



**ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNE AİT KARIŞIK  
ATIKSU ARITMA TESİSİNİN SERA GAZI  
EMİSYONLARININ MODELLEME METODUYLA  
TAHMİNİ VE OPTİMİZASYONU**

**Cansu MISTIKLAR**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO  
2020**

**T.C.**

**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNE AİT KARIŞIK ATIKSU ARITMA  
TESİSİNİN SERA GAZI EMİSYONLARININ MODELLEME  
METODUYLA TAHMİNİ VE OPTİMİZASYONU**

**Cansu MISTIKLAR**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO**

**TEKİRDAĞ-2020**

**Her hakkı saklıdır.**



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Cansu MISTIKLAR

Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO danışmanlığında, Cansu MISTIKLAR tarafından hazırlanan “Organize Sanayi Bölgesine Ait Karışık Atıksu Arıtma Tesisinin Sera Gazı Emisyonlarının Modelleme Metoduyla Tahmini Ve Optimizasyonu” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 29.07.2020 tarihinde Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO

*İmza:*

Üye : Prof. Dr. Füsun EKMEKYAPAR

*İmza:*

Üye : Doç. Dr. Gamze VARANK

*İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNE AİT KARIŞIK ATIKSU ARITMA TESİSİNİN SERA GAZI EMİSYONLARININ MODELLEME METODUYLA TAHMİNİ VE OPTİMİZASYONU

**Cansu MISTIKLAR**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO

Son yıllarda, atıksu arıtma tesisleri iklim değişikliğine sebep olan kaynaklardan birisi olarak kabul edilmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde oluşan başlıca sera gazı emisyonları; karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O)'dir. Sera gazı emisyonu, atıksu arıtma tesisindeki işletme prosesi, elektrik tüketimi, çamur arıtımı, taşıma ve kimyasal tüketim faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmanın amacı; Tekirdağ'da bulunan karışık atıksuların arıtıldığı bir Organize Sanayi Bölgesine ait atıksu arıtma tesisinde oluşan sera gazı emisyonlarının (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) tahmin edilmesi ve optimizasyon yapılmasıdır. Bu çalışmada, atıksu arıtma tesisinin sera gazı emisyonları, WaCCliM'in alt organizasyonu olan ECAM web tool programı kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma iki bölümde incelenmiş olup, farklı aylardaki sera gazı emisyonu tahminleri yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Atıksu debisinin artması ve yük miktarının değişkenliği sonucunda en yüksek emisyon 226.573 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay ile Aralık ayında oluşmuştur. Yaz aylarındaki sera gazı emisyon sonuçlarına göre en yüksek emisyon 195.174 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay ile Temmuz ayında oluşmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre arıtma tesislerindeki emisyon kaynağı elektrik enerjisi tüketimi ve çamur yönetimi olduğu sonucuna varılmıştır. Emisyonların minimize edilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve çamur bertarafını azaltması önerilmektedir. Model programı hızlı ve sonuç odaklı olmasına karşın, kentsel atıksu arıtma tesislerine yönelik modellenmiştir. Programın endüstriyel atıksu arıtma tesisleri için geliştirilmesi öngörülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Sera gazı emisyonu, ECAM yazılımı, iklim değişikliği, atıksu arıtma tesisi, minimizasyon, biyolojik arıtma

2020, 96 sayfa

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **OPTIMIZATION AND ESTIMATION OF GREENHOUSE GASES EMISSIONS FROM A MIXED WASTEWATER TREATMENT PLANT OF AN ORGANIZED INDUSTRIAL DISTRICT BY MODELLING**

**Cansu MISTIKLAR**

Tekirdag Namik Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Sureyya MERIC PAGANO

In the recent years, wastewater treatment plants (WWTPs) have been accepted “factors” to cause climate change due to greenhouse gas emissions (GHGs) to be carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and methane (CH<sub>4</sub>). GHGs are caused by the electric consumption, treatment process, sludge treatment, transportation and chemical consumption in the WWTPs. Purpose of this thesis is the optimization and estimation of GHG emissions from a mixed WWTP of an organized industrial district located in Tekirdag city using ECAM web tool that was developed by IWA WaCCliM working group. This thesis analyzed the occurrence of GHGs in two sections. The GHG emissions are compared *versus* different months. The highest CO<sub>2</sub> emission was estimated to be 226.573 kgCO<sub>2</sub>eq/month in December 2019 that was caused due to the increased wastewater flow and loadings. The highest emissions in summer months were observed to be 195.174 kgCO<sub>2</sub>eq/month in July 2019. The results of this work show that major factors affecting GHGs are electrical consumption and sludge management. For reducing the GHG emissions it is recommended to use renewable energy sources and to decrease quantity of sludge in the WWTP. It can be concluded that the ECAM web tool that is quick and focusing on solution, can be used for the estimation of GHG emissions in industrial WWTPs.

**Key words:** Greenhouse gases emission, ECAM Web tool, climate change, wastewater treatment plant, minimization, biological treatment

**2020, 96 pages**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
<b>2. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE SERA GAZI EMİSYONU</b> .....	<b>3</b>
2.1. İklim Değişikliği'ne Neden Olan Emisyon Türleri.....	3
2.2. Türkiye'de Modelleme Metoduyla Sera Gazı Emisyonu Değerlendirmesi Yapılan Çalışmalar.....	5
2.3. ECAM Modeli.....	8
2.3.1. ECAM Modelinin Kapsamı.....	8
2.3.2. ECAM Modeli Uygulama Örnekleri.....	13
<b>3. ORGANİZE SANAYİ ATIKSU ARITMA TESİSİ</b> .....	<b>15</b>
3.1. Çalışma Alanı Özellikleri.....	15
3.1.1. Muratlı OSB'de Kurulu Endüstri Dağılımı.....	15
3.1.2. Tasarıma Esas Atıksu Debileri.....	17
3.1.3. Tasarıma Esas Kirlilik Parametreleri.....	17
3.1.4. Tesis Giderim Verimleri.....	20
3.2. Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisi.....	21
3.2.1. Fiziksel Arıtma.....	23
3.2.2. İleri Biyolojik Arıtma.....	26
3.2.3. Kimyasal Arıtma.....	31
3.2.4. Çamur Susuzlaştırma.....	32
3.3. ECAM Modeli Uygulama Esasları.....	33
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>35</b>
4.1. ECAM Web Tool Uygulaması İçin Girdilerin Değerlendirilmesi.....	35
4.2. ECAM Web Tool ile GHG Emisyonlarının Hesaplanması.....	38

4.2.1.FAZ-1.....	38
4.2.1.1. Genel Sera Gazı Emisyonu Değerlendirmesi (A Aşaması).....	38
4.2.1.2. Atıksu Bölümünden kaynaklanan sera gazı emisyonu değerlendirmesi (B Aşaması).....	40
4.1.2.3. Deşarj/ Geri kullanım bölümünden kaynaklanan sera gazı emisyonu tahmini (B Aşaması).....	47
4.1.2.4. 4.2.1.4.Çamur yönetiminden kaynaklanan sera gazı emisyon tahmini (B Aşaması).....	54
4.2. FAZ-2.....	60
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>77</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>80</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>84</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>86</b>



## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Atıksu Arıtma Tesislerinde oluşan sera gazı emisyonlarının küresel ısınma potansiyeli.....	4
Çizelge 2.2. Atıksu Sistemleri için sera gazı emisyonu görünümü.....	12
Çizelge 2.3. Farklı yıllardaki IPCC raporlarına göre küresel ısınma potansiyeli.....	13
Çizelge 3.1. Tasarıma Esas Atıksu Debileri.....	17
Çizelge 3.2. Tasarıma Esas Dizayn Parametreleri.....	18
Çizelge 3.3. Atıksu Arıtma Tesisi Deşarj Limitleri.....	19
Çizelge 3.4. Tesis Giderim Verimleri.....	20
Çizelge 4.1. ECAM modelinde atıksu bölümü girdi verileri.....	40
Çizelge 4.2. ECAM modelinde atıksu bölümü çıktı verileri.....	41
Çizelge 4.3. IPCC 2006'ya göre metan emisyon faktörleri.....	42
Çizelge 4.4. Aylara göre enerji performansı ve hizmet düzeyi faktör çıktıları.....	47
Çizelge 4.5. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü girdi verileri.....	48
Çizelge 4.6. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü çıktı verileri.....	48
Çizelge 4.7. Aylara göre deşarj/geri kullanım enerji performansı ve hizmet düzeyi faktör çıktıları.....	49
Çizelge 4.8. ECAM model çamur yönetimi bölümü girdi verileri.....	54
Çizelge 4.9. ECAM model çamur yönetimi bölümü çıktı verileri.....	54
Çizelge 4.10. Aralık ayı genel sera gazı emisyonu girdi verileri.....	61
Çizelge 4.11. Aralık ayı genel sera gazı emisyonu çıktı verileri.....	62
Çizelge 4.12. IPCC 2006'ya göre Metan Emisyon Faktörleri.....	63
Çizelge 4.13. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü girdi verileri.....	65
Çizelge 4.14. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü çıktı verileri.....	65
Çizelge 4.15. ECAM model çamur yönetimi bölümü girdi verileri.....	67
Çizelge 4.16. ECAM model çamur yönetimi bölümü çıktı verileri.....	69
Çizelge 4.17. Aylara göre ECAM sonuçlarının karşılaştırması.....	71
Çizelge 4.18. Aylara göre sera gazı emisyon miktarlarının tahmini.....	72
Çizelge 4.19. Aylara göre direkt ve dolaylı sera gazı emisyonu miktarlarının tahmini.....	72
Çizelge 4.20. Tesislerin işletme prosesleri.....	74

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye'de toplam sera gazı emisyonu .....	3
Şekil 2.2. ECAM modeli çalışma prensibi .....	8
Şekil 2.3. ECAM model çalışma metodolojisi .....	9
Şekil 2.4. ECAM model aşamaları .....	10
Şekil 2.5. ECAM model çalışma özeti .....	11
Şekil 3.1. Muratlı Organize Sanayi Bölgesi .....	15
Şekil 3.2. Muratlı OSB Endüstri Dağılımı .....	16
Şekil 3.3. Muratlı OSB AAT Görünümü.....	21
Şekil 3.4. Proses İş Akım Şeması.....	22
Şekil 3.5. Genel Vaziyet Planı.....	23
Şekil 3.6. Kaba Izgara Ünitesi.....	24
Şekil 3.7. Giriş Terfi Pompa İstasyonu.....	24
Şekil 3.8. İnce Izgara Ünitesi.....	24
Şekil 3.9. Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu Ünitesi.....	25
Şekil 3.10. Dengeleme Havuzu.....	26
Şekil 3.11. Dengeleme Terfi Pompa İstasyonu.....	26
Şekil 3.12. Anaerobik Biyofosfor Ünitesi.....	27
Şekil 3.13. A <sup>2</sup> O proses akışı görseli.....	28
Şekil 3.14. Havalandırma Havuzları.....	29
Şekil 3.15. Havalandırma Havuzu Kesiti.....	29
Şekil 3.16. Biyolojik Çöktürme Havuzu Kesiti.....	30
Şekil 3.17. Biyolojik Çöktürme Havuzu.....	30
Şekil 3.18. Hızlı ve Yavaş Karıştırıcı Ünitesi.....	31
Şekil 3.19. Kimyasal Çöktürme Havuzu.....	32
Şekil 3.20. Dekantörler.....	33
Şekil 3.21. Muratlı OSB sera gazı emisyonu tahmini noktalar .....	34
Şekil 4.1. Aylara göre KOI değerleri.....	35
Şekil 4.2. Aylara göre AKM değerleri .....	36
Şekil 4.3. Aylara göre toplam azot giriş-çıkış değerleri .....	37
Şekil 4.4. Aylara göre atıksu miktarı .....	37

Şekil 4.5. Aylara göre elektrik tüketimi .....	38
Şekil 4.6. Sera gazı emisyon değerlendirmesi (A Aşaması) .....	39
Şekil 4.7. Aralık ayı genel sera gazı oluşum grafiği.....	61
Şekil 4.8. Aylara göre toplam sera gazı emisyonu tahmini .....	70
Şekil 4.9. Aylara göre sera gazı emisyonu miktar dağılımı.....	73



## SİMGELER VE KISALTMALAR

A.A.T.	: Atıksu Arıtma Tesisi
AKM	: Askıda Katı Madde
BOI	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
CH <sub>4</sub>	: Metan
Ç.O.	: Çözünmüş oksijen
ECAM	: Energy Performance and Carbon Emissions Assesment and Monitoring
EF	: Emisyon Faktörü
IPPC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
IWA	: International Water Association
GHG	: Greenhouse Gases
KgCO <sub>2</sub> eşd	: Kilogram karbondioksit eşdeğer
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
kWh	: Kilowatt/saat
L	: Litre
L/hizm.pop./gün:	Litre/hizmet edilen nüfus/gün
MCF	: Metan Düzeltme Faktörü
m <sup>3</sup> /gün	: metreküp/gün
mg/L	: Miligram/Litre
MtCO <sub>2</sub> eşd	: Milyon ton karbondioksit eşdeğeri
MOSB	: Muratlı Organize Sanayi Bölgesi
N <sub>2</sub> O	: Nitröz Oksit
ppm	: milyonda bir
SGET	: Sera Gazı Emisyon Takibi
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
ŞOSB MAAT	: Şanlıurfa Organize Sanayi Bölgesi Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi
TAKM	: Toplam Askıda Katı Madde
TSGE	: Toplam Sera Gazı Emisyonu

WWTP : Waste Water Treatment Plant

WaCCliM : Water and Wastewater Companies for Climate Mitigation



## TEŞEKKÜR

Öncelikle, akademik hayatım süresince çok büyük emekleri olan tez danışmanım Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO'ya rehberliğinden, tüm emeklerinden, anlayışından, birçok konu hakkındaki yardımlarından ve her koşulda ayırdığı değerli vaktinden dolayı çok teşekkür ederim.

