaşık 8000 adet UV lambaya sahip olan ünite dünyanın en büyük UV cihazı olarak bilinmektedir. Şekil 2.17’de merkeze konumlandırılmış tek UV lambalı bir UV cihazı ve cihazı oluşturan ana parçalar ve çok UV lambalı bir UV reaktörü verilmektedir.



Şekil 2.17. Tekli (sol) ve çoklu (sağ) UV ünite tasarımı.

UV cihazını oluşturacak ana parçalar, UV reaktörü içinde UV lamba(lar) yer almaktadır. Dezenfekte edilecek su ile direkt temastan korumak için UV lambalar ayrı bir koruyucu kuvars tüp içinde yer alırlar. UV reaktörü içinden geçen atıksu, lambalardan yayılan UV ışınlarına maruz kalarak kirlilik oluşturacak bakteri, virüs ve mikro kirleticilerin tahrip edilmesine olanak sağlayacak olmasıdır. Başarılı ve güvenilir bir dezenfeksiyon için UV reaktörünün tasarımı ve lamba yerleşimi çok fazla önem arz etmektedir. Elektrik-Kontrol panosu içerisinde UV lambalarını çalıştıran güç kaynaklarını ve cihazın fonksiyonlarının kontrolü ve izlenmesi için gerekli elektrik ve elektronik donanımları içermektedir. Ana enerji girişi bu panoya yapılır, UV lamba ve sensörlerin enerjileri pano üzerine yerleştirilen özel kablolar üzerinden UV reaktörüne aktarılır. UV sensörü, UV lambalarından yayılan ve suya ulaşan UV ışınların şiddetini ölçecek sensördür. Sensör tarafından ölçülen değer pano üzerine montaj edilen göstergelerden eşzamanlı olarak izlenebilir. UV cihazının veriminin takibi açısından önemli bir ekipmandır.

2.2.6 Çamur yoğunlaştırma prosesi

Çamur yoğunlaştırma ünitesi ilk olarak çamur arıtım ünitesi olup diğer ünitelerin hacminin azalmasını sağlamaktadır. Çamur arıtım sürecinde en basit, ekonomik ve etkin olanıdır. Çamur çürütme için yoğunlaştırma havuzları kullanılması mümkün olmaktadır.

Bu ünitenin esas amacı çamur içerisindeki su içeriğinin basit yöntemlerle azaltılması sağlanmakta ve çamur hacminin etkin bir şekilde düşürülmesidir. Fiziksel ve kimyasal proseslerden uzaklaştırılan çamur muhtevası çok düşük olan çamurların ünite ile çamur muhtevasının artırılması sağlanması ile hem kolaylık hem de maliyet olarak işletmeye fayda sağlamaktadır. İşletilmesi basit ve masrafı düşük seviyede olan ünite dir.

2.2.7 Çamur susuzlaştırma prosesleri

Çamur yoğunlaştırma ünitelerinde katı madde muhtevası artan sıvı çamurun bu ünitelere gelerek çamur keki haline dönüşmesidir. Sıvı çamurun uzaklaştırılmasında ve bertarafında, sıvı çamur içerisinde su muhtevasının yüksek olması nedeni ile susuzlaştırma üniteleri sonrası sıvı çamurun kek haline gelmesini makineler ve güneşten yararlanılması sağlandı. Çamur bertarafı ve uzaklaştırılması işletmeler için yüksek maliyet içermektedir.

Çamur suyunun alınması, filtre pres, belt filtre, dekantör ve çamur kurutma yatakları üniteleri ile sağlanmaktadır. Bu üniteler makine ve teçhizat gerektirecek yetişmiş eleman ihtiyacının duyulması ve yatırım ve işletme maliyetleri çok yüksek olan ünitelerdir. Çamur kurutma yatakları inşaatı ve işletilmesi sebebiyle diğer ünitelere göre tercih edilmektedir. Ünitenin tek dezavantajı aşırı alan ihtiyacı olup çamur kurutulması için Güneş ışınlarının yaydığı ısı ile kurutulması sonucu bölgenin iklim şartlarının uygunluğudur.

Son zamanlarda yaygın olarak kullanılan susuzlaştırma prosesleri filtre pres ve dekantör olmaktadır. İşletme içerisinde oluşum gösteren çamur miktarına bağlı olarak sürekli ve kesikli yükleme yapılması uygun olan üniteler seçilmektedir.

2.2.7.1 Filtre pres

Filtre presler, yatay plakalardaki çerçevelere gerilen filtre bezleri yüzeyine yüksek basınçta verilen çamurların süzülmesi ile katı-sıvı ayırımına imkân verirler. Çamur besleme pompası $350-1.575 \text{ kN/m}^2$ ’lik bir basınç sağlayabilecek kapasitede olması istenir. Plakalar arasında süzülerek biriken çamur kekleri, plakalar mekanik olarak açılarak üniteden uzaklaştırılır. Pres filtrenin dolması için ortalama 30-40 dk. yeterli olacaktır. Filtre yüzeyinde biriken çamurun tasarım basıncında ortalama 3-4 saat

arasında tutulması gerekmektedir. Bu süre sonunda kekteki katı madde oranı %40'a ulaşabilmektedir (Koyuncu vd., 2012).

2.2.7.2 Dekantör

Dekantörler, yüksek hızla dönen bir silindirle sulu çamurların yüksek merkezkaç kuvvetine maruz bırakılması ile katı-sıvı ayrımı şeklinde sağlanmaktadır. Genellikle bazı kimyasallarla (polielektrolit, alüm, kireç vb.) şartlandırılan çamurlar 2500-3400 dev./dk. hızla yatay bir eksen etrafında dönen dekantörlere verilir. Süzülen su dışarı atılır, koyulaşan çamur ise eksenel yönde ilerleyerek katı çıkış ucundan alınır. Dekantörlerden çıkan çamur keklerinde katı madde oranı %20-25 ve katı madde giderim oranı %90-95'dir. Gerekli şartlandırıcı, polimer miktarı beslenen çamurun kuru katı madde yüzdesi başına %3-10 aralığındadır. Dekantörler fiyat ve verim bakımından vakum filtrelerle rekabet edebilir durumdadır. Az yer kaplamaları ve tam kapalı olmaları dolayısı ile koku problemi olmaması en önemli üstünlükleridir. Bakım zorluğu, mekanik aşınma riski ve çıkış suyunda yüksek AKM konsantrasyonu ise bu sistemin mahzurları olarak verilebilir (Koyuncu vd., 2012).

Dekantörler diğer çamur susuzlaştırma ünitelerine bakıldığında süreklilik sağlayan sisteme sahip olmasından kaynaklı doldur/boşalt sistemlere nazaran daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Dekantörlerin susuzlaştırma verimleri Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Dekantörlerin susuzlaştırma verimleri (Koyuncu vd., 2012).

Çamur tipi	Kekteki KM oranı (%)	Katı madde geri kazanımı (%)	Polimer ihtiyacı (kg/ton KM)
Ham ön çökeltim	28-34	90-95	2-3
Anaerobik çürütülmüş ön çökeltim çamuru	26-34	90-95	2-3
Ham aktif çamur	14-18	90-95	6-10
Anaerobik çürütülmüş aktif çamur	14-18	90-95	6-10
Ham karışık çamur	18-25	90-95	3-7
Anaerobik çürütülmüş karışık çamur	17-24	90-95	3-8
Uzun havalandırma veya aerobik çürütme çamuru	12-26	90-95	6-10

2.2.7.3 Belt filtre

Bant filtreler, belt filtreler olarak da bilinmektedir. Belt filtreler hareketli tek ve çift filtrelerle sürekli çamurun merdaneler ile sıkıştırılarak süzülmesi ile sağlamaktadır. Dekantörler gibi sürekli çalıştırılabilmeleri, yüksek çamur keki oluşumu, katı madde oranı ve düşük enerji maliyeti bu sistemin en önemli unsurlarıdır. Başlıca dezavantajları ise filtre bezinin çalışma ömrünün kısıllığı ve verim çamur karakteristiğine bağlı olarak değişim gösterebilmesidir. Bant filtreler gerek evsel ve gerekse endüstriyel atıksu çamurlarının suyunun uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Koyuncu vd., 2012).

2.2.7.4 Çamur kurutma yatakları

Çamur susuzlaştırma proseslerinden en basit yöntemlerden biri açık hava kurutma yataklarıdır. Bu teknik, küçük debili artıma tesislerinde, uygun ucuz arazinin bulunduğu ve bulunduğu bölge iklim şartlarının kurutma yataklarının yıl boyunca işletilmesine uygun olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Çamur kurutma yatakları, çamurun üzerine yayıldığı toplam 0,3 m kalınlığında kum ve çakıldan oluşan bir bölgeye sahip yataktır. Çamur kurutma yataklarından süzülen su, arıtma tesisinin girişine geri gönderilmektedir. Çamur ise, atmosfer ısısı çamurun içerisinde kalan su muhtevasının azalması ile kurutulmuş olmaktadır. Bu yöntemle, çamur kurutma işleminin süresine bağlı olarak çamurda %40–50 oranında kuru madde içeriğine ulaşabilmektedir. Çamur kurutma yatakları, düşük işletme maliyeti ve çok az bakım gereksinimleri gibi avantajları vardır. Dezavantajları olarak; daha fazla alan ihtiyacı, iklim şartlarına bağıllığı ve koku oluşum söz konusudur. Bununla birlikte, düşük debili arıtma tesislerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Çamur susuzlaştırma iki mekanizma ile gerçekleşir: ilk olarak, çamur suyunun çamurun içinden ve daha sonra da kum kurutma yatağından süzülerek drenaj edilmesi. Bu mekanizma süreklilik sağlamayıp, sistemde tıkanma oluncaya kadar sadece birkaç gün sürmektedir. Bu mekanizma ile çamur suyunun %25'i kadarı uzaklaştırılmaktadır. Şartlandırılmış (polimer katkısı) çamur için ise çamur suyunun %75'i bu mekanizma ile alınabilir. İkinci mekanizma olarak, suyun buharlaşması ile gerçekleşir ve daha uzun sürer. Bu mekanizma hava koşullarına bağlı olarak uzun veya kısa sürmektedir (Uçar, 2014).

2.3 Atıksu Arıtma Tesisi Kirletici Parametreleri

2.3.1 KOİ

Evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan bir parametredir. Kimyasal olarak oksitlenebilen organik maddelerin oksijen ihtiyacıdır. Atıksu arıtma tesislerinin dizaynı ve işletilmesinde kullanılan en önemli parametredir. KOİ asit ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyici yardımıyla ölçülür. KOİ testi endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde oldukça sık kullanılır. Sonuçlar kısa zamanda alındığı için arıtım tesislerinde yaygın olarak kullanılır (Güneş-Çepni, 2017).

2.3.2 AKM

Su numunelerinin standart filtre kağıdından süzülmesi ve filtrenin kurutulması sonucu elde edilen kalıntılar olarak tanımlanır. Askıda katı madde içme, endüstriyel kullanım gibi amaçlar kullanılmasını doğrudan etkiler. Doğal sularda ışık geçirgenliğini azaltıp dip birikintilerine yol açarak ya da doğrudan zarar vererek su canlılarının etkilenmesine neden olur. Kanallarda ve arıtma tesislerinde önlem alınmasına ihtiyaç duyulur. Bu nedenlerde AKM atık sular için önemli bir parametredir. Arıtma tesislerinde askıda katı madde tayinleri arıtma veriminin ölçüsü olarak kullanılmaktadır (Sinan, 2010).

2.3.3 Renk

Renk organik bileşiğin yapısında olan ve kromofor grupların özelliklerine bağlı olarak görünür ışığın belirli dalga boyundaki kısımlarını yutması geri kalan dalga boylarını yansıtması sonucunda göz tarafından karakteristik renkte görülmesi şeklinde tanımlanabilir. Tekstil ürünlerinin imalatı ve tekstil endüstrisi atıksu miktarı hızla arttığı için boyar madde kirlenmesi günümüzde artmaktadır. Kimyasal arıtma tesisi planlanırken renk verisi göz önüne alınmalı buna göre en uygun kimyasal ve kimyasal miktarı belirlenmelidir (Nas ve Uyanık, 2020).

2.3.4 BOİ

Sularda mikroorganizmalarca ayrıştırılabilen organik maddelerin miktarını belirlemede kullanılır. Bu maddelerin ayrışması için gerekli oksijen miktarıdır. Su

kaynaklarının kirlenme derecesini belirlemede atıksuların kirletme potansiyelinin saptanması ve arıtma tesislerinin tasarımı ve işletilmesi gibi konularda önemlidir. BOİ testinde oluşan reaksiyonlar biyolojik aktivitelerin sonucudur. Bu nedenden reaksiyon hızlı mikroorganizma topluluğu sayısı ve sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Endüstriyel atıksularda bazı sanayilerden gelen organik unsurlar biyokimyasal olarak zor parçalanabilir ve atıksu biyokimyasal olarak ayrışmayı inhibe edici bazı toksik bileşenleri içerebilir. Bu nedenle BOİ parametresi endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde sanayi türüne göre içindeki organik unsurları yeterli ölçüde ifade etmede yetersiz kalabilir (Sinan, 2010).

2.3.5 pH

pH bir çözeltide asit veya bazlığının şiddetini gösteren bir ifadedir. Çözeltide bulunan H^+ iyonunun konsantrasyonunun göstermektedir. Yüzeysel sulara çeşitli kaynaklardan deşarj olunan atıksuyun pH değeri fiziksel kimyasal ve biyolojik çevreyi etkilediği için oldukça önemli bir parametredir. Hidrojen iyonu konsantrasyonunu aynı zamanda biyokimyasal reaksiyonların hızına etki eden önemli parametrelerden biridir. Çevre mühendisliğinde birçok proste çok önemli bir yere sahiptir. Kimyasal işlemlerde çökele bilirliğe etki ederken biyolojik işlemlerde organizma aktivitesine etki eder (Güneş-Çepni, 2017).

2.3.6 Toplam azot

Azot bileşikler organik bileşiklerden sonra atıksulardaki önemli kirleticilerdendir. Evsel atıksularda bulunan önemli azot kaynakları insanların besin yoluyla aldığı ve çoğunlukla üre olarak atıksuya karışan proteinler olabilir. Toplam azot organik azot amonyum azotu, nitrit azotu ve nitrat azotunun toplamı şeklinde ifade edilir. Alıcı ortamlarda nutrient madde olduğu için alglerin çoğalmasına neden olan azot türleri biyolojik arıtmaya ek olarak üçüncü kademe arıtma ile giderilebilmektedir. Ayrıca sucul yaşam üzerindeki toksik etkisinin olduğu amonyum iyonunun ise böyle bir etkisi olmadığı bilinmelidir. Amonyak kontrolü doğrudan amonyak giderimi veya nitrifikasyonla sağlanabilir. Bazı hallerde çıkış suyunun kalitesi toplam azot değerine getirilen limit değerlerle yapılır. İstenilen bu sınır değerleri amonyak giderimi nitrifikasyon ve denitrifikasyonu gerekli kılabilir. Bu nedenle azotun tüm formlarının ölçüm yöntemlerinin bilinmesi oldukça önemlidir (Güneş-Çepni, 2017).

2.3.7 Toplam fosfor

Fosforun genel formlarını organik fosfat, ortofosfat ve polifosfat oluşturur. Toplam fosfor bunların toplamından oluşur ve evsel atıksularda 2-10 mg/l civarındadır. Fosfor giderimi fiziksel kimyasal ve biyolojik arıtma ile sağlanabilir. Kentsel atıksuları fosfat bakımından oldukça zengindir (Güneş-Çepni, 2017).

2.4 Literatür Araştırması

20. yüzyılın başlarında inşa edilmeye başlanılan atıksu arıtma tesislerinin ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetleri analizi ön plana çıkmaya başlamıştır. Atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri bölgeden bölgeye farklılıklar göstermektedir. Örnek atıksu arıtma tesisi seçilmiş olup belirli bir bölgede yapılan analizin farklı bir bölge için uyum sağlaması aranamaz durumdadır. Örnek verilecek olursa Akdeniz bölgesinde yer alan atıksu arıtma tesislerinin Karadeniz Bölgesinde veya Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan atıksu arıtma tesisleri ile bulunduğu iklim, güneşlenme süreleri, rakım, maruz kaldığı sektör vb. etmenler ile kirletici değişkenliği değişiklik gösterecek olmasından analizin kullanılması uygun bulunmayacak olmasıdır.

Ülkemizdeki mevcut Organize Sanayi Bölgelerinde yer alan atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyeti ve optimizasyonu üzerine yapılan çalışmaların yeterli sayıda olmadığı görülmektedir. Ulusal anlamda ilk arıtma tesisinin maliyet analizi Soyupak ve Kaya (1973) tarafından yapıldığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda stabilizasyon havuzlarını, havalandırılmalı lagün ve oksidasyon hendeği sistemleri için ülkemiz şartlarında maliyet–debi ilişkisi incelenmiştir.

Eroğlu (1980) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, fiziksel arıtma, damlatmalı filtre ve aktif çamur sistemleri için debi–maliyet ilişkilerini vermiş ve Büyük Menderes Havzası için maliyeti optimum şartlara getirmiştir.

Tuna (1995)’de farklı bir çalışma olarak, Türkiye’de atıksu arıtma tesislerinin fiyat artışlarını gösteren maliyet indeksinin bulunmadığını ve atıksu arıtma tesislerinin boyutlandırılmasına bağlı maliyet hesabını yapan bilgisayar destekli program geliştirmiştir. Yapmış olduğu program Mukayeseli Tasfiye Programı olup program algoritmasını çıkarmıştır. Türkiye şartları için 15 çeşit arıtma sistemi için debi–ilk

yatırım maliyeti, debi-işletme maliyeti ve debi-birim atıksu başına maliyetini çıkaracak sistem geliştirmiştir.

Erdinç (2001)'deki çalışmasında atıksu arıtma tesisinin prosesi olan AKR sistemi üzerine debi-maliyet ve kirlilik yükü-maliyet değişkenlerini incelemiştir. AKR sistemi için tesis üzerinde yıllara bağlı maliyet analizi çıkarmış ve AKR tasarımı yapısı hakkında veriler ortaya koymuştur. AKR sistemi için küçük debili sistemler için betonarme yerine çelik konstrüksiyonun kullanılmasının maliyeti düşürücü etkisi olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapmış olduğu çalışmada 200 m³/gün debiye sahip tesis maliyetinin 140 m³/gün debiye sahip tesis maliyetine göre daha düşük olduğunu belirtmiştir. Bu maliyet farklılıklarının düşük debili tesisinin kirlilik yükünün diğerine göre fazla olmasından kaynaklandığını göstermiştir. Endüstriyel atıksu arıtma tesisleri için maliyetlerin analizinde debi ve kirlilik yüklerinin önem arz ettiğini vurgulamıştır.

Azman (2005)'de atıksu arıtma tesislerinin maliyet analizi için en yüksek maliyet içeren kalemlerin inşası ve işletilmesi olduğunu söylemiştir. Atıksu arıtma tesisin enerji sarfıyatının günlük ortalama debisinden yola çıkmış ve 1 m³ için 0,1305 kWh enerji tüketimi olduğunu söylemiştir. Tesisin toplam işletme enerji sarfıyatının birim atıksu kişi başına hesabını yapmış ve enerji miktarının 19,96 W/kişi olarak bulmuştur. Arıtma tesisinin verilerinden yola çıkmış ve tesiste giderilen yük (BOİ₅, KOİ, AKM) artması ile birim enerji tüketiminin azaldığını söylemiştir.

Çepni (2017)'de yapmış olduğu çalışmada, belirlemiş olduğu arıtma tesislerinin mevsimsel değişimlerine karşı giriş ve çıkış sularından almış olduğu numunelerin pH, iletkenlik, BOİ₅, KOİ, AKM, Toplam Azot ve toplam fosfor gibi parametrelerine etkisini incelemiştir. Mevsimsel değişimlerin atıksu arıtma tesisinin verimini etkilediği ve buna bağlı olarak maliyetlerin değiştiğini söylemiştir.

Nazik (2017)'de atıksu arıtma tesisinin biyolojik arıtma sistemlerinde yer alan havalandırma havuzu ünitesi içerisinde enerji ihtiyacının tesis enerji ihtiyacının çoğunluğunu kapsadığını ve bu enerji tüketiminin azaltılmasını incelemiştir. Çalışmasında havalandırma havuzunun ekipmanı olan Blower, tesis için mevcutta kullanılan tip ile farklı tipler üzerine maliyetini ortaya çıkarmıştır. Çıkarmış olduğu maliyet analizinde turbo Blower tip havalandırıcı kullanılması ile mevcut durumdaki tipten %30 oranında maliyetinin azaldığını bulmuştur.

Duman (2017)'de atıksu arıtma tesisinin deşarj edilen atıksularının yeniden kullanımı incelemiş olup tesisin revize işlemlerinde eklenmesi gereken ünitelerin ilk yatırım ve işletme maliyetini bulmuştur. Deşarj edilen atıksuyun sulama için kullanılması için hızlı kum filtresi ve UV ünitelerinin tesise entegre edilmesi gerektiğini bulmuştur. Hızlı kum filtresi ve UV ünitesi ilk yatırım maliyeti olarak 9.865.440 TL olduğunu ve işletme maliyetinin dönemsel olacağı söylemiş olup 543.890 TL/yıl olarak bulmuştur. Sulama olarak kullanılacak sudan elde edilecek gelir ile tesis için artı gelir katacağını ortaya koymuş ve işletme maliyet etkisinin azalacağı yönde olduğunu söylemiştir.

Üstün ve vd. (2004)'de yapmış olduğu çalışmada, atıksu arıtma tesisinin fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmasında kimyasal sarfiyatı, giderim verimlerini incelemiştir. Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmasındaki kullandığı kimyasallara bağlı giderim verimlerinde $FeCl_3$ ile Alüm arasında sabit giderim verimlerinde kullanılan sarfiyat $FeCl_3$ 'ün çok yüksek olduğunu bulmuştur. Yapmış olduğu sarfiyatlara bağlı birim atıksu başına Alüm maliyeti 0,18 TL/m³, $FeCl_3$ içinse 0,99 TL/m³ olarak bulmuştur.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Nevşehir İli OSB'lerin atıksu arıtma tesislerinin maliyet analizinde etki eden kirletici parametrelerine yönelik çalışmalar yapılmak üzere arıtma tesislerin giriş ve çıkışlarından numuneler alınarak tesislerin kurulum kriterlerinin atıksu arıtımında maliyetinin etkisi araştırılmıştır.

Tesis giriş ve çıkışlarından Temmuz 2020 ve Aralık 2020 tarihleri arasında numuneler alınmış ve Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi laboratuvarında 3 tekrarlı okumalar ile analizleri yapılmıştır. Atıksu numunelerinde kirletici parametreleri olan KOİ, BOİ₅, AKM, Toplam Azot ve Toplam Fosfor incelenmiş olup içerikleri belirtilmiştir.

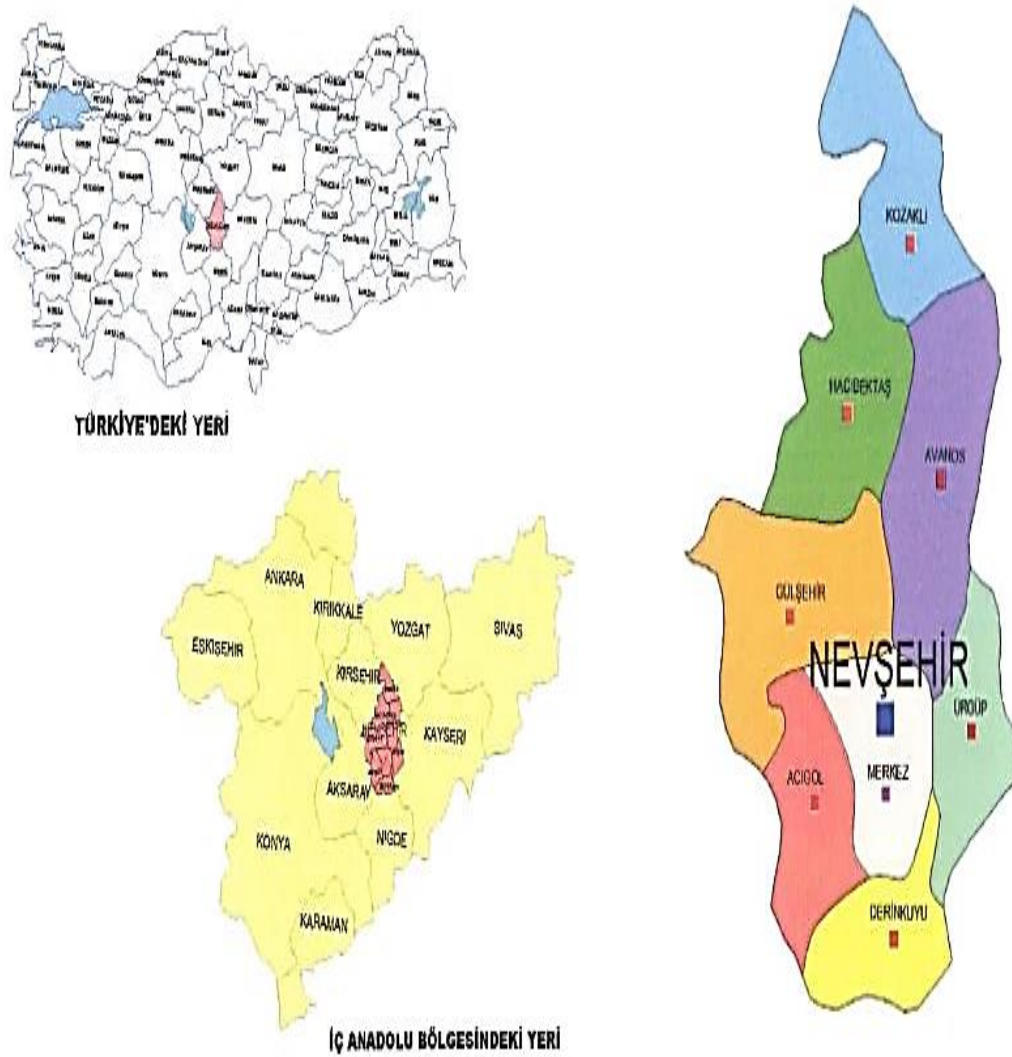
3.1 Materyal

Materyal bölümünde Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin durumu, altyapısı, tesis tasarımları, prosesleri ve kirletici yükleri başlıkları altında yer verilmiştir.

3.1.1 Nevşehir organize sanayi bölgesi durumu ve altyapısı

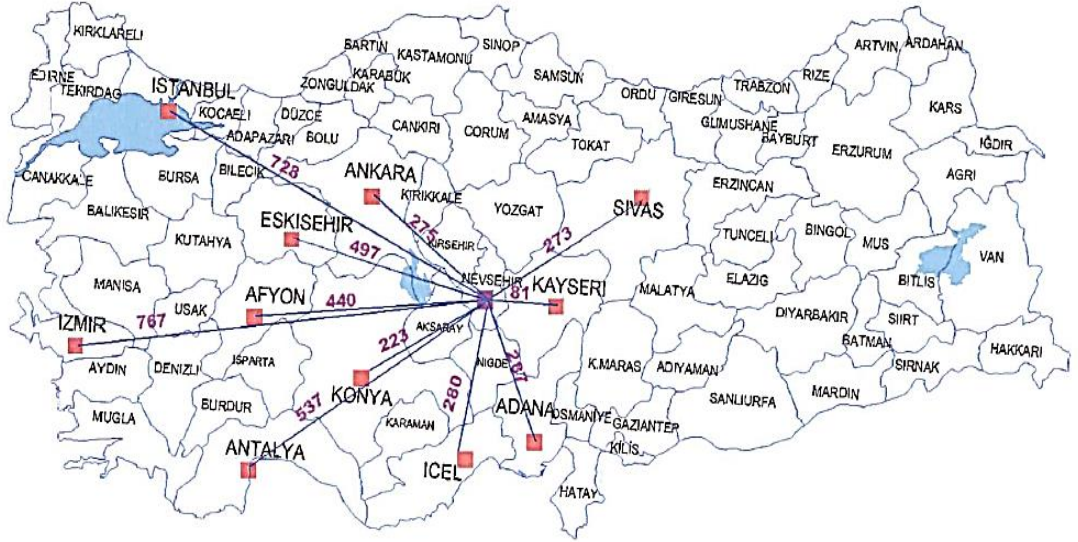
Nevşehir İli İç Anadolu Bölgesi'nde 38° 12' ve 39° 20' kuzey enlemleri ile 34° 11' ve 35° 06' Doğu boylamları arasında kalmaktadır. Konya kapalı havzasında kalan Derinkuyu ilçesi dışında, bütünüyle Orta Kızılırmak Havzası'na giren il, konum itibarı ile Türkiye'nin tam ortasında olup, yüzölçümü 5.392 km²'dir.

Ülke topraklarının binde 7'sini kaplamaktadır. İl alanı doğudan Kayseri'nin Yeşilhisar, İncesu ve Merkez, Kuzeydoğudan Yozgat'ın Boğazlıyan ve Şefaatli, güney, güneybatı ve batıdan Niğde, Aksaray Merkez ve Ortaköy ilçesi ile çevrilidir. Nevşehir İlinin 2020 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADKS) verilerine göre 304.962 olmuştur. Nevşehir İlinin Ülke ve Bölge içindeki yeri ve İl ilçeleri Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Nevşehir ilinin ülke, bölge, il ve ilçeleri.

Nevşehir OSB; Nevşehir İli Merkez İlçesi Boğaz Köyü İlfat mevkiinde yer almaktadır. Nevşehir İl merkezine yaklaşık 10 km uzaklıkta olup İl merkezinin güneyinde kalmaktadır. Nevşehir–Aksaray karayoluna cepheli olup, Karayolunun güneyinde yer almaktadır. Ulaşım ağı, Mersin limanına 280 km, Nevşehir Kapadokya Havalimanı’na 40 km, Himmet Dede tren istasyonuna 60 km mesafede olmakla birlikte Boğaz Köy Sağlık Ocağı’na 500 m uzaklıklarda olmaktadır. Nevşehir OSB, ortalama rakımı 1300 m olan alana kurulmuştur. Kurulan alan bakımından, düz ve geniş arazi yapısına sahip bir yer olmakla beraber yanında Çiçek Dağı yaklaşık rakımı 1324 m’dir. Nevşehir İlinin önemli yerlere uzaklığı harita üzerinde gösterimi Şekil 3.2 ’de gösterilmiştir (Anonim, 2017).



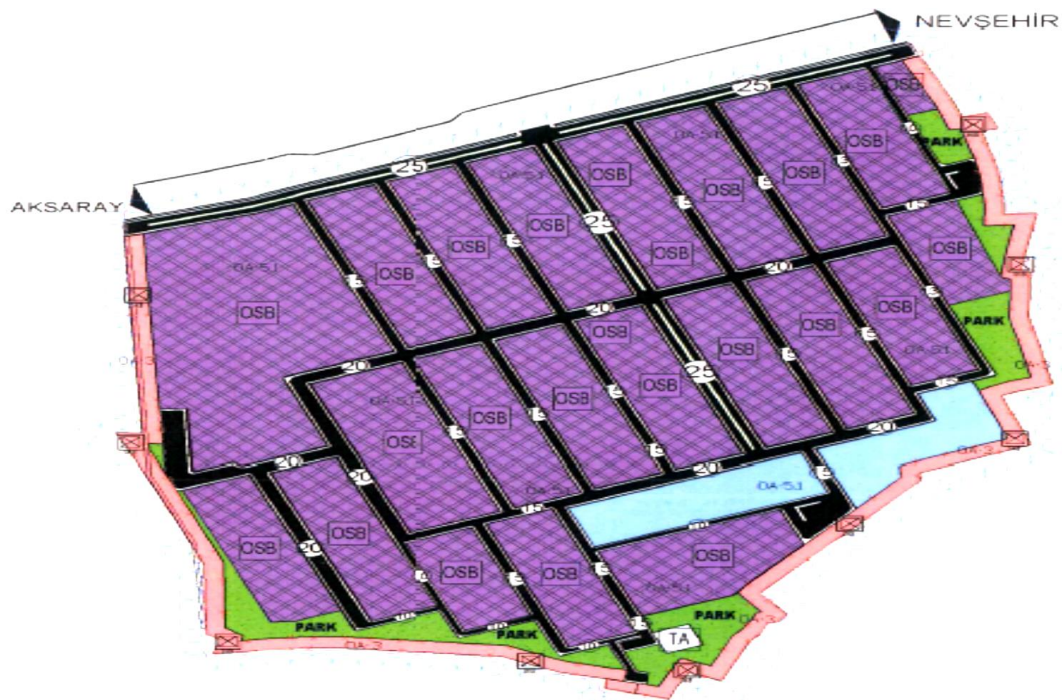
Şekil 3.2. Nevşehir ilinin önemli yerel uzaklığını gösteren harita (Anonim, 2017).

OSB, yakınında bulunan Boğazköy halkına istihdam ışığı olması açısından kurulması gerçekleşmiştir. Bölge halkı geçimini tarım, hayvancılık ve ulaşım sektörleri ile uğraşarak hayatlarını idame ettirmektedir. Nevşehir OSB'nin kurulması öngörüsü, Köy halkının göçlerini engellemek ve göç alan şehirlerin kapasitelerinin taşmasını engellemektir. Nevşehir OSB uydu üzerinde yerini Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Nevşehir OSB uydu görüntüsü.

Nevşehir OSB, 4562 sayılı OSB Kanunu’nda tanımlanan; “*sanayinin uygun görülen alanlarda yapılanmasını sağlamak, çarpık sanayileşme ve çevre sorunlarını önleme, kentleşmeyi yönlendirmek, kaynakları rasyonel kullanmak, bilgi ve bilişim teknolojilerinden yararlanmak, sanayi türlerinin belirli bir plan dahilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla; planlı bir şekilde ve belirli sistemler dahilinde sanayi için tahsis edilmesiyle oluşturulan ve bu kanun hükümlerine göre işletilen mal ve hizmet üretim bölgeleri*” kapsamında kurulmuş olup OSB’ler için ilgili yönetmelikler ve kanunlar gereği yürütülmesi esas alınmaktadır. Nevşehir OSB içerisinde yer alan sanayi parselleri 30674 sayılı OSB Uygulama Yönetmeliği’ne göre imar planı oluşturulmuştur. Bu plan içeriğinde sanayi alanları belirlenmesinde düzenli olması esası göz önüne bulundurulmasına yönelik 3000 m²’den büyük olan imar parselleri yer almakta olup imar planına ait veriler Şekil 3.4’de verilmiştir (Anonim, 2019).