Aynı zamanda tam zamanlı olarak çalıştığım işyerim olan ve bana bu çalışmayı yapmama izin veren Muratlı Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü yetkililerine ve Atıksu Arıtma Tesisindeki yetkililere ve çalışma arkadaşlarıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında bana her zaman yardımlarını, desteklerini ve motivasyonlarını esirgemeyen canım annem, canım babam ve canım abime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran, 2020

Cansu MISTIKLAR  
Çevre Mühendisi

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Sanayi sektöründeki faaliyetler sonucunda kontrolsüz ve bilinçsizce salınan gazlar, kentleşme faaliyetlerinin artışı, çeşitli kirlilik problemlerinin oluşmasına ve doğal dengenin bozularak iklim değişikliği olaylarına sebep olmaktadır.

En başta Avrupa ülkeleri ve Amerika gibi gelişmişlik düzeyi yüksek olan ülkelerde çevre bilincinin artırılması, enerji tasarrufunun sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ve idari yaptırımlarla hava kirliliğinin kontrole alındığı, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde ise problemin çözümüne yönelik adımların atıldığı görülmektedir (Akdemir, 2017).

Ülkemizde sera gazı emisyonlarına yönelik adımlar 17 Mayıs 2014 tarihli Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan “Sera Gazı Emisyonlarının Takibi (SGET) hakkında Yönetmelik” ile atılmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014). İlgili yönetmeliğe göre sera gazı emisyonlarını takip etmesi gereken işletmelerin sera gazı emisyonlarını nasıl takip edeceklerini Çevre Şehircilik Bakanlığına “Sera Gazı Emisyon İzleme Planı” ile sunmaları gerekmektedir. Ancak, yürürlükte olan mevzuatta, atıksu arıtma tesisleriyle ilgili bilgi verilmemiş olup, sera gazı emisyonu kaynağı olarak yer almamıştır. Atıksu arıtma tesisleri sera gazı emisyonlarına yol açan nedenlerden biri olarak görülmekte olup arıtma süreçlerinde üretilen temel sera gazları, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitröz oksit (NO<sub>2</sub>)’tir.

Bu çalışmada, Uluslararası Su Organizasyonu (IWA)’nın İklim Değişikliği ile Mücadele amaçlı Su ve Atıksu Şirketler (Water and Wastewater Companies for Climate Mitigation (WaCCliM)) alt organizasyonu tarafından su ve atıksu arıtma tesislerine karbon ve enerji optimizasyonu konusunda destek sağlamak amacıyla geliştirilen ECAM (The Energy Performance and Carbon Emissions Assessment and Monitoring) yazılımı tanıtımı ve bir organize sanayi bölgesi ortak atıksu arıtma tesisinde emisyonların optimizasyonu uygulaması yapılmaktadır. Bugüne kadar Dünya’nın çeşitli ülkelerinde (Ürdün, Peru, Meksika ve Tayland) yapılan uygulamalarda kentsel atıksu arıtma tesisleri ele alınmış olup uygulama sonuçları program sitesinde yayınlanmıştır. Ancak endüstriyel atıksuların yönetimi ve bu konuyla ilgili uygulama örnekleri mevcut değildir.

## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Hava kalite modellemesi ile kirlilik derecesinin tahmini, kirlenici kaynakların türü ve miktarının saptanması ile kirlilik kaynağının tespiti sonucu hava kalitesinin bozulmaması için alınacak tedbir ve yapılacak iyileştirmelerin önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sera gazı emisyonlarına ve iklim değişikliğine yol açtığı kabul edilen atıksu arıtma tesislerinin ECAM modeli kullanılarak, oluşan sera gazı emisyonlarının (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) miktarı ve kaynaklandığı yerin tespiti yapılmıştır. Bu emisyonların oluşmasında etkili olan koşulların saptanması ve proses işletimindeki etkileri ile optimizasyon yapılarak sera gazı emisyonunun azaltılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, Muratlı Organize Sanayi Bölgesi'ne ait evsel ve endüstriyel atıksuların arıtıldığı arıtma tesisi seçilerek ECAM modeli ile sera gazı emisyonlarının tahmini ve arıtma tesisi işletme faktörlerinin sera gazı emisyonları üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma, Türkiye genelinde ECAM modeliyle yapılan endüstriyel atıksuların yönetimi alanındaki ilk çalışma niteliğindedir.

Bu kapsamda, tezin birinci bölümünde çalışmanın anlam ve önemi ile amaç ve kapsamı vurgulanmıştır.

İkinci bölümde, atıksu arıtma tesislerinde sera gazı emisyonları hakkında bilgi verilmiş, ECAM modeli açıklanmış ve çeşitli ülkelerdeki uygulama sonuçları özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde, tez çalışmasında ele alınan organize sanayi bölgesi ve ortak arıtma tesisi ile ilgili bilgiler verilmiş ve ECAM model uygulama esasları açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, tez çalışmasında elde edilen sonuçlar verilmiş ve tartışma yapılmıştır.

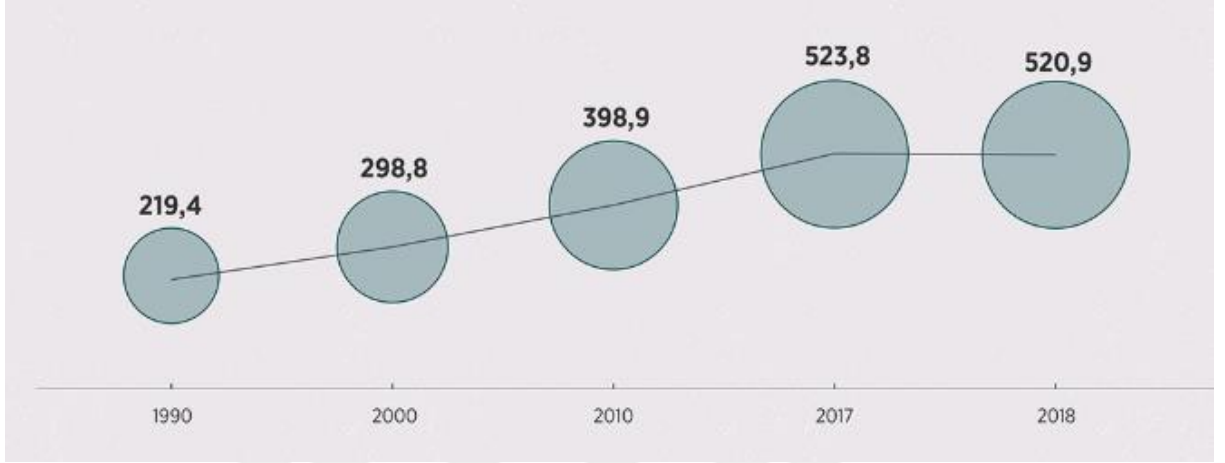
Beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler özetlenmiştir.



## 2. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE SERA GAZI EMİSYONU

### 2.1. İklim Değişikliği'ne Neden Olan Emisyon Türleri

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2018 yılında önceki yıla göre %0,5'lik bir sera gazı emisyonu azalması meydana geldiği “Şekil 2.1.”de gösterilmiştir (AA Haber, 2020).



Şekil 2.1. Türkiye’de toplam sera gazı emisyonu (Milyon ton CO<sub>2</sub>eşdeğer) (AA Haber, 2020)

Hawai’de bulunan Mauna Loa İstasyonu ölçüm verilerine göre, atmosferdeki sera gazı emisyonu 2019 yılının Nisan ayında 413,32 ppm olarak tespit edilmiştir. Sanayileşmenin artmasıyla atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunun da arttığı ve iklim değişikliği ile mücadele için 350 ppm olarak belirlenen sınır değer de aşıldığı görülmüştür (Yeşil Ekonomi, 2019).

Tipik olarak sera etkisi, dikkate alınacak zaman dilimine bağlı olan ve genellikle 100 yıl olan Küresel Isınma Potansiyelleri (GWP) ile ilişkilendirilmektedir. 100 yıllık bir ufuk için GWP faktörleri “Çizelge 2.1.”de verilmiştir. Bu, 100 yıl boyunca bir ton metanın (CH<sub>4</sub>), 25 ton CO<sub>2</sub>'ye eşit bir ısınma etkisine sahip olacağı anlamına gelmektedir. Bu yazıdaki hesaplamalarda sadece metan ve nitröz oksit göz önünde bulundurulmaktadır, çünkü atıksu içindeki karbon biyojeniktir (yani gıda bitkilerinin üretiminde atmosferden aşağı çekilmiştir). Bu materyal içindeki karbonun CO<sub>2</sub> olarak sisteme geri döndürülmesi sisteme kesin bir akış sağlamaz (IPCC, 2006).

Çizelge 2.1. Atıksu Arıtma Tesislerinde oluşan sera gazı emisyonlarının küresel ısınma potansiyeli (IPCC, 2007).

<b>Gaz</b>	<b>Kimyasal Adı</b>	<b>Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)</b>
Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	1
Metan	CH <sub>4</sub>	34
Nitröz oksit	N <sub>2</sub> O	298

Türkiye'deki hava kalitesi ölçüm değerlendirmelerinde genellikle trafik kaynaklı taşıt ve bacalardan çıkan emisyon verileri kullanılarak karbon ayak izi değerlendirmeleri yapılmaktadır. Buna ek olarak son yıllarda, ülkemizde sayıca fazla olan atıksu arıtma tesislerinin de önemli derecede sera gazı emisyonuna yol açtığı belirlenmiş olup, sera gazı emisyon kaynağı olarak ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Su yönetiminin her aşamasında enerji, yoğun bir şekilde tüketilmektedir (Shrestha, Ahmad, Johnson, Shrestha, Batista, 2011). En önemlisi, su tesisleri önemli derecede nitröz oksit ve metan üretir (Santos, Andrade, Marinho, Noyola, Güereca, 2015).

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>): Karbondioksit üretimi arıtma prosesi ve elektrik tüketimi olmak üzere iki şekilde meydana gelir. Diğer bir CO<sub>2</sub> emisyon kaynağı, çamur çürütücü ve çürütmede yakmadan kaynaklı gaz oluşur. Aerobik proseslerde CO<sub>2</sub>, aktif çamur prosesi içinde organik maddelerin parçalanmasında ve bazı birinci çöktürme havuzlarında oluşur (Gupta ve Singh, 2012).

Metan (CH<sub>4</sub>): Atıksuda olduğu gibi çamur bileşiklerinde anaerobik bozunmayla CH<sub>4</sub> üretilir. CH<sub>4</sub> üretimi, birincil olarak atıksudaki bozunabilir organik madde miktarına, sıcaklık ve arıtma sistemi türüne bağlıdır. Sıcaklığın artmasıyla CH<sub>4</sub> üretim hızı da artmaktadır. Özellikle ılık iklimlerde kontrol edilemeyen sistemler için önemlidir. (Gupta ve Singh, 2012). Atıksu arıtma tesislerinde üretilen metan, giriş KOI değerinin yaklaşık %0,85'ine denk gelmektedir (IPCC, 2006).

Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O): Biyolojik atıksu arıtımında nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri sonucu N<sub>2</sub>O emisyonları oluşabilir. Bu proseslerden (1) ototrofik nitrifikasyon: (NH<sub>2</sub>OH) oksidasyonunda amonyak (NH<sub>3</sub>) in nitrite (NO<sub>2</sub>) e dönüşümünde ve denitrifikasyon

sırasında amonyak oksitleyici bakteriler (AOB) tarafından nitrik oksit (NO) in azaltılması ile; (2) heterotrofik denitrifikasyon sırasında (NO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> in N<sub>2</sub> ye dönüştürülmesinde oluşmaktadır (Aktaran Lahmouri, Drewers, Gondhalekar, 2019).

Atıksu arıtma tesislerinin deşarjından kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonları azot giderimine bağılı olarak gerçekleşen nitrifikasyon – denitrifikasyon bakterileri tarafından nitrojene dönüştürülmesinden kaynaklı olabilmektedir (IPCC, 2006).

## **2.2. Türkiye’de Modelleme Metoduyla Sera Gazı Emisyonu Değerlendirmesi Yapılan Çalışmalar**

Gülhan vd. (2018)’de yaptıkları çalışmada İstanbul’da bulunan 9 adet biyolojik atıksu arıtma tesisinin General Purpose Simulator (GPS-X) sürüm 6.5 model programıyla sera gazı emisyonlarını hesaplamış, atıksu karakterizasyonu ve işletim prosesinin sera gazı emisyonu üzerine etkileri incelemişlerdir. Çalışmada, 9 adet biyolojik atıksu arıtma tesisinin sera gazı emisyonu, model yöntemiyle tahmin edilmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Farklı arıtma proseslerine sahip tesisler A, B, C, D ve E olarak adlandırılmış ve E kategorisindeki arıtma prosesine sahip tesisler de E1, E2, E3, E4 ve E5 olarak adlandırılmıştır. 2020 yılı için GPS-X yazılımıyla İstanbul’da yer alan ve toplam eşdeğer nüfusu 6.395.341 olan atıksu arıtma tesislerine ait hesaplanan sera gazı emisyon miktarları; net CH<sub>4</sub> gazı emisyonu 45.497 tCO<sub>2</sub> eşd/yıl ve net N<sub>2</sub>O gazı emisyonu 697.942 tCO<sub>2</sub> eşd/yıl olarak tahmin edilmiştir. Çamurdan enerji elde edilen dört tesiste, fosil yakıt tasarrufu ile kazanılan CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı 46.257 tCO<sub>2</sub>/yıl’dır. Dokuz tesisin toplam sera gazı emisyonu ise 697.182 tCO<sub>2</sub>eşd/yıl’dır. İşletme prosesinin sera gazı emisyonunu belirleyici faktör olduğu görülmüştür. Proses seçiminde ileri teknolojilerin kullanılması, azot giderim verimini arttırarak N<sub>2</sub>O emisyonlarının azaltacağı tespit edilmiştir. Ön çökeltimin biyogaz üretimini arttırdığı ve genel net emisyonu azalttığı ancak kaçak olarak salınan CH<sub>4</sub> emisyonunu arttırdığı tahmin edilmiştir. Çalışmada, proses seçiminde kullanılan yeni teknolojiler, atıksu karakterizasyonu ve azot giderim verimi, sera gazı emisyonunu oluşturan etkenler olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tesislerden enerji eldesinin sağlanması, atıksu deşarj karakterizasyonunun iyileştirilmesiyle sera gazı emisyonlarının azalacağı sonucuna varılmıştır.