51

Nevşehir OSB 85 hektar alan içerisinde 82 sanayi parseli yer almaktadır. OSB içerisinde 72 firma faaliyetlerini sürdürmekte ve 9 firma inşaat ve proje aşamasındadır. Nevşehir OSB içerisinde yer alan katılımcılar, 8 farklı sektörde üretim gerçekleştirmektedir. Sektörler; gıda, metal, makine, otomotiv yedek parça, geri dönüşüm, plastik, mobilya ve inşaat sektörleri yer almaktadır. Nevşehir OSB bünyesinde yer alan firmaların Nevşehir OSB'nin alan dağılımı, sektörel bazlı oranları Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

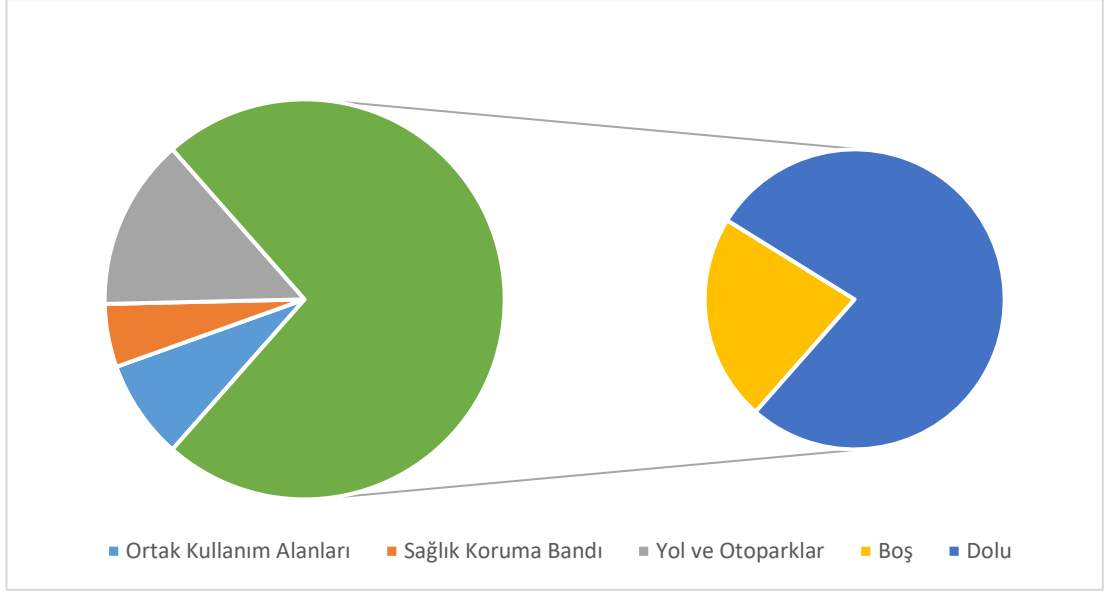
Çizelge 3.1. Nevşehir OSB alan dağılımı.

Nevşehir OSB	Alan (m²)	OSB Alanı Oranı (%)
Sanayi alanları	547330	63,79
Sağlık koruma bandı	58089	6,78
Ortak kullanım alanları	93404	10,88
Yol ve otoparklar	159130	18,55
Toplam	857995	100

Çizelge 3.2. Nevşehir OSB sektörel oranları.

Sektör	Alan (m²)	OSB Alanı Oranı (%)
Gıda Paketleme	44100	8,05
Makine	78000	14,25
Geri Dönüşüm	14000	2,55
Otomotiv Yedek Parça	86069	15,73
Metal	146490	26,76
Plastik	56380	10,30
Toplam	425069	77,66

Şekil 3.5'den anlaşılabacağı üzere Nevşehir OSB alanının %63,79'luk kısmını OSB sanayi alanları oluşturmakla beraber bu alanın %77,66'lık kısmını faal durumda olan firmalar kapsamaktadır. OSB'nin toplam alanı içerisinde, ortak kullanım alanları, sağlık koruma bandı, yol ve otoparklar ve arıtma tesisi alanı olarak %36,21'lik alanı kapsamaktadır. Gelişen, değişen ve sanayileşen dünya çerçevesinde Nevşehir OSB kapılarını yeni yatırımcılar için açmaya devam etmektedir. Nevşehir OSB'nin doluluk oranı Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Nevşehir OSB'nin doluluk oranı.

Nevşehir OSB içerisinde firmaların çeşitli sektörlerde üretimleri mevcuttur. OSB içerisinde ağırlıklı olarak metal, makine, otomotiv yedek parça ve geri dönüşüm sektörleri yer almaktadır. OSB bünyesinde istihdam edilen 1500 kişi, katılımcılar tarafından bölge halkını kalkındırmayı sağlamaktadır. Nevşehir OSB bünyesinde yer alan firmaların sektörel ağırlıklı istihdam oranları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Nevşehir OSB sektörel istihdam oranları.

Sektör	İstihdam Sayısı (kişi)	İstihdam Oranı (%)
Gıda Paketleme	180	12
Makine	296	19,74
Geri Dönüşüm	213	14,20
Otomotiv Yedek Parça	293	19,53
Metal	245	16,33
Plastik	163	10,87
Diğer (inşaat aşamasındaki sektörler)	110	7,33
Toplam	1500	100

İçme ve kullanma suyu isale hattı, 2003 yılında OSB'nin kuruluşu ile yapılmış olup halen OSB alanına hizmet etmektedir. Nevşehir OSB, içme ve kullanma suyunu şehir şebeke hattı 2 km uzaklıkta olduğundan gelen hat debisi sanayi bölgesine su yetiştirme imkânı sağlamamasından kaynaklı OSB sınırları içerisinde sağlamaktadır. Nevşehir OSB'nin alanına sınırı olan Çiçek Dağında isale hattı deposu bulunmaktadır.

Böylelikle suyun kendi cazibesi ile akışı sayesinde elektrik maliyetinden tasarruf edilmektedir. Atıksu arıtma tesisi, OSB alanına yaklaşık 2 km uzaklıkta yer alması sonucu 2019 Yılı itibari ile yapılan kanalizasyon deşarj hattı entegreli içme ve kullanma suyu hattı OSB'den sağlanmaktadır. Nevşehir OSB'ye ait su kuyu planlamaları uzun dönem boyunca hizmet edilecek şekilde tasarlanmış ve faal duruma geçirilmiştir Nevşehir OSB'nin ihtiyacını karşılayan İçme ve Kullanma Suyu su kuyuları kapasiteleri ile OSB'nin ihtiyaç duyduğu kapasitenin 3 kat fazlası şeklindedir. Nevşehir OSB'nin su kuyularının kapasiteleri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Nevşehir OSB'nin içme ve kullanma suyu su kuyuları kapasiteleri.

Kuyu No	Kapasite
1	15 l/sn
2	15 l/sn
Toplam Günlük	2592 m ³ /gün *

$$*30 \text{ l/sn} \times 1 \text{ m}^3/1000 \text{ l} \times 86400 \text{ sn/gün} = 2592 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Nevşehir OSB'ye içme ve kullanma suyu teminine OSB alanı sınırlarında yer alan bölgede iki adet derin su kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyular Nevşehir OSB'nin yakınında yer alan Boğazköy Mevkii'ne yakınlığı 1,5 km uzaklıkta olup su ihtiyacı OSB içerisindeki kuyulardan karşılanmaya başlanmıştır. 2019 yılı itibari ile 1 adet kuyu içerisinde çökme meydana gelmesi ile kullanılamaz hale gelmiştir. 2020 Yılı başlarında yeni kuyu açılması ile su ihtiyacı karşılanmaya devam edilmiştir. Kuyular içme ve kullanma suyu niteliğinde 110 m'den su çıkarmaktadır. Kuyular mevcut durumda 1 asıl + 1 yedek olacak şekilde toplamda 2 adet olmaktadır. Kuyular eş yaşlanmalı olacak şekilde otomasyon sistemi ile çalışması sağlanmaktadır. Kuyuların motor ve ekipman bağlantıları Nevşehir OSB tarafından belirlenen şartnamelere uygun ve işletilmesinde kolaylık sağlanması üzere montaj yapılmıştır. Mevcut durumda bölgenin su temini, faaliyet gösteren kuyulardan 15 l/sn x 2 adet olmak üzere 30 l/sn kapasitede su sağlanmaktadır. Kuyulardan emilen su 5000 m³'lük depoya alınarak klorlama ile kendi cazibesi ile isale hattını beslemektedir.

Nevşehir OSB kurulumunda kanalizasyon hattı döşenmesi yapılmıştır. Yağmur suyu hattı Nevşehir OSB'nin ilk kurulum zamanında çok az katılımcı olması nedeniyle yağmur sularının kanalizasyon hattına verilerek kanalizasyon hattında düşük su hızları ile çökme ile tıkanıklık oluşumunun önüne geçmek için bağlantı yapılmasını

istemiştir. Günümüz şartlarında gelişen ve büyüyen sanayi bölgesinin katılımcı sayısı gün geçtikçe artması sonucu kanalizasyon hattına bağlı katılımcılar bulunmaktadır. Kış, bahar ve güz aylarında oluşan hava muhalefetleri kurulan atıksu arıtma tesisine zarar vermektedir.

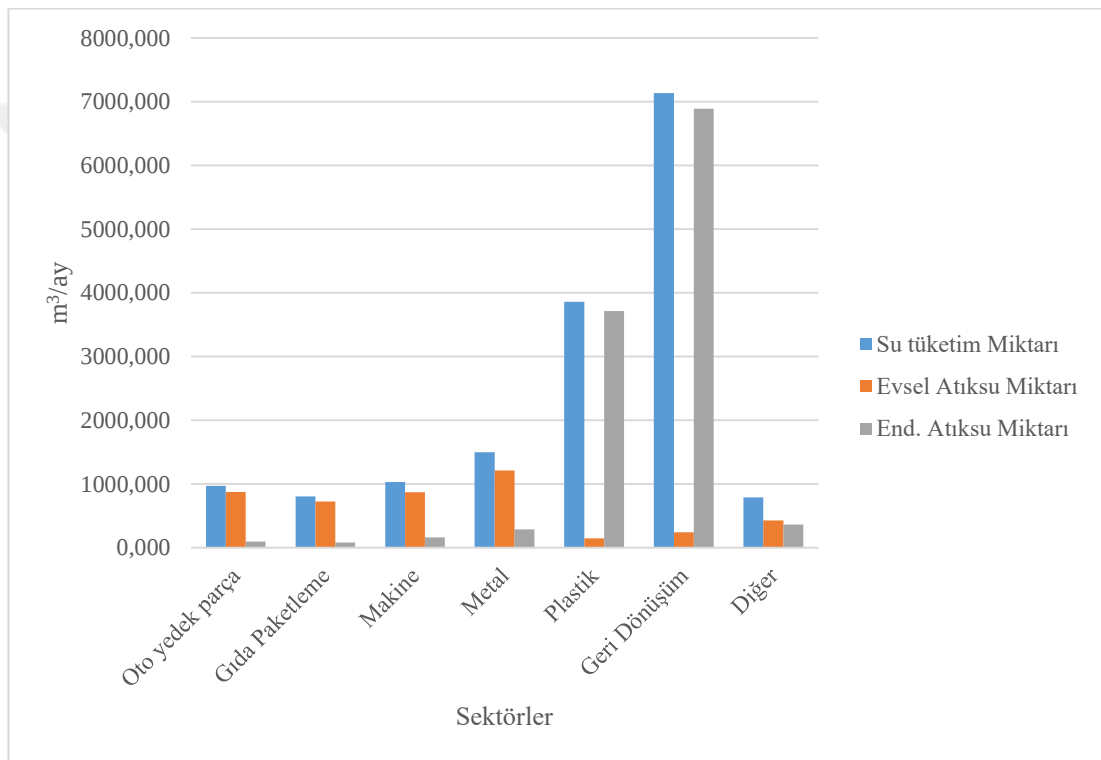
Nevşehir OSB içerisinde katılım gösteren firmaların atıksularının toplanması için kurulan kanalizasyon hattı sanayi bölgesinin %100 doluluk oranına göre projelendirilmiş olup hat yapım işleri tamamlanmıştır. Mevcut durumda kanalizasyon hattı OSB doluluk oranına göre %56 oranında bir atıksu oluşumu mevcuttur. Nevşehir OSB içerisinden geçen dereye Boğaz Köy halkının atıksuları verilmektedir. Nevşehir İl Özel İdaresi tarafından OSB içerisinde koku ve çevre sorunu olması ile paket atıksu arıtma tesisi kurulumu yapmıştır. Nevşehir İl Özel İdaresi kurulum sonrası paket atıksu arıtma tesisini Boğaz Köy muhtarlığına teslim etmiştir. Bölge halkı tesisin işletilmesini tam anlamıyla yapılmamasından kaynaklı sorunların devam ettiği görülmüştür. Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisini kurma planlamasından OSB katılımcı firmalarından gelen endüstriyel atıksuyun arıtılması ile evsel ve endüstriyel tip atıksuların arıtılmasında daha kolay işletme yapılması göz önüne alınarak Boğaz Köy halkının atıksularını arıtacak şekilde tesis tasarlanmıştır. Tesis Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İller Bankası, NTSO ve Nevşehir İl Özel İdaresi tarafından hibe destekleri ile ortak bir atıksu arıtma tesisi kurulmuştur (Anonim, 2018).

Nevşehir OSB tarafından oluşan endüstriyel atıksu miktarı 2017 yılı kanalizasyon debi ölçümü yapılmış olup 3 adet sırasıyla 337, 359 ve 352 m³/gün değerleridir. Boğaz Köy halkı nüfusu 1230 kişi olup kişi başı su tüketimi 100 l/kişi.gün olarak hesaplama yapılmaktadır. Boğaz Köy yerleşiminden günlük 123 m³ atıksu oluşumu meydana gelmektedir. Atıksu arıtma tesisi tasarımı gerek sanayi bölgesinin artması ile toplam debinin artmasını karşılayacak kapasitede kurulumunun planlanmıştır. 1000 m³/gün kapasiteli endüstriyel atıksu arıtma tesisi kurulumu 2018 yılında başlanılmış olup 2019 yılı itibari ile işletmeye geçerek gerekli izin ve belgeleri almakla birlikte çalışmaktadır (Anonim, 2018).

Nevşehir OSB içerisinde faaliyet gösteren firmaların atıksu oluşum gösteren en yüksek debi kaynağı geri dönüşüm sektörü olmaktadır. Geri dönüşüm sektörünün ardından yüksek debi yükü sağlayan sektör ise plastik olmaktadır. Atıksu oluşumlarının yaygın olduğu sektörler arasında gıda, geri dönüşüm, plastik, orman ürünleri ve inşaat

sektörleri endüstriyel nitelikli olup metal, makine, otomotiv, mobilya ve paketleme sektörleri evsel nitelikli atıksular olmaktadır.

Nevşehir OSB içerisinde 7 adet sektörden 2018 yılında atıksu oluşumu gözlemlenmiştir. Atıksuların oluşum nitelikleri; faaliyet, işçi sayısı, makine ve ekipman sayı ve işlerine bağlı değerlendirilmiştir. Tablodan anlaşılabileceği üzere atıksu oluşum niteliklerine bağlı olarak atıksuların ortalama %28 evsel ve %72 endüstriyel nitelikli atıksuları olduğu görülmektedir. Nevşehir OSB'nin sektörel bazda atıksu oluşum oranları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



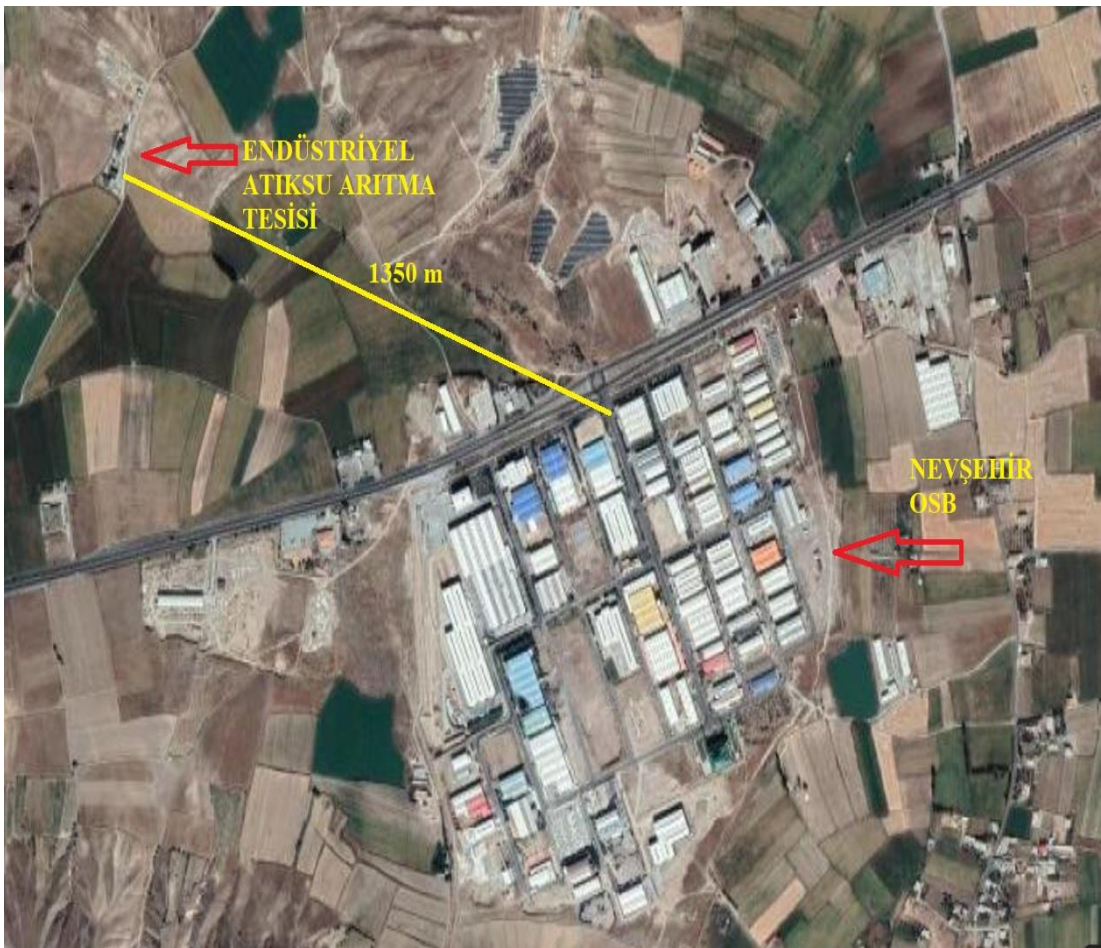
Şekil 3.6. Nevşehir OSB sektörel bazda su tüketimi ve atıksu oranları.

Nevşehir OSB'nin atıksu karakteristiğine bakıldığında Boğaz Köy halkının atıksularının karışması ile birlikte evsel nitelikli su oranının yaklaşık olarak yarı yarıya olduğu söylenebilmektedir. Bu bağlamda atıksu arıtma tesisi tasarım kriterleri olarak biyolojik arıtılabilirliği yüksek olduğu göstergesi yer almaktadır. Nevşehir OSB'nin 2019 yılında kurulan atıksu arıtma tesisi OSB yıllık büyüme oranına göre planlanması yapılmış olmakla birlikte 1000 m³/gün endüstriyel nitelikli atıksuları arıtmak için gereken sistemlerin tasarlanması ile arıtım faaliyetini faal şekilde gerçekleştirmektedir. Nevşehir OSB içerisinde faaliyet gösteren firmalar, OSB tarafından verilen hizmetler içeriğinde doğalgaz, içme ve kullanma suyu, kanalizasyon

hattı ve atıksu arıtma tesisi ile hizmet vermektedir. Nevşehir OSB içerisinde faaliyet gösteren işletmelere telekomünikasyon ve elektrik hizmetlerini, Nevşehir İli genelinde altyapısı olan kurum/kuruluşlar hizmet vermektedir.

3.1.1.1 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi durumu ve tasarımı

Arıtma tesisi, OSB'ye 1350 m uzaklıkta kuzey doğu yönünde yer almaktadır. Acıgöl İlçesi Karacaören Nevşehir Mevkii'nde Taşlı deresine sınır parsel üzerine kurulmuştur. Atıksu arıtma tesisi ile Nevşehir OSB arası uydu görüntüsü Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Nevşehir OSB ile atıksu arıtma tesisi uydu görüntüsü.

7000 m² alana kurulan atıksu arıtma tesisi, endüstriyel nitelikli atıksuların arıtılması için gerekli fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemlerine sahip prosesler kurulmuştur. Nevşehir OSB'nin atıksu arıtma tesisi 2018 yılında inşasına başlanılmış olup 2019 yılı itibari ile tamamlanması sonucu işletmeye alınarak atıksuların arıtılmasına başlanılmıştır.

Tesis 1000 m³/gün kapasiteli olacak şekilde tasarımı yapılmış olup 500 m³/gün kapasiteli 1. Etap kurulumu yapılmıştır. Mevcut durumda atıksuyun sanayinin gelişmesi ile birlikte 1.Etabın kapasitesinin yetersiz kaldığı görülmüş olup 2. Etap kurulumu için hazırlıklar başlanılmıştır. 2021 yılı itibari ile tamamlanması öngörülen Nevşehir OSB AAT, 1000 m³/gün kapasiteye sahip atıksu arıtım kapasitesine ulaşacaktır (Anonim 2018). Arıtma tesisi ve OSB yerleşim yerleri aşağıdaki Şekil 3.8’de ve atıksu arıtma tesisi kullanım alanı Şekil 3.9’da gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Arıtma tesisi ve Nevşehir OSB yerleşim arası gösterimi.



Şekil 3.9. Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi kullanım alanını gösterir planı.

Atıksu arıtma tesisinin kurulması ile atıksuların girişi OSB'nin içerisinde geçen Taşlı deresine deşarj edilerek açıktan arıtma tesisine alınarak arıtımı gerçekleştirilmiştir. Dere boyunca taşınımı sağlanan atıksuların atıksu arıtma tesisinin performansını etkilediği ve hava muhalefetlerinden yağmur zamanlarında Taşlı Deresini etkilediği ve atıksuların yağmur suları ile karışımı sağlanması sonucu tesis kapasitesi yetersiz kaldığı görülmüş olup tesis, ciddi anlamda yaşanma ve arıtım performansının dengesizliği görülmüştür. Nevşehir OSB yönetimi tarafından arıtma tesisinin performansının iyileştirilmesi planlanması ile 2019 yılı sonu kanalizasyon hattı kurulumu gerçekleştirilmiştir. Kanalizasyon hattı ile Nevşehir OSB bünyesinde yer alan işletmelerden kaynaklı atıksular kanalizasyon hattı ile atıksu arıtma tesisine taşınımı sağlanmıştır. Yer altına alınan atıksuların yüzey suları ile karışımı önlenmiş ve atıksu arıtma tesisi performansı artmıştır. Kanalizasyon hattı 1350 m uzunluğunda olup 500 mm çap koruge borular ile sağlanmaktadır. Kanalizasyon hattı atıksuların taşınımı ile oluşması muhtemel sorunların önüne geçmek ve atıksuların akış hız kriterlerine uygun şekilde uzun ömürlü planlanması ile gerekli ekipmanlar yer almaktadır. Kanalizasyon hattı boyunca ekipmanlardan muayene bacası 50–70 m mesafeli aralıklarla konulması ile oluşabilecek tıkanıklıkların önüne geçmek için yerleştirilmiştir. Böylelikle atıksuların hat boyunca taşınımı atıksu arıtma tesisine ulaşmaktadır.

Nevşehir OSB bünyesinde kurulan atıksu arıtma tesisi 1000 m³/gün kapasiteye sahip kurulumu 2 etaplı olacak şekilde tasarlanmıştır. Atıksu arıtma tesisi 1. etap kurulumu 500 m³/gün kapasiteli kurulum gerçekleştirilmiştir. Tesis endüstriyel atıksuların arıtımının yapılabilirliği çerçevesinde proses dizayn edilmiştir. Tesis 2017 başlangıç olup 2024 yılı 1. Etap hizmeti ve 2032 yılı 2. Etap olacak şekilde hesaplanmıştır. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi fiziksel, kimyasal, biyolojik ve çamur susuzlaştırma proseslerinden oluşmaktadır. Tesis ilk olarak fiziksel arıtma prosesi ile atıksular proseslerden geçerek arıtım sağlanmaktadır. Fiziksel arıtma proseslerinden sonra atıksu, kimyasal arıtma prosesleri ile arıtımı gerçekleştirilmektedir. Fiziksel proseslerden geçen atıksu kimyasal arıtma proseslerine gelmektedir. Kimyasal arıtma proseslerinde gerekli kimyasallar ile arıtımı sağlanarak biyolojik arıtma prosesine geçmektedir. Biyolojik arıtma prosesinde gerekli bekleme süresi boyunca arıtılan atıksu dezenfeksiyon ünitesine kendi cazibesi ile gelerek su içerisine klor ile dezenfeksiyon sağlanması ile alıcı deşarj ortamına arıtılmış su olarak verilmektedir.

Nevşehir OSB için 2021 yılı itibari ile bölgede yaklaşık 81 civarında işletmenin bulunacağı düşünülmektedir. Arıtma tesisine gelen atıksu debisi 1000 m³/gün olup tesis tasarımı için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Tesisin maksimum, ortalama ve minimum debi hesabı yapılarak tesis içerisinde su akış hızı, kanal boyutları, malzeme ve ekipman dizaynı gibi çeşitli etmenlere bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Tesis tasarımı minimum ve maksimum debi de çalışması gerekli olması nedeni ile bu değerler 125 m³/saat ve 50 m³/saat baz alınmıştır. Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım debileri Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım debi değerleri.

Faktörler	Birim	Miktar
Seçilen Tesis Kapasitesi	m ³ /gün	1000
Maksimum debi (8 saat çalışma)	m ³ /saat	125
Ortalama debi (12 saat çalışma)	m ³ /saat	83,3
Minimum debi (20 saat çalışma)	m ³ /saat	50

Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım kriterleri, Nevşehir OSB yönetimi tarafından belirlenen atıksuların kanalizasyon hattı kabul kriterleri olarak kabul edilmiştir. Çizelge 3.6 ’da verilen bilgiler Nevşehir OSB’ye ait endüstriyel

atıksu arıtma tesisi kabul kriterleri ve arıtılmış atıksuların alıcı ortam deşarj kriterleri yer almaktadır.

Çizelge 3.6. Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi kirletici parametreleri kabul ve deşarj değerleri.

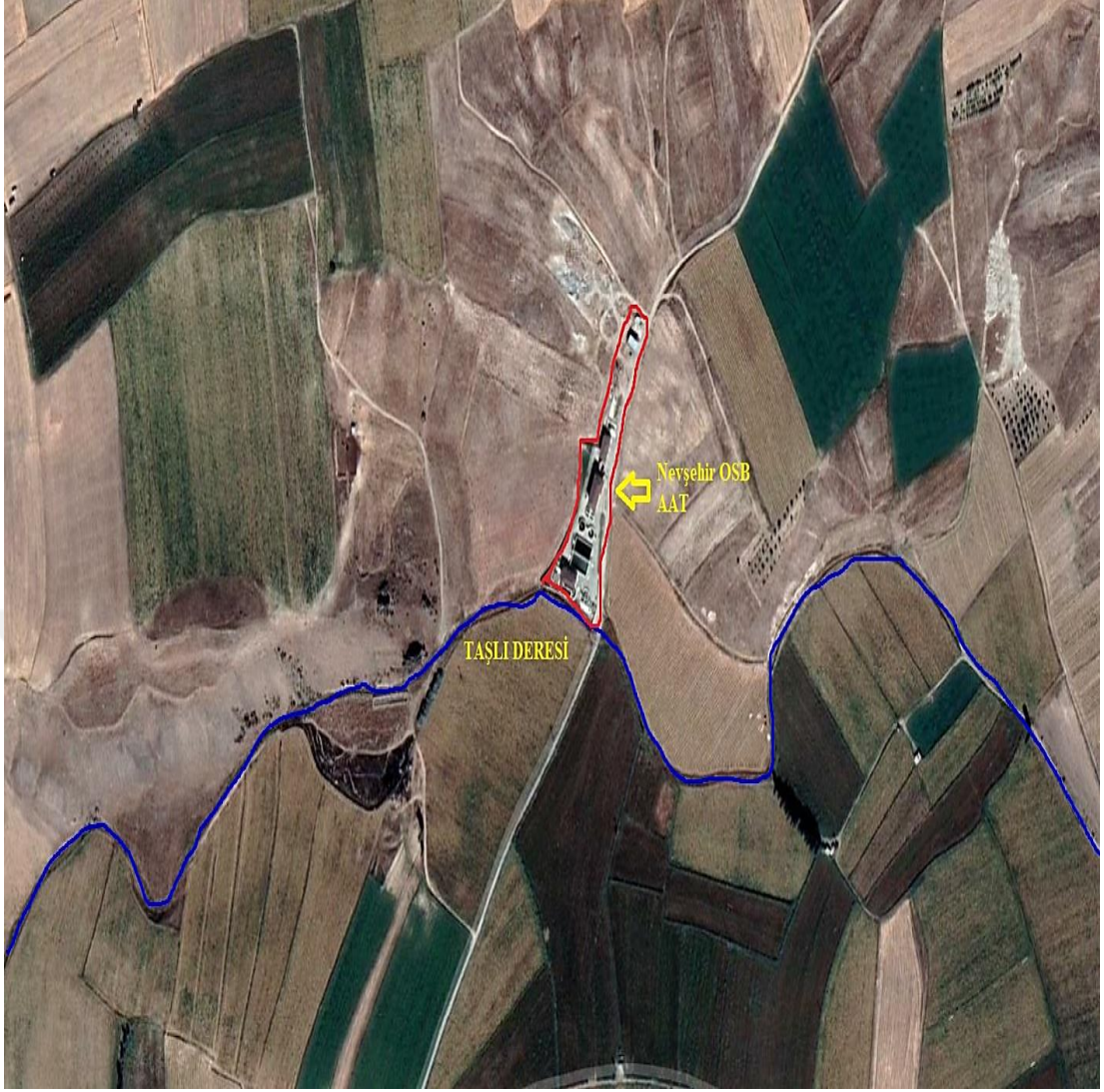
Parametre	Birim	Nevşehir OSB Kanalizasyon Deşarj limitleri	Nevşehir OSB Arıtılmış Su Alıcı Ortam Deşarj Limitleri (SKKY-Tablo 19)	
			Kompozit 2 Saatlik	Kompozit 24 Saatlik
Sıcaklık	°C	40	-	-
pH		6 -10	6 – 9	6 – 9
Askıda Katı Madde	mg/l	500	200	100
Yağ ve Gres	mg/l	200	20	10
Katran ve P. Kökenli Yağlar	mg/l	50	-	-
KOİ	mg/l	2500	400	300
BOİ	mg/l	750	-	-
Sülfat (SO ₄)	mg/l	1500	1500	
Toplam Sülfür (S)	mg/l	2	-	-
Fenol	mg/l	10	-	-
Serbest Klor	mg/l	5	-	-
Toplam Azot	mg/l	-	-	-
Toplam Fosfor	mg/l	8	2	1
Arsenik (As)	mg/l	3	-	-
Toplam Siyanür (CN ⁻)	mg/l	5	1	0,5
Kurşun (Pb)	mg/l	1	2	1
Kadmiyum (Cd)	mg/l	2	0,1	-
Toplam Krom (Cr)	mg/l	5	2	1
Civa (Hg)	mg/l	0,05	-	0,05
Bakır (Cu)	mg/l	3	3	-
Nikel (Ni)	mg/l	5	-	-
Çinko (Zn)	mg/l	5	5	-
Kalay (Sn)	mg/l	-	-	-
Gümüş (Ag)	mg/l	-	-	-
Klorür (Cl ⁻)	mg/l	-	-	-
TKN (Toplam Kjehdal Azotu)	mg/l	60	20	15
Deterjan	mg/l	-	-	-
Krom (Cr ⁺⁶)	mg/l	0,5	0,5	0,5
Florür	mg/l	15	15	-
Demir	mg/l	10	10	-
Renk	Pt-Co	600	-	-

2017 yılında projelendirme aşamalarında reel sonuçlar elde etme çalışmalarında, OSB kanalizasyon atıksuyundan 3 adet farklı zamanlarda numuneler alınarak analiz sonuçları çıkarılmıştır. Alınan numunelerin analiz sonuçları Çizelge 3.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Nevşehir OSB kanalizasyon atıksuların analiz değerleri.

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları		
Askıda Katı Madde	mg/l	250	300	540
Bakır (Cu)	mg/l	<0,0054	<0,0054	<0,0054
Balık Biyodeneyi	-	5	6	6
BOİ	mg/l	350	270	210
Civa (Hg)	mg/l	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Çinko (Zn)	mg/l	<0,0018	<0,0018	0,0913
Demir	mg/l	0,2210	0,9060	0,7842
Florür	mg/l	4,93	17,38	4,0
Kadmiyum (Cd)	mg/l	<0,0034	<0,0034	<0,0044
KOİ	mg/l	1040	1152	880
Krom (Cr ⁺⁶)	mg/l	<0,2	0,604	0,398
Kurşun (Pb)	mg/l	0,1190	<0,042	<0,042
pH	-	7,60	7,31	7,16
Renk	Pt-Co	11,960	470,51	132,667
Sülfat (SO ₄)	mg/l	19,87	25,06	23,15
Toplam Fosfor	mg/l	1,804	2,001	2,584
TKN (Toplam Kjehdal Azotu)	mg/l	21,7	34,3	27,02
Toplam Krom	mg/l	<0,0051	<0,0061	<0,0061
Toplam Siyanür (CN ⁻)	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02
Yağ ve Gres	mg/l	130	12	102

Nevşehir OSB’ye ait endüstriyel atıksu arıtma tesisine sanayi tesislerinden kaynaklanan endüstriyel ve evsel atıksular 13.02.2008 tarih ve 26786 sayılı Resmî Gazete ’de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)’nde yer alan Tablo 19’da belirtilen standartları sağlaması gerekmektedir. Arıtılan atıksu Taşlı Deresi boyunca Kızılırmak Havzasına deşarj edilmektedir. Bu nedenle arıtılan atıksuyun alıcı ortam deşarjı sulama ve kullanma suyu kapsamında önem arz ettiği görülmektedir. Tesis tasarım parametrelerine bağlı tasarım uygulamaları, atıksuyun arıtımına uygun olacak sistemler ile projelendirme ve dizayn edilmiştir. Atıksu arıtma tesisi ile Taşlı Deresi Şekil 3.10 ’da gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Nevşehir OSB ile taşlı deresi yerleri gösterimi.

Çizelge 3.7’de yer alan değerler ile tesis ekipman, donanım, makine ve havuz boyut uygulamaları yapılmasında referans alınarak atıksu arıtma tesisi projelendirilmiştir. Tesis tasarımları detayları, 3.1.1.2. Endüstriyel atıksu arıtma prosesleri başlığı altında detaylı olarak incelenmiştir.

3.1.1.2 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi prosesleri

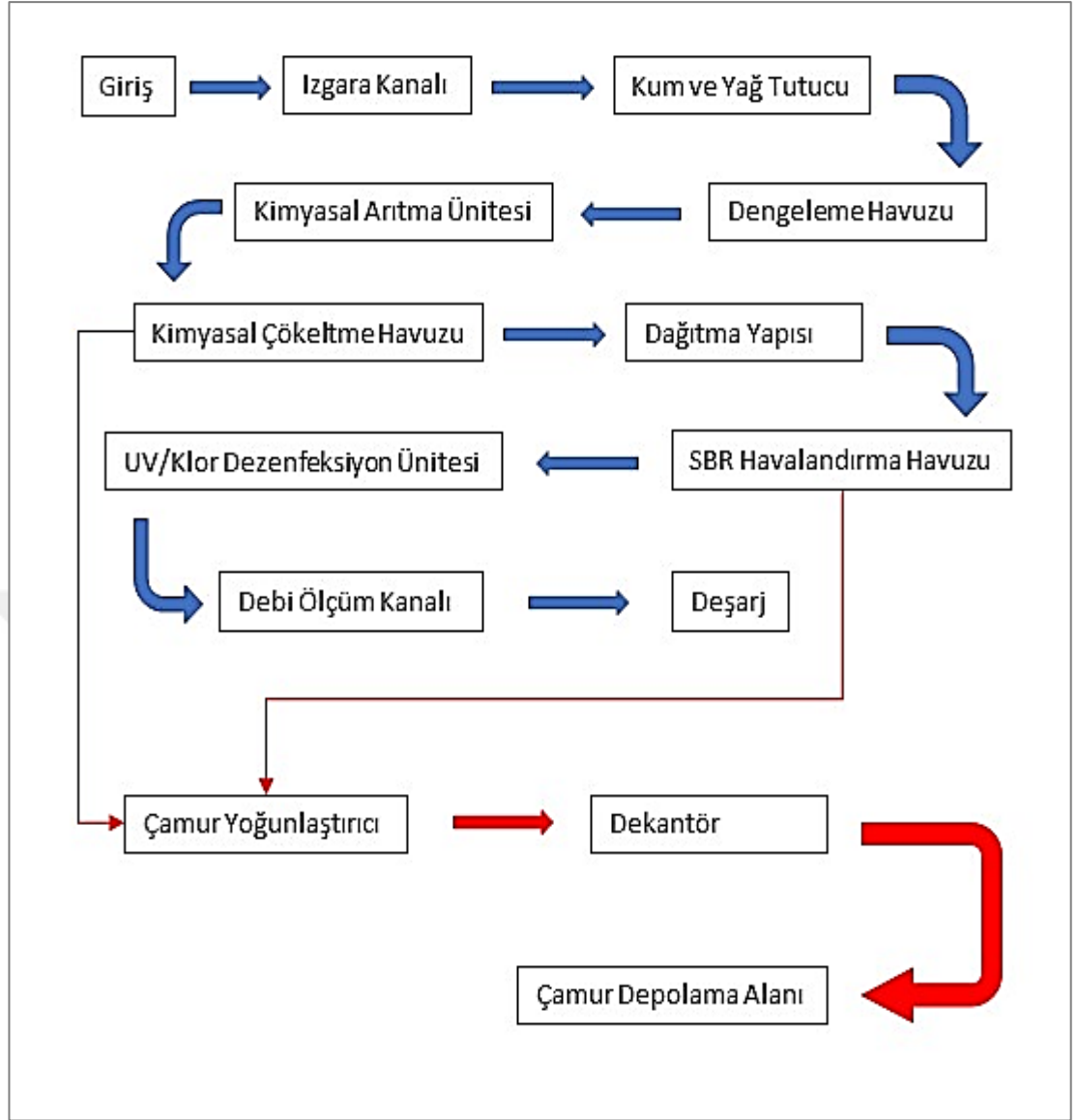
Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi fiziksel, kimyasal, biyolojik, dezenfeksiyon ve çamur susuzlaştırma üniteleri tasarım prosesleri aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır. Tesis tasarımında fiziksel arıtmada atıksuyun %35 AKM ve %95 Yağ ve Gres’i; Kimyasal arıtmada atıksuyun %50 KOİ, %50 AKM, %20 TP, %80 Toplam Krom, %90 Toplam Siyanür, %50 Renk ve %33 BOİ₅’i; Biyolojik arıtmada atıksuyun %80 KOİ, %50 AKM, %90 Toplam Fosfor, %80 Toplam Kjeldahl

Azotu, %33 Renk ve %94 BOİ giderim verimleri olmaktadır (Anonim, 2018). Toplam tesis giderim verimi Çizelge 3.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.8. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi giderim verimi.

PARAMETRE	BİRİM	S.K.K.Y. TABLO 19 DEĞERİ	AAT GİRİŞ TASARIM DEĞERİ	AAT ÇIKIŞ TASARIM DEĞERİ	VERİM (%)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/l)	300	2500	247,5	90,1
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/l)	100	500	84	83,2
Yağ ve Gres	(mg/l)	10	200	10	95
Toplam Fosfor	(mg/l)	1	8	0,8	90
Toplam Krom	(mg/l)	1	5	1	80
Krom (Cr ⁺⁶)	(mg/l)	2	3	2	33,3
Kurşun (Pb)	(mg/l)	1	1	1	0
Toplam Siyanür (CN ⁻)	(mg/l)	0,5	5	0,5	90
Kadmiyum (Cd)	(mg/l)	-	2	0,1	0
Demir (Fe)	(mg/l)	-	10	10	0
Florür (F ⁻)	(mg/l)	-	15	15	0
Bakır (Cu)	(mg/l)	-	3	3	0
Çinko (Zn)	(mg/l)	-	5	5	0
Civa (Hg)	(mg/l)	0,05	0,05	0,05	0
Sülfat (SO ⁴)	(mg/l)	1500	1500	1500	0
Toplam Kjeldahl-Azotu (TKN)	(mg/l)	15	60	12	80
pH	-	6*9	6*9	6*9	0
Renk	(Pt-Co)	-	600	200	67
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)	(mg/l)	-	750	30	96

Nevşehir OSB AAT 1000 m³/gün endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarımı Nevşehir OSB Yönetim Kurulu tarafından kabul edilmiş kanalizasyon deşarj limitlerince tasarlanmıştır. Tesisin gerekli projeleri yapılmış olup projelendirme aşamasında akım şeması oluşturulmuştur. Şekil 3.11’de Nevşehir OSB AAT akım şeması detayları verilmiştir.



Şekil 3.11. Nevşehir OSB AAT akım şeması.

Fiziksel Arıtma Prosesi: Endüstriyel atıksu arıtma tesisinde ilk proses olan fiziksel arıtma, sanayi tesislerinden oluşan atıksuların kanalizasyon hatları ile toplanması ve hat boyunca atıksu arıtma tesisine ulaşması sonucu atıksuyu karşılayan ilk ünedir. Fiziksel arıtma prosesleri olarak Nevşehir OSB Endüstriyel AAT içerisinde tırmıklı ızgara, rotomat (ince ızgara), havalandırmalı kum ve yağ tutucu ve dengeleme havuzu üniteleri yer almaktadır. Gelen atıksular tesisin ilk girişinde penstock kapaklar ile donatılmış taşkın anlarında ve tesis kapasitesi üstünde gelen suyun bypass edilmesini sağlayan dikdörtgen alan bulunmaktadır. Bu alan iki ızgara kanallarını kapatan penstock kapaklar ile donatılmıştır. Izgara kanalları 1 asıl + 1 yedek olarak dizayn edilmiştir. Buna kısaca manuel ızgara kanalı ve mekanik ızgara kanalları olarak da tanımlayabiliriz. Asıl ızgara kanalı mekanik ızgara kanalı olup bu kanal içerisinde su

seviyesini ölçen ultrasonik seviye sensörü bulunmaktadır. Bu sensör sayesinde atıksuyun giriş kanal ızgara üzerindeki atıksu seviyesini ölçmesi ile tesisin scada sistemi ile haberleşmesini sağlayarak otomasyon sistemi üzerinde yazılan kodlanmış ünitelere komutlar göndermesi sonucu sistem çalışmasını sağlamaktadır. Tesisin ana parçalarından biri olarak görev yapmaktadır. Kanal devamında mekanik kaba ızgara bulunmaktadır. Kaba ızgaralar atıksu içerisinde gelene katı gözle görülür ve elle tutulabilir büyük parçaları sudan uzaklaştırma sistemine dayanmaktadır. Kaba ızgaradan geçen daha küçük parçacıklar ince ızgara çeşitlerinden kanal tipi içten akışlı mekanik döner tambur (rotomat) tip ekipmanı yer almaktadır. Gelen atıksu kanal yaklaşım hızlarına bağlı rotomat ekipmanından geçmesi ile atıksu içerisinde ince partiküller tutulması ile sudan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Bu partiküllerin büyük hacim kaplamasını önlemek adına ızgara pres ünitesine taşınması sonucu hacimleri yarı yarıya indirilerek tesisten uzaklaştırılmak üzere konteynerlere aktarılmaktadır. Kaba ve ince ızgaralardan geçen atıksu içerisinde oluşan katı partiküller bu üniteler sayesinde sudan uzaklaştırılmış olmaktadır. Manuel ızgara kanalında tesisin asıl ızgara kanalında planlanmayan arızaların geçici süre boyunca kullanılmaması için yedek kanal olarak dizayn edilmiştir. Kanal içerisinde 1 adet manuel elle temizlemeli kaba ve ince çubuk ızgara bulunmaktadır. Atıksu içerisinde oluşan katı ve iri maddelerin atıksu içerisinden uzaklaştırılması ile havalandırılmalı kum ve yağ tutucu ünitesine kendi cazibesi ile geçmektedir.

Havalandırılmalı kum ve yağ tutucuya gelen atık su içerisinde çakıl ve kum gibi inorganik maddeleri atıksudan ayırmak, arıtma tesislerindeki pompa ve benzeri teçhizatın aşınmasına ve çöktürme havuzlarında tıkanma tehlikesine engel olabilmek, hareketli mekanik ekipmanın aşınmasını önlemek, kanal ve borularda birikintileri engellemek ve kum birikiminden dolayı çamur çürütücünün temizlenme periyodunu azaltmak amaçları için kullanılacaktır. Kum tutucularda sadece, inorganik malzemelerin çökmesi istenmektedir. Organik maddelerin çökmesi halinde koku problemine sebep olabileceğinden çökmesi istenmez. Özellikle, yoğunluğu 2650 kg/m^3 ve tane çapları 0,1-0,2 mm'den daha büyük olan inorganik maddelerin tam olarak tutulmasını sağlamak için kullanılır. Kum tutucuların, istenen büyüklükteki katı maddeler tutulacak, arzu edilmediği halde tabana çökelen daha küçük çaplı katı maddeler ve organik maddelerin tekrar suya karışımı sağlanacak şekilde dizayn edilmiştir. Havalandırılmalı kum ve yağ tutucu üzerinde bir gezer köprü kullanılmıştır.

Kum tutucu gezer köprüye bağlı olarak kanal tabanında biriken kum vb. malzemeler kum pompası ile köprü çalışmasına bağlı olarak devreye girerek kum kanalına atıksuyun boşaltılması sağlanmaktadır. Kum kanalından kum ayırma ekipmanına gelen atıksuların içerisinde bulunan kumlu malzemelere ayrılması ve atık konteynıra kum ayırma ekipmanından boşaltılması sağlanmaktadır. Kum ayırma ekipmanından çıkan atıksular ise tekrar tesise girişine borular vasıtasıyla kendi cazibesi ile gönderilmektedir.

Havalandırılmalı kum tutucularda, basınçlı havalandırma ile hava aktarımı yapılmaktadır. Saatlik pik debilerde, 0,2 mm boyutundaki partikülleri, 2-5 dakikalık kalma süresinde gidermek üzere tasarlanmıştır ve havalandırma difüzörleri, kum tutucu havuz tabanının 0,45-0,60 m yukarısına yerleştirilmiştir. Tesiste OSB içerisindeki işletmelerden kaynaklanabilecek olan yağların atıksudan, atıksuda bulunan ve yoğunluğu sudan küçük olan yağ, gres, solvent ve benzeri yüzer maddeleri sudan ayırmak için yağ tutucular kullanılmıştır. Blower ekipmanı sayesinde hava aktarımı yapılan havalandırma işlemi ile yağların yüzdürülmesi sağlanarak yüzebilen yağların yağ kanalına yönlendirilmesi sağlanmış olmaktadır.

Gezer köprüünün hareket etmesi ile birlikte yağ kanalı yüzeyinde oluşan atıklar yağların yağ rögarına yönlendirilmesi sağlanmış olacak olup atık yağ kanalında toplanan atıklar yağ pompası ile yağ tutucu tankına pompa ile gönderilmesi sağlanmıştır. Havalandırılmalı kum ve yağ tutucu, tesise gelen atıksu debisine bağlı olarak kademeli bir şekilde çalıştırılabilmek amacı ile 2 ünite olarak tasarımı yapılmıştır. Ayrıca ünitelerin birinin bakım veya onarıma alınması esnasında atıksu diğer üniteden geçmesi sağlanmış olacaktır. Ünite girişlerinde bulunan sürgülü kapaklar ile tesis atıksu girişi kapatılarak istenilen kum tutucuya atıksuyun yönlendirilmesi sağlanmış olacaktır.

Atıksuyun ızgaralardan ve havalandırılmalı kum ve yağ tutucudan geçmesi ile içerisindeki katı ve iri partiküllerin ve kum ve yağ gibi kirleticilerin uzaklaştırılması ile cazibeli akış ile dengeleme havuzuna gelmektedir. Dengeleme havuzu; atıksuyun karakterizasyonundaki değişimleri minimize etmek, arıtma proseslerinde optimum şartları sağlamak olarak dizayn edilmiştir. Dengeleme havuzu atıksu debisi gün içerisinde değişiklik göstermesi ile bu değişimleri dengelemek, atıksu oluşumunda istenmeyen yüksek kirletici girişimlerini minimize etmek, atıksu karakterizasyonun

dengelenmesini sağlamak ve tesisin arıtma verimini optimum şartlarda tutmak olarak tasarlanmıştır. Dengeleme havuzunda bekleme süresi uzun tutulması ile atıksuyun septik şartlar oluşmasını engellemek için karıştırılması ile önüne geçilmektedir. Yaygın olarak mekanik karıştırıcı veya hava karıştırıcıları yer almaktadır. Atıksuyun sadece karıştırılması, septik şartların oluşmasının önüne tek başına geçmemesi nedenine bağlı beraberinde hava aktarımı sağlanarak suya oksijen kazandırılması sağlanarak koku oluşumunun önüne geçilmektedir. Tesis tasarımı olarak dengeleme havuzu içerisinde hava ve karıştırma olarak 2 yöntem mevcuttur.

Hava aktarımı, kabin blower ile frekans konvertörlü çalışma prensipli ve karıştırma olarak jet mikserler havuz içerisinde mevcuttur. Hava su içerisinde difüzör vasıtasıyla hava kabarcıklı tip şeklinde aktarım sağlanmaktadır. Jet mikserler ve blower havuz içerisinde yer alan ultrasonik seviye sensörüne bağlı olarak durup çalışma periyodları mevcuttur. Havuz seviyesinin belirlenen limit altına düşmesi ile jet mikserlerin çalışmasının durdurulması ve aynı zamanda blower frekans konvertörleri üzerindeki komut sayesinde hava debisinin düşürülmesi gibi çeşitli fonksiyonlar otomasyon sistemi üzerinden kontrol edilmektedir.

Dengeleme havuzu içerisinde atıksu 4 ile 16 saat arasında bekletme süreleri mevcut olup debi değişkenliği debi miktarına bağlı olarak bu değerler değişmektedir. Kısa süreli bekleme zamanı içerisinde havuz boyutlandırma sadece karıştırıcılar yer alırken bu süre uzun olması halinde hava ve karıştırma birlikte dizayn edilmektedir. Dengeleme havuzları uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi havuz boyut tasarımına göre boyutlandırılması ile dengeleme havuzu içerisinde, aerobik, anoksik ve anaerobik fazların yer alması sonucu bu sayede atıksu içerisindeki yükseltgenen maddelerin oksitlenebilmesi BOİ giderimini etkilemektedir. Dengeleme havuzu kesikli reaktörler için uygun bir tasarıma sahip olması nedeni ile kesikli sistem bir tesis genelinde yaygın olarak bulunmaktadır.

Atıksuyun, ilk arıtma prosesleri fiziksel arıtmadan geçerek arıtılması ile en son dengeleme havuzuna gelmesi sonucu içerdiği katı iri maddeler, yağ ve gres ve inert (kum, silt vb.) maddelerin uzaklaştırılması sağlanmış olmaktadır. Atıksuyun dengeleme havuzuna kadar kendi cazibesi ile geçişi sağlanmaktadır. Dengeleme havuzu içerisinde biriken atıksuyun ünite içerisinde yer alan terfi pompaları sayesinde, sonraki prosesler kimyasal arıtmaya geçmektedir. Tesis içerisinde tek terfi ünitesi olup

daha sonra akışın cazibeli olması şeklinde arazi seçimi ve havuz dizaynları gerçekleşmiştir.

Kimyasal Arıtma Prosesi: Endüstriyel içerikli atıksu karakterizasyonun işletmelerde üretimlerden kaynaklanan nedenlerden dolayı bazı zamanlarda yüksek konsantrasyonlarda atıksu geldiği görülmektedir. Tespit edilemeyen anlık olarak deşarjlar yapılması veya üretimden kaynaklanan yüksek kirleticilerin neden olması, havalandırma havuzunda bulunan bakterilerin yaşam formlarının faaliyetlerine devam etmesine yönelik etkisini inhibe etmek açısından kimyasal arıtma ünitesinden geçerek kirletici parametrelerinin biyolojik arıtma prosesi tasarım kriterleri boyutlarına indirilmesi olmaktadır. Endüstriyel atıksular asidik veya bazik olması nedeni ile alıcı ortama deşarj edilmeden kimyasal ve biyolojik havuzda pH kontrolü yapılması gerekmektedir. Kimyasal arıtma prosesi içerisinde nötralizasyon ünitesi yer alıp arıtma tesisi çalışması için belirlenmiş optimum pH değeri sürekli olarak kontrol edilmektedir.

Dengeleme havuzu terfi pompaları ile terfi edilen atıksu ilk olarak nötralizasyon, koagülasyon ve flokülasyon ünitelerinden geçerek kimyasal çöktürme havuzuna ve ardından biyolojik ünite olan ardışık kesikli reaktöre (SBR; AKR) cazibeli olarak geçiş sağlamaktadır. Terfi edilen atıksu, debimetre ekipmanından geçirilmesi ile tesis veriminin kontrolü ve tesisin çalışma şartlarına uygun debi de sabit akışlı bir akım sağlanması yer almaktadır. Debimetre ekipmanından geçerek atıksu pH dengelemesi için nötralizasyon prosesine gelmektedir.

Burada atıksu içerisinde NaOH (Sodyumhidroksit) ve HCl (Hidroklorik asit) kimyasal ürünler dozajlanması ile atıksu için ihtiyaç duyulan pH değerine çıkarılmak için kullanılmaktadır. Optimum pH seviyesine gelen atıksu koagülasyon havuzuna cazibeli akış ile geçerek burada alüm (Al_2SO_4) kimyasalı dozajlanması ile atıksu içerisindeki kolloidal ve askıda formlarında yer alan maddelerin koagülant madde yardımı ile pıhtı haline gelmesi sağlanarak yer çekimi kuvveti ile sudan ayrılmasını sağlayan temel prensiplerden biri olmaktadır.

Askıda ve kolloidal yapıda yer alan maddeler fiziksel arıtma yöntemleri ile giderimi sağlanamamaktadır. Koagülant madde ile maddelerin zeta potansiyeli ile birbirlerine çekim kuvveti oluşturması ile pıhtı haline gelmesi sağlanmaktadır. Pıhtı haline gelen

kolloidler sudan ayrılmak için yeterli öz kütle ve yer çekim kuvvetine aykırı hareket etmesinden kaynaklı flokülasyon havuzuna cazibeli olarak geçiş sağlamaktadır. Flokülasyon havuzu içerisinde anyonik polielektrolit dozajlanması sağlanarak pıhtılaşan taneciklerin yumaklar haline gelerek öz kütlelerinin artması ile yer çekimi kuvveti ile su içerisinde çökelme hareketini gerçekleştirecek forma geçmesi sağlanmış olmaktadır. Atıksu içerisine ilave edilen anyonik polielektrolit büyük organik maddelerin adsorpsiyonu ve tanecik-polimer-tanecik köprülerinin oluşumunu gerçekleştirmektedir. Yumak haline gelen partiküller gözle görünür ve çökelebilir forma ulaşması ile kimyasal çöktürme havuzuna geçerek burada yer çekimi kuvveti ile atıksu içerisinden ayrılabilen maddelerin ayrımının sağlandığı ünite olmaktadır. Burada atıksu düşük hızlarda dönen köprü ve çamur sıyrıcı ile havuz boyutlandırması konik olan hazneye çamur birikmesi ile atıksu çökelebilen maddelerden ayrılmış olmaktadır. Dibe çöken çamurlar sıvı fazda olup pompalar yardımı ile çamur yoğunlaştırma havuzuna alınarak burada katı madde oranının dengede tutulması sağlanmaktadır. İçerisinden ayrılan maddeler ile temizlenerek savaklardan akarak biyolojik arıtma prosesine geçiş sağlamaktadır.

Kimyasal arıtma prosesi, kimyasal çöktürme havuzu ile tamamlanmış olmaktadır. Bir sonraki ünite olan biyolojik prosese belirli oranda arıtılmış olan atıksu, biyolojik arıtma tesisi tasarımı için uygun kriterlere getirilerek atıksu sonraki aşamaya geçmiş olmaktadır.

Biyolojik Arıtma Prosesi: Kimyasal arıtma prosesinden gelen atık sular cazibe ile ardışık kesikli reaktöre gelmektedir. Tesiste mevcut durumda iki adet SBR tankı kullanılmaktadır. Tesiste kapasite artışına bağlı olarak aynı kapasitede iki adet yeni SBR tankı mevcuttur. Tesise gelen günlük debi belirlenen çalışma aralıklarında bu iki üniteye atık suyun iletilmesi sağlanmaktadır. Ardışık kesikli reaktör aktif çamurlu biyolojik arıtma yöntemlerinden biri olup; çözülmüş madde, askıda katı madde ve nutrient gideriminde kullanılmaktadır. Yağ, şeker, karbonhidrat ve protein gideriminde %99 verime sahiptir. Yüksek miktarda karbon oksidasyonu, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve fosfor giderimi sağlanmaktadır.

SBR reaktörü 4 fazdan oluşmaktadır bunlar, doldurma, karıştırma ve havalandırma, çökelme ve boşaltma fazlarıdır. SBR tankı çalışma prensibi olarak dengeleme havuzunda toplanan atık sular pompa ile kimyasal arıtma ünitelerinden geçtikten sonra

dağıtma yapısına gelir ve burada ünite çıkışında bulunan elektrik aktuatörlü vanalar yardımı ile SBR reaktöre suyun iletilmesi sağlanmış olacaktır. Böylece SBR reaktörü doldurma evresi başlar. Reaktörde belirlenen seviyeye kadar dolum devam eder ve ünite içerisinde bulunan Ultrasonik seviye göstergesine göre otomasyonda belirlenen seviyeye göre üniteye atıksu alınmaktadır. SBR tankında azot ve fosfor giderimi için havasız ve anoksik şartların oluşumu sağlanmaktadır. Ardışık kesikli aktif çamur tesislerinde azot giderimi için uygun olmakla birlikte bu aşamada biyolojik fosfor giderimi için de anaerobik şartlar sağlanmış olmaktadır. SBR reaktöründe belirlenen seviyeye ulaşılması durumunda otomasyon üzerinden terfi pompaları otomatik olarak devre dışı kalarak üniteye atıksu alımını durduracaktır. Doldurma evresinde atıksuyun karıştırılması ile anoksik şartların oluşması azot ve fosfor giderimi için önem arz etmektedir ve bu şekilde ayrı bir azot fosfor giderim ünitesi ihtiyacı oluşmamaktadır. Bu şekilde SBR reaktörün ilk fazı olan doldurma fazı tamamlanmış olacaktır. İkinci faz olan havalandırma ve karıştırma fazı, bu aşamada ünite içerisinde bulunan difüzörler yardımı ile atık suyun oksijen kazanması sağlanmaktadır.

Çalıştırılan kabin blower ile ünite içerisinde karışım sağlanmakta ve ünite içerisinde havalandırma işlemi yapılmış olmaktadır. Ünite içerisinde monte edilmiş olan oksijen metre yardımı ile oksijen konsantrasyonu ölçülerek oksijenmetre de set edilen değerde kabin blowerın çalışması sağlanarak oksijen seviyesinin optimum değerde tutulmuş olacaktır. Blower otomasyon sisteminde belirlenen sürelerde ve set oksijen değerinde atıksuyun havalandırılması ve bu sayede karıştırılması sağlanmış olacaktır. Üçüncü faz olan çökelme fazı, havalandırma ve karıştırma fazı sonunda blower durdurularak aktif çamurun ünite içerisinde çökmesi ve buna bağlı olarak azot giderimi de sağlanmış olmaktadır. Bu faz çökelme evresi olarak adlandırılır ve bu aşamada ünite içerisinde herhangi bir ekipman çalıştırılmaz ve aktif çamurun yoğunluk farklı nedeni ile ünite içerisinde çökmesi beklenilmektedir. Dördüncü faz olan boşaltma fazı, otomasyon sisteminde belirlenen programlara göre çökelme fazı sonunda ünite içerisinde bulunan ve ünite üst kısmında bulunan arıtılmış atıksu SBR reaktörü çıkışında bulunan elektrik aktuatörlü vananın otomatik olarak açılması ile arıtılmış atıksu cazibe ile dezenfeksiyon prosesine geçmektedir.

Son faz olan boşaltma evresi ile atıksu, biyolojik arıtımı gerçekleşmiş olmakla birlikte atıksu içerisindeki kirleticilerin bakteriler tarafından giderimi sağlanarak S.K.K.Y.

deşarj standartlarında arıtılmış atıksu oluşumu gerçekleşmiştir. Bakterilerin kirleticiler ile beslenmesi ile yeni hücre oluşumu meydana gelerek fazla çamur pompası ile çamur yoğunlaştırma havuzuna aktarılmaktadır. Bu sayede çamur yoğunlaştırma havuzunda kimyasal ve biyolojik çamur birikimi sağlanmış olmaktadır.

Dezenfeksiyon Prosesi: Ardışık kesikli reaktörde belirlenen zaman aralıklarında elektrik aktuatörlü vanalar iledeşarj yapılmaktadır. Buradan çıkan arıtılmış su içindeki patojen mikroorganizmaların yok edilmesi amacı ile dezenfeksiyon yapısından geçmektedir. Dezenfeksiyon ünitesi suyun en son geçtiği ünedir. Burada klor ile dezenfeksiyon uygulaması yapılmaktadır. Bu işlem atıksu içerisine klor dozajı yapılarak kanaldan suyun geçerek temas edilen süre boyunca inhibe etki esasına dayanır. Klor; bakteriler, bakteri sporları, mantarlar, virüsler ve diğer mikroorganizmaların üzerine etkili olmaktadır. Klor su içerisine dozajı 1 asıl + 1 yedek olmak üzere 2 adet asit pompası tarafından gerçekleştirilmektedir. Klor ile temas eden arıtılmış atıksu devamında sistem verimlerini ölçmek için arıtılmış atıksu debimetresinden geçerek sistem üzerinden tesis performansı izlemesi yapılmaktadır. Bu sayede arıtma tesisi verimleri günlük, aylık veya senelik olarak takibi yapılması olanağı sağlamaktadır.

Endüstriyel atıksu arıtma tesisine gelen atıksu fiziksel proseslerden geçerek en son dezenfeksiyon prosesine kadar süreç tamamlanarak alıcı ortamadeşarj edilmektedir. Bu sayede atıksu içerisinde oluşan kirletici parametreler arıtma prosesleri ile giderimi sağlanarak suyun S.K.K.Y. kapsamındadeşarj edilmesi uygun görülen limitlerin altına indirilerek çevre ve insan sağlığının korunmasına fayda sağlamaktadır.

Çamur Susuzlaştırma Prosesi: Endüstriyel atıksuyun içerisinde yer alan kolloidal ve askıda maddelerin kimyasal dozajlanması ile oluşan çamurlara kimyasal çamur ve ayrıca biyolojik olarak parçalanmış kirleticilerin oluşturduğu çamur cinsine aktif çamur denilmektedir. Bu çamur oluşumları kimyasal ve biyolojik proses ünitelerinde yer alan fazla çamur pompaları ile çamur yoğunlaştırma havuzuna borular yardımı ile taşınmaktadır.

Tesis içerisinde çamur susuzlaştırma ünitesi prosesleri olarak; çamur yoğunlaştırma havuzu, dekantör, otomatik katyonik polielektrolit hazırlama üniteleri yer almaktadır. Çamur yoğunlaştırma havuzuna gelen çamurlar, havuz içerisinde havalandırma

karıştırma işlevini aynı ekipman ile yerine getiren mekanik aeratör bulunmaktadır. Çamur yoğunlaştırma havuzu içerisinde çamurun içerdiği biyolojik ve kimyasal çamur ile oluşabilecek koku ve septik şartların oluşmasını engellemek ve dekantörün verimli çalışabilmesi için homojen karışım sağlamak için hava verilmesi gerekmekte olup gerekli hava aeratör ekipmanı tarafından sağlanmaktadır.

Çamur yoğunlaştırma havuzundan alınan çamurun susuzlaştırılması için dekantör ünitesi kullanılmıştır. Dekantör, yüksek hızda dönen tambur ve tamburlar aynı eksen içerisinde farklı hızla dönen helezon, hız farkını ayarlayan tahrik grubu ile dönen elemanları taşıyan gövdeden oluşmaktadır. Ayrıştırılacak katı-sıvı süspansiyonu dekantöre ait dönerli besleme haznesine besleme borusu ile sıvı çamur girmektedir. Merkez kaç kuvveti etkisi ile sıvı çamur helezon besleme haznesinden tambura girer ve tambur yüzeyine doğru yoğunluk farkı ile yağ ve su gibi yüzeyde katman oluşturmaktadır.

Dekantör susuzlaştırma işleminin verimli olması için otomatik katyonik polielektrolit hazırlama ünitesi içerisinde hazırlanan polielektrolit pompalar yardımı ile yapılmaktadır. Dekantör içerisine beslenen sıvı çamur ayrımını etkin role sahip katyonik polielektrolit ile maksimum verim ile katı-sıvı ayrımı gerçekleşmiş olmaktadır. Çamur yoğunlaştırma havuzunda %4 katı madde oranına sahip sıvı çamur dekantör ünitesi ile birlikte %20-25 KM oranına çıkaracak sisteme sahip olmaktadır. Katılar dekantör katı çıkış bölmesinden sıvılar sıvı çıkış bölmesinden ayrılarak, katılar çamur depolama alanına, sıvılar ise tesis girişine gönderilmektedir. Dekantör ünitesinde katı- sıvı faz ayrımı gerçekleşmesi ile çamurun arıtılma işlemi tamamlanmış olmaktadır.

3.1.2 Acıgöl organize sanayi bölgesi durumu ve altyapısı

Nevşehir İli Acıgöl İlçesi 1525 yılında başlayıp Kırşehir, Ankara, Niğde ve en son 4 Temmuz 1987 yılında TBMM kararıyla 19507 sayılı Resmî Gazete 'de ilan edilmesi ile ilçe olarak kabul edilmiştir. Bu duruma göre Acıgöl, Nevşehir'in 7. İlçesi konumundadır. 1987 yılında İlçe olması sonrası resmi daireler ve kaymakamlık Ağustos 1988 yılından itibaren fiilen göreve başlamıştır. Acıgöl İlçesi Nevşehir İli Merkezine 30 km. uzaklıkta Batı yönünde yer almaktadır (Anonim, 2019). Acıgöl İlçesinin Nevşehir İl Merkezine olan uydu görüntüsü Şekil 3.12'de gösterilmektedir



Şekil 3.12. Acıgöl İlçesi ile Nevşehir İl Merkezi arası gösterir uydu görüntüsü.

Acıgöl OSB; Nevşehir il Merkezine 35 km mesafede Acıgöl ilçesi sınırları içerisinde yer alan yerleşim alanında kurulmuştur. Nevşehir İli Acıgöl İlçesi Aksaray yolu istikametinde 7. km’de Aksaray yoluna sınırı olup güney yönüne kurulmuştur.