Yapıcıoğlu (2018)’de yaptığı bir çalışmada, biri evsel diğeri endüstriyel olmak üzere iki atıksu arıtma tesisine ait sera gazı emisyonu değerlendirme yapmıştır. Çalışmada evsel nitelikli atıksuyu olan Siverek Atıksu Arıtma Tesisi ve endüstriyel nitelikli atıksuyu olan

Şanlıurfa Organize Sanayi Bölgesi Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi (ŞOSB MAAT) ele alınmıştır. Tesislerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını hesaplamak için kapalı çember metodu ve tesislerdeki sistem optimizasyonunu sağlamak için de Monte Carlo simülasyonu olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılan kapalı çember metodunda, bu çalışmada Dräger X-Am 5000 Model portatif gaz analizörü kullanılarak statik çember ile 30 dk. boyunca bekletildikten sonra toplanan gazlar ölçülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Siverek Atıksu Arıtma Tesisi'nde en yüksek direkt sera gazı emisyonu 23.328 kg CO<sub>2</sub>eşd/gün ile Ağustos ayında ve en düşük emisyon ise 7,56 kg CO<sub>2</sub>eşd/gün ile Ocak ayında ölçülmüştür. Siverek Atıksu Arıtma Tesisi'nde CH<sub>4</sub> emisyonunun oluşmadığı gözlenmiştir. Tesiste en çok havalandırma havuzu ünitesinden emisyon kaynaklanmıştır. Şanlıurfa OSB Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi'nde ise CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyonlarının ikisi de gözlenmiştir. En yüksek toplam direkt sera gazı emisyonu 977,76 kg CO<sub>2</sub>eşd/gün ile Ağustos ayında oluşmuştur. En düşük direkt sera gazı emisyonu ise 12.456 kg CO<sub>2</sub>eşd/gün ile Ocak ayında oluşmuştur. Bu tesisteki CH<sub>4</sub> emisyonu kaynakları; havalandırılmalı kum tutucu ve koagülasyon-flokülasyon havuzudur. CO<sub>2</sub> emisyonu ise havalandırılmalı kum tutucu ve havalandırma havuzlarında gözlemlenmiştir. Siverek Atıksu Arıtma Tesisi için anaerobik çamur çürütme prosesinde oluşan biyogazdan ötürü dolaylı sera gazı emisyonu tesis içinde kojeneredildiği için sera gazı emisyonu ihmal edilmiştir. Çalışmada @RISK Monte Carlo simülasyon yazılımı kullanılarak farklı atıksu giriş değerleri sisteme girilerek optimizasyon için gerekli proses işletme şartları tespit edilmiştir. Siverek Atıksu Arıtma Tesisi için, Monte Carlo simülasyon çalışmasına göre, oluşabilecek minimum sera gazı emisyon değeri 5.341 kg CO<sub>2</sub>eşd/gün'dür. Yapılan simülasyona göre, minimum sera gazı emisyon değeri için optimum atıksu giriş değerleri KOI=428,258 mg/L, BOI<sub>5</sub>=185,719 mg/L, pH=8,14, AKM=451,475 mg/L ve debi= 15.524,131 m<sup>3</sup>/gün'dür. Şanlıurfa OSB MAAT için yapılan simülasyon çalışmasının sonucunda olabilecek minimum sera gazı emisyonu 9.845 kg CO<sub>2</sub>eşd/gün olarak hesaplanmıştır. Bu minimum sera gazı emisyonunu sağlayacak optimum atıksu giriş değerleri KOI=3191,90 mg/L, Yağ-Gres=58,60 mg/L, pH= 9.90 AKM= 1708,53 mg/L ve debi= 3384,20 m<sup>3</sup>/gün olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında sadece CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> kaynaklı emisyonlar hesaplanmış olup, N<sub>2</sub>O emisyonu hesaplanmamıştır. İşletme prosesinin değiştirilmesi ve enerji verimliliğini artırma yönündeki çalışmalar ile sera gazı emisyonunun azaltılacağı düşünülmüştür.

Külah (2013)'te yaptığı bir çalışmada, İzmir'de bulunan bir gıda firmasına ait endüstriyel atıksu arıtma tesisinin sera gazı emisyonlarını değerlendirmiştir. Çalışmada sera

gazı emisyonu kaynağının tespiti ve gerekli hesaplamaların yapılması amaçlanmıştır. Sera gazı emisyonu hesaplamada ISO14064-I standart faktör Sera Gazı Protokolü seçilmiştir. Toplanan bilgiler doğrultusunda Sera Gazı Protokolünde, yer alan sera gazı faktörleri çarpanları kullanılarak sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Yanma faktörü ile doğrudan sera gazı emisyonu tahmini; elektrik ve taşıma çarpan faktörleri ile dolaylı ve diğer dolaylı sera gazı emisyonları tahmin edilmiştir. Gıda firmasının endüstriyel atıksu arıtma tesisinde fosil yakıtlardan kaynaklı 2.178,35 ton/yıl doğrudan sera gazı emisyonu; elektrik kullanımından kaynaklı 903,37 ton/yıl ile dolaylı sera gazı emisyonları olduğu hesaplanmıştır. Sera gazı emisyonları hesaplandıktan sonra azaltımı için yakıt türünün değiştirilmesi, çamur yönetimi, ileri kömür teknolojileri, enerji toplama teknolojileri, karbon dengelemesi için temiz enerjilerin kullanılması ve ağaç yetiştirme gibi yöntemler incelenmiştir. İncelenen metotlar kapsamında uygulanabilirliği en kolay ve maliyet olarak en düşük yöntem olarak ağaç dikme öngörülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde ağaç dikme yöntemiyle 25.865 TL maliyetle 5.173 ağaç dikilerek karbon emisyonunun dengeleneceği belirlenmiştir. Ayrıca çamur yönetiminde, çamur ünitesinde kullanılan çamur miktarını azaltmak, fosil yakıt tüketimini azaltacağı için doğrudan sera gazı emisyonlarında azalım göstereceği düşünülmüştür. Teorik çalışmalar doğrultusunda çamurun depolama sahasına gönderilmesinin atmosfere verilen sera gazı emisyonlarında 931,27 ton azalma göstereceğini ve tesisin yılda 7.760 TL maliyetle 1.552 ağaç dikerek karbon dengelenmesini sağlayabileceği görülmüştür.