Acıgöl OSB yakınında bulunan Acıgöl İlçe gelişimine ve halkına istihdam ışığı öngörülmesi ile kurulumu gerçekleşmiştir. Bölge halkı geçimini tarım ve hayvancılık sektörleri ile uğraşarak hayatlarını sürdürmektedir. Acıgöl OSB kurulumun öngörülmesi, İlçe halkının göçlerini engellemek ve göç alan şehirlerin kapasite taşkının önüne geçmektir (Anonim, 2019).

Acıgöl OSB 2003 yılında ilk temeli atılmıştır. İlk kurulum aşamasında Nevşehir İl Özel İdaresi, Nevşehir Ticaret ve Sanayi Odası ve Acıgöl Belediyesi ortakları ile 2003 yılında kurulumu başlanarak Acıgöl Organize Sanayi Bölgesi olarak kurulmuştur. 2003 yılında Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına bağlı kurulumu gerçekleşen Acıgöl OSB, 63 sicil numarası ile kayıtlı Organize Sanayi Bölgesi olmuştur (Anonim, 2019). Acıgöl OSB ile Acıgöl İlçesi arası uydu görüntüsü Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Acıgöl OSB ile Acıgöl ilçesi arası gösterir uydu görüntüsü.

Acıgöl OSB, 157,9 hektar alan içerisinde 88 Sanayi parseli yer almaktadır. Acıgöl OSB 2003 yılında 2 etap kurulması planlanmış olup 50 hektarlık alan ile 1. Etap kurulmuştur. 1.Etap içerisinde 42 sanayi parseli olmakla beraber, 22 adet faal, 6 adet inşaat ve 14 adet proje halinde firmalar yer almaktadır. 2. Etap için 46 adet sanayi parseli yer almakla birlikte, 2.Etap eksiklikleri nedeni ile hizmet verilememektedir.

Acıgöl OSB içerisinde faaliyet gösteren firmalar; gıda, metal, geri dönüşüm, kozmetik, elektrik ve mobilya ve diğer sektörlerinde firmalar yer almaktadır. Acıgöl OSB 6 adet

sektör üzerinde yoğunluk olmasından kaynaklı inceleme yapılmaktadır. Acıgöl OSB içerisinde yer alan firmaların Acıgöl OSB'nin alan dağılımı, sektörel bazlı oranları Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10 'da gösterilmektedir.

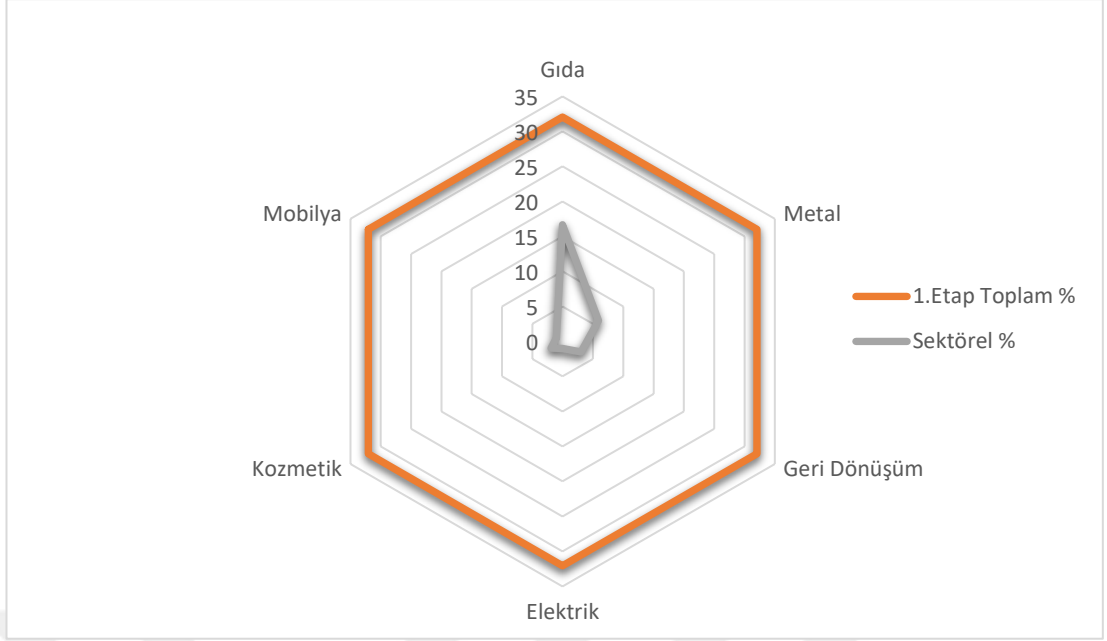
Çizelge 3.9. Acıgöl OSB alan dağılımı.

Nevşehir OSB	Alan (m²)	OSB Alanı Oranı (%)
Sanayi alanları	932252	59
İdari Tesis Alanı	10278	1
Sosyal Tesis Alanı	41832	3
Park	61817	4
Sağlık Koruma Bandı	324643	20
Teknik Altyapı Alanı (AAT)	24310	1
Yollar + Otopark	173634	11
Tır Parkı	10881	1
Toplam	1579647	100

Çizelge 3.10. Acıgöl OSB alanı sektörel oranları.

Sektör	Alan (m²)	OSB Alanı Oranı (%)
Gıda	83365,67	16,67%
Metal	29565,65	5,91%
Geri Dönüşüm	15073,15	3,01%
Elektrik	5000,02	1,00%
Kozmetik	9531,02	1,91%
Mobilya	5213,97	1,04%
Toplam	147749,48	29,55%
1.Etap Toplam	500000	32,05%

Acıgöl OSB alanının %59'luk kısmını OSB Sanayi Alanları oluşturmakla beraber bu alanın %29,55'lik kısmını faal durumda olan firmalar kapsamaktadır. OSB'nin toplam alanı içerisinde, ortak kullanım alanları, sağlık koruma bandı, yol ve otoparklar ve arıtma tesisi alanı olarak %41'lik alanı kapsamaktadır. Acıgöl OSB'nin doluluk oranı Şekil 3.14'de gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Acıgöl OSB'nin sektörel doluluk oranı ile toplam ve 1.etap alan oranları.

Acıgöl OSB içerisinde 88 sanayi parseli içerisinde 1.Etap içerisinde 42 adet sanayi parseli yer almaktadır. OSB içerisinde 22 Firma faaliyetlerini sürdürmekte ve 20 firma inşaat ve proje aşamasındadır. Acıgöl Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren farklı sektörler ile toplam 730 kişi istihdamı sağlanmaktadır.

Firmaların çeşitli sektörlerde üretimleri mevcuttur. OSB içerisinde ağırlıklı olarak gıda, kozmetik, geri dönüşüm ve metal sektörü yer almaktadır. OSB bünyesinde istihdam edilen 730 kişi, katılımcılar tarafından bölge halkını kalkındırmayı sağlamaktadır. Acıgöl OSB bünyesinde yer alan firmaların sektörel ağırlıklı istihdam oranları Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Acıgöl OSB sektörel istihdam oranları.

Sektör	İstihdam Sayısı (kişi)	İstihdam Oranı (%)
Gıda	632	86,58%
Metal	29	3,97%
Geri Dönüşüm	25	3,42%
Elektrik	10	1,37%
Kozmetik	30	4,11%
Mobilya	4	0,55%
Toplam	730	100

Acıgöl OSB, 4562 sayılı OSB Kanunu'nda tanımlanan; “sanayinin uygun görülen alanlarda yapılanmasını sağlamak, çarpık sanayileşme ve çevre sorunlarını önleme, kentleşmeyi yönlendirmek, kaynakları rasyonel kullanmak, bilgi ve bilişim teknolojilerinden yararlanmak, sanayi türlerinin belirli bir plan dahilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla; planlı bir şekilde ve belirli sistemler dahilinde sanayi için tahsis edilmesiyle oluşturulan ve bu kanun hükümlerine göre işletilen mal ve hizmet üretim bölgeleri” kapsamında kurulmuş olup OSB’ler için ilgili yönetmelikler ve kanunlar gereği yürütülmesi esas alınmaktadır.

Acıgöl OSB içerisinde yer alan sanayi parselleri 30674 sayılı OSB Uygulama Yönetmeliği'ne göre imar planı oluşturulmuştur. Bu plan içeriğinde sanayi alanları belirlenmesinde düzenli olması esası göz önüne bulundurulmasına yönelik 4000 m²'den büyük olan imar parselleri yer almakta olup imar planına ait veriler Şekil 3.15’de verilmiştir (Anonim, 2019).



Şekil 3.15. Acıgöl OSB 1/1000 ölçekli 2019 yılı nazım imar planı (Anonim, 2019).

Acıgöl OSB 2003 yılında kurulması sonrası OSB bölgesinin altyapı ve üst yapı hizmetleri kurulumu gerçekleştirilmiş olup halen ihtiyaç duyulan eksiklikler mevcuttur. Sanayi bölgesinin kurulum zamanında altyapısı olarak içme ve kullanma suyu, kanalizasyon, elektrik hatları ile sağlık koruma bandı, OSB içi parke ve asfalt serimi yapıları gerçekleştirilmiştir.

OSB içerisinde üst yapı olarak sosyal ve dini alanların projeleri mevcut olup inşaat aşamasına geçilememiştir. OSB'nin ihtiyaç duyduğu idare bina ihtiyacı için Acıgöl OSB güncel gündemleri arasında idare binası yapımı için gerekli çalışmalar yapılmaktadır.

Acıgöl Organize Sanayi Bölgesi içerisinde faaliyet gösteren firmalara, OSB tarafından verilen hizmetler içeriğinde; içme ve kullanma suyu, kanalizasyon hattı ve atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilmektedir. Acıgöl OSB içerisinde faaliyet gösteren işletmelere, telekomünikasyon ve elektrik hizmetlerini Nevşehir İli genelinde altyapısı mevcut kurum/kuruluşlar hizmet vermektedir.

İçme ve kullanma suyu isale hattı, 2003 yılında OSB'nin kurulumu ile yapılmış olup halen 1.Etap OSB alanına hizmet etmektedir. Acıgöl OSB, içme ve kullanma suyunu şehir şebeke hattı 7 km uzaklıkta olduğundan sanayi bölgesine su getirme imkânı sağlanamamasından kaynaklı OSB sınırları içerisinden sağlamaktadır. Acıgöl OSB içme ve kullanma suyu ihtiyacı su kuyuları ile sağlanmaktadır. Acıgöl OSB'nin alanı dağlık araziye kurulması ile dağın zirve noktasına kurulan su deposu ile suyun kendi cazibesi ile akışı sayesinde elektrik maliyetinden tasarruf edilmektedir.

Acıgöl OSB'nin bulunduğu alan içerisinde su kuyu planlamaları bölgenin yer altı su kaynakları bakımından fakir bir bölge de yer aldığı görülmektedir. Acıgöl OSB alanın alt bölgesinde açılmış su kuyuları mevcut olup Acıgöl OSB'nin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan su kuyuları mevcuttur. Acıgöl OSB su kuyuları kapasiteleri ile OSB'nin ihtiyaç duyduğu kapasitenin ilk zaman diliminde yeterli görüldüğü fakat zamanla gelişen ve değişen teknoloji ve yeni yatırımcıların OSB içerisinde faaliyet göstermesi ile mevcut durumdaki su kuyuları OSB ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmiştir. Acıgöl OSB ihtiyacını karşılayan su kuyuları 2 adet olup toplamda 500 m³ kapasiteye sahiptir. Acıgöl OSB'nin su kuyularının kapasiteleri Çizelge 3.12'de verilmiştir. (Anonim, 2014).

Çizelge 3.12. Acıgöl OSB'nin içme ve kullanma suyu su kuyuları kapasiteleri.

Kuyu No	Kapasite
1	2,8935 l/sn
2	2,8935 l/sn
Toplam Günlük	500 m ³ /gün *

$$*5,787 \text{ l/sn} \times 1 \text{ m}^3/1000 \text{ l} \times 86400 \text{ sn/gün} = 500 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Acıgöl OSB'ye içme ve kullanma suyu teminine OSB alanı sınırlarında yer alan bölgede iki adet derin su kuyusu bulunmaktadır. Kuyular, içme ve kullanma suyu niteliğinde 100-120 m arasında su çıkarmaktadır. Son zamanlarda OSB'nin ihtiyaç duyduğu su temini sorunu meydana gelmektedir.

OSB içerisinde katılımcıların su ihtiyacını karşılamakta zorluk çeken OSB yönetimi bu sorunun çözümü için 2019 yılında fizibilite çalışması yapılması ile yakın civarda su kuyusu açılması ile su ihtiyacının buradan karşılanması öngörülmüş olup gelecek zamanlarda bu proje faaliyete geçmesi planlanmaktadır. Mevcut durumda gıda sektörü içerisinde yer alan katılımcılar ihtiyaç duyduğu içme ve kullanma suyu teminini taşıma suyu ile sağlamaktadır. Bu taşınım ile atıksu arıtma tesisine planlanan oluşum debisinden fazla debide atıksu gelmektedir.

Kuyular mevcut durumda 2 asıl yedeksiz olacak şekilde toplamda 2 adet olmaktadır. Kuyular su seviyesine bağlı olarak başla/dur komutlarına bağlı otomasyon sistemi ile çalışması sağlanmaktadır. Kuyuların motor ve ekipman bağlantıları mevcut durumda bölgenin su temini, faaliyet gösteren kuyulardan 2,8935 l/sn x 2 adet olmak üzere 5,787 l/sn kapasitede su sağlanmaktadır. Kuyulardan emilen su 10000 m³'lük depoya alınarak klorlama ile kendi cazibesi ile isale hattını beslemektedir.

Acıgöl OSB kurulduğu yıl kanalizasyon hattı döşenmesi yapılmıştır. Yağmur suyu hattı kanalizasyon hattı ile birlikte ayrık sistem olarak OSB alanının 1.Etap kısımlarına faaliyet vermektedir. Kanalizasyon ve yağmur hatlarının ayrık sistem olması arıtma tesisi için uygun bir sistem tercihidir.

Acıgöl OSB içerisinde katılım gösteren firmaların atıksularının toplanması için kurulan kanalizasyon hattı sanayi bölgesinin %100 doluluk oranına göre

projelendirilmiş olup hat yapım işleri tamamlanmıştır. Mevcut durumda kanalizasyon hattı OSB sektörel atıksu oluşum oranına göre %60'lık atıksu oluşumu mevcuttur.

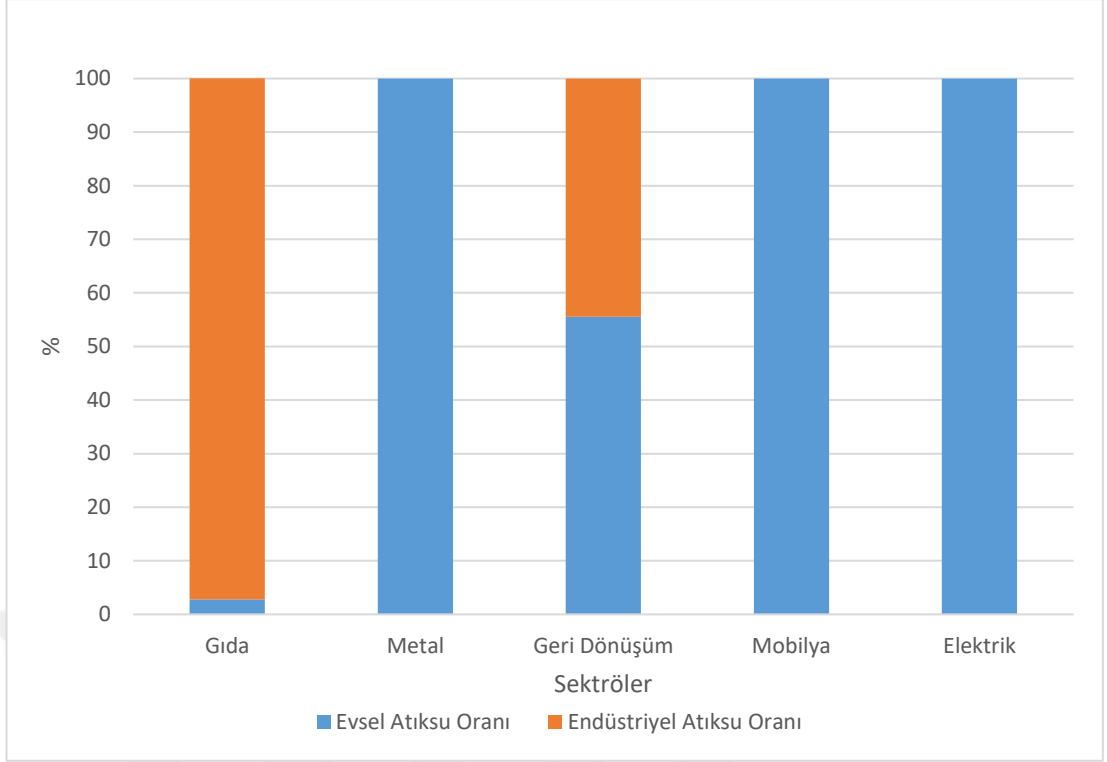
İçme ve kullanma suyu kanalizasyon hattının %20'lik kısmını oluşturmakta olup taşıma sularının %40'lık bir oran kapsadığı görülmüştür. Acıgöl OSB atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksu yer altı borulama sistemi ile Bölükören Sulama Barajına taşınmaktadır. Tesis kurulumunda, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İller Bankası, Acıgöl Belediyesi ve Nevşehir İl Özel İdaresi tarafından hibe destekleri ile ortak bir atıksu arıtma tesisi kurulmuştur (Anonim, 2019).

Acıgöl OSB'nin mevcut 22 katılımcısı arasında en fazla atıksu oluşum gösteren 12 katılımcı dikkate alınmış olup 10 katılımcının sezonluk faaliyete geçmesi sonucu atıksu oluşum miktarları %1'in altında olması nedeni ile göz ardı edilebilir seviyede olmaktadır. Bu nedenle 10 katılımcı atıksu oluşum analizine girmemiştir. Atıksu arıtma tesisi tasarımı, Acıgöl OSB katılımcıları tarafından oluşan endüstriyel atıksuları ve sanayi bölgesinin gelişmesi sonucu katılımcıların artması ile toplam debinin artışına bağlı tesisin debiyi karşılayacak kapasitede kurulumu planlanmıştır.

Acıgöl OSB AAT 2014 yılında başlanılmış olup 500 m³/gün kapasiteli kurulmuş ve 2019 yılı itibari ile kapasite artışı sonucu toplam 1500 m³/gün kapasiteli endüstriyel atıksu arıtma tesisi olarak kurulmuştur. Atıksu Arıtma tesisi için atıksu oluşum debisi içme ve kullanma suyu debisi ve firmaların tedarik ettiği taşıma su miktarlarına göre minimum ve maksimum debi 1000-1500 m³/gün olarak öngörülmüştür.

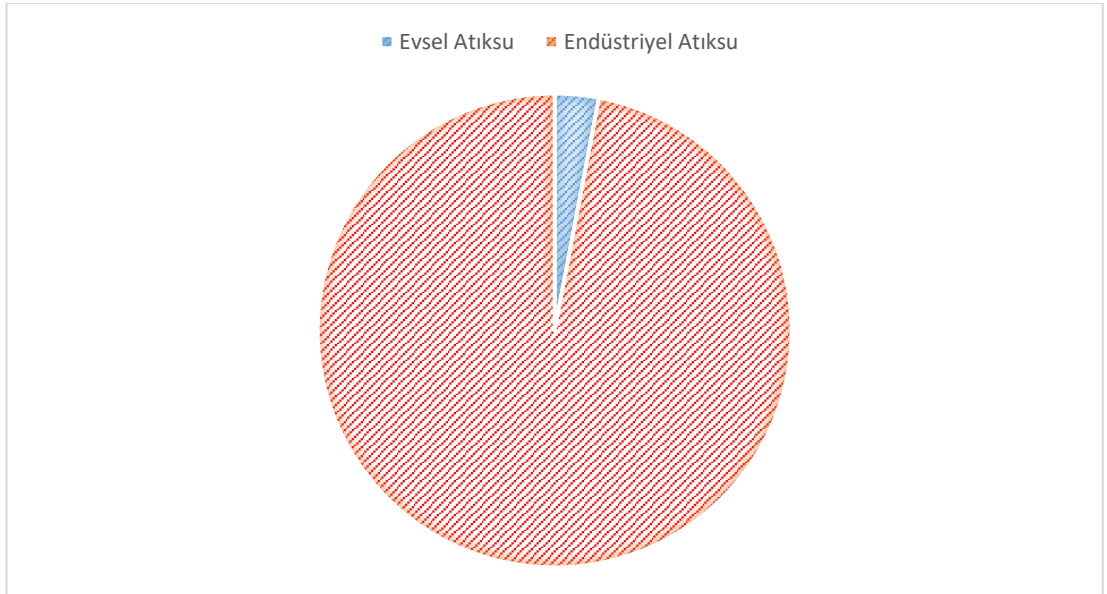
Acıgöl OSB içerisinde faaliyet gösteren firmaların atıksu oluşum gösteren en yüksek debi kaynağı gıda sektörü olmaktadır. Gıda sektörünün ardından yüksek debi yükü sağlayan kozmetik sektörü olmaktadır. Atıksu oluşumlarının endüstriyel ve evsel oluşumları sektörler arasında; endüstriyel nitelikli gıda ve kozmetik, evsel nitelikli metal, mobilya, elektrik ve geri dönüşüm sektörleri olmaktadır.

Acıgöl OSB içerisinde gıda, metal, geri dönüşüm, mobilya ve elektrik sektörlerinin atıksu oluşumu gözlemlenmiştir. Atıksuların oluşum nitelikleri; faaliyet, işçi sayısı, makine ve ekipman sayısına bağlı değerlendirilmiştir. Acıgöl OSB'nin sektörel bazda atıksu oluşum oranları Şekil 3.16'da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Acıgöl OSB sektörel bazlı atıksu oluşum oranları.

Şekil 3.17 'de Acıgöl OSB'nin endüstriyel ve evsel nitelikli atıksu oluşum oranları verilmiştir. Şekilden anlaşılabacağı üzere atıksu oluşum niteliklerine bağlı olarak atıksuların ortalama %3 evsel ve %97 endüstriyel nitelikli atıksular olduğu görülmektedir.



Şekil 3.17. Acıgöl OSB endüstriyel ve evsel nitelikli atıksu oluşum oranları.

3.1.2.1 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi durumu ve tasarımı

Acıgöl OSB'nin endüstriyel atıksu arıtma tesisi 2013 yılında proje ve inşasına başlanılmış olup 2014 yılı itibari ile tamamlanması sonucu işletmeye alınarak atıksuların arıtılmasına başlanılmıştır. Tesis ilk kurulduğunda 500 m³/gün kapasiteli olacak şekilde tasarımı yapılmıştır. 2019 yılı itibari ile mevcut durumda atıksuyun sanayinin gelişmesi ile birlikte 500 m³/gün kapasitenin yetersiz kaldığı görülmüş olup 1000 m³/gün 'lük bir artış ile 1500 m³/gün atıksu arıtma tesisi kapasitesine sahip olmak için projelendirme başlamış olup 2020 yılı başlarında tamamlanmıştır. 1500 m³/gün 'lük atıksu arıtma tesisi 2021 yılı itibari ile tamamlanması öngörülen Acıgöl OSB AAT, 1500 m³/gün kapasiteye sahip atıksu arıtım kapasitesine ulaşacaktır. Mevcut durumda paket atıksu arıtma sistemi ile kurulmuş olan Acıgöl OSB arıtma tesisi betonarme tesis olarak yapılması için gerekli plan ve proje hazırlanarak çalışmalara başlanılacaktır. Acıgöl OSB arıtma tesisi ve OSB yerleşim yerleri aşağıdaki Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Acıgöl OSB 1/1000 imar planı üzerinde atıksu arıtma tesisi yeri gösterimi.

Acıgöl OSB Atıksu Arıtma Tesisi, OSB içerisinde arıtma tesisi için yer verilen alana kurulmuştur. 4000 m² alana kurulan Atıksu arıtma tesisi endüstriyel nitelikli atıksuların arıtılması için gerekli fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemlerine sahip prosesler kurulmuştur. Arıtma tesisi, Organize Sanayi Bölgesi içerisinde Acıgöl İlçesi Çayırılı Mevkii'nde 490 ada 2 parsel alanına kurulmuştur. Acıgöl OSB atıksu arıtma tesisi kullanım alanı Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Acıgöl OSB atıksu arıtma tesisi kullanım alanını gösterir harita.

OSB 2003 yılında kurulması ile katılımcı sayısı yetersiz olmasından kaynaklı atıksu oluşumu ön çökeltim havuzu ile sağlanmaktaydı. 2013 yılında gıda sektöründe yeni yatırımcıların faaliyete geçmesi sonucu atıksuların arıtılması öngörülmüştür. 2014 yılında atıksu arıtma tesisinin kurulması ve arıtma tesisinin 2019 yılında revize edilmesi ile OSB atıksularının arıtılarak Bölükören Sulama Barajına iletilmektedir. Acıgöl OSB bünyesinde kurulan atıksu arıtma tesisi 1500 m³/gün kapasiteye sahip olup kurulumu paket ve betonarme yapı olarak tasarlanmıştır. Atıksu arıtma tesisi ilk olarak 2014 yılında 500 m³/gün kapasiteli kurulum gerçekleştirilmiştir. Yeni yatırımcıların gelmesi ile artan atıksu debisi sonucu tesis kapasitesinin yetersiz kalmasından kaynaklı olarak 2019 yılında tesisin revize edilmesi ile kapasite artışı yapılmıştır. 2019 yılı kapasite artışı ile tesis 1500 m³/gün kapasiteli endüstriyel

atıksuların arıtımının yapılabilirliği çerçevesinde proses dizayn edilmiştir. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi fiziksel, kimyasal, biyolojik ve çamur susuzlaştırma proseslerinden oluşmaktadır.

Tesis ilk olarak fiziksel arıtma prosesi ile atıksular proseslerden geçerek arıtımı sağlanmaktadır. Fiziksel arıtma proseslerinden sonra atıksu, kimyasal paket arıtma prosesleri ile arıtımı gerçekleştirilmektedir. Fiziksel proseslerden geçerek arıtımı sağlanan atıksu pompa ekipmanları ile kimyasal arıtma prosesine gelmektedir. Kimyasal arıtma proseslerinde gerekli kimyasallar ile arıtımı sağlanan atıksu pompa ekipmanı ile biyolojik arıtma prosesine geçmektedir. Biyolojik arıtma prosesinde gerekli bekleme süresi boyunca arıtılan atıksu deşarj edilmek üzere boru içerisine dezenfeksiyon için kullanılan klor kimyasalı dozajlanması ile pompalar yardımı ile alıcı ortama deşarj edilmesinde atıksuyun arıtılmış su olarak iletilmesi sağlanmaktadır.

Acıgöl OSB'ye ait endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarımı debisi olarak sanayi bölgesinde şu an hali hazırda 22 firma mevcuttur, 20 adet inşaat halinde firma olup 2021 yılı itibari ile bölgede yaklaşık 42 adet civarında işletmenin bulunacağı düşünülmektedir. Arıtma tesisine gelen atıksu debisi $1500 \text{ m}^3/\text{gün}$ kabul edilerek tesis tasarımı için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Tesisin maksimum, ortalama ve minimum debi hesabı yapılarak tesis içerisinde su akış hızı, kanal boyutları, malzeme ve ekipman dizaynı gibi çeşitli etmenlere bağlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Acıgöl OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım debisi hesaplamaları Çizelge 3.13'de gösterilmiştir. Tesis tasarımı minimum ve maksimum debi de çalışması gerekli olması nedeni ile bu değerler $100 \text{ m}^3/\text{saat}$ ve $40,5 \text{ m}^3/\text{saat}$ baz alınmıştır.

Çizelge 3.13. Acıgöl OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım debi değerleri

Faktörler	Birim	Miktar
Seçilen Tesis Kapasitesi	$\text{m}^3/\text{gün}$	1500
Maksimum debi (Q_{15})	m^3/saat	100
Ortalama debi (Q_{24})	m^3/saat	62,5
Minimum debi (Q_{37})	m^3/saat	40,5

Acıgöl OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarım kriterleri, Acıgöl OSB yönetimi tarafından belirlenen atıksuların kanalizasyon hattı kabul kriterleri olarak kabul

edilmiştir. Çizelge 3.14 'de verilen bilgiler Acıgöl OSB'ye ait endüstriyel atıksu arıtma tesisi kabul kriterleri ve arıtılmış atıksuların alıcı ortam deşarj kriterleri yer almaktadır.

Çizelge 3.14. Acıgöl OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi kirletici parametreleri kabul ve deşarj değerleri.

Parametre	Birim	Acıgöl OSB Kanalizasyon Deşarj limitleri	Acıgöl OSB Arıtılmış Su Alıcı Ortam Deşarj Limitleri (SKKY-Tablo 19)	
			Kompozit 2 Saatlik	Kompozit 24 Saatlik
Sıcaklık	°C	40	-	-
pH	-	6 -9	6 – 9	6 – 9
Askıda Katı Madde	mg/l	500	200	100
Yağ ve Gres	mg/l	60	20	10
KOİ	mg/l	2000	400	300
Sülfat (SO ₄)	mg/l	1500	1500	-
Toplam Fosfor	mg/l	10	2	1
Toplam Siyanür (CN ⁻)	mg/l	1	1	0,5
Kurşun (Pb)	mg/l	2	2	1
Kadmiyum (Cd)	mg/l	0,1	0,1	-
Toplam Krom (Cr)	mg/l	2	2	1
Civa (Hg)	mg/l	0,05	-	0,05
Bakır (Cu)	mg/l	3	3	-
Çinko (Zn)	mg/l	5	5	-
TKN (Toplam Kjehdal Azotu)	mg/l	75	20	15
Krom (Cr ⁺⁶)	mg/l	0,5	0,5	0,5
Florür	mg/l	15	15	-
Demir	mg/l	10	10	-
Renk	Pt-Co	950	-	-
Balık Biyodeneyi	-	10	-	-

2020 yılında proje onay aşamalarında reel sonuçlar elde etme çalışmalarında, OSB kanalizasyon atıksuyundan 3 adet farklı zamanlarda alınmış numunelerin analiz sonuçları çıkartılmıştır. Acıgöl OSB AAT tasarımı için alınan numunelerin analiz sonuçları Çizelge 3.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Acıgöl OSB kanalizasyon atıksuların analiz değerleri.

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları		
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	1827	2130	2815
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	850	970	1490
Yağ ve Gres	mg/l	55,3	90,82	98,5
Askıda Katı Madde	mg/l	785	837	820
Toplam Fosfor (TP)	mg/l	1,493	0,017	0,607
Renk	Pt-Co	893,57	697,85	722,14
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/l	97	33	32,2
Toplam Siyanür (CN ⁻)	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005
Kurşun (Pb)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Kadmiyum (Cd)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Bakır (Cu)	mg/l	0,137	0,074	0,119
Çinko (Zn)	mg/l	0,322	0,200	0,162
Civa (Hg)	mg/l	0,0045	<0,005	<0,0005
Toplam Krom	mg/l	0,011	<0,01	0,011
Florür (F)	mg/l	1,29	1,546	<0,1
Sülfat	mg/l	852,5	765,3	965,6
pH	-	6,87	6,01	5,47
Krom (VI)	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2
Demir (Fe)	mg/l	1,041	0,722	1,178

Bu değerler ile tesis ekipmanları, donanımı, makine seçimi ve havuz boyutlandırma uygulamalarında projelendirmeye yol gösterici sonuçlar olmuştur. Tesis tasarımları detayları, 3.1.2.2. Endüstriyel atıksu arıtma prosesleri başlığı altında detaylı olarak incelenmiştir.

Acıgöl OSB’ye ait endüstriyel atıksu arıtma tesisine sanayi tesislerinden kaynaklanan endüstriyel ve evsel atıksular 13.02.2008 tarih ve 26786 sayılı Resmî Gazete ’de yayınlanan S.K.K.Y. ‘de yer alan Tablo 19’da belirtilen standartları sağlaması

gerekmektedir. Arıtılan atıksu Kırgı Deresi boyunca Bölükören Sulama Barajına deşarj edilmektedir. Bu nedenle arıtılan atıksuyun alıcı ortam deşarjı sulama suyu olması kapsamında önem arz ettiği görülmektedir. Tesis tasarım parametrelerine bağlı tasarım uygulamaları, atıksuyun arıtımına uygun olacak sistemler ile projelendirme ve dizayn edilmiştir. Deşarj hattı, Acıgöl OSB AAT için 10500 m uzunluğundadır. Atıksu arıtma tesisi ile Kırgı Deresi boyunca Bölükören Sulama Barajı arası Şekil 3.20’de gösterilmektedir.



Şekil 3.20. Acıgöl OSB ile Kırgı deresi boyunca Bölükören Sulama Barajı arası yerlerin gösterimi.