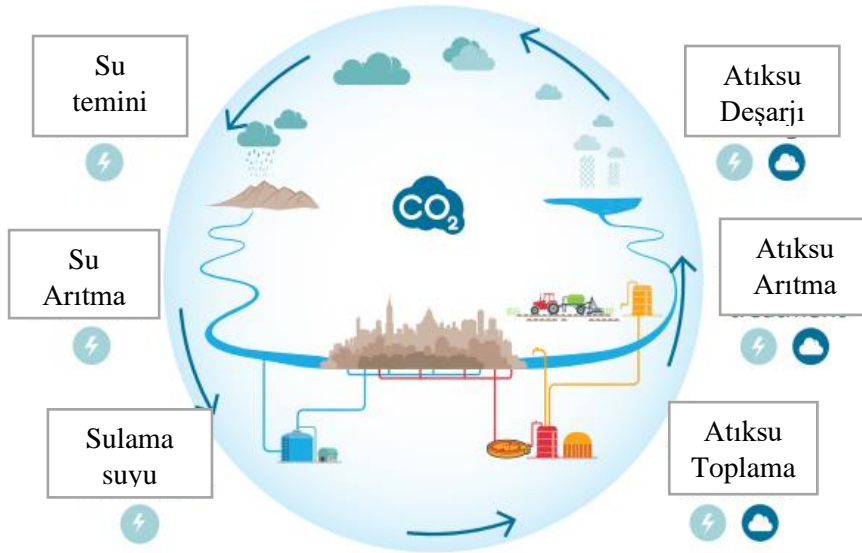
Erdoğan (2015)'te yaptığı bir çalışmada, evsel katı atık bertarafı ve evsel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanmasını ve değerlendirmesini ele almıştır. Katı atık bertarafı için atık depolama, kompostlaştırma ve biyometanizasyon yöntemlerinde oluşan sera gazı emisyonlarını EPA Landgem metodu ve literatürde yer alan emisyon faktörleri kullanılarak tahmin etmiştir. Atıksu arıtımı senaryoları için anaerobik stabilizasyon havuzları, biyolojik atıksu arıtma tesisi (klasik aktif çamur) ve ileri atıksu arıtma tesisi incelenerek buralarda oluşan sera gazı emisyonları UNFCCC metodolojisi, IPCC metodolojisi ve IPCC ile Chadran tarafından geliştirilen yöntem olmak üzere farklı metotlar kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada varılan sonuçlara göre en çevreci atıksu arıtım modeli olarak ileri arıtmanın olduğu, ancak biyolojik arıtma tesislerinin de iyi işletildiği takdirde sera gazı emisyonlarının düşük olacağı tahmin edilmiştir. Katı atık bertarafında ise en düşük emisyonu sebep olan biyometanizasyon yöntemi organik atık geri kazanım prosesleri, elektrik enerjisi eldesi ile en tercih edilebilir yöntem olarak belirlenmiştir.

Kara, İbiç, Yağcıoğlu (2018)'de yaptıkları bir çalışmada, Türkiye'de bulunan bir çimento firmasına ait sera gazı emisyonlarını incelemişlerdir. Çalışmada IPCC modelini kullanarak çimento sektörüne ait ilgili birim faktör katsayıları girilerek sera gazı emisyon tahmini yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre klinker ve çimento üretimine göre sırasıyla 748.125 tonCO<sub>2</sub> ve 220.409,175 tonCO<sub>2</sub> oluşacağı tahmin edilmiştir.

## 2.3. ECAM Modeli

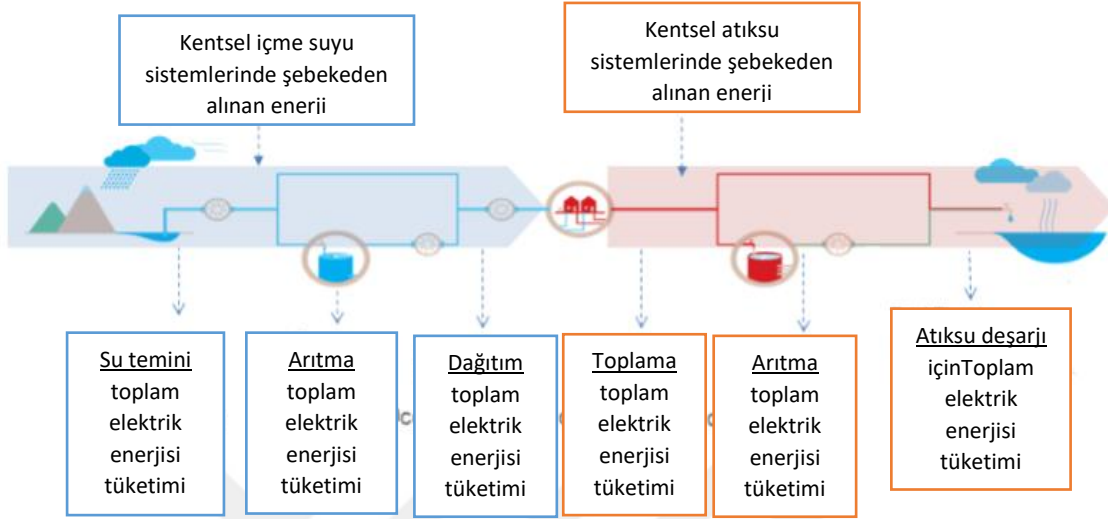
### 2.3.1. ECAM Modelinin Kapsamı

Dünya'da 140 ülkede üyesi bulunan IWA, gelecekte ve şu anda yaşadığımız çevrede karşılaşılan su sektöründe su ve atıksu problemlerine yenilikçi çözümler getiren bir kuruluştur (IWA, 2020). IWA'nın alt organizasyonu WaCCliM tarafından sera gazı emisyonu hesaplamaları için Enerji Performansı ve Karbon Emisyonları Değerlendirme ve İzleme Aracı (ECAM) programı geliştirilmiştir. ECAM, atıksu yönetimi ve enerji kullanımından kaynaklı emisyonların azaltımı için çözümler sunan, web üzerinden ücretsiz erişim sağlanabilen bir uygulamadır. ECAM modelinin çalışma görseli "Şekil 2.2."de verilmiştir:



Şekil 2.2. ECAM modeli çalışma prensibi (WaCCliM, 2019)

ECAM model uygulaması, kullanılan alandaki kaynak veriler ele alınarak, su, enerji performansı ve sera gazı emisyonları hakkında bilgiler toplanmasını ve sonuçlar hakkında çözümler sunmaktadır. “Şekil 2.3.”te içme suyu ve atıksu sistemlerinin ECAM modeli üzerindeki aşamaları verilmiştir:



Şekil 2.3. ECAM model çalışma metodolojisi (WaCCliM, 2019)

ECAM Modelinin girdi ve çıktıları aşağıda özetlenmiştir:

1. Sistem türleri, performans parametreleri, hizmet verilen popülasyon ve doğal kısıtlamalar.
2. Kentsel su döngüsünün her aşaması için, anahtar veri ve tamamlayıcı verilerin kullanılması.
3. Sera gazı ve enerji değerlendirmesi için Performans Göstergeleri (PI).  
Ek olarak, enerji tasarrufunun sera gazı emisyonlarını azaltmada ekonomik bir güç olup olmadığını değerlendirmek için hizmet kuruluşunun enerji durumunun değerlendirilmesidir (Anonim, 2019).