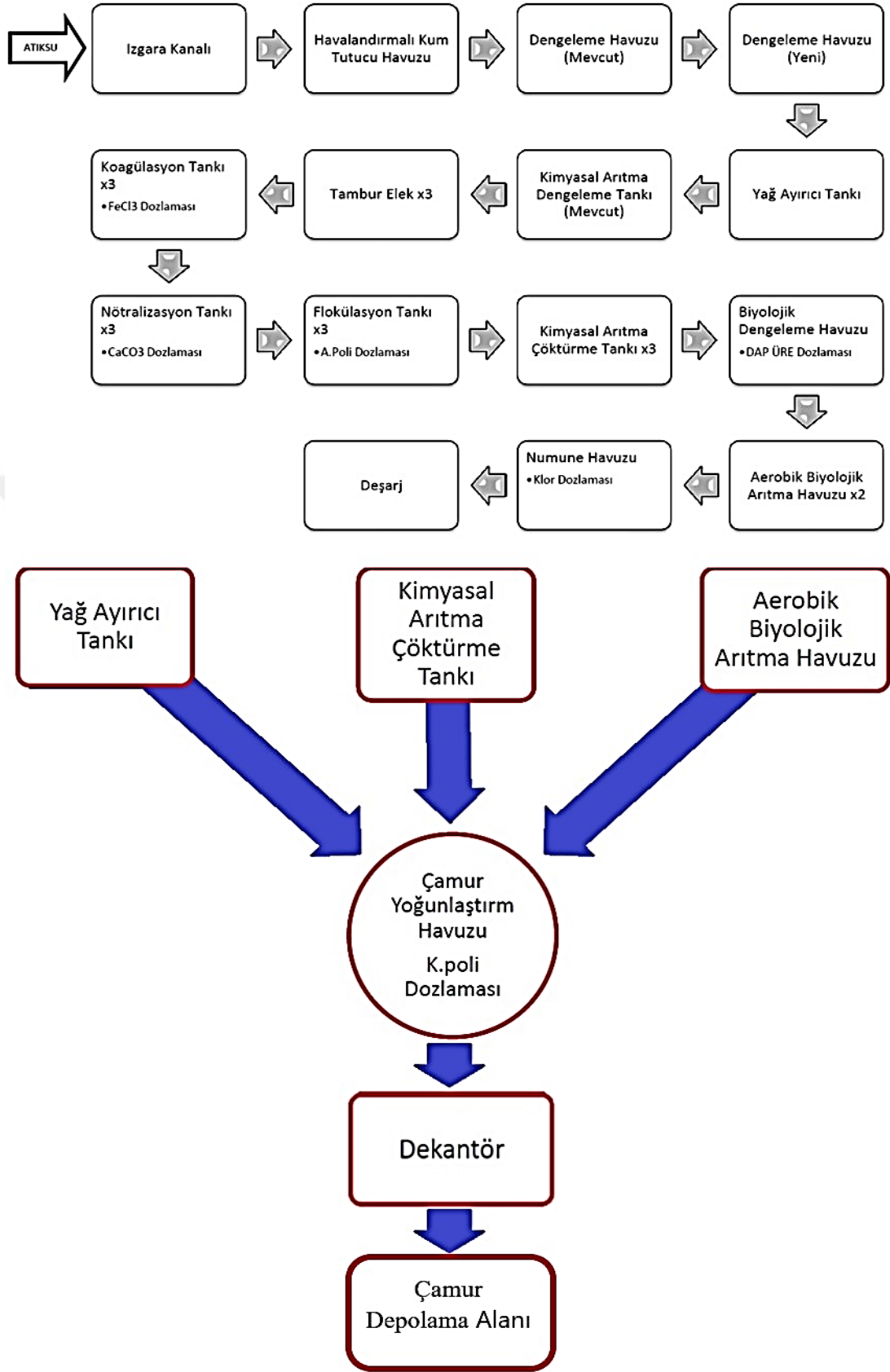
3.1.2.2 Endüstriyel atıksu arıtma tesisi prosesleri

Acıgöl OSB AAT 1500 m³/gün kapasiteli endüstriyel atıksu arıtma tesisi; fiziksel, kimyasal, biyolojik, dezenfeksiyon ve çamur susuzlaştırma üniteleri tasarım prosesleri aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır. Tesis tasarımında fiziksel arıtımda atıksuyun %60 AKM, %60 Yağ ve Gres, KOİ %15 ve BOİ %15’i; Kimyasal arıtımda atıksuyun %47 KOİ, %90 AKM, %90 TP, %80 Yağ ve gres, %73 Renk ve %47 BOİ’si; Biyolojik arıtımda atıksuyun %95 KOİ, %90 AKM, %75 Toplam Kjeldahl Azotu ve %95 BOİ giderim verimleri olmaktadır. Toplam tesis giderim verimi Çizelge 3.16’da gösterilmektedir.

Çizelge 3.16. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi giderim verimi.

PARAMETRE	BİRİM	S.K.K.Y. TABLO 19 DEĞERİ (2 Saatlik)	AAT GİRİŞ TASARIMDEĞERİ	AAT ÇIKIŞ TASARIM DEĞERİ	VERİM (%)
pH	-	6 – 9	6 -9	6-9	-
Askıda Katı Madde	(mg/l)	200	500	2	99,60
Yağ ve Gres	(mg/l)	20	60	5	91,67
KOİ	(mg/l)	400	2000	80	96,00
Sülfat (SO ₄)	(mg/l)	1500	1500	98	93,00
Toplam Fosfor	(mg/l)	2	10	0,124	98,76
Toplam Siyanür (CN ⁻)	(mg/l)	1	1	<0,005	99,50
Kurşun (Pb)	(mg/l)	2	2	0,032	98,40
Kadmiyum (Cd)	(mg/l)	0,1	0,1	0,011	89,00
Toplam Krom (Cr)	(mg/l)	2	2	0,018	99,10
Civa (Hg)	(mg/l)	-	0,05	<0,0005	99,00
Bakır (Cu)	(mg/l)	3	3	0,057	98,10
Çinko (Zn)	(mg/l)	5	5	0,082	98,36
TKN (Toplam Kjehdal Azotu)	(mg/l)	20	75	1,51	97,99
Krom (Cr ⁺⁶)	(mg/l)	0,5	0,5	<0,2	60,00
Florür	(mg/l)	15	15	0,68	95,47
Demir	(mg/l)	10	10	0,281	97,19
Renk	Pt-Co	-	950	24,29	97,44
Balık Biyodeneyi	-	-	10	<10	

Acıgöl OSB AAT 1500 m³/gün endüstriyel atıksu arıtma tesisi tasarımı Acıgöl OSB Yönetim Kurulu tarafından kabul edilmiş kanalizasyon deşarj limitlerince tasarlanmıştır. Tesisin gerekli projeleri yapılmış olup projelendirme aşamasında akım şeması oluşturulmuştur. Şekil 3.21’de Acıgöl OSB AAT atıksu ve çamur akım şemaları detayları verilmiştir.



Şekil 3.21. Acıgöl OSB AAT atıksu ve çamur arıtım akım şemaları.

Fiziksel Arıtma Prosesi: Acıgöl OSB katılımcıları tarafından oluşan endüstriyel atıksu arıtma tesisine kanalizasyon boru hattı ile iletilmektedir. Atıksu arıtma tesisi tasarımında ilk prosesler olan fiziksel arıtma prosesleri yer almaktadır. Fiziksel arıtma prosesi tasarımı olarak tesis içerisinde ilk taşma hattı ve mekanik ve manuel ızgara kanal girişinin önünde oda yer almaktadır. Bu oda atıksu kabul odası olarak tanımlanmaktadır. Burada atıksuların tesisin kabul standartlarının üzerinde atıksu debi oluşumu göstermesi ile taşma hattından atıksuların acil durumlarda bypass edilmesini sağlamaktadır. ızgara kanal girişinde bulunan oda sonrası ızgara kanalı, mekanik kaba ızgara, mekanik ince ızgara, havalandırmalı kum tutucu, dengeleme havuzu, yağ tutucu ve ayırıcı ve tambur elek üniteleri yer almaktadır.

Atıksu ilk olarak kare boyutlandırılmış atıksu kabul odası ile ızgara kanallarından manuel veya mekanik ünitelerin yer aldığı kanallara suyun yönlendirilmesi için penstock kapaklar mevcut olup, suyun hangi üniteden tesise girişine yön vermesinde kullanılmaktadır. Asıl kanal mekanik ızgara kanalı olmakla beraber mekanik ızgara kanalının bakım veya arıza durumunda yedek hat olması nedeni ile tesis tasarımında yaygın olarak bulunmaktadır.

Atıksuyun ızgara kanalına girişi ile ultrasonik seviye sensörü karşılamaktadır. Seviye sensörü scada sistemi üzerinden su seviyesi verisini sisteme aktarması ile atıksu oluşum durumuna göre tesisin çalışmasını sağlamaktadır. Atıksu seviye sensörü kanalından geçerek mekanik kaba ızgara ünitesine gelmektedir. Burada 50 mm ve üzeri boyutlarda atıksu içerisinde yer alan partiküllerin atıksu içerisinde uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

Atıksu içerisinde ayrılan partiküller ekipman tarafından çöp kutularına atılması otomatik olarak sağlanmaktadır. Kaba ızgaradan geçen atıksu mekanik ince ızgara ünitesine gelmektedir. Mekanik ince ızgara atıksu içerisinde 20 mm ve üzeri boyutlarda olan partiküllerin atıksu içerisinde uzaklaştırıldığı ünite dir. Mekanik ince ızgara ekipmanı ile atıksu içerisinde ayrılan partiküller ekipmanın bulunduğu alandaki çöp kutusuna otomatik olarak atılması sağlanmaktadır. Manuel ızgara kanalında manuel kaba ve ince ızgara üniteleri yer almaktadır. Bu ızgara kanalında otomatik olarak atıksu içerisinde partiküllerin ayrıştırılması değil manuel olarak ayrıştırılması sağlanmaktadır. Mekanik kaba ızgara tasarım parametreleri ile aynı özelliklerde tasarlanmıştır.

Mekanik ızgara kanalından geçerek gelen atıksu içerisinde en fazla 20 mm ve altı boyutta partiküllerin bulunduğu atıksu karakteristiğindedir. AKM oranı azaltılmış atıksu ızgara kanalından çıkış yaparak havalandırmalı kum tutucu ünitesine kendi cazibesi ile gelmektedir.

Atıksu içerisinde gelen kum, çakıl gibi kolay çökelebilen inorganik partiküller bakımından mevcut karakteristiğe sahip olmaktadır. Havalandırmalı kum tutucu ünitesi ile inert partiküllerin bu ünite sayesinde atıksudan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Tek kanallı, trapez kesitli yatay akışlı havalandırmalı kum tutucu tasarımı yapılmıştır. Kanal boyunca dik açı ile uzanan köprü sayesinde ve bu köprüye montaj edilmiş kum pompaları ile atıksu içerisinde partiküllerin ünite tasarım boyutlandırmasında inert partiküllerin birikiminin sağlandığı alandan kum pompaları sayesinde atıksu içerisinden uzaklaştırılmaktadır. Uzaklaştırılan atıksu içerdiği inert partiküller yoğunluğu ile kum yataklarına iletilerek burada katı-sıvı ayırımı ile içerdiği su muhtevasının kum yatakları ile inert malzemelerin sıvı ve akışkan formdan katı forma dönüştürülmesidir. Sıvıların ayrılması ile atıksu girişine geri gönderilmesi sağlanmaktadır.

Atıksu karakteristiği bakımın içerdiği kaba, çökelebilen ve inert partiküllerin olmadığı bir atıksu formundadır. Atıksu havalandırmalı kum tutucu ünitesinden çıkan ve cazibeli akış ile dengeleme havuzuna gelmektedir. Bu ünite, atıksu oluşumunda günlük atıksuyun saatlik debi farklılıklarını minimize edecek ünite tasarımıdır. Genellikle bu üniteler atıksuyun saatlik debi farklılıklarından kaynaklı atıksu arıtma tesisinin verimlerinin düşmesi, dengesiz besleme, AKR sistemleri için olması gereken ünite, debi farklılıklarından meydana gelen ekipman zararları vb. gibi sorunların yaşanmaması ve atıksu karakteristiğinin sabit bir kriterlerde sağlanması için geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Dengeleme havuzunda atıksu ortalama 7 saat süre ile bekletilecek şekilde tasarlanmıştır. Dengelem havuzu içerisinde 2 adet terfi pompası yer almaktadır. Bu pompalar yağ tutucu ünitesine atıksuyu terfilendirilmektedir.

Dengeleme havuzuna gelen atıksu, sistem çalışmasına bağlı olarak pompaların devreye girmesi ile yağ tutucu ünitesine gelmektedir. Yağ tutucu ünitesine gelen atıksu içerdiği yağ ve gres atıksu içerisinde serbest ve emülsiyon halde bulunmaktadır. Serbest haldeki, suda çözünmemiş yağ ve gres atıksu içerisinden dinlendirilmesi ile bir tabaka haline gelmektedir. Tabaka haline gelen yağ ve gres fiziksel olarak sıyrıcı

palet ile yağ ayırma haznesine sıyrılarak buradan yağ tankına aktarılması sağlanmaktadır. Yağ ve gres ayırımı yapılan bu ünite de atıksu, perde altından yağ ve gresi alınmış karakteristiğe gelen atıksu terfi tankına aktarımı sağlanmaktadır. Bu terfi tankı koyulmasının nedeni, atıksu kimyasal arıtma prosesine girmeden önce tambur elek ünitesinden geçirilmesinden kaynaklanmaktadır. Terfi tankı içerisine gelen atıksu, kaba, ince ve yağ ve gresi alınmış karakteristik de atıksu formuna sahip olmaktadır. Terfi tankı içerisinde yer alan 2 asıl + 1 yedek terfi pompası ile atıksu tambur elek ünitesine terfilendirilmektedir.

Terfi tankı içerisinde yer alan pompalar ile atıksu tambur elek ünitesine gelmektedir. Tambur elek ünitesine gelen atıksu, boru hattı debi metre menholü içerisinde geçmesi ve menhol içerisinde yer alan debi metreden geçmektedir. Debi metre, tesis tasarım kriterleri bakımından önem arz etmekte olup tesisin arıtma veriminin analizinin yapılmasında, tesis tasarım parametrelerinde atıksu yüklemesi yapılmasında ve günlük ve aylık debilerin kayıt altına alındığı ekipmandır. Debimetre tesis içerisinde boru tip elektromanyetik tiplerde kullanılmıştır.

Tambur elek, debimetreden geçerek tambur elek ünitesine gelen atıksu içerdiği partiküller ile kimyasal arıtma prosesi içerisine direk geçmesi durumunda dozajlanan koagülant maddenin aşırı kullanılmasını engellemek için konulmaktadır. Tambur elekler 3 mm delik çapına sahip içten akışlı tip olarak tasarımı yapılmış olup, atıksu arıtımında 0,02–3 mm partiküllerin geçebileceği ekipman olarak kullanılmaktadır. Tambur elek ile atıksu içerisinde 3 mm boyutundan daha büyük partiküllerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Bu sayede atıksu arıtımında kimyasal prosesin yükünün azaltılarak maliyetin düşürülmesi yönünde planlama ile kullanılmaktadır. Tambur elekten geçen atıksu kimyasal arıtma prosesine cazibeli akış ile sağlanmaktadır.

Atıksu ilk olarak atıksu kabul odasından başlayan süreç ve tambur elek ünitesi ile son bulan fiziksel arıtma prosesi tamamlanmıştır. Atıksu içerdiği kaba, ince, yağ ve gres, atıksu karakteristiği dengelenmesi ve 3 mm'den büyük partiküllerin alındığı bir atıksu karakteristiğine sahip olmaktadır. Tambur elek ile son bulan fiziksel arıtma prosesinden sonra kimyasal arıtma prosesi olan ilk ünite kimyasal paket arıtma ünitesine cazibeli akış ile geçmektedir.

Kimyasal Arıtma Prosesi: Tambur elek ünitesinde geçen atıksular, kimyasal paket arıtma ünitesi içerisinde ilk bölüm olan koagülasyon havuzuna gelmektedir. Kimyasal arıtma prosesi, atıksudaki fazla miktarda bulunan KOİ ve AKM'nin giderimin gerçekleştiği procestir. Atıksu karakteristiğinin belirlenmesi çalışmalarında, tesisten alınan numuneye jar testi uygulaması yapıldıktan sonra bekleme süreleri tespit edilerek proses tasarımları ve uygulanacak kimyasalın seçilmesinde yol sağlamaktadır. Kimyasal arıtma proseslerinin hızlı karıştırma, yavaş karıştırma ve çökeltme evreleri için optimum süre sırası ile 10 dk., 30 dk. ve 1 saat olarak seçilmiştir.

Kimyasal arıtma prosesi içerisinde yer alan ünite, paket kimyasal arıtma ünitesidir. Paket kimyasal arıtma ünitesi içerdiği bölmeler ile kompakt bir yapıya sahiptir. İçerisinde koagülasyon, nötralizasyon flokülasyon ve çökeltme işlemlerinin bulunduğu ünitedir. Burada jar testi uygulamasında bu ünitenin laboratuvar çalışmaları sonucu uygulanacak süreler ve kimyasallar belirlenmiştir. Kimyasallar; demirüçklorür (FeCl_3), kireç (CaOH_2) ve anyonik polielektrolit kullanılmaktadır.

İlk olarak koagülasyon ünitesine atıksu giriş yapmaktadır. Koagülasyon havuzu bölmesinde hızlı karıştırıcı ile bölme içerisine FeCl_3 kimyasalı dozajlanarak, atıksu içerisinde kimyasal oksitlenebilirliği kapsamında olan maddelerin tepkimeye girmesi ile pıhtılaşma meydana gelmektedir. Bu sayede kimyasal olarak oksitlenebilir maddelerin sudan ayrılmasında büyük olanak sağlamaktadır. Yeterli süre ile koagülasyon bölmesinde kalan atıksu, nötralizasyon bölümüne cazibe ile geçiş yapmaktadır. Nötralizasyon havuzuna geçen atıksuyun pH'ı 3 civarlarında olduğundan atıksuyun 6-9 arasında olması istenilmesi nedeni ile kireç kimyasalı dozajlaması yapılmaktadır. Kireç dozajlaması ile atıksuyun pH'ı 8'lere çıkarılmaktadır.

Kimyasal arıtma prosesi sonrası atıksuyun biyolojik arıtma prosesine geçiş yapması ve biyolojik arıtma prosesi içerisindeki bakterin yaşamları için pH değerinin 7-8 aralığında olması gerektirir. pH'ı 8 olan atıksu kireç ve demirüçklorür kimyasalı ile hızlı karıştırma sonucu atıksu içerisinde oksitlenen bütün maddeler pıhtı formuna dönüşmektedir. Atıksu nötralizasyon bölümünde uygun sürede beklemesi sonrası flokülasyon bölümüne cazibeli geçiş yapmaktadır. Flokülasyon ünitesine gelen atıksu, pıhtı formlarına dönüşen maddelerin su içerisinden ayrıştırılmasını yer çekimi kuvveti ile sağlanması için flokülasyon havuzu içerisine anyonik polielektrolit dozajlanması yapılmaktadır. Anyonik polielektrolit atıksu içerisinde pıhtı halindeki maddelerin

çekim kuvveti ile birbirlerine bağlanması sonucu yumak haline gelmesi sağlanmaktadır.

Bu bölmede ilk bölmelere göre daha yavaş karıştırma uygulanmakta olup bu sayede pıhtılaşan bütün maddelerin sudan ayrıştırılmasını sağlamak için yumak formuna dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır. Yeterli bekleme süresi ile flokülasyon bölmesinde kalan atıksu, yumak formuna sahip olan atıksu çöktürme bölmesine cazibeli geçiş yapmaktadır. Çöktürme bölmesine gelen atıksu içerdiği yumaklar ile su içerisinden yer çekimi kuvveti ile yumakların çöktürme bölmesi içerisinde yer alan çamur haznelere yer çekimi kuvveti ile çökmesi esasına dayanmaktadır. Çamur birikme haznesinde biriken yumakların kimyasal çamur olarak adlandırılmaktadır. Kimyasal çamur pompası yardımı ile hazne içerisinden çekilerek çamur yoğunlaştırma ünitesine iletilmesi sağlanmaktadır. Kimyasal olarak arıtılan atıksu çökeltme bölmesinden savaklar yardımı ile biyolojik dengeleme havuzuna iletilmektedir. Çöktürme bölmesi ile kimyasal arıtma prosesi tamamlanmış olmaktadır.

Biyolojik Arıtma Prosesi: Kimyasal arıtma proseslerinden geçen atıksu biyolojik dengeleme havuzuna gelmektedir. Biyolojik dengeleme havuzuna gelen atıksular AKR sistemi için belirli zamanlarda atıksuyun beslenilmesi için gerekli hacmin birikmesi esasına dayanmaktadır. Biriken atıksu içeriği endüstriyel nitelikli olmasından kaynaklı biyolojik arıtılabilirliği düşük olmaktadır. Biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarına bağlı olarak C:N:P; 100:5:1 oranında olması gerekmektedir. Bu oranın yakalanabilmesi için atıksuyun azot ve fosfor bakımından fakir olmasından kaynaklı üre veya DAP gübresi ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu sayede atıksu C:N:P oranı için gerekli azot ve fosfor barındırmasından kaynaklı biyolojik arıtılabilirlik gerçekleşmektedir. Biyolojik dengeleme havuzu ve üre/DAP ünitesi tasarımına ilişkin detaylar

Biyolojik arıtma proseslerine gelen atıksuyun biyolojik olarak arıtımının sağlanacağı ünitedir. Dengeleme havuzu içerisinde AKR ünitesinin beslenmesi için terfi pompası yer almaktadır. Dengeleme havuzundan belirli periyotlarda atıksu, terfi pompası yardımı ile aerobik biyolojik arıtma havuzuna alınır. Biyolojik üniteye dinlenme, doldurma, havalandırma, çöktürme ve deşarj evreleri scada sistemi tarafından belirlenen süreler ile ardışık olarak gerçekleşir. Bu sistem AKR olarak anılmaktadır. Bu bölmeye giren atık sudaki organik maddeler havalandırma safhasında aktif çamur

kütlesi tarafından karbondioksit, su ve diğer metabolik ürünler ile yeni aktif çamur mikroorganizmalarına dönüşmektedir. AKR sisteminin ihtiyacı olan oksijen, hazne tabanındaki dağıtıcı borular aracılığı ile blower tarafından sağlanmaktadır. Çöktürme evresinde aktif çamur biyolojik olarak temizlenen arıtılmış sudan ayrılarak haznenin tabanına çökmektedir. Yüzeyde kalan arıtılmış su dalgıç pompa ile deşarj esnasında klorlanarak deşarj edilmektedir. AKR sistemi içerisindeki evreler seviye kontrollü ve kumanda paneli aracılığı ile otomatik olarak tekrarlanmaktadır. Sistemde çöken çamur, çamur pompası ile çamur yoğunlaştırma tankına iletilmektedir.

Biyolojik dengeleme havuzu içerisinde yer alan pompalar yardımı ile AKR havuzlarına suyun iletilmesi sağlanmakta olup, böylece SBR tankı doldurma evresi başlamaktadır. Reaktörde belirlenen seviyeye kadar dolum devam eder ve ünite içerisinde bulunan seviye göstergesine göre otomasyonda belirlenen seviyeye göre üniteye atıksu dolumu sağlanmaktadır.

AKR havuzunda azot ve fosfor giderimi için havasız ve anoksik şartların oluşumu sağlanması için, AKR ünitesi azot ve fosfor giderimi için uygun olan sistem olmasından tasarlanmıştır. AKR havuzunda atıksuyun belirlenen seviyeye ulaşılması durumunda terfi pompaları devre dışı kalarak üniteye atıksu alımı durdurulmaktadır. AKR ünitesinde azot ve fosfor giderimi de sağlanmaktadır. Azot Giderimi için, havalı ve anoksik koşulların mevcut olduğu aktif sistem konfigürasyonları ile sağlanmaktadır. Biyolojik azot giderimi eş zamanlı nitrifikasyon–denitrifikasyon prosesi aynı reaktör içinde farklı bölgelerde ve zamanlarda anoksik ve havalı koşulların oluşturulması ile sağlanması ile giderim yapılmaktadır. Biyolojik arıtma prosesi AKR ünitesi evrelerinin tamamlanması ile son bulmaktadır. Biyolojik arıtma proses ile entegreli çalışan proses dezenfeksiyon prosesidir.

Dezenfeksiyon Prosesi: Biyolojik arıtma prosesi ünitesi olan AKR'nin deşarj evresi ile entegreli olarak atıksuyun deşarj edilme esnasında klor dozajlanması ile atıksu içerisinde oluşacak biyolojik aktivitenin engellenmesi sağlanmaktadır. Dezenfeksiyon prosesi olarak mekanik diyaframlı pompa kullanılarak atıksu deşarjı sırasında boru hattı içerisine dozajlanan klor sayesinde muhtemel biyolojik aktivitenin önüne geçilmektedir. Dezenfeksiyon ünitesi ile atıksuyun arıtılmış atıksu karakteristiğine sahip olmaktadır.

Çamur Susuzlaştırma Prosesi: Çamur susuzlaştırma prosesi, çamur yoğunlaştırma havuzu, katyonik polielektrolit hazırlama ünitesi, dekantör ve çamur depolama alanından oluşmaktadır. Atıksu arıtma tesisi içerisinde oluşan sıvı çamurlar bu proses ile su muhtevası azaltılarak katı forma dönüşmesi esasına dayanmaktadır. Atıksuyun ilk prodesten son prosese kadar olan süreç içerisinde atıksu içerisindeki partiküllerin, kimyasal çamurların ve biyolojik çamurların oluşması ile çamur yoğunlaştırma havuzuna gelmektedir.

Çamur yoğunlaştırma havuzu içerisinde karıştırıcı mevcut olup sıvı çamurların dibe çökmesini engellemek amaçlanması nedeni ile tasarlanmıştır. Çamur yoğunlaştırma havuzu dik konik 10 m³ hacme, çelik konstrüksiyon ile kaideye monte edilmiş kimyasala dayanaklı plastik malzemeye sahip yapıdır. Oluşacak çamur hacminin 2–3 saat süre ile beklemeli olması ve dekantör yapısına aktarılması planlanmıştır. Çamur yoğunlaştırma havuzu çıkış vanasından alınan sıvı çamur boru hattı üzerinde dekantör besleme pompası ile dekantör girişine beslenmekte olup dekantör giriş yapısı, Y yapı şeklinde olup diğer giriş için katyonik polielektrolit hazırlama ünitesinden pompa yardımı ile katyonik polielektrolit dozajlanması yapılmaktadır.

Bu sayede dekantör içerisinde merkez kaç kuvveti ile dekantör içerisinde yer alan tambur iç yüzeyine su ve yağ faz ayrımı benzerliği çamur ve su katmanlar oluşturması sağlanmaktadır. Dekantör içerisinde yüksek hızla tamburun dönmesi ile bu durumun gerçekleşmesi, katıların katı bölmesinden sıvıların sıvı bölmesinden dışarıya atıldığıdır. Çamur, dekantör katı çıkışından çıkması sonucu çamur keki olarak adlandırılmaktadır. Dekantör sıvı bölmesinden çıkan sıvıların, tesisin giriş dengeleme havuzuna aktarılması yapılmaktadır. Çamur keki olarak adlandırılan su muhtevası azaltılmış çamur, çamur depolama sahasına gönderilerek bertarafı için bekletilmeye alınmaktadır. Sıvı çamurun çamur yoğunlaştırma havuzuna gelmesi ile başlayan ve çamur depolama alanına gönderilen çamur keki olarak son bulan üniteler ile çamur susuzlaştırma prosesi tamamlanmış olmaktadır.

3.2 Metod

Her iki OSB'nin numunelerin toplanması ve analizi, ölçüm parametrelerinin belirlenmesi olmaktadır. Nevşehir İli OSB'lerinden alınan numuneler birer hafta ara ile alınmış olup Nevşehir OSB AAT laboratuvarında analizi yapılmıştır. Numuneler

numune alma şartlarına uygun ekipman ve malzeme kullanılarak alınmıştır. Alınan numuneler günlük analizi yapılmış olup kayıt altına alınmıştır. Numunelerin analiz yöntemleri olarak KOİ, AKM, BOİ₅, Renk, Toplam Fosfor ve Toplam Azot seçilmiştir. Analiz yöntemlerinde her bir yöntem için hazır kitler ile ölçümleri gerçekleştirilmiştir. OSB'lerin ölçüm parametreleri Nevşehir OSB AAT içerisinde yer alan kapsamlı laboratuvar bulunmaktadır. Laboratuvar içerisinde etüv, BOİ kapsamlı ölçüm seti, Spektrofotometre, ısıtma ceket, AKM süzme seti, Mikroskop, Hassas terazi, desikatör, balon joje, beher, pipet, otomatik pipet, distile su cihazı, manyetik karıştırıcı ve portatif çok parametrelili ölçüm cihazı (pH, çözünmüş oksijen, iletkenlik) yer almaktadır. Her bir parametre için ayrı ayrı ölçüm kitleri mevcuttur. Kitler, ölçüm için kabul edilen standartlara uygun yöntemler ile hazırlanmış ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Laboratuvar malzemesi olarak Hach Lange ve Nükleon ürünleri kullanılmaktadır. Hach Lange modelleri olarak; LT200 model ısıtma ceket, DR3900 model Spektrofotometre, BODTrakII BOİ₅ oxitop yöntemli set ünitesi, Hach Lange HQ40D portatif dijital çoklu parametrelili ölçüm cihazı, Nükleon marka Etüv, 10 l/s distile su cihazı bulunmaktadır. Laboratuvar analizinde Hach Lange kitler kullanılmaktadır. Hach Lange kit testleri spektrofotometrik yöntem ile ölçüm sağlanmaktadır. Kitler KOİ;LCK014/514, TN;LCK138/338, TP;LCK348/350 kitleri kullanılmış ve ayrıca Renk ve AKM analizi için DR3900 model spektrofotometrenin 10 mL küvet kullanılarak absorbans verilerinin referans değerlerine bağlı mg/l biriminde okuması, cihaz içeriğinde otomatik veri hafıza yöntemi ile yapılmıştır. BOİ₅ parametresi için BODTrakII model Hach Lange marka cihazın 5 günlük oxitop ile BOİ₅ analizi yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Nevşehir ve Acıgöl OSB endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde Temmuz 2020 ve Aralık 2020 ayları arasında tesis giriş ve çıkış noktalarından kompozit 2 saatlik örneklemler yapılmıştır. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde; AKM, BOİ₅, KOİ, pH, Toplam azot, Toplam fosfor ve Renk analizleri, atıksu niteliğine bağlı debi ve atıksu oluşum hesaplamaları yapılmıştır.

Aşağıda incelenmiş olan bu debi parametrelerin sonuçları ile tesisin işletme maliyetleri izlenmiştir. Alınan örnekler işletme maliyetine etki eden değerler olarak; elektrik sarfıyatı, kimyasal madde sarfıyatı, çamur bertaraf sarfıyatı, personel maliyeti ve bakım ve onarımlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışma zamanı çerçevesinde analiz değerlerine bağlı maliyetleri ortaya çıkarmış ve tablolar oluşturulmuştur. Oluşturulan tablolar ile atıksu arıtma tesislerinin maliyetlerinin karşılaştırılması ve atıksu arıtma tesislerinin debi, kirletici yüklerine bağlı işletme maliyetleri tabloları oluşturulmuştur. Hesaplamalarda dolar para birimi baz alınmış olup Aralık 2020 TCMB dolar satış kuru fiyatı baz alınarak yapılmıştır.

4.1 Nevşehir OSB Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi

4.1.1 Atıksu karakteristiği ve debisi

Nevşehir OSB AAT atıksu özellikleri, Nevşehir OSB Yönetim Kurulunca alınan “Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Kanalizasyon Kabul Kriterleri” karar neticesinde atıksu arıtma tesisinin kirletici yükleri belirlenmiştir.

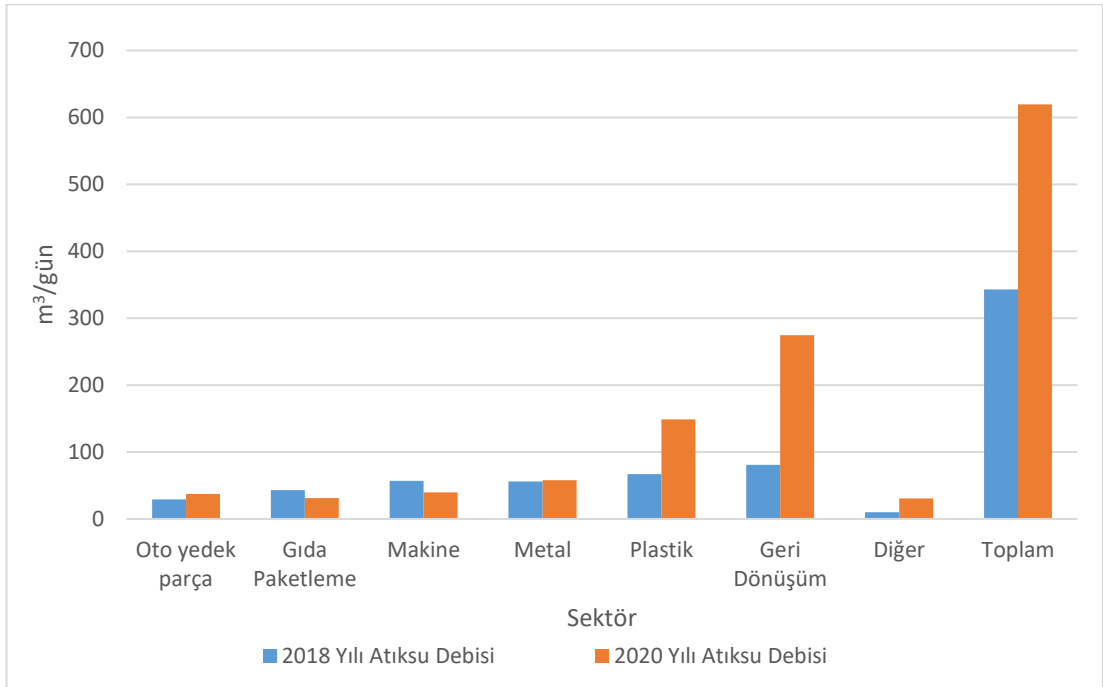
Atıksu arıtma tesisine kabul edilen atıksuyun geniş kapsama sahip ve atık oluşum sektörlerine bağlı kirleticiler baz alınmıştır. Başlıcaları olarak; KOİ, BOİ₅, AKM, toplam fosfor, toplam azot ve renk kirleticileri yer almaktadır. Atıksu arıtma tesisinin kabul edilen kirletici yükleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Tez çalışma zamanı neticesinde atıksu karakteristiği ve atıksu debisi çıkarılmıştır.

Çizelge 4.1. Nevşehir OSB AAT kirletici kabul kriterleri.