Çalışma adımları aşağıda sıralanmıştır:

1. Veri envanterinin sağlanması. 2019 yılı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Aralık ayları seçilerek program için girdi verilerinin toplanması.
2. Girdi verilerinin performans göstergelerine dönüştürülmesi. Atıksu arıtma tesisinin ilgili arıtma kategorilerine ve kaynağa göre sera gazı emisyonlarının belirlenmesi ve enerji tüketimlerinin işletme maliyetlerine oranının hesaplanması.

3. Program sonuç verilerine göre hizmet verilen nüfusa ait sera gazı emisyonlarının azaltılmasını, işletme ve enerji maliyetlerinin azaltılmasına yönelik sürdürülebilir yöntemlerin oluşturulması ve planlanması.

Sera gazı emisyonu tahmini için ECAM model yazılımında iki değerlendirme esastır. Birinci adım olan A aşamasında, sistemin elektrik tüketimi ve sera gazı emisyonu hakkında pasta grafik ve şekiller üzerinde genel bir değerlendirme elde edilmektedir. İkinci adım olan B aşamasında ise atıksu ve çamur yönetimi bölümleri hakkında detaylı bir değerlendirme yapılmaktadır. Yazılım üzerinde atıksu arıtma tesisi 4 adımda incelenmektedir. “Şekil 2.4.”te verildiği üzere bunlar; 1) Toplama, 2) Arıtma, 3) Deşarj/Geri Kullanım, 4) Bertaraf/Geri Kullanım’dır.



Şekil 2.4. ECAM model aşamaları (WaCCliM, 2019)

Bu tez kapsamında; Faz-1’de Muratlı OSB A.A.T. ne bağlı bulunan firmaların herhangi bir terfilendirme işlemine tabii tutulmadığı ve gelen atıksu kendi cazibesıyla tesise giriş yaptığı için toplama adımı dikkate alınmamıştır. Faz-2’de MOSB’ye yeni bağlanan tesislerin bağlı olduğu terfi istasyonu hesaplamaları ise atıksu arıtma bölümüne dahil edilmiştir.

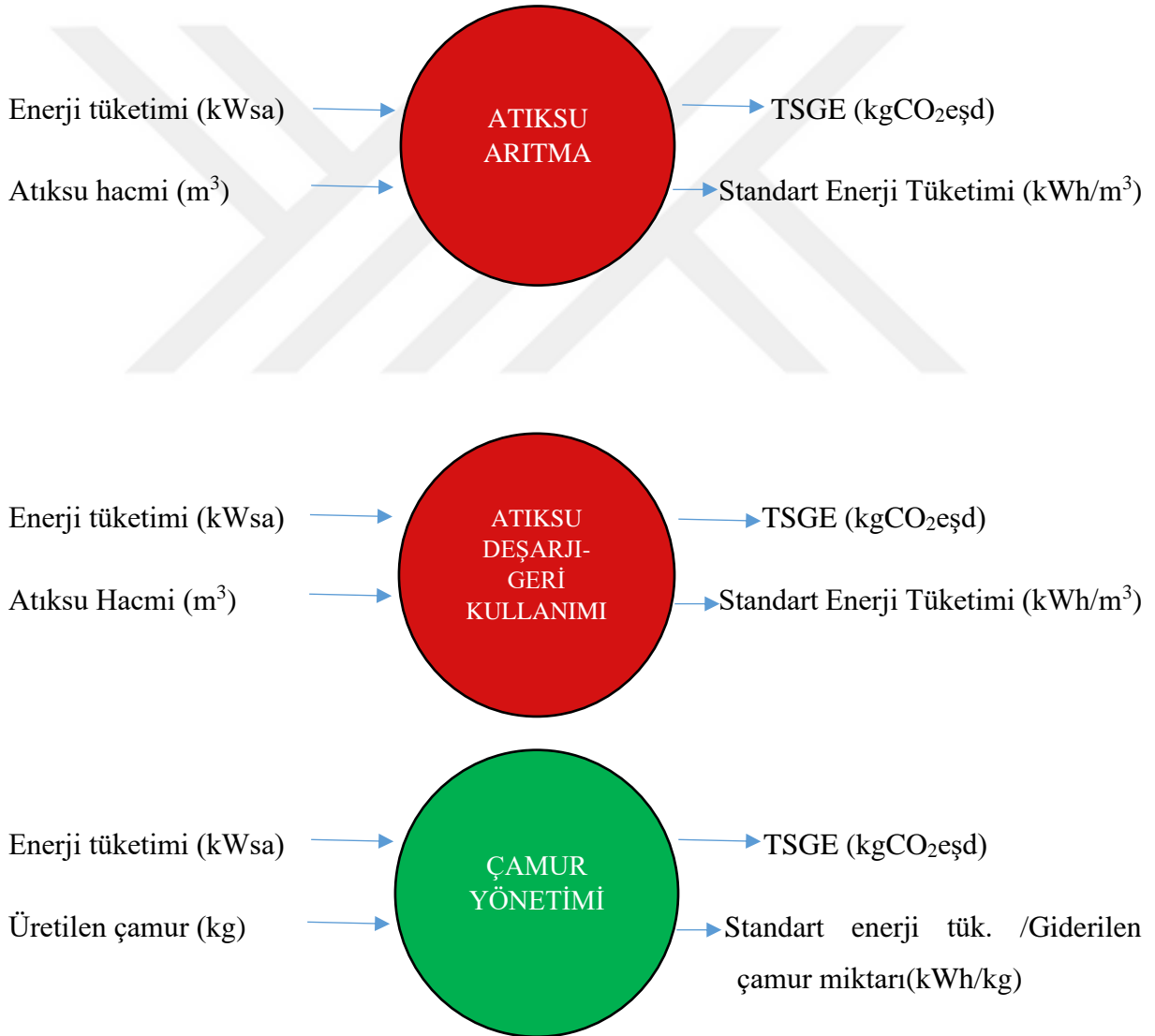
İkinci adım olan arıtmada; enerji ve atıksu girdilerinin sağlanması ve arıtma tesisine ait kirlilik parametrelerinden BOI<sub>5</sub> yük verilerinin girilmesiyle BOI<sub>5</sub> kütle giderimi başına tüketilen enerji miktarı ve elektrik, işletme prosesi ve toplam sera gazı emisyonu hakkında çıktılar elde edilmiştir.