Parametre	Birim	Nevşehir OSB AAT
Sıcaklık	°C	40
pH		6 -10
Askıda Katı Madde	mg/l	500
KOİ	mg/l	2500
BOİ ₅	mg/l	750
Toplam Azot	mg/l	-
Toplam Fosfor	mg/l	8
Renk	Pt-Co	600

4.1.1.1 Sektörel atıksu oluşum debisi

Nevşehir OSB AAT 2018 yılı içerisinde projelendirme yapılmış olması ile 2018 yılına ait verilere göre 56 firmanın faaliyette olduğu görülmektedir. 2020 yılı itibari ile 72 firma mevcuttur. 2 yıl içerisinde 12 firmanın faaliyete geçtiği görülmüştür. 2018 yılı içerisinde atıksu oluşumu 2020 yılı içinde olduğu gibi 6 adet sektör bazlı olmaktadır. Şekil 4.1’de Nevşehir OSB’nin 2018 ve 2020 yıllarına bağlı sektörel ve toplam atıksu debileri verilmiştir.



Şekil 4.1. Nevşehir OSB AAT 2018 ve 2020 yıllarında sektörel ve toplam atıksu oluşum debileri.

2018 yılı atıksu debisi ortalama 325 m³/gün, 2020 yılı Aralık ayı için ortalama 610 m³/gün debi ölçülmektedir.

4.1.1.2 Sektörel atıksu karakteristiği

Nevşehir OSB içerisinde 2020 yılında faaliyet gösteren firmaların 6 sektör üzerine yoğunluğu olduğu görülmektedir. Oto yedek parça, gıda paketlenme, makine, metal, plastik, geri dönüşüm sektörleri atıksu kirletici nitelikleri oluşumları sırası ile şu şekildedir; evsel olarak, %21,49, %17,78, %21,38, %29,79, %3,6, %5,96, endüstriyel olarak, %0,86, %0,71, %1,44, %2,57, %33,07, %61,36 oranlarında etki oluşumu gözlemlenmektedir. Sektörel olarak atıksu niteliği oluşumu çerçevesinde 6 adet sektöre bağlı analizlerde ölçüm parametrelerine bağlı kirletici konsantrasyonları ortaya çıkarılmıştır. Sektörel bazlı kirletici oluşumları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Nevşehir OSB AAT 2020 yılı sektörel bazlı atıksu debi dağılımı.

Nevşehir OSB katılımcıları tarafından, %73 endüstriyel nitelikli atıksu ve %27 evsel nitelikli atıksu oluşumu görülmüştür. Nevşehir OSB AAT için endüstriyel ve evsel atıksu nitelikleri incelenmiştir. Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de evsel ve endüstriyel nitelikli atıksular için yapılan analiz sonuçlarının değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Nevşehir OSB endüstriyel nitelikli atıksu kirletici parametreleri ve konsantrasyonları.

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları
		Giriş
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	2224-6964
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	70-240
Askıda Katı Madde	mg/l	1486-2274
Toplam Azot (TN)	mg/l	14-87
Toplam Fosfor (TP)	mg/l	0,87-1,72
Renk	Pt-Co	678-1454
pH	-	3,4-10,8

Çizelge 4.3. Nevşehir OSB evsel nitelikli atıksu kirletici parametreleri ve konsantrasyonları.

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları
		Giriş
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	140-587
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	647-1640
Askıda Katı Madde	mg/l	130-370
Toplam Azot (TN)	mg/l	42-157
Toplam Fosfor (TP)	mg/l	1,97-2,92
Renk	Pt-Co	387-1007
pH	-	7,1-8,4

Endüstriyel nitelikli atıksu oluşumu gösteren sektörlerin yüksek KOİ, AKM, pH, toplam azot, toplam fosfor ve renk kirletici yükleri oluşumlarına doğrudan etki ettiği görülmüştür. Evsel nitelikli atıksu oluşumu gösteren sektörlerin ise yüksek BOİ₅, pH, renk, toplam azot ve toplam fosfor kirletici yükleri oluşumlarının doğrudan kaynağı olarak görülmüştür.

4.1.2 İlk yatırım maliyeti

Nevşehir OSB AAT 2018 yılı itibari ile proje ve inşaatına başlanılmış olması nedeni ile ilk yatırım maliyeti olarak yaklaşık 763.359,00 \$ tutar hesaplanmıştır. Atıksu arıtma tesisi tasarımı olarak maliyet başlıkları inşaat, mekanik ekipman ve elektrik ve otomasyon kalemleri baz alınarak yapıldığı görülmektedir. İlk yatırım maliyeti arıtma tesisi prosesleri olan fiziksel, kimyasal, biyolojik, dezenfeksiyon ve çamur susuzlaştırma prosesleri başlıkları altında incelenmiştir.

4.1.2.1 Mekanik ekipman yatırım maliyeti

Nevşehir OSB AAT mekanik ekipman yatırım maliyeti 71 adetten olmaktadır. Tesis tasarım dizaynı için gerekli ekipmanlar listesi oluşturulmuş olup gerekli ekipman adet fiyatına göre toplam maliyet yaklaşık 339.573,00 \$ tutarında olmaktadır. Tesis tasarımı için gerekli görülen ekipmanlar Çizelge 4.4’de detayları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Nevşehir OSB AAT mekanik ekipman malzeme ekipman listesi.

No	Malzeme	Miktar (ad.)
1	Izgara Giriş Yapısı Sürgülü Kapağı	1
2	By Pass Sürgülü Kapak	1
3	Taşkın Sürgülü Kapağı	1
4	Izgara Kanalı Ultrasonik Seviye Ölçer	1
5	Mekanik Temizlemeli Kaba Izgara	1
6	Elle Temizlemeli Kaba Izgara	1
7	Atık Konteynırı	11
8	Mekanik Temizlemeli İnce Izgara	1
9	Elle Temizlemeli İnce Izgara	1
10	Burgu Pres	1
11	Kum Ayırma Ekipmanı	1
12	Kum Tutucu Giriş Kapakları	2
13	Kum Tutucu Gezer Köprü	1
14	Kum Pompası	2
15	Yağ Pompası	2
16	Blower	1
17	Dalgıç Mikser	2
18	Seviye Ölçüm Cihazı	1
19	Dengeleme Havuzu Terfi Pompası	2
20	Elektromanyetik Debimetre	1
21	Dengeleme Havuzu Blower	1
22	Dengeleme Havuzu Difüzörleri	~100
23	K. Arıtma Giriş Kapakları (Aktuatörlü)	2
24	Nötralizasyon Hızlı Karıştırıcı	2
25	Hızlı Karıştırıcı	2
26	Yavaş Karıştırıcı	2
27	pH Kontrol Cihazı	2
28	Kimyasal Çökeltim Havuzu Sıyırıcısı	2
29	Kimyasal Çamur Pompası	2
30	Dağıtım Yapısı Giriş Kapakları (Aktuatörlü)	2
31	Fazla Çamur Pompası	2
32	Asit Dozaj Pompası	1
33	Kostik Dozaj Pompası	1
34	Alüm Dozaj Pompası	1
35	Pergel Vinç,	15

Çizelge 4.4 (devam). Nevşehir OSB AAT mekanik ekipman malzeme ekipman listesi.

36	Poli Dozaj Pompası	1
37	Dap&Üre Dozaj Pompası	1
38	Asit Tankı	1
39	Kostik Tankı	1
40	Alüm Tankı	1
41	Anyonik Otomatik Poli Hazırlama Ünitesi	1
42	DAP & Üre Hazırlama Tankı	1
43	Alüm Tankı Karıştırıcısı	1
44	DAP & Üre Hazırlama Tankı Kar.	1
45	Kimya Binası Havalandırma Fanları	4
46	SBR Havuzu Dalgıç Mikser	4
47	Oksijenmetre	2
48	SBR Havuzu Ultrasonik Seviye Ölçüm Cihazı	2
49	SBR Blowerları	2
50	Elektrik Aktuatörlü Kelebek Vana	2
51	Blower Binası Kreyn Vinç	1
52	SBR Havuzu Difüzörleri	~672
53	Blower Binası Fanları	4
54	Klor Temas Yapısı Sürgülü Kapakları	2
55	Klor Dozaj Pompası	2
56	Numune Alma Cihazı	1
57	Arıtılmış Su Debimetre	1
58	Dalgıç Aeröjet Mikser	1
59	Dekantör Besleme Pompası (Monop.)	1
60	Katyonik Otomatik Poli Hazırlama Sistemi	1
61	Poli Dozaj Pompası	1
62	Poli Hattı Debimetresi	1
63	Çamur Debimetresi	1
64	Dekantör	2
65	Helezon Konveyör	1
66	Yükleme Helezon Konveyörü	1
67	Hidrofor Pompası	1
68	Dekantör Binası Kreyn Vinç	1
69	Su Deposu	1
70	Ç.Y.H Ultrasonik Seviye Ölçüm Cihazı	1
71	Ç. S. Binası Havalandırma Fanları	2

4.1.2.2 İnşaat yatırım maliyeti

Nevşehir OSB AAT inşaat yatırım maliyeti tesis projelendirme aşamasında artırılabilirlik çalışmasına uygun havuz tasarımları ve mekanik ekipman montajı için kaide yapılan kalemler yer almaktadır. İnşaat yatırım kalemleri 25 adet olup yaklaşık 325.990,00 \$ tutarında yatırım maliyeti öngörülmüştür. Tesis tasarımı için gerekli görülen ekipmanlar Çizelge 4.5’de detayları verilmiştir.

Çizelge 4.5. Nevşehir OSB AAT inşaat yatırım maliyet kalem listesi.

No	Malzeme	Miktar (ad.)
1	Giriş Izgara Kanalı İnşaat Keşfi	1
2	Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu	1
3	Dengeleme Havuzu İnşaat Keşfi	1
4	Kimyasal Arıtma İnşaat Keşfi	1
5	Dağıtma Yapısı İnşaat Keşfi	1
6	SBR Tankı İnşaat Keşfi	2
7	Dezenfeksiyon Yapısı İnşaat Keşfi	1
8	Çamur Yoğunlaştırma Havuzu İnşaat Keşfi	1
9	Blower Binası İnşaat Keşfi	1
10	İdari ve Kimya Binası İnşaat Keşfi	1
11	Çamur Susuzlaştırma Binası İnşaat Keşfi	1
12	Dezenfeksiyon Yapısı Kontrol Paneli Binası	1
13	Bekçi Binası İnşaat Keşfi	1
14	Yollar, Çevre Duvarı Muhtelif İnşaat İşleri	1
15	Giriş Izgara Kanalı İnşaat Keşfi	1
16	Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu	1
17	Dengeleme Havuzu İnşaat Keşfi	1
18	Kimyasal Arıtma İnşaat Keşfi	1
19	Dağıtma Yapısı İnşaat Keşfi	1
20	SBR Tankı İnşaat Keşfi	2
21	Dezenfeksiyon Yapısı İnşaat Keşfi	1
22	Çamur Yoğunlaştırma Havuzu İnşaat Keşfi	1
23	Blower Binası İnşaat Keşfi	1
24	İdari ve Kimya Binası İnşaat Keşfi	1
25	Çamur Susuzlaştırma Binası İnşaat Keşfi	1

4.1.2.3 Elektrik ve otomasyon yatırım maliyeti

Nevşehir OSB AAT elektrik ve otomasyon ilk yatırım maliyeti, tesis arıtılabilirlik çalışması neticesinde dizayn edilen ekipmanların ve tasarlanan havuzların otomasyon sistemi ile sürdürülebilirliği yapılması için ve ayrıca ekipmanlar için gerekli enerji ihtiyacının karşılanması için gerekli kalemler yer almaktadır.

Elektrik ve otomasyon yatırım maliyeti 7 adet başlık olup yaklaşık 101.872,00 \$ tutar hesaplanması, yatırım maliyeti olarak öngörülmektedir. Elektrik otomasyon yatırım maliyeti kalem detayları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Nevşehir OSB AAT elektrik ve otomasyon yatırım listesi.

No	Malzeme	Miktar (ad.)
1	Kumanda ve Kontrol Panoları	1
2	PLC & Scada Sistemi	1
3	Saha Elektrifikasyon Malzemeleri	1
4	Topraklama Sistemi	1
5	Elektrik Montaj İşçilikleri	1
6	Paratoner Sistemi	2
7	Çevre Aydınlatma Sistemi	1

4.1.3 Tasarım işletme maliyeti

Nevşehir OSB AAT projelendirilen tesis işletilmesi için gerekli insan kaynakları, elektrik maliyeti, kimyasal sarfiyat maliyeti ve çamur bertaraf maliyeti kalemlerinde hesaplamalar yapılmıştır. İşletme maliyeti, atıksu arıtma tesisinin istenilen verimle çalıştırılabilmesi için optimum şartlarda kullanılan kimyasal sarfiyatı, çalışması uygun görülen ekipmanın uygun zaman diliminde çalıştırılması gibi etmenlere bağlı olarak hesaplanması ile 418 \$/gün, 152.205,00 \$/yıl ve 0,418 \$/m³ tutarlar öngörülmektedir. İşletme maliyeti hesaplamasında 5 kalem üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. Toplam işletme maliyeti, atıksu m³ başına maliyeti, günlük ve yıllık maliyet detayları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Nevşehir OSB AAT tasarım toplam işletme maliyeti listesi.

NO	AÇIKLAMA	GÜNLÜK TUTAR (\$/gün)	YILLIK TUTAR (\$/yıl)	YILLIK MALİYET (\$/m ³)
1	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Kimyasal Tüketim İşletme Maliyeti	101	36.865,00	0,101
2	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Çamur Bertaraf İşletme Maliyeti	40	14.600,00	0,040
3	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Tüketim İşletme Maliyeti	159	58.035,00	0,159
4	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi İşgücü (Personel) İşletme Maliyeti	99	36.135,00	0,99
5	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Bakım ve Onarım İşletme Maliyeti	18	6.570,00	0,018
6	TOPLAM İşletme Maliyeti	418	152.205,00	0,418

4.1.3.1 Kimyasal madde sarfiyatı maliyeti

Nevşehir OSB AAT kimyasal sarfiyat maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.7’de verilen yıllık toplam 36.865,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.8 ’de verilmiştir. Nevşehir OSB AAT tasarım kimyasal hesaplaması HCl; NaOH; Al₂SO₄; Anyonik polielektrolit; üre/DAP tüketimi günlük birim miktarları sırası ile 200 l; 500 l; 1000 kg; 2 kg; 5 kg olarak öngörülmüştür.

Çizelge 4.8. Nevşehir OSB AAT kimyasal sarfiyat tasarım maliyet listesi.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
1	Asit – HCl (%35’lik)	Nötralizasyon	200	l/gün	0,054	10,866
2	Kostik -NaOH (%46’lık)	Nötralizasyon	500	l/gün	0,068	33,957
3	Alüminyum Sülfat	Kimyasal Arıtma	1000	kg/gün	0,048	47,540
4	Anyonik Polielektrolit	Kimyasal Arıtma	2	kg/gün	2,717	5,433
5	Üre - DAP	Dağıtma Yapısı	5	kg/gün	0,679	3,936

4.1.3.2 Çamur bertaraf maliyeti

Nevşehir OSB AAT çamur bertaraf maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.7’de verilen yıllık toplam 14.600,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Nevşehir OSB AAT çamur susuzlaştırma ünitesinden çıkarılacak olan çamur için kullanılacak katyonik polimer ve günlük çamur bertaraf miktarları sırası ile 2 kg/gün ve 0,64 ton/gün olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.9. Nevşehir OSB AAT çamur bertaraf maliyet listesi.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
1	Katyonik Polielektrolit	Çamur Susuzlaştırma	2	kg/gün	2,72	5,43
2	Çamur Bertarafı	Çamur Susuzlaştırma	0,64	ton/gün	54,33	34,77

4.1.3.3 Elektrik tüketim maliyeti

Nevşehir OSB AAT elektrik tüketim maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.7’de verilen yıllık toplam 58.035,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Nevşehir OSB AAT elektrik tüketim hesabı 1000 m³/gün’lük tasarım esasına dayalı ekipmanların işlem saatlerindeki kullanımları ve bunlara bağlı günlük enerji tüketimi hesabı çıkartılmıştır. Hesaplanan enerji tüketimi Nevşehir OSB AAT içerisinde 52 adet ekipmanın çalışması sonucu 3912 kWh/gün ve buna bağlı olarak 160 \$/gün enerji maliyet oluşturacağı öngörülmüştür.

Çizelge 4.10. Nevşehir OSB AAT elektrik tüketim maliyet listesi.

No	Malzeme	Miktar (Ad.)	Enerji (kW)	Kurulu Güç (kW/h)	Çalışma Süresi (Saat)	Günlük Enerji Sarfıyatı (kW/gün)
1	Izgara Kanalı Ultrasonik Seviye Ölçer	1	0,01	0,01	24	0,24
2	Mekanik Temizlemeli Kaba Izgara	1	1,5	1,5	3	4,5
3	Mekanik Temizlemeli İnce Izgara	1	1,5	1,5	3	4,5
4	Burgu Pres	1	2,2	2,2	3	6,6
5	Kum Ayırma Ekipmanı	1	0,75	0,75	5	3,75
6	Kum Tutucu Gezer Köprü	1	1,5	1,5	5	7,5
7	Kum Pompası	2	1,1	3,3	5	11
8	Yağ Pompası	2	0,75	2,25	3	6,75
9	Blower	1	3	6	20	60
10	Dalgıç Mikser	2	2,5	5	24	120
11	Seviye Ölçüm Cihazı	1	0,01	0,01	24	0,24
12	Dengeleme H. Terfi Pompası	2	11	33	12	132
13	Elektromanyetik Debimetre	1	0,02	0,02	24	0,48
14	Dengeleme Havuzu Blower	1	13,5	27	24	324
15	K. Arıtma Giriş Kapakları (Aktuatörlü)	2	0,37	0,74	2	1,48
16	Nötralizasyon Hızlı Karıştırıcı	2	1,5	3	6	18
17	Hızlı Karıştırıcı	2	1,5	3	6	18
18	Yavaş Karıştırıcı	2	0,75	1,5	6	9
19	pH Kontrol Cihazı	2	0,01	0,02	24	0,48
20	Kimyasal Çökeltim H. Sıyırıcısı	2	1,5	3	6	18
21	Kimyasal Çamur Pompası	2	2,2	8,8	6	26,4
22	Dağıtım Yapısı Giriş Kapakları (Aktuatörlü)	2	0,37	0,74	1	0,74
23	Fazla Çamur Pompası	2	3	9	3	9
24	Havalandırma H. Dalgıç Mikser	4	7,5	30	24	720
25	Oksijenmetre	2	0,01	0,02	24	0,48
26	SBR Havuzu Ultrasonik Seviye Ölçüm Cihazı	2	0,01	0,02	24	0,48

Çizelge 4.10 (devam). Nevşehir OSB AAT elektrik tüketim maliyet listesi.

27	SBR Blowerları	2	22	66	18	792
28	UV Yapısı	1	9	9	20	180
29	Numune Alma Cihazı	1	0,02	0,02	24	0,48
30	Arıtılmış Su Debimetre	1	0,02	0,02	24	0,48
31	Blower Binası Fanları	4	0,37	1,48	12	17,76
32	Asit Dozaj Pompası	1	0,18	0,36	6	2,16
33	Kostik Dozaj Pompası	1	0,18	0,36	6	2,16
34	Alüm Dozaj Pompası	1	0,37	0,74	6	4,44
35	Poli Dozaj Pompası	1	0,18	0,36	6	2,16
36	Dap&Üre Dozaj Pompası	1	0,18	0,36	6	2,16
37	Oto. Poli Hazırlama Ünitesi	1	3	3	6	18
38	Alüm Tankı Karıştırıcısı	1	2,2	4,4	24	52,8
39	DAP/Üre Hazırlama Tankı Karıştırıcısı	1	1,5	1,5	6	9
40	Elektrik Aktuatörlü Kelebek Vana	2	0,37	0,74	6	4,44
41	Kimya B. Havalandırma Fanları	4	0,18	0,72	12	8,64
42	Dalgıç Aeröjet Mikser	1	11	11	18	191
43	Dekantör Besleme Pompası	1	4	8	10	80
44	Otomatik Poli Hazırlama Sistemi	1	3	3	10	30
45	Katyonik Poli Dozaj Pompası	1	0,75	1,5	10	15
46	Katyonik Poli Hattı Debimetresi	1	0,01	0,01	24	0,24
47	Çamur Debimetresi	1	0,01	0,01	24	0,24
48	Dekantör	1	30	60	10	600
49	Helezon Konveyör	1	2,2	2,2	10	22
50	Çamur Yükleme Helezon Konveyör	1	2,2	2,2	10	22
51	Çevre Aydınlatma	1	9	9	12	108
52	Isıtma ve Muhtelif Enerji Giderleri	1	10	10	24	240
Elektrik Tüketim Kalemleri (adet)	Günlük Elektrik Sarfiyatı (kWh/gün)	Birim Elektrik Fiyatı (\$/kWh)			Elektrik Maliyeti (\$/gün)	
52	3912	0,0408			160	

4.1.3.4 Personel (işgücü) işletme maliyeti

Nevşehir OSB AAT personel işletme maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.7’de verilen yıllık toplam 36.135,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.11’de verilmiştir. İşgücü hesaplanmasında 1 mühendis, 2 mekanik teknisyeni, 2 elektrik teknisyeni ve 2 işçi yer almaktadır. Nevşehir OSB AAT 1000 m³/gün tasarıma ilişkin çalışacak personel sayısı 7 kişi hesaplanmış ve toplam maliyeti 98 \$/gün öngörölmüştür.

Çizelge 4.11. Nevşehir OSB AAT personel maliyet listesi.

No	Açıklama	Miktar	Aylık Maaş	Aylık Çalışma Süresi	Maliyet
1	Mühendis	1 kişi	815,00 \$	30 Gün	27,00 \$/gün
2	Mekanik Teknisyeni	2 kişi	815,00 \$	30 Gün	27,00 \$/gün
3	Elektrik Teknisyeni	2 kişi	733,00 \$	30 Gün	24,00 \$/gün
4	İşçi	2 kişi	611,00 \$	30 Gün	20,00 \$/gün

4.1.3.5 Bakım ve onarım işletme maliyeti

Nevşehir OSB AAT bakım ve onarım işletme maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.7’de verilen yıllık toplam 6.570,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Nevşehir OSB AAT için bakım ve onarım için gerekli tutarın mekanik yatırım tutarının %2’si, elektrik yatırım tutarının %1’i ve periyodik servis ve bakım sözleşmesi bakımından 1019 \$ tutarlarında hesaplama yapılmış olup bakım ve onarım işletme maliyeti günlük 17,68 \$ öngörölmüştür.

Çizelge 4.12. Nevşehir OSB AAT bakım/onarım maliyet listesi.

No	Açıklama	Periyod (yıl)	Birim Fiyat (\$/yıl)	Toplam Fiyat (\$/yıl)
1	Genel Bakım ve Onarım Giderleri (Mekanik Kapsam Yatırım Bedelinin %2’si esas alınmıştır)	1	3396	3396
2	Genel Bakım ve Onarım Giderleri (Elektrik Kapsam Yatırım Bedelinin %1’i esas alınmıştır)	1	2038	2038
3	Periyodik Servis ve Bakım Sözleşmesi	1	1019	1019

4.2 Acıgöl OSB Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesis

4.2.1 Atıksu karakteristiği ve debisi

Acıgöl OSB AAT kirletici yükleri, Acıgöl OSB Yönetim Kurulunca alınan “Acıgöl OSB Atıksu Kanalizasyon Kabul Kriterleri” karar neticesinde atıksu arıtma tesisinin kirletici yükleri belirlenmiştir. Atıksu arıtma tesisinin kabul edilen kirletici yükleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

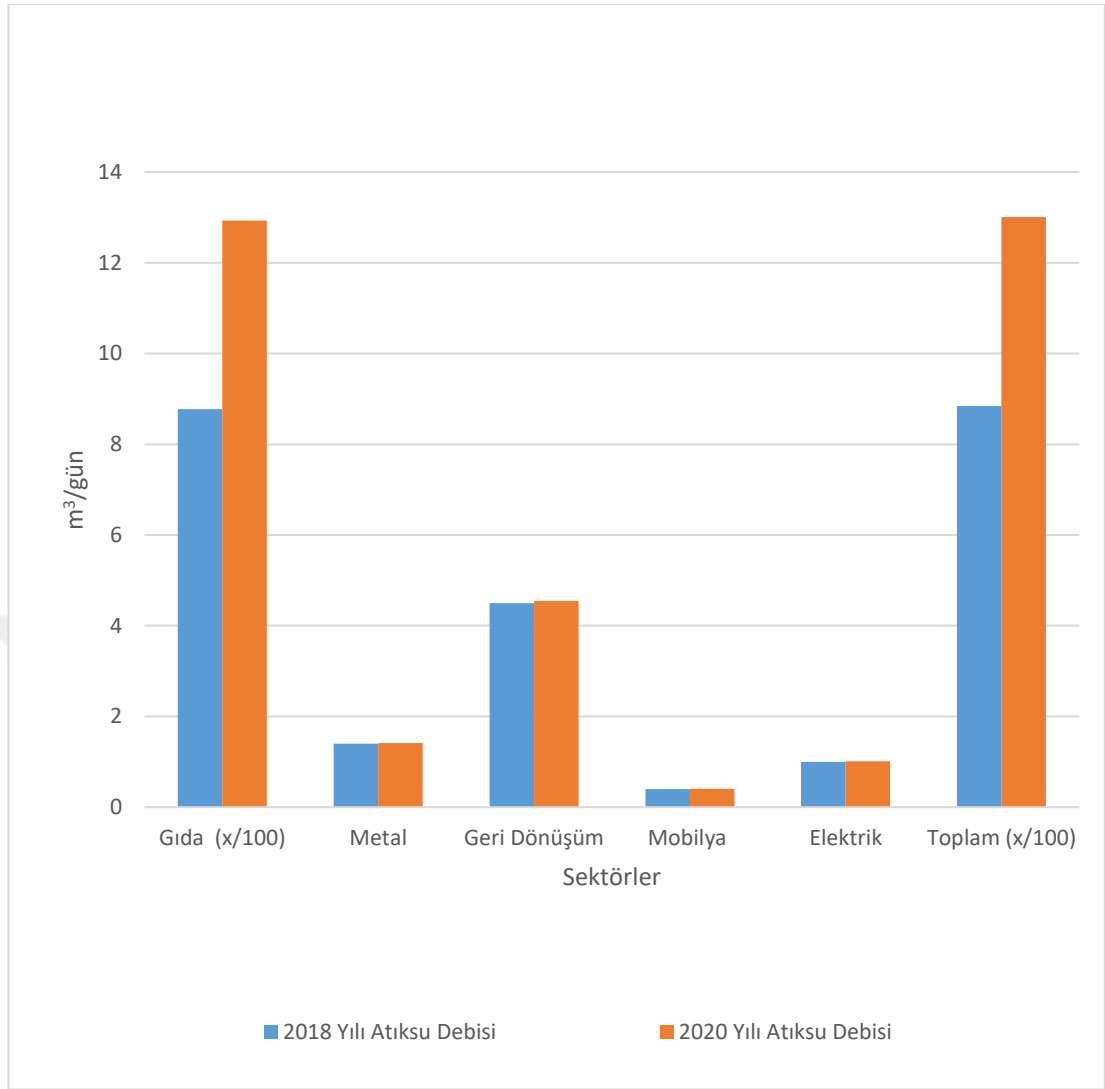
Çizelge 4.13. Acıgöl OSB AAT kirletici parametreleri kabul kriterleri.

Parametre	Birim	Acıgöl OSB AAT
Sıcaklık	°C	40
pH	-	6 -9
Askıda Katı Madde	mg/l	500
KOİ	mg/l	2000
Toplam Fosfor	mg/l	10
Toplam Azot	mg/l	100
BOİ ₅	mg/l	425
Renk	Pt-Co	950

Atıksu arıtma tesisine kabul edilen atıksuyun kirletici parametrelerine doğrudan katkı sağlayan, OSB içerisinde yer alan ve önde gelen tesisler değerlendirilmiştir. KOİ, BOİ₅, AKM, TN, TP ve Renk parametreleri atıksu karakteristiği temsili için seçilmiştir.

4.2.1.1 Sektörel atıksu oluşum debisi

Acıgöl OSB AAT 2013 yılı içerisinde projelendirme yapılmış olması 2014 yılına ait verilere göre 5 firmanın faaliyette olduğu görülmektedir. 2013 yılında kurulan arıtma tesisinin, 2018 yılında revize edilmesi planlanmış olup 2019 yılında 1500 m³/gün olarak kapasite artışı yapılmıştır. 2020 yılına ait verilerine göre faaliyete geçen firma sayısının 22 olmasıdır. 2018 yılı içerisinde atıksu oluşumu 2020 yılı içinde olduğu gibi 5 adet sektör bazlı olmaktadır. 2018 ve 2020 yıllarında sektörlere bağlı atıksu oluşumu Şekil 4.3’de gösterilmektedir.

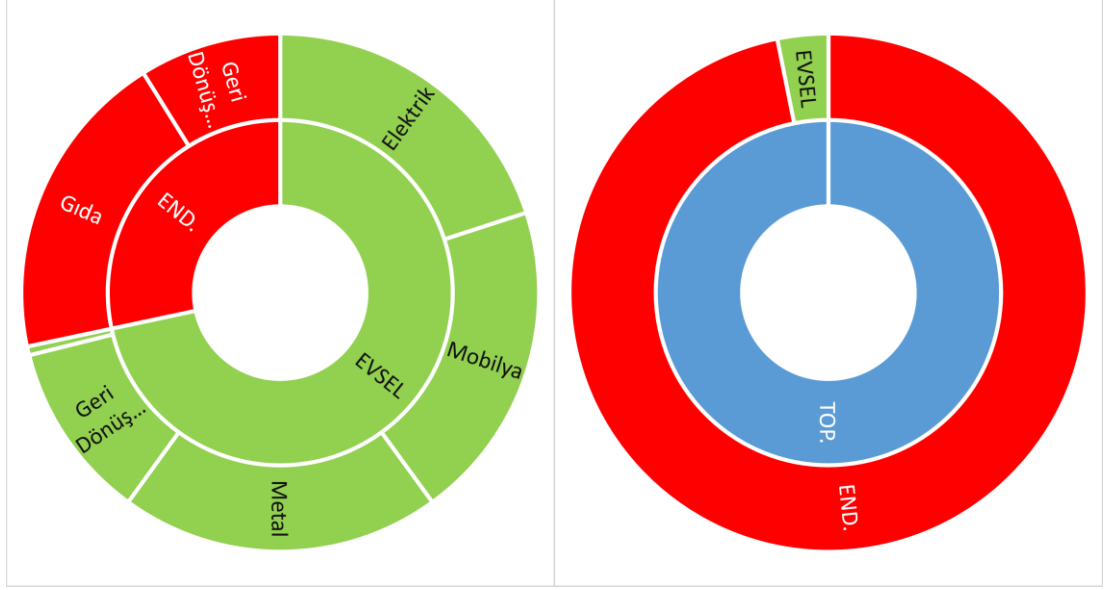


Şekil 4.3. Acıgöl OSB AAT 2018 ve 2020 yılı sektörel atıksu oluşum debileri.

2020 yılı atıksu oluşumu 3.1.3. Acıgöl OSB durumu bölümünde incelenmiş olup sektörel bazlı oluşum verileri yer almaktadır. 2018 yılı atıksu debisi minimum ve maksimum olarak 750-1250 m³/gün, 2020 yılı Aralık ayı için minimum ve maksimum olarak 1000-1500 m³/gün debi ölçülmektedir.

4.2.1.2 Sektörel atıksu karakteristiği

Acıgöl OSB içerisinde 2020 yılı içerisinde faaliyet gösteren firmaların 5 sektör üzerine yoğunluğu olduğu görülmektedir. Gıda, metal, geri dönüşüm, mobilya ve elektrik sektörleri, kirletici oluşumları sırası ile şu şekildedir; evsel olarak, %2,73, %100, %55,56, %100 ve %100, endüstriyel; %97,27, %0, %44,44, %0 ve %0 oranlarında etki oluşumu gözlemlenmektedir. Sektörel bazlı kirletici oluşumları Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Acıgöl OSB AAT 2020 yılı sektörel bazlı kirletici yükleri yüzdeleri.

Sektörel olarak atıksu niteliği oluşumu çerçevesinde 5 adet sektöre bağlı analizlerde ölçüm parametrelerine bağlı kirletici yükleri ortaya çıkarılmıştır. Acıgöl OSB katılımcıları tarafından, %97 endüstriyel nitelikli atıksu ve %3 evsel nitelikli atıksu oluşumu görülmüştür. Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15 ‘de endüstriyel ve evsel nitelikli atıksular için yapılan analiz sonuçlarının değerleri gösterilmiştir. Endüstriyel nitelikli atıksu oluşumu gösteren sektörlerin yüksek KOİ, AKM, pH ve Renk kirletici yükleri oluşumlarına doğrudan etki ettiği görülmüştür.

Çizelge 4.14. Acıgöl OSB endüstriyel nitelikli atıksu kirletici konsantrasyonları.

Parametre	Birim	Giriş Analiz Sonuçları
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	4930-11271
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	247-724
Askıda Katı Madde	mg/l	1987-4987
Renk	Pt-Co	350-2687
Toplam Azot (TN)	mg/l	70-120
Toplam Fosfor /TP)	mg/l	0,01-0,8
pH	-	3,1-9,8

Evsel nitelikli atıksu oluşumu gösteren sektörlerin ise yüksek BOİ₅, pH, Renk, Toplam azot ve Toplam fosfor kirletici yükleri oluşumlarının doğrudan kaynağı olarak görülmüştür.

Çizelge 4.15. Acıgöl OSB evsel nitelikli atıksu kirletici konsantrasyonları.

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları
		Giriş
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	300-1015
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	247-724
Toplam Azot (TN)	mg/l	84-197
Toplam Fosfor (TP)	mg/l	1,17-2,42
Renk	Pt-Co	287-707
pH	-	7,1-8,4

4.2.2 İlk yatırım maliyeti

Acıgöl OSB AAT 2014 ve 2018 yılları itibari ile proje ve inşaatına başlanılmış olması nedeni ile ilk yatırım maliyeti olarak yaklaşık 432.684,00 \$ tutarı hesaplanmıştır. Atıksu arıtma tesisi tasarımı olarak maliyet başlıkları inşaat, mekanik ekipman ve elektrik ve otomasyon kalemleri baz alınarak yapıldığı görülmektedir. İlk yatırım maliyeti arıtma tesisi prosesleri olan fiziksel, kimyasal, biyolojik, dezenfeksiyon ve çamur susuzlaştırma prosesleri başlıkları altında incelenmiştir.

4.2.2.1 Mekanik ekipman yatırım maliyeti

Acıgöl OSB AAT mekanik ekipman yatırım maliyeti 44 adet ekipmandan oluşmaktadır. Tesis tasarım dizaynı için gerekli ekipmanlar listesi oluşturulmuş olup gerekli ekipman adet fiyatına göre toplam maliyet yaklaşık 228.925,00 \$ tutarında olmaktadır. Tesis tasarımı için gerekli görülen ekipmanlar Çizelge 4.16'da detayları verilmiştir.

Çizelge 4.16. Acıgöl OSB AAT mekanik ekipman yatırım maliyet listesi.

No	Malzeme	Miktar (ad.)
Fiziksel Mekanik Ekipman		
1	Terfi Pompası	4
2	Yağ Tutucu	1
3	Yağ Tutucu Çamur Pompası	1
4	Tambur Elek	3
5	Kum Pompası	1
6	Yağ Pompası	1
7	Difüzör	4
8	Blower	1
9	Kum Tutucu Gezer Köprü	1
10	Penstock Kapak	2
11	Mekanik Kaba Izgara	1
12	Mekanik İnce Izgara	1
13	Ultrasonik seviye sensörü	1
Kimyasal Mekanik Ekipman		
14	Kimyasal Arıtma Tankı	3
15	Hızlı Karıştırıcı	6
16	Yavaş Karıştırıcı	3
17	Dozlama Pompası (FeCL3)	3
18	Dozlama Pompası (A.Poli)	3
19	Dozlama Pompası (Kireç)	3
20	Çözelti Hazırlama Tankı	4
21	Çözelti Hazırlama Tankı Karıştırıcısı	4
22	Kimyasal Çamur Pompası	3
23	FeCL3 Stok Tankı	2
24	Debi Metre	3
25	Ph Metre	3

Çizelge 4.16 (devam). Acıgöl OSB AAT mekanik ekipman yatırım maliyet listesi.

Biyolojik Mekanik Ekipman		
26	Blower	2
27	Dalgıç Mikser	4
28	Difüzör	865~
29	Biyolojik Arıtma Tahliye Pompası	2
30	Klor Tankı	1
31	Klor Dozaj Pompası	1
32	Üre/DAP Hazırlama Tankı Karıştırıcısı	1
33	Üre/DAP Dozlama Pompası	1
34	Üre/DAP Hazırlama Tankı	1
35	Biyolojik Arıtma Besleme Pompası	3
Çamur Susuzlaştırma Mekanik Ekipman		
36	Çamur Yoğunlaştırma Havuzu Karıştırıcısı	2
37	Çözelti Hazırlama Tankı	2
38	K. Poli Dozlama Pompası	2
39	Dekantör Besleme Pompası	2
40	Dekantör	2
41	Vidalı Konveyör	2
42	Dozlama Pompası	3
43	K. Poli Çözelti Hazırlama Tankı	1
44	K. Poli Çözelti Hazırlama Tankı Karıştırıcısı	1

4.2.2.2 İnşaat yatırım maliyeti

Acıgöl OSB AAT inşaat yatırım maliyeti tesis projelendirme aşamasında arıtılabilirlik çalışmasına uygun havuz tasarımları ve mekanik ekipman montajı için kaide yapılan kalemler yer almaktadır. İnşaat yatırım kalemleri 8 kalem olarak yaklaşık 85.783,00 \$ tutarında yatırım maliyeti öngörülmüştür. İnşaat yatırım maliyet listesi detayları Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Acıgöl OSB AAT inşaat yatırım maliyet kalemleri.

NO	Malzeme	Miktar (ad.)
1	Havalandırma Havuzu	1
2	Çamur Yoğunlaştırma Havuzu	1
3	Kimyasal Arıtma Taban Betonu	1
4	Çelik Yapılar (Terfi Tankı)	1
5	Çelik Yapılar (Kimyasal Arıtma Tankı)	1
6	Dengeleme Havuzu	2
7	Izgara Kanalı	1
8	Havalandırılmalı kum tutucu	1

4.2.2.3 Elektrik ve otomasyon yatırım maliyeti

Acıgöl OSB AAT elektrik ve otomasyon ilk yatırım maliyeti, tesis artırılabilirlik çalışması neticesinde dizayn edilen ekipmanların ve tasarlanan havuzların otomasyon sistemi ile sürdürülebilirliği yapılması için ve ayrıca ekipmanlar için gerekli enerji ihtiyacının karşılanması için gerekli kalemler yer almaktadır. Elektrik ve otomasyon yatırım maliyeti 8 başlık altında incelenmiş ve yaklaşık 82.720,00 \$ tutar hesaplanması, yatırım maliyeti olarak öngörülmektedir. Elektrik otomasyon yatırım maliyeti kalem detayları Çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Acıgöl OSB AAT elektrik ve otomasyon yatırım maliyet listesi.

NO	Malzeme	Miktar (ad.)
1	Kumanda ve Kontrol Panoları	1
2	PLC & Scada Sistemi	1
3	Saha Elektrifikasyon Malzemeleri	1
4	Topraklama Sistemi	1
5	Elektrik Montaj İşçilikleri	1
6	Paratoner Sistemi	2
7	Çevre Aydınlatma Sistemi	1
8	Montaj ve İşçilik Bedeli	1

4.2.3 Tasarım işletme maliyeti

Acıgöl OSB AAT projelendirilen tesis işletilmesi için gerekli insan kaynakları, elektrik maliyeti, kimyasal sarfiyat maliyeti ve çamur bertaraf maliyeti kalemlerinde hesaplamalar yapılmıştır. Acıgöl OSB AAT tasarım işletme maliyeti 1500 m³/gün debiye sahip olarak hesaplamalar yapılmış ve öngörülen değerler ortaya çıkmıştır. Toplam işletme maliyeti, günlük ve yıllık maliyet detayları Çizelge 4.19'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.19. Acıgöl OSB AAT toplam işletme maliyeti listesi.

No	Açıklama	Günlük Tutar (\$/gün)	Yıllık Tutar (\$/yıl)	m ³ Başına Tutar (\$/gün)
1	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Kimyasal Tüketim İşletme Maliyeti	387,00	140.260,00	0,256
2	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Çamur Bertaraf İşletme Maliyeti	37,00	13.648,00	0,025
3	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Tüketim İşletme Maliyeti	306,00	111.688,00	0,204
4	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi İşgücü (Personel) İşletme Maliyeti	92,00	33.579,00	0,061
5	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Bakım ve Onarım İşletme Maliyeti	11,00	4.075,00	0,007
6	TOPLAM İşletme Maliyeti	834,00	303.250,00	0,554

İşletme maliyeti, atıksu arıtma tesisinin istenilen verimle çalıştırılabilmesi için optimum şartlarda kullanılan kimyasal sarfiyatı, çalışması uygun görülen ekipmanın uygun zaman diliminde çalıştırılması gibi etmenlere bağlı olarak hesaplanması ile 834 \$/gün, 303.250,00 \$/yıl ve 0,554 \$/m³ tutarlar öngörülmektedir. İşletme maliyeti hesaplamasında 4 kalem üzerinden değerlendirme yapılmaktadır.

4.2.3.1 Kimyasal sarfiyat maliyeti

Acıgöl OSB AAT kimyasal sarfiyat maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.19’da verilen yıllık toplam 141.295,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Kimyasal kullanımı; kireç (CaOH_2), demirüçklorür (FeCl_3), anyonik polielektrolit, klor (NaOCl) ve DAP/üre maddelerinin sarfiyatı sırası ile 1500, 2574, 4,2, 4,5 ve 7,5 kg/gün olarak öngörülmüştür.

Çizelge 4.20. Kimyasal sarfiyat maliyet kalemleri.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
1	Kireç – CaOH_2 (%20’lik)	Nötralizasyon	1500	kg/gün	0,05	71,31
2	Demir III Klorür - FeCl_3 (%40’lık)	Koagülasyon	2574	kg/gün	0,12	297,18
3	Anyonik Polielektrolit	Flokülasyon	4,2	kg/gün	2,72	11,41
4	Klor	Deşarj	4,5	kg/gün	0,81	3,64
5	Üre - DAP	Biyolojik Arıtma	7,5	kg/gün	0,48	3,57

4.2.3.2 Çamur bertaraf maliyeti

Acıgöl OSB AAT çamur bertaraf maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.19’da verilen yıllık toplam 13.648,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Acıgöl OSB AAT çamur susuzlaştırma ünitesinden çıkarılacak olan çamur için kullanılacak katyonik polimer ve günlük çamur bertaraf miktarları sırası ile 6,97 kg/gün ve 0,27 ton/gün olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.21. Acıgöl OSB AAT çamur bertaraf maliyet listesi.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
1	Katyonik Polielektrolit	Çamur Susuzlaştırma	6,97	kg/gün	3,26	22,72
2	Çamur Bertarafı	Çamur Susuzlaştırma	0,27	ton/gün	54,33	14,67

4.2.3.3 Elektrik tüketim maliyeti

Acıgöl OSB AAT elektrik tüketim maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.19’da verilen yıllık toplam 111.692,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Acıgöl OSB AAT elektrik tüketim hesabı 1500 m³/gün ’lük tasarım esasına dayalı ekipmanların işlem saatlerindeki kullanımları ve bunlara bağlı günlük enerji tüketimi hesabı çıkartılmıştır. Hesaplanan enerji tüketimi Acıgöl OSB AAT içerisinde 16 adet ekipmanın çalışması sonucu 4309 kWh/gün ve buna bağlı olarak 306 \$/gün enerji maliyet oluşturacağı öngörülmüştür.

Çizelge 4.22. Acıgöl OSB AAT elektrik tüketim maliyet kalemleri.

Ekipman/Malzeme	Adet	Çalışma Süresi (Saat/Gün)	Güç (kW)	Enerji Tüketimi (kW/Gün)
Mekanik Kaba Izgara	1	1	0,12	0,12
Mekanik İnce Izgara	1	1	0,12	0,12
Havalandırılmalı Kum Tutucu Gezer Köprü	1	24	0,37	8,88
Havalandırılmalı Kum Tutucu Kum Pompası	1	24	0,55	13,2
Havalandırılmalı Kum Tutucu Yağ Pompası	1	24	0,55	13,2
Havalandırılmalı Kum Tutucu Blower	1	24	2,2	52,8
Sistem Besleme Pompası	2	24	2,2	105,6
Yağ Ayırıcı Tankı Sıyırıcısı	1	24	0,55	13,2
Yağ Ayırıcı Tankı Çamur Pompası	1	4	0,55	2,2
Kimyasal Arıtma Besleme Pompası	3	24	1,5	108
Tambur Elek	3	24	0,55	39,6
Koagülasyon Tankı Karıştırıcısı	3	24	1,5	108
Nötralizasyon Tankı Karıştırıcısı	3	24	1,5	108
Flokülasyon Tankı Karıştırıcısı	3	24	2,2	158,4
Kireç Hazırlama Tankı Karıştırıcısı	3	5	1,5	22,5
A. Poli Hazırlama Tankı Karıştırıcısı	3	5	1,5	22,5
Elektrik Tüketim Kalemleri (adet)	Günlük Elektrik Sarfiyatı (kWh/gün)		Birim Elektrik Fiyatı (\$/kWh)	Elektrik Maliyeti (\$/gün)
16	4309		0,07101	306,00

4.2.3.4 Personel (işgücü) işletme maliyeti

Acıgöl OSB AAT personel işletme maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.19’da verilen yıllık toplam 33.579,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.23’de verilmiştir. İşletme personel sayısı 9 olarak öngörölmüştür. İşgücü hesaplanmasında 2 tesis sorumlusu, 2 mekanik teknisyeni, 2 elektrik teknisyeni ve 1 işçi yer almaktadır. Acıgöl OSB AAT 1500 m³/gün tasarıma ilişkin çalışacak personel sayısı 7 kişi hesaplanmış ve toplam maliyeti 92 \$/gün öngörölmüştür.

Çizelge 4.23. Acıgöl OSB AAT personel maliyet kalemleri.

No	Açıklama	Miktar	Aylık Maaş	Aylık Çalışma Süresi	Toplam Maliyet
1	Tesis Sorumlusu	1 kişi	400 \$/ay	30 Gün	92 \$/gün
	Tesis Sorumlusu	1 kişi			
	Mekanik Teknisyeni	2 kişi			
	Elektrik Teknisyeni	2 kişi			
	Çevre Teknikeri/Teknisyeni	1 kişi			

4.2.3.5 Bakım ve onarım işletme maliyeti

Acıgöl OSB AAT bakım ve onarım işletme maliyeti, işletme maliyeti Çizelge 4.19’da verilen yıllık toplam 4.075,00 \$ tutarının detayları Çizelge 4.24’de verilmiştir. Acıgöl OSB AAT için mekanik ve elektrik bakım ve onarım için ve periyodik servis ve bakım sözleşmesi tutarları bakımından sırası ile 2037 \$, 1358 \$ ve 679 \$ tutarlarında hesaplama yapılmış olup bakım ve onarım işletme maliyeti günlük 9,30 \$ öngörölmüştür.

Çizelge 4.24. Acıgöl OSB AAT personel maliyet kalemleri.

No	Açıklama	Miktar	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
1	Mekanik Genel Bakım ve Onarım Giderleri	1 Yıl	2037 \$	2037 \$
2	Elektrik Genel Bakım ve Onarım Giderleri	1 Yıl	1358 \$	1358 \$
3	Periyodik Servis ve Bakım Sözleşmesi	1 Yıl	679 \$	679 \$

4.3 Nevşehir ve Acıgöl OSB’lerin İşletme Maliyet Sorunları

Nevşehir OSB AAT işletme maliyetine etki eden sorunlar ele alınmıştır. Tesis işletilmesinde atıksu karakterizasyonunun sürekli değişime uğraması sonucu uygulanacak kimyasal dozajlanmalarından maliyet artışı, tesis dengeleme havuzunun debi oranının düşük olması ve buna bağlı karakterizasyonun istenilen düzeyde sağlanılamaması sonucu arıtma verimi kaybına ve aşırı kirletici yüküne sahip atıksuyun oluşturduğu çamurlar, işletme maliyet sorunlarını arttırmaktadır.

Acıgöl OSB AAT işletme maliyetine etki eden sorunlar ele alınmıştır. Tesis işletilmesinde tesis dengeleme havuzunun atıksu bekleme oranının düşük olması ve buna bağlı karakterizasyonun istenilen düzeyde sağlanılamaması ve arıtma verimi kaybı, atıksu karakterizasyonunun sürekli değişime uğraması sonucu kimyasal dozajlamalardan kaynaklı yüksek kimyasal sarfıyatı, gıda sektöründen meydana gelen aşırı öğütülmüş tahıl bileşenleri ve yağ-gres içeren atıksu içerisinde boru cidarlarına yapışma ve katran tabakalar oluşturması ve aşırı kirletici yüküne sahip atıksuyun oluşturduğu çamurlar işletme maliyet sorunlarını arttırmaktadır.

4.4 Nevşehir ve Acıgöl OSB’lerin İşletme Maliyetleri Analizi

Nevşehir ve Acıgöl OSB’lerin AAT’leri proje aşamasında planlanan işletme maliyet kalemlerinden kimyasal sarfıyatları ve çamur bertaraf maliyetleri; Acıgöl OSB için yaklaşık %70 kat, Nevşehir OSB için %40 kat fazla olmakta olduğu görülmüştür. OSB’lerin atıksularından alınan numuneler için analizi yapılmış olup atıksuyun tesislere tasarım kriterlerinin üst limitlerde geldiği görülmüştür. Atıksu arıtma tesisinin kullandığı kimyasal sarfıyatları incelendiğinde projelerinde yer alan işletme maliyetlerinden yüksek tutarlar olduğu görülmüştür. Acıgöl ve Nevşehir OSB’lerin işletme maliyet kalemlerinden etkilenen tablolar oluşturulmuştur.

4.4.1 Nevşehir organize sanayi bölgesi AAT işletme maliyeti analizi

Nevşehir OSB AAT, 1000 m³/gün kapasite tasarımı yapılmış ve tasarım işletme maliyeti tasarım debisine göre yapılmıştır. Nevşehir OSB AAT için 1.Etap kurulmuş olup, günlük 500 m³ atıksu arıtmakta olmasından kaynaklı tasarım maliyetleri yarı yarıya baz alınmıştır.

Çizelge 4.25. Nevşehir OSB AAT tasarım ve gerçek işletme maliyeti karşılaştırma listesi.

No	Açıklama	Günlük Tutar (\$/gün)	Yıllık Tutar (\$/yıl)	Birim Tutar (\$/m ³)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti				
1	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Kimyasal Tüketim İşletme Maliyeti	50,5	18.433,00	0,101
2	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Çamur Bertaraf İşletme Maliyeti	20	7.300,00	0,040
3	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Tüketim İşletme Maliyeti	79,5	29.018,00	0,159
4	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi İşgücü İşletme Maliyeti	49,5	18.068,00	0,99
5	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Bakım ve Onarım İşletme Maliyeti	9	3.285,00	0,018
6	TOPLAM İşletme Maliyeti	209	76.103,00	0,417
İşletme Esasına Dayalı İşletme Maliyeti				
7	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Kimyasal Tüketim İşletme Maliyeti	81	29.565,00	0,162
8	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Çamur Bertaraf İşletme Maliyeti	47,8	17.447,00	0,096
9	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Tüketim İşletme Maliyeti	100	36.500,00	0,200
10	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi İşgücü İşletme Maliyeti	49,5	18.096,00	0,099
11	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Bakım ve Onarım İşletme Maliyeti	9,0	3.260,00	0,018
12	TOPLAM İşletme Maliyeti	287,3	104.865,00	0,575

Çizelgeden görüleceği üzere Nevşehir OSB AAT gerçek işletme maliyetleri kimyasal tüketimi, çamur bertarafı, enerji tüketimi, işgücü ve bakım/onarım bakımından sırası

ile günlük 81, 47,8, 100, 49,5 ve 9 \$ olarak bulunmuştur. Tasarım maliyetleri sırası ile günlük 50,5, 20, 79,5, 49,5 ve 9 \$'dır.

Gerçek işletme maliyeti tasarım işletme maliyetleri artışlarına bakıldığında kimyasal sarfiyatı, çamur bertarafı ve enerji tüketimi açısından artış olduğu gözlemlenmiştir. İş gücü ve bakım/onarım maliyetleri sabit kaldığı görülmüştür.

Nevşehir OSB AAT işletme maliyetleri ve tasarım maliyetleri arasında yaklaşık olarak 1,4 kat fazla olduğu görülmektedir. Bu değerler detayları aşağıda tablolar halinde yer verilmiştir. Çizelge 4.26'da Nevşehir OSB AAT'sinin kimyasal sarfiyat karşılaştırmaları yer almaktadır.

Çizelge 4.26. Nevşehir OSB AAT kimyasal sarfiyat tasarım ve gerçek maliyet karşılaştırma listesi.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
1	Asit – HCl (%35'lik)	Nötralizasyon	100	L/gün	0,054	5
2	Kostik -NaOH (%46'lık)	Nötralizasyon	250	L/gün	0,068	17
3	Alüminyum Sülfat (Al ₂ SO ₄)	Kimyasal Arıtma	500	kg/gün	0,048	24
4	Anyonik Polielektrolit	Kimyasal Arıtma	1	kg/gün	2,72	3
6	Üre – DAP	Dağıtma Yapısı	2,5	kg/gün	0,68	2
İşletme Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
7	Asit – HCl (%35'lik)	Nötralizasyon	120	L/gün	0,054	7
8	Kostik -NaOH (%46'lık)	Nötralizasyon	350	L/gün	0,068	24
9	Alüminyum Sülfat (Al ₂ SO ₄)	Kimyasal Arıtma	800	kg/gün	0,054	43
10	Anyonik Polielektrolit	Kimyasal Arıtma	1,5	kg/gün	2,99	4
11	Üre - DAP	Dağıtma Yapısı	3,9	kg/gün	0,68	3

Nevşehir OSB AAT’de kullanılan kimyasal maddeleri HCl, NaOH, Al₂SO₄, Anyonik polimer ve üre/DAP olup maliyetleri bakımından; tasarım için sırası ile 5, 17, 24, 3 ve 2 \$/gün, gerçek için sırası ile 7, 24, 43, 4 ve 3 \$/gün olarak bulunmuştur. Maliyet karşılaştırma çizelgesine bakıldığında en çok kostik ve alüm kimyasalların artışı sonucu kostik için 7 \$/gün ve alüm için 19 \$/gün ekstra maliyet artışı olduğu bulunmuştur.

Nevşehir OSB AAT içerisinde çamur susuzlaştırma ünitesi için uzaklaştırılan çamur miktarları tasarım ve gerçek işletme maliyetleri karşılaştırması Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında katyonik polimer için tasarım maliyeti günlük 2,7 \$ iken gerçek işletme maliyeti günlük 7,0 \$ olarak bulunmuştur. Aynı maliyetlerde çamur bertarafı tasarım için 17,4 \$/gün’den gerçek işletme maliyeti 40,7 \$/gün’e çıkmıştır. Her iki başlık için toplamda 48,4 \$/gün işletme maliyet artışı bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Nevşehir OSB AAT çamur bertarafı tasarım ve gerçek maliyet karşılaştırması.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
1	Katyonik Polielektrolit	Çamur Susuzlaştırma	1	kg/gün	2,7	2,7
2	Çamur Bertarafı	Çamur Susuzlaştırma	0,32	ton/gün	54,3	17,4
İşletme Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
1	Katyonik Polielektrolit	Çamur Susuzlaştırma	2	kg/gün	3,5	7,0
2	Çamur Bertarafı	Çamur Susuzlaştırma	0,75	ton/gün	54,3	40,7

Nevşehir OSB AAT ekipmanlarının enerji tüketimi tasarım ve gerçek işletme maliyetleri karşılaştırması Çizelge 4.28’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında enerji

sarfiyatının değişmediği yıllara bağlı enerji tüketim birim fiyatından kaynaklanan artış neticesinde 20,5 \$/gün ilave maliyet artışı bulunmuştur.

Çizelge 4.28. Nevşehir OSB AAT elektrik sarfiyatı tasarım ve gerçek işletme maliyeti karşılaştırması.

Elektrik Tüketim Kalemleri (adet)	Günlük Elektrik Sarfiyatı (kWh/gün)	Birim Elektrik Fiyatı (\$/kWh)	Elektrik Maliyeti (\$/gün)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti			
26	1956	0,04	79,5
İşletme Esasına Dayalı İşletme Maliyeti			
26	1956	0,051	100

Nevşehir OSB AAT için personel (işgücü) ve bakım ve onarım işletme maliyet kalemleri, tasarım ve işletme maliyet hesaplarında aynı olmasından kaynaklı artış gözlemlenmediği görülmüştür.

4.4.2 Acıgöl organize sanayi bölgesi AAT işletme maliyet analizi

Acıgöl OSB AAT için 1500 m³/gün tasarım debisine sahip olup tasarıma sahip olmasından dolayı tasarım esası aynı şekilde alınmıştır. İşletme maliyet kalemlerine etki eden kimyasal madde sarfiyatı, çamur bertarafı ve elektrik maliyeti kalemleri baz alınmıştır. İşletme maliyetine çok düşük ihmal edilebilir seviyede olmasından kaynaklı bakım ve onarım maliyeti hesaba katılmamış ve ayrıca personel maliyeti aynı kalacağından değerlendirilmemiştir. İşletme maliyet kalemleri bu bölümde tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 4.29’da Acıgöl OSB AAT’sinin gerçek ve tasarım işletme maliyet karşılaştırma verileri yer almaktadır. Acıgöl OSB AAT gerçek ve tasarım işletme maliyetleri arasında yaklaşık olarak 1,7 kat fazla olduğu görülmektedir. Çizelge 4.29’un detayları aşağıda tablolar halinde yer verilmiştir.

Çizelge 4.29. Acıgöl OSB AAT tasarım ve gerçek işletme maliyet karşılaştırma listesi.

NO	AÇIKLAMA	GÜNLÜK TUTAR (\$/gün)	YILLIK TUTAR (\$/yıl)	BİRİM TUTAR (\$/m ³)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti				
1	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Kimyasal Tüketim İşletme Maliyeti	387,00	140.260,00	0,256
2	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Çamur Bertaraf İşletme Maliyeti	37,00	13.648,00	0,025
3	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Tüketim İşletme Maliyeti	306,00	111.688,00	0,204
4	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi İşgücü (Personel) İşletme Maliyeti	92,00	33.579,00	0,061
5	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Bakım ve Onarım İşletme Maliyeti	11,00	4.075,00	0,007
6	TOPLAM İşletme Maliyeti	834,00	303.250,00	0,554
İşletme Esasına Dayalı İşletme Maliyeti				
7	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Kimyasal Tüketim İşletme Maliyeti	761	277.765,00	0,507
8	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Çamur Bertaraf İşletme Maliyeti	123	44.895,00	0,082
9	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Tüketim İşletme Maliyeti	400	146.000,00	0,267
10	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi İşgücü (Personel) İşletme Maliyeti	92,00	33.579,00	0,061
11	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Bakım ve Onarım İşletme Maliyeti	11,00	4.075,00	0,07
12	TOPLAM İşletme Maliyeti	1.387,00	506.313,00	0,925

Çizelgeden görüleceği üzere Acıgöl OSB AAT gerçek işletme maliyetleri kimyasal tüketimi, çamur bertarafı, enerji tüketimi, işgücü ve bakım/onarım bakımından sırası ile günlük 761, 123, 400, 92 ve 11 \$ olarak bulunmuştur. Tasarım maliyetleri sırası ile günlük 387, 37, 306, 92 ve 11 \$'dır. Gerçek işletme maliyeti tasarım işletme maliyetleri artışlarına bakıldığında kimyasal sarfıyatı, çamur bertarafı ve enerji

tüketimi açısından artış olduğu gözlemlenmiştir. İş gücü ve bakım/onarım maliyetleri sabit kaldığı görülmüştür. Çizelge 4.30’da Acıgöl OSB AAT’sinin kimyasal sarfiyat karşılaştırmaları yer almaktadır.

Çizelge 4.30. Acıgöl OSB AAT kimyasal sarfiyat maliyet kalemleri.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
1	Kireç – CaOH ₂ (%20’lik)	Nötralizasyon	1500	kg/gün	0,05	71,31
2	Demir III Klorür -FeCl ₃ (%40’lık)	Koagülasyon	2574	kg/gün	0,12	297,18
3	Anyonik Polielektrolit	Flokülasyon	4,2	kg/gün	2,72	11,41
4	Klor	Deşarj	4,5	kg/gün	0,81	3,64
5	Üre - DAP	Biyolojik Arıtma	7,5	kg/gün	0,48	3,57
İşletme Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
6	Kireç – CaOH ₂ (%20’lik)	Nötralizasyon	2150	kg/gün	0,08	175,2
7	Demir III Klorür -FeCl ₃ (%40’lık)	Koagülasyon	3650	kg/gün	0,15	545,4
8	Anyonik Polielektrolit	Flokülasyon	9	kg/gün	3,40	30,6
9	Klor	Deşarj	7	kg/gün	0,87	6,1
10	Üre - DAP	Biyolojik Arıtma	8	kg/gün	0,49	3,9

Acıgöl OSB AAT’de kullanılan kimyasal maddeleri kireç (CaOH₂), demirüçklorür (FeCl₃), Anyonik polimer, klor ve üre/DAP olup maliyetleri bakımından; tasarım için sırası ile 71,31, 297,18, 11,41, 3,64 ve 3,57 \$/gün, gerçek için sırası ile 175,2, 545,4, 30,6, 6,1 ve 3,9 \$/gün olarak bulunmuştur. Maliyet karşılaştırma çizelgesine bakıldığında en çok CaOH₂ ve FeCl₃ kimyasalların artışı sonucu CaOH₂ için 103,89 \$/gün ve FeCl₃ için 248,22 \$/gün ilave bir maliyet olduğu bulunmuştur. Acıgöl OSB AAT içerisinde çamur susuzlaştırma ünitesi için uzaklaştırılan çamur miktarları tasarım ve gerçek işletme maliyetleri karşılaştırması Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Acıgöl OSB AAT çamur bertarafı tasarım ve gerçek işletme maliyet karşılaştırma listesi.

No	Açıklama	Kullanım Yeri	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (\$)	Toplam Fiyat (\$/gün)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
1	Katyonik Polielektrolit	Çamur Susuzlaştırma	6,97	kg/gün	3,26	22,72
2	Çamur Bertarafı	Çamur Susuzlaştırma	0,27	ton/gün	54,33	14,67
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti						
3	Katyonik Polielektrolit	Çamur Susuzlaştırma	15,0	kg/gün	3,52	52,8
4	Çamur Bertarafı	Çamur Susuzlaştırma	1,3	ton/gün	54,33	70,69

Çizelgeye bakıldığında katyonik polimer için tasarım maliyeti günlük 22,72 \$ iken gerçek işletme maliyeti günlük 52,8 \$ olarak bulunmuştur. Aynı maliyetlerde çamur bertarafı tasarım için 14,67 \$/gün'den gerçek işletme maliyeti 70,69 \$/gün'e çıkmıştır. Her iki başlık için toplamda 86,1 \$/gün işletme maliyet artışı bulunmuştur. Çamur bertarafının artışı ile kimyasal sarfiyatının artışı arasında doğru orantı olduğu bulunmuştur. Acıgöl OSB AAT ekipmanlarının enerji tüketimi tasarım ve gerçek işletme maliyetleri karşılaştırması Çizelge 4.32'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında enerji sarfiyatının tasarım esasına dayalı günlük tüketimi 4309 kWh, gerçek işletmede 4350 kWh olarak bulunmuştur. Günlük elektrik maliyeti tasarım için 306 \$, gerçek işletme için 400 \$ olarak hesaplanmıştır. Tasarım esasına dayalı birim fiyat kWh başına 0,07101 \$'dan gerçek işletme birim fiyatı ise 0,09206 \$'dır. 0,02105 \$/kWh birim fiyat artışından ve 41 kWh/gün elektrik sarfiyatından kaynaklı ilave maliyet, günlük 94 \$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Acıgöl OSB AAT elektrik sarfiyatı işletme maliyeti.

Elektrik Tüketim Kalemleri (adet)	Günlük Elektrik Sarfiyatı (kWh/gün)	Birim Elektrik Fiyatı (\$/kWh)	Elektrik Maliyeti (\$/gün)
Tasarım Esasına Dayalı İşletme Maliyeti			
16	4309	0,07101	306
İşletme Esasına Dayalı İşletme Maliyeti			
16	4350	0,09206	400

Acıgöl OSB AAT için personel (işgücü) ve bakım ve onarım işletme maliyet kalemleri, tasarım ve işletme maliyet hesaplarında aynı olmasından kaynaklı artış gözlemlenmediği görülmüştür. Bu bağlamda hesaplanmaya alınmamıştır.

4.5 OSB'lerin AAT'lerinin Örneklemelerinin Veri Analizi

Tez çalışmasında planlanan örneklemelerin tesis giriş ve çıkışlarından alınarak analizi yapılmış olup Nevşehir ve Acıgöl OSB olarak tablo halinde verilmiştir. Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34'de, Nevşehir ve Acıgöl OSB'nin AAT'lerinin giriş ve çıkış noktalarından alınan analiz sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Nevşehir OSB AAT giriş ve çıkış atıksu numuneleri analiz değerleri.

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları	
		Giriş	Çıkış
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	3130-9874	27-250
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	551-981	10-75
Askıda Katı Madde	mg/l	420-1620	37-149
Toplam Azot (TN)	mg/l	35-190	8-25
Toplam Fosfor (TP)	mg/l	1,04-2,68	<0,001-0,278
Renk	Pt-Co	344-941	24,21-39,74
pH	-	3,4-10,8	8,01-8,87

Çizelge 4.34. Acıgöl OSB AAT giriş ve çıkış atıksu numuneleri analiz değerleri.

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları	
		Giriş	Çıkış
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	5428- 11254	80-140
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	624-1204	20-67
Askıda Katı Madde	mg/l	850-1987	40-140
Toplam Azot (TN)	mg/l	75,47-197,95	5,47-10,40
Toplam Fosfor (TP)	mg/l	0,017 -1,493	0,01-0,78
Renk	Pt-Co	893,57-2540	24,74-51,25
pH	-	3,2-11,87	7,2-8,7

4.6 Kirletici Değişkenliğine Bağlı OSB'lerin AAT'lerinin İşletme Maliyetlerinin Çıkarılması

Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin kirletici değişkenliği araştırılmış olup tablo olarak verilmiştir. Çizelge 4.35.'de Acıgöl OSB için kirletici değişkenliğinin işletme maliyetine %64,29 kat fazla etki ettiği ve ayrıca Çizelge 4.36'da Nevşehir OSB için ise %38,10 kat fazla etki ettiği hesaplanmıştır.

Çizelge 4.35. Acıgöl OSB AAT kirletici değişkenliğine bağlı maliyet tablosu.

Değişkenler / Parametreler	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	Askıda Katı Madde	Toplam Azot (TN)	Toplam Fosfor (TP)
AAT İşletme Debisi (m ³ /gün)	1500				
Tasarım Kirletici Parametreleri Konsantrasyonu (mg/l)	2000	600	500	80	10
Tasarım Kirletici Parametreleri Konsantrasyonu (mg/l)	8101	400	3487	143	2
Tasarım Kirletici Parametreleri Yükleri (kg/gün)	3000	900	750	120	15
İşletme Kirletici Parametreleri Yükleri (kg/gün)	12151,5	600	5230,5	214,5	3
AAT İşletme Maliyeti (\$/gün)	1387				
Tasarım Birim Kirletici Maliyeti (\$/kg)	0,46	1,54	1,85	11,56	92,47
İşletme Birim Kirletici Maliyeti (\$/kg)	0,11	2,31	0,27	6,47	462,33

Acıgöl OSB AAT kirletici değişkenleri KOİ, BOİ₅, AKM, TN ve TP parametreleri tasarım kirletici maliyeti sırası ile 0,46, 1,54, 1,85, 11,56 ve 92,47 \$/kg, işletme kirletici maliyeti ise 0,11, 2,31, 0,27, 6,47 ve 462,33 \$/kg olarak bulunmuştur. Kirletici değişkenliğine bağlı olarak Acıgöl OSB'nin Nevşehir OSB'ye göre maliyet oranının artışları yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.36. Nevşehir OSB AAT kirletici değişkenliğine bağlı maliyet tablosu.

Değişkenler / Parametreler	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	Askıda Katı Madde	Toplam Azot (TN)	Toplam Fosfor (TP)
AAT İşletme Debisi (m ³ /gün)	500				
Tasarım Kirletici Parametreleri Konsantrasyonu (mg/l)	2500	750	500	60	8
Tasarım Kirletici Parametreleri Konsantrasyonu (mg/l)	6502	766	1020	112,5	2,03
Tasarım Kirletici Parametreleri Yükleri (kg/gün)	1250	375	250	30	4
İşletme Kirletici Parametreleri Yükleri (kg/gün)	3251	383	510	56,25	1,02
AAT İşletme Maliyeti (\$/gün)	287,3				
Tasarım Birim Kirletici Maliyeti (\$/kg)	0,23	0,77	1,15	9,58	71,83
İşletme Birim Kirletici Maliyeti (\$/kg)	0,09	0,75	0,56	5,11	283,05

Nevşehir OSB AAT kirletici değişkenleri KOİ, BOİ₅, AKM, TN ve TP parametreleri tasarım kirletici maliyeti sırası ile 0,23, 0,77, 1,15, 9,58 ve 71,83 \$/kg, işletme kirletici maliyeti ise 0,09, 0,75, 0,56, 5,11 ve 283,05 \$/kg olarak bulunmuştur.

4.7 Debi Değişkenliğine Bağlı OSB'lerin AAT'lerinin İşletme Maliyetlerinin Çıkarılması

Çalışmaya konulan Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerinin işletileşi sırasında ortaya çıkan maliyetleri Çizelge 4.37'de verilmiştir. Günlük atıksu debisi değişen döngüsel periyotlarda maliyet artışı değerlendirilmiştir. Atıksu arıtma tesisinin bir günlük çalışma periyodu döngü olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.37. Nevşehir ve Acıgöl OSB debi değişkenliğine bağlı işletme maliyet tablosu.

Atıksu (m³/gün)	AAT İşletme Döngüsü	AAT Tasarım Döngüsü	Döngü Artış/Azalış Oranları	AAT Tasarım Maliyeti (\$/m³.gün)	AAT İşletme Maliyeti (\$/m³.gün)	İşletme Maliyet Artış Oranı
Nevşehir OSB						
500	1	2	% -50,00	0,42	0,58	%38,10
1000	2		%0,00	0,84	1,16	
1500	3		%150,00	1,26	1,74	
Acıgöl OSB						
750	1	2	%-50,00	0,28	0,46	%64,29
1500	2		%0,00	0,56	0,92	
2250	3		%150,00	0,84	1,38	

Nevşehir OSB için 500 m³/gün'lük debinin 1500 m³/gün'e çıkarılması 3 işletme döngüsü ve Acıgöl OSB için 750 m³/gün'lük debinin 2250 m³/gün'e çıkarılması 3 işletme döngüsü olarak kabul edilmiştir. Bu döngüsel artış ile birlikte işletme maliyetini oluşturan kimyasal maddelerin sarfıyatı, elektrik tüketim sarfıyatı, çamur bertarafı, bakım onarım maliyetlerindeki artış oranı fiyatlandırılmıştır. En yüksek günlük debide birim işletme maliyeti Nevşehir OSB için 1,74 \$/m³.gün ve Acıgöl OSB için 2,76 \$/m³.gün olarak hesaplanmıştır.

Hernandez-Sancho ve vd. (2011) birçok atıksu arıtma tesislerinin aktif çamur ve uzun havalandırmalı sistemlerde nütrient gideriminde maliyet analizleri üzerine yapmış oldukları çalışmada 500 m³/yıl atıksu debisinde işletme maliyetini yaklaşık aktif çamur sisteminde 400 € uzun havalandırmalı sistemde 150 € olarak tespit etmişlerdir.

Büyükkamacı ve Köken (2010)'da kâğıt endüstrisi atıksu arıtma tesisinin ilk yatırım, işletme, bakım onarım maliyetlerinin birim atıksu debisine karşılık gelen maliyet hesaplaması yapmışlardır. Zayıf, orta ve yüksek atıksu kirlilik düzeylerine maliyet analizleri değerlendirilmiştir. Zayıf karakterde (1000 mg/l KOİ, 1000 mg/l AKM) 3000 m³/gün debide, endüstriyel atıksu için kimyasal, klasik aktif çamur ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için 0,38, 0,23 ve 0,27 \$/m³ olarak hesaplanmıştır.

Nevşehir OSB için atıksu debisi maksimum 1500 m³/gün'lük debide 3 işletme döngüsünde %150 döngü üzerinde artışına karşın işletme maliyet artışı %38,10 olarak

hesaplanmıştır. Atıksu debisi minimum 500 m³/gün'lük debide 3 işletme döngüsünde %-50 döngü üzerinde artışına karşın işletme maliyet artışı %38,10 olarak hesaplanmıştır. Debi artış oranı işletme ve tasarım maliyet artış oranı ile eşdeğer nitelikte olduğu görülmüştür.

Acıgöl OSB için atıksu debisi 2250 m³/gün'lük debide 3 işletme döngüsünde %150 döngü üzerinde artışına karşın işletme maliyet artışı %64,29 olarak hesaplanmıştır. Atıksu debisi 750 m³/gün'lük debide 1 işletme döngüsünde %-50 döngü üzerinde artışına karşın işletme maliyet artışı %64,29 olarak hesaplanmıştır. Debi artış oranı işletme ve tasarım maliyet artış oranı ile eşdeğer nitelikte olduğu görülmüştür.

4.8 OSB'lerin AAT'lerinin Kirletici Değişkenliğine Bağlı İşletme Maliyet Karşılaştırmaları

İşletme maliyet analiz tablolarından elde edilen veriler neticesinde Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin işletme maliyetine etki eden faktörlerin karşılaştırma verileri incelenmiştir.

4.8.1 Kirletici değişkenliği karşılaştırılması

Nevşehir ve Acıgöl OSB AAT'lerinin işletme dönemlerinde oluşan kirletici değişkenliği karşılaştırmaları yer almaktadır. Karşılaştırma tablosu değişkenleri debi, KOİ, BOİ₅, AKM, TN, TP, Renk, pH ve kirletici maliyeti her iki OSB AAT için değerlendirilmiştir. OSB'lerin kirletici değişkenliği karşılaştırmaları Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. OSB'lerin kirletici değişkenliği karşılaştırma tablosu.

Atıksu Arıtma Tesisi	Birim	Acıgöl OSB	Nevşehir OSB	Fark (%)
AAT Debisi	m ³ /gün	1500	500	-200,00
KOİ	mg/l	8101	6502	-24,59
BOİ ₅	mg/l	400	766	47,78
AKM	mg/l	3487	1020	-241,86
TN	mg/l	143	112,5	-27,11
TP	mg/l	2	2,03	1,48
Renk	Pt-Co	1519	899	-68,97
pH	-	7	7,1	1,41
Kirletici Maliyeti	\$/m ³	0,92	0,58	-58,62

Acıgöl OSB AAT kirletici konsantrasyonları Nevşehir OSB'ye göre KOİ, BOİ, renk, AKM, TN, pH ve TP parametrelerine sırası ile % -19,7, 91,5, -40,8, -70,7, -21,3, 1,4 ve 1,5 kat artış ve azalış olduğu görülmüştür. OSB'lerin kirletici maliyeti birim atıksu başına Nevşehir OSB;0,58 ve Acıgöl OSB;0,92 \$/m³ olarak bulunmuş ve Acıgöl OSB'nin Nevşehir OSB'ye kirletici maliyet farkı %-37,07 olarak hesaplanmıştır.

Erdinç (2001), AKR sistemi için maliyet analizi ve indeks geliştirme çalışmasında bulmuş olduğu kirlilik yükü ve toplam işletme ve bakım maliyetlerini 340, 420, 600 ve 720 kg KOİ/gün olarak sırası ile 76964, 80531, 107285 ve 117879 TL/yıl olarak bulmuştur.

4.8.2 Debi değişkenliği karşılaştırılması

Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin debi-işletme ve debi- maliyet tablosunda OSB'lerin farkları incelenmiştir. Her iki OSB'nin debi değişkenliği maliyet karşılaştırmaları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. OSB'lerin debi değişkenliği karşılaştırma tablosu.

Atıksu Arıtma Tesisi	AAT Debi (m ³ /gün)	AAT Tasarım Maliyeti (\$/m ³ .gün)	AAT İşletme Maliyeti (\$/m ³ .gün)	m ³ Başına OSB'lerin İşletme Maliyet Farkı (%)
Nevşehir OSB	500	0,42	0,58	59
Acıgöl OSB	1500	0,56	0,92	

İnceleme sonucunda işletme maliyetlerinde Nevşehir OSB'nin 500 m³/gün debiye sahip arıtma kapasitesinde 0,58 \$ ve Acıgöl OSB için 1500 m³/gün debiye sahip arıtma kapasitesinde 0,92 \$ olarak bulunmuştur. Nevşehir OSB'nin Acıgöl OSB'ye oranı %59 daha fazla olduğu hesaplanmıştır.

Erdinç (2001), AKR sistemi için maliyet analizi ve indeks geliştirme çalışmasında bulmuş olduğu debi ve toplam işletme ve bakım maliyetlerini 140, 200, 500 ve 600 m³/gün olarak sırası ile 128379, 122693, 171029 ve 187916 \$/yıl olarak bulmuştur.

4.8.3 Elektrik sarfiyatı karşılaştırılması

Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin elektrik sarfiyatlarının karşılaştırması yapılmıştır. Her iki OSB'nin elektrik değişkenliği ve maliyet karşılaştırmaları Çizelge 4.40'da

verilmiştir. Nevşehir ve Acıgöl OSB'nin günlük toplam enerji ihtiyacı sırası ile 1956 ve 4309 kWh/gün olarak bulunmuş ve ayrıca birim atıksu başına elektrik sarfiyatı sırası ile 3,9 ve 2,87 kWh/m³.gün olarak bulunmuştur. OSB'lerin günlük elektrik sarfiyatlarının Nevşehir OSB'nin Acıgöl OSB'ye farkı %400 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.40. OSB'lerin elektrik sarfiyat değişkenliği ve maliyet karşılaştırma tablosu.

Atıksu Arıtma Tesisi	AAT Debi (m ³ /gün)	Saatlik Enerji Tüketimi (kW/saat)	Günlük Enerji Tüketimi (kWh/gün)	m ³ Başına Enerji Tüketimi (kWh/m ³ .gün)	Günlük Enerji Maliyeti (\$/gün)	Fark (%)
Nevşehir OSB	500	170,30	1956	3,9	100	400
Acıgöl OSB	1500	179,54	4309	2,87	400	

Azman (2005) yapmış olduğu çalışmada evsel atıksuların arıtılmasında arıtma verimi ve enerji ilişkisi kapsamında belirlemiş olduğu tesis için her bir ünite içerisinde elektrik tüketim değerlerini bulmuştur. Tesis için toplam enerji ihtiyacı 78262,6 kWh/m³ olarak bulmuştur. Günlük 599.679,6 m³/gün arıtım yapan tesis için fiziksel, biyolojik, diğer ve toplam tesis için sırası ile birim atıksu başına elektrik sarfiyatları 0,00455, 0,107, 0,0185 ve 0,1305 kWh/m³ olarak bulmuştur.

4.8.4 Kimyasal sarfiyat karşılaştırılması

OSB'lerin AAT'lerinde atıksu başına toplam kimyasal işletme maliyeti ve kimyasal sarfiyatları incelenmiştir. Her iki OSB'nin kimyasal sarfiyat ve kimyasal işletme maliyeti karşılaştırmaları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.41. OSB'lerin kimyasal sarfiyat değişkenliği ve maliyet karşılaştırma tablosu.

Atıksu Arıtma Tesisi	AAT Debi (m ³ /gün)	Günlük Maliyet (\$/gün)	Yıllık Maliyet (\$/yıl)	m ³ Başına Maliyet (\$/m ³)	OSB'lerin Farkı (%)
Nevşehir OSB	500	128,8	47.012,00	0,58	59
Acıgöl OSB	1500	884,00	322.660,00	0,92	

Nevşehir OSB AAT'si 500 m³/gün ve Acıgöl OSB AAT'si 1500 m³/gün debilere sahip olup kimyasal sarfiyatı maliyeti birim atıksu başına yıllık sırası ile 0,575 \$ ve 0,94 \$ olarak bulunmuştur. Acıgöl OSB AAT'sinin kirletici oranı Nevşehir OSB AAT'sine oranı yüksek olmasından kaynaklı birim atıksu başına sarf edilen kimyasal sarfiyatı fazla olduğu görülmüştür. Acıgöl OSB AAT'sinin Nevşehir OSB AAT'sine oranı %59 kat fazla olduğu hesaplanmıştır.

4.9 OSB'lerin İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırmaları

Nevşehir ve Acıgöl OSB'lerin işletme maliyetleri günlük, yıllık ve birim atıksu miktarına bağlı karşılaştırmaları sonucu Nevşehir OSB'nin Acıgöl OSB'ye oranı bulunmuştur. Çizelge 4.42'de OSB'lerin işletme maliyet karşılaştırmaları yer almaktadır.

Çizelge 4.42 OSB'lerin işletme maliyet karşılaştırma tablosu.

Atıksu Arıtma Tesisleri	AAT Debi (m ³ /gün)	Günlük Tutar (\$/gün)	Yıllık Tutar (\$/gün)	m ³ Başına Yıllık Tutar (\$/m ³ .yıl)	m ³ Başına OSB'lerin Farkı
Nevşehir OSB	500	287,3	104865	210	%61
Acıgöl OSB	1500	1387	506313	337,5	

Nevşehir OSB'nin ve Acıgöl OSB'nin sırası ile birim atıksu işletme maliyetleri 210 ve 337,5 \$/m³.yıl olmaktadır. Bu maliyetlerin oranı %61 olup Acıgöl OSB'nin işletme maliyeti daha fazla olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Altın ve vd. (2020)'leri tarafından yapmış oldukları evsel atıksu arıtma tesisinde işletme maliyet araştırmasında, kimyasal sarfiyat, bakım ve onarım, personel sayısı ve elektrik sarfiyatlarını toplam işletme maliyetinin günlük, aylık ve yıllık olarak incelemiştir. Toplam işletme maliyetini yıllık, birim atıksu başına ve personel başına sırası ile 341200 \$/yıl, 53487 \$/kişi ve 0,081 \$/m³ olarak bulmuştur.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Nevşehir İl sınırları içerisinde bulunan Nevşehir ve Acıgöl Organize Sanayi Bölgelerinin Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin işletme esasına dayalı atıksu debi ve karakteristiği çıkartılmıştır. Atıksu debi tespiti çalışmasında OSB'ler içerisinde endüstriyel ve evsel nitelikli atıksu karakterizasyonu oluşturan sektörlerin debi oluşum oranları çıkarılmıştır. Bu debi oluşum oranlarına göre atıksu karakterizasyonu çalışmasında KOİ, BOİ, AKM, TN ve TP kirletici parametreleri değerlendirilmiştir. Her iki OSB için endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin mevcut proses üzerinden maliyet analizleri çıkarılmıştır. Bu analiz için kimyasal madde sarfiyatı, çamur bertaraf maliyeti, enerji, personel ve bakım ve onarım maliyetleri çıkarılmıştır. Çalışmanın devamında maliyet analizi her iki organize sanayi bölgesindeki atıksu arıtma tesislerinin günlük, yıllık ve birim atıksu başına düşen maliyetler hesaplanmıştır. Kirletici değişkenlerinin debi, elektrik ve kimyasal sarfiyatı işletme maliyetleri üzerinde karşılaştırmalar yapılmıştır.

Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi 2018 yılı ortalama 325 m³/gün, 2020 yılı Aralık ayı için ortalama 610 m³/gün debi ölçülmüştür. 2018'den günümüze kadar olan bu debi artışlarında geri dönüşüm, plastik ve metal sektörleri etkili olmuştur. Acıgöl OSB için 2018 yılı atıksu debisi ortalama 1000 m³/gün, 2020 yılı için ise ortalama 1250 m³/gün debi ölçülmüştür. Bu debi artışları gıda ve kozmetik sektörleri sistemine dahil olan yeni yatırımlar etkili olmuştur.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında Nevşehir OSB endüstriyel atıksu arıtma tesisi giriş kirletici parametreleri ve konsantrasyonları; KOİ 3130-9874 mg/l, BOİ₅; 551-981 mg/l, AKM; 420-1620 mg/l, Toplam Azot; 35-190 mg/l, Toplam Fosfor; 1,04-2,68, Renk; 344-941 Pt-Co, pH; 3,4-10,8 arasında tespit edilmiştir. AAT çıkış örneklemelerde yapılan analiz konsantrasyonları; KOİ 27-250 mg/l, BOİ₅; 10-75 mg/l, AKM; 37-149 mg/l, Toplam Azot; 8-25 mg/l, Toplam Fosfor; <0,001-0,278, Renk; 24,21-39,74 Pt-Co, pH; 8,01-8,87 arasında bulunmuştur.

Acıgöl OSB'nin AAT'si için giriş atıksuda; KOİ 5428-11254 mg/l, BOİ₅; 624-1204 mg/l, AKM; 850-1987 mg/l, Toplam Azot; 75,47-197,95 mg/l, Toplam Fosfor; 0,017-1,493, Renk; 893,57-2540 Pt-Co, pH; 3,2-11,87 arasında bulunmuştur. AAT çıkış değerleri ise KOİ 80-140 mg/l, BOİ₅; 20-67 mg/l, AKM; 40-140 mg/l, Toplam Azot;

5,47-10,40 mg/l, Toplam Fosfor; 0,01-0,78, Renk; 24,74-51,25 Pt-Co, pH; 7,2-8,7 arasında bulunmuştur. Her iki OSB'nin atıksu arıtma tesislerinin çıkış suları S.K.K.Y. Tablo 19 verileri değerlerine bakıldığında, OSB'lerin AAT'leri deşarj kriterlerinin sürekli olarak sağlandığı tespit edilmiştir.

Nevşehir OSB için ilk yatırım maliyeti 763.359,00 \$, Acıgöl OSB için 432.684,00 \$'dır. Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi Acıgöl OSB atıksu arıtma tesisinin yaklaşık %70 oranında fazla olduğu görülmüştür.

Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisinin 1.Etap üzerinden işletme maliyeti 500 m³/gün debi için; tasarım maliyetleri toplamı (kimyasal, çamur bertarafı, enerji, personel ve bakım/onarım maliyetleri) yıllık 76.103,00 \$, birim atıksu başına toplam yıllık 0,417 \$/m³'tür. Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi işletme maliyetleri toplamı (kimyasal, çamur bertarafı, enerji, personel ve bakım/onarım maliyetleri) yıllık 104.865,00 \$, birim atıksu başına toplam yıllık 0,575 \$/m³'tür. Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi gerçek işletme maliyeti tasarım işletme maliyetinden yaklaşık %40 daha yüksektir.

Acıgöl OSB AAT'sinin 1500 m³/gün debi üzerinden işletme maliyeti için; tasarım maliyetleri toplamı (kimyasal, çamur bertarafı, enerji, personel ve bakım/onarım maliyetleri) yıllık 303.250,00 \$, birim atıksu başına toplam yıllık 0,55 \$/m³'tür. Acıgöl OSB atıksu arıtma tesisi işletme maliyetleri toplamı (kimyasal, çamur bertarafı, enerji, personel ve bakım/onarım maliyetleri) yıllık 506.313,00 \$, birim atıksu başına toplam yıllık 0,925 \$/m³'tür. Nevşehir OSB atıksu arıtma tesisi gerçek işletme maliyeti tasarım işletme maliyetinden yaklaşık %70 daha yüksektir.

Her iki OSB bölgelerinde atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi sonucunda, kirletici parametrelerinin gerçek işletme maliyetlerine göre artış ve azalışları hesaplanmıştır. Acıgöl OSB AAT'nin kirletici parametrelerinin değişimine göre Çizelge 4.39. (Acıgöl OSB AAT kirletici değişkenliğine bağlı maliyet tablosu)'da verilmiştir. Acıgöl OSB'nin Nevşehir OSB'ye kirletici parametrelerinin değişim oranları KOİ için -%24,59; BOİ₅ için %47,78; AKM için -%241,86; Toplam Azot için -%27,11; TP için %1,48 Renk için -%68,97 ve pH ise %1,41 olarak hesaplanmıştır. Bu artış ve azalışların sonucunda toplam işletme maliyeti tasarımda 0,56 \$/m³.gün iken gerçek işletme aşamasında 0,92 \$/m³.gün'e çıkmıştır, toplam işletme maliyeti toplam gerçek işletme maliyeti %64,29 artış göstermiştir. Bu maliyet artışı sonucunda tasarım

yapılırken debi, kirletici konsantrasyonları değişimi ile kimyasal ve elektrik sarfiyatı ve çamur bertarafının maliyetlerinde artışları göz önüne alınması gerekmektedir.

Debi değişkenliğine göre her iki OSB'nin işletme maliyetleri çıkarılmıştır. Bu çalışma çerçevesinde işletme döngüsü artış ve azalış oranı tasarım işletme maliyeti ile gerçek işletme maliyetleri arasında değerlendirmeleri yapılmıştır. Acıgöl OSB AAT'si 750 ila 2250 m³/gün debilerde işletme döngüsü 3 olarak gerçekleşmektedir. Tasarımda 1500 m³/gün debi kapasitesi 2 döngü olarak kabul edilmişken tesis gerçek işletme debisi 1500 m³/gün olarak çalıştırılmaktadır. Tasarım işletme maliyeti 303.250,00 \$/yıl iken gerçek işletme esasına dayalı maliyet 506.313,00 \$/yıl olarak hesaplanmıştır. Günlük 1500 m³ debi üzerinden atıksu birim arıtma maliyeti yıllık tasarım işletme esasına dayalı 0,554 \$ iken gerçek işletme esasına dayalı toplam işletme maliyeti 0,925 \$/m³'tür. Toplam işletme maliyeti artışı 0,371 \$/m³ dolar bulunmuştur.

Nevşehir OSB AAT'si ise işletme döngüsü artış ve azalış oranı tasarım işletme maliyeti ile gerçek işletme maliyetleri arasında değerlendirmeleri yapılmıştır. 500 ila 1500 m³/gün debilerde işletme döngüsü 3 olarak gerçekleşmektedir. Tasarımda 1000 m³/gün debi kapasitesi 2 döngü olarak kabul edilmişken tesis gerçek işletme debisi 500 m³/gün olarak çalıştırılmaktadır. Bu çalışma prensibi ile tasarımdaki işletme maliyeti 0,42 \$/m³.gün'den gerçek işletme maliyet 0,58 \$/m³.gün'e artışı sonucunda %38,10'luk bir işletme maliyeti artışı yansımaktadır.

Çizelge 4.42'de OSB'lerin işletme maliyet karşılaştırmaları yer almaktadır. Nevşehir OSB'nin ve Acıgöl OSB'nin sırası ile birim atıksu işletme maliyetleri 210 ve 337,5 \$/m³.yıl olarak bulunmuştur. Bu maliyetlerin oranı % 61 olup Acıgöl OSB'nin işletme maliyeti daha fazla olduğu ortaya çıkarılmıştır. Nevşehir ve Acıgöl OSB için kirletici parametreleri değişkenliğine bağlı maliyetlerin neticeleri sonucunda tasarım yapılırken debi, kirletici konsantrasyonları değişimi ile kimyasal ve elektrik sarfiyatı ve çamur bertarafının maliyetlerinde artışları göz önüne alınması gerekmektedir.

Organize sanayi bölgeleri atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi sırasında ortaya çıkan maliyetler sektör veya sektörlerin devreye girmesi ile artış göstermektedir. Arıtma tesisi maliyetini arttıran en önemli kalemler kimyasal madde ihtiyacı, elektrik tüketimi artışı, çamur bertarafının maliyet artışı, personel ve bakım/onarım 'dır. Atıksu arıtma tesisinin tasarım kriterlerini oluştururken sektörlere göre debi, kirletici

konsantrasyonları göz önünde bulundurularak atıksu arıtma tesisi etaplarının hızlı bir şekilde tamamlanması gerekmektedir. Tasarım ve gerçek işletme maliyetlerinin birbirine yakın olması için sektörel planlamanın yapılmalıdır. OSB doluluk oranının artışı ile birlikte sisteme girecek atıksu miktarı ve kirlilik yüklerinin kararlı yapıda olması için deşarj kriterlerinin belirlenmesi ve izlenmesi, yeni kurulacak ilave etaplarda kirlilik konsantrasyonları göz önüne alınarak üniteler tasarlanmalıdır. Uzun vadede yapılmış etap tasarımları atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetlerinin hesaplananından daha yüksek maliyet oluşturacağı kaçınılmazdır.



KAYNAKLAR

- Acıgöl OSB, 2014. Acıgöl OSB 500 m³/gün Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Dosyası, Nevşehir, Türkiye.
- Acıgöl OSB, 2019. Acıgöl OSB 1500 m³/gün Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Dosyası, Nevşehir, Türkiye.
- Acıgöl OSB, 2019. Acıgöl OSB İmar Planı Plan Açıklama Raporu, Nevşehir, Türkiye.
- Akın, İ., 2010. Membran Prosesleri Kullanılarak İçme Sularından Arseniğin Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ardıç, İ., 2009. Ters Ozmos Zeytin Karasuyu Arıtma Tesisi, Çevre Yönetim Merkezi Proje Tasarımı, Ankara.
- Atalay, H., 2016. İstanbul'daki Ham Su Kaynaklarında Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinden Haloasetik asitlerin Oluşum Potansiyellerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atalay Sönmez, N., 2014. Sulardan Adsorpsiyon Yöntemi ile Bor Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Avşar, Y., 2020. Filtrasyon, Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Aydın, K., 2009. Ultraviyole Işınları ile Suların Dezenfeksiyonu, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir, Bildiriler Kitabı.
- Azman, H. E., 2001. Evsel Atıksuların Arıtılmasında Arıtma Verimi-Enerji İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Debik, E., Manav, N. ve Coşkun, T., 2008. Biyolojik Temel İşlemler, Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Duman, H., 2017. Arıtılmış Kentsel Atıksularının Sulamada Yeniden Kullanımı; Kayseri Atıksu Arıtma Tesisi Örneği, Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Erdinç, G., 2001. Ardışık kesikli reaktörler için maliyet analizi ve indeks geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eroğlu, V., 1980. Nehir Havzalarındaki Tasfiye Tesisi Verimlerinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul.

- Eyüpoğlu, D., 2005. 2000'li Yıllarda Organize Sanayi Bölgelerimiz, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
- Günay, N., 2010. Döner Biyodisk Reaktörlerde Fenol Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Güneş Çepni, A., 2017. Bursa İli Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri Performanslarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Jørgensen, M.K., Nierychlo, M., Nielsen, A.H., Larsen, P., Christensen, M. L., Nielsen, P. H., 2017. Unified Understanding of Physico-chemical Properties of Activated Sludge and Fouling Propensity.
- Kamiloğlu, M., 2016. Van Gölü Havzasında Uygulanan Atık Su Arıtma Tesisleri, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.
- Kanat, A. İ., 2017. Atıksu Arıtma Tesislerinde Biyogazdan Elektrik Enerjisi Üretimi ve Uygulanabilirlik analizi, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.
- Konat, F., 2008. Ağır Metal İçeren Atıksuların Çöktürme Yöntemi ile Arıtımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmit.
- Koyuncu, İ., Öztürk, İ., Aydın, F.A., Alp, K., Arıkan, O.A., İnsel, G.H. ve Altınbaş, M., 2012. Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Muratçobanoğlu, H., 2017. İki Kademeli Anaerobik Membran Biyoreaktör İle Şarap Endüstrisi Katı Atıklarından (Cibre) Biyogaz Üretimi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Nas, B. ve Uyanık, S., 2020. Atıksu Arıtımının Esasları Modül 1, Atıksu Arıtma Tesislerinde Çalışan Teknik Personele İlişkin Eğitim ve Sertifika Programlarının Araştırılması ve Ülkemize Özgü Modelin Geliştirilmesi Projesi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Nazik, F., 2017. Atıksu Arıtımında Ekipman Revizyonu ile Enerji Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Nevşehir OSB, 2017. Nevşehir OSB İmar Planı Plan Açıklama Raporu, Nevşehir, Türkiye.
- Nevşehir OSB, 2018. Nevşehir OSB 1000 m³/gün Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Dosyası, Nevşehir, Türkiye.
- Nevşehir OSB, 2019. Nevşehir OSB İmar Planı Plan Açıklama Raporu, Nevşehir, Türkiye.

- Oğuz, E. ve Çelik, Z., 2001. Suların Ozonlanmasındaki Gelişmeler, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 3.
- Özdemir, M., 1990. Türkiye’de Organize Sanayi Bölgeleri, Ankara: TOBB Yayınları, Yayın No: 155, Ar-Ge 65, 15.
- Resmî Gazete, Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu (OSBK), Sayı:24025, 2000, Ankara.
- Sapmaz, S., Eryaşar, A. ve Yüce, Ş., 1997. Organize Sanayi Bölgelerinin Kalkınmadaki Yeri, 21. Yüzyıla Doğru Denizli Sanayi Sempozyumu, Denizli.
- Sarı Erkan, H. ve Önkall Engin, G., 2018. Mevcut Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Membran Biyoreaktör Teknolojisi Kullanılarak Yenilenmesi ve İyileştirilmesi, Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi,13,116.
- Sinan, R. K., 2010. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Ön Arıtım ve Biyolojik Arıtım Çıkış Parametrelerinin YSA ile Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Tabak, S., 2008. Organize Sanayi Bölgelerinde Atıksu Arıtma Sistemi Kavramsal Tasarımı ve Katkı Payı Formülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tuna, M., 1995. Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet İndeksi ve Debi Maliyet İlişkileri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uçar, N., 2014. Mekanik Susuzlaştırılmış Arıtma Çamurlarının Kuruma Potansiyellerinin ve Stabilizasyonunun Fenton-Fotofenton Yöntemi ile İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Uysal, Y. ve Üstünyıldız, B., 2016. Beş Kademeli Modifiye Bardenpho Prosesi ile Atıksulardan Azot ve Fosfor Giderimi, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi 19(1).
- Üstün, E., 2001. Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Özellikleri ve Arıtılabilirlik Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Üstün, G., Solmaz, S. ve Kestioğlu, K., 2004. Organize Sanayi Bölgelerinde Atıksu Arıtımı Bursa’dan bir O.S.B Örneği, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Dergisi 9,1.
- Yalçın Erik, N., 2015 Petrol Tankeri Kazaları ve Neden Olduğu Çevre Kirliliği, Mavi Gezegen Dergisi, 20.
- Yıldız, S. ve Çekim M., 2016. Paket/Küçük Kapasiteli Atıksu Arıtma Sitemlerindeki İşletme Problemleri ve Çözüm Önerileri, Uluslararası Kentsel Su ve Atıksu Yönetimi (UKSAY) Sempozyumu.

EKLER

EK-A Nevşehir OSB Yüksek Lisans Tez Araştırma İzin Belgesi



**NEVŞEHİR
ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ**

SAYI : 2020/243 01/12/2020

KONU : Yüksek Lisans Tez Araştırması İzin Hk.

Sn. Hilmi Tunahan GÜNEŞ'e

Nevşehir Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'müze 30.11.2020 tarihli Yüksek Lisans Tez Araştırma izin dilekçeniz ile başvurulmuştur. Bölge Müdürlüğümüz tarafından incelenerek Yüksek Lisans Tez Araştırmanızı Kurumumuz ile etik kurallar çerçevesinde araştırmanıza onay verilmiştir.

Bilgilerinize gereği arz olunur.

Bölge Müdürü
Mehmet Samet KAFALI

Aksaray Yolu 10.Km Nevşehir/TÜRKİYE Tel: +90 384 242 94 06 - Fax: +90 384 242 94 07 - www.nevsehirosb.org

EK-B Acıgöl OSB Yüksek Lisans Tez Araştırma İzin Belgesi

NEVŞEHİR - ACIGÖL ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ

SAYI : 2020/405
KONU : Yüksek lisans tez araştırması izin hk.

30.11.2020

Sn. Hilmi Tunahan GÜNEŞ'e

Acıgöl Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'müze 30.11.2020 tarihli Yüksek Lisans Tez Araştırma izin dilekçeniz ile başvurulmuştur. Bölge Müdürlüğümüz tarafından incelenerek Yüksek Lisans Tez Araştırmanızı Kurumumuz ile etik kurallar çerçevesinde araştırmanıza onay verilmiştir.

Bilgilerinize gereği arz olunur.

Erhan ERTAŞ
Yön. Kur. Üyesi

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hilmi Tunahan GÜNEŞ

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2012-2016

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016-2021

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Ankara Büyükşehir Belediyesi (ABB) Çevre, Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı Kurumu / İşletme Stajı, 2014
2. Ankara Büyükşehir Belediyesi (ABB) Su ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı (ASKİ) Kurumu / Laboratuvar Stajı, 2015
3. Güven Arıtma Mühendislik Tic. Ltd. Şti. / Acıgöl OSB Atıksu Arıtma Tesisi İşletmesi – Tesis Sorumlusu/Çevre Müh , 2016-2018
4. Zetaş Kimyasal Ürn. Ve Su arıtma Sis. İnş. San. Tic. Ltd. Şti. / İçme Suyu Arıtma ve Atıksu Arıtma Sistemleri İmalatı – Teknik Sorumlu, 2019
5. Çevre Yapı Arıtma Sistemleri San. ve Tic. Ltd. Şti. / Nevşehir OSB Atıksu Arıtma Tesisi İşletmesi - Tesis Sorumlusu/Çevre Müh., 2019-

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

1. I. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu (ÜÇMOS), 2016