Üçüncü adım deşarj/geri kullanımda ise; deşarj için tüketilen enerji miktarı, deşarj edilen atıksu miktarı, çıkış suyundaki toplam azot ve BOI<sub>5</sub> yükü girdileri sonucunda elektrik,



toplam sera gazı emisyonu, deşarj edilen ve tekrar kullanılan atıksu için birim m<sup>3</sup> başına düşen tüketimler hakkında detaylı bilgiler edinilmiştir.

Dördüncü adım olan çamur yönetiminde; Muratlı OSB A.A.T.'de çamur ünitesi sonucu son ürün olarak oluşan çamur keki, günlük olarak konteynerde toplanarak taşıma şirketine ait kamyon vasıtasıyla bertaraf edilmektedir. Çamur yönetimi adımında, çamur bertarafı için tüketilen enerji, atıksu miktarı ve toplam azot ve BOI<sub>5</sub> yük girdileri sonucunda bertaraftan kaynaklanan sera gazı emisyonu çıktıları elde edilmiştir. “Şekil 2.5.”te modele ait girdi ve çıktılar özetlenmiştir:



Şekil 2.5. ECAM model çalışma özeti

ECAM model yazılımında atıksu sistemleri için emisyonlar 3'e ayrılmaktadır. Bunlar; 1) Direkt emisyonlar, 2) Dolaylı emisyonlar 3) Diğer dolaylı emisyonlar. "Çizelge 2.2."de atıksu sistemleri için emisyon kaynakları verilmiştir:

Çizelge 2.2. Atıksu Sistemleri için sera gazı emisyonu görünümü (WaCCliM, 2018)

Etap 1 – Doğrudan Emisyonlar	Atıksu Arıtma	Atıksu Deşarjı	Çamur Bertarafı
Fosil yakıt yakmadan kaynaklanan CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O emisyonları	x	x	
Biyolojik atıksu arıtmadan veya kanalizasyondan kaynaklanan CH <sub>4</sub> emisyonları	x		
Biyolojik atıksu arıtmadan veya kanalizasyondan kaynaklanan N <sub>2</sub> O emisyonları	x		
Çamur arıtmadan kaynaklanan CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O emisyonları	x		
Etap 2 – Dolaylı Emisyonlar			
Elektrik kullanımından kaynaklanan dolaylı emisyonlar	x	x	x
Etap 3 – Diğer Dolaylı Emisyonlar			
Suyun (içme suyu, atıksu, geri kullanılmış su) taşınması sırasında fosil yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonlar CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O		x	
Çamur yönetiminden kaynaklanan CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O			x
Çamurun alan dışına taşınması sırasında oluşan emisyonlar CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O	x		
Çıkış suyunun alıcı ortama deşarjı sırasında oluşan N <sub>2</sub> O ve CH <sub>4</sub> emisyonları		x	x

ECAM modelinde sera gazı emisyonları CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Farklı IPCC raporlarına göre metan (CH<sub>4</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) emisyonlarının CO<sub>2</sub> eşdeğerine göre değerleri yıllara göre IPCC rapor verileri "Çizelge 2.3."te verilmiştir:

Çizelge 2.3. Farklı yıllardaki IPCC raporlarına göre küresel ısınma potansiyeli (WaCCliM, 2018)

100 yıl için Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)				
Rapor	CO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> eşd)	CH <sub>4</sub> (CO <sub>2</sub> eşd)	N <sub>2</sub> O (CO <sub>2</sub> eşd)	Yorumlar
IPCC 5th AR (2014/2013) CCF	1	34	298	İklim-karbon geri bildirimleri ile
IPCC 5th AR (2014/2013)	1	28	265	İklim-karbon geri bildirimsiz
IPCC 4th AR (2007)	1	25	298	
IPCC 3rd AR (2001)	1	23	296	
IPCC 2nd AR (1995)	1	21	310	
IPCC 1st AR (1990)	1	11	270	

Bu çalışmada; ECAM modeli içerisinde, her bir ülkeye göre elektrik şebekesinden gelen elektrik tüketim değerleri için “Elektrik emisyon faktörü” belirlenmiştir. Türkiye için elektrik emisyon faktörü 0,865664547 kg<sub>CO2</sub>/kWhsa’tır. Kişi başına tüketilen yıllık protein miktarı 36,135 kg/kişi/yıl, atıksu için BOI<sub>5</sub> üretimi 38 g/kişi/gün, çamur için BOI<sub>5</sub> üretimi ise 38 g/kişi/gün’dür.

Küresel ısınma potansiyeli kaynağı IPCC 5th AR (2014/2013) CCF raporuna göre karbondioksit (CO<sub>2</sub>) = 1 CO<sub>2</sub> eşdeğer; metan (CH<sub>4</sub>) = 34 CO<sub>2</sub> eşdeğer; nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) = 298 CO<sub>2</sub> eşdeğer olarak hesaplanmıştır.

### 2.3.2. ECAM Modeli Uygulama Örnekleri

ECAM modelinin şimdiye kadar 4 farklı ülkede bulunan su kıtlığı yaşanan bölgeler de dahil olmak üzere kentsel atıksu arıtma tesislerinde uygulamaları yapılmıştır. Bu ülkeler; Mexico, Peru, Tayland ve Ürdün’dür (WaCCliM, 2020).

Tayland’ın Chiang Mai kentinde yapılan çalışmada, WaCCliM proje desteği ile ECAM modeli uygulanarak karbon ayak izi azaltımı konusunda fırsatlar değerlendirilmiştir. Chiang Mai’de atıksu toplama sistemindeki hatlardan sızan atıksuların, sera gazı emisyonuna yol açtığı

düşünülmüştür. Fazla miktardaki arıtılmamış atıksu direkt olarak ortak kanala dökülmektedir. Bu nedenle, şehirde önemli miktarda hem metan ve nitroz oksit hem de küresel ısınmaya sebep olan karbondioksit üretir. Arıtılmamış atıksuların direkt deşarjından oluşan emisyonların sayısı yılda 579.900 kgCO<sub>2</sub>'tir (WaCCliM, 2018). Tayland'da ECAM modeli ile yapılan değerlendirmede tüm atıksu sisteminden kaynaklanan sera gazı emisyonları 807.115 kgCO<sub>2</sub> eşdeğer/yıl olduğu görülmüştür. Atıksu sisteminin onarılması ve pompa enerji verimliliğinin geliştirilmesiyle sera gazı emisyonlarının %12 azalacağı ve enerji faturalarının maliyetini düşüreceği yönünde yararlar sağlayacağı görülmüştür.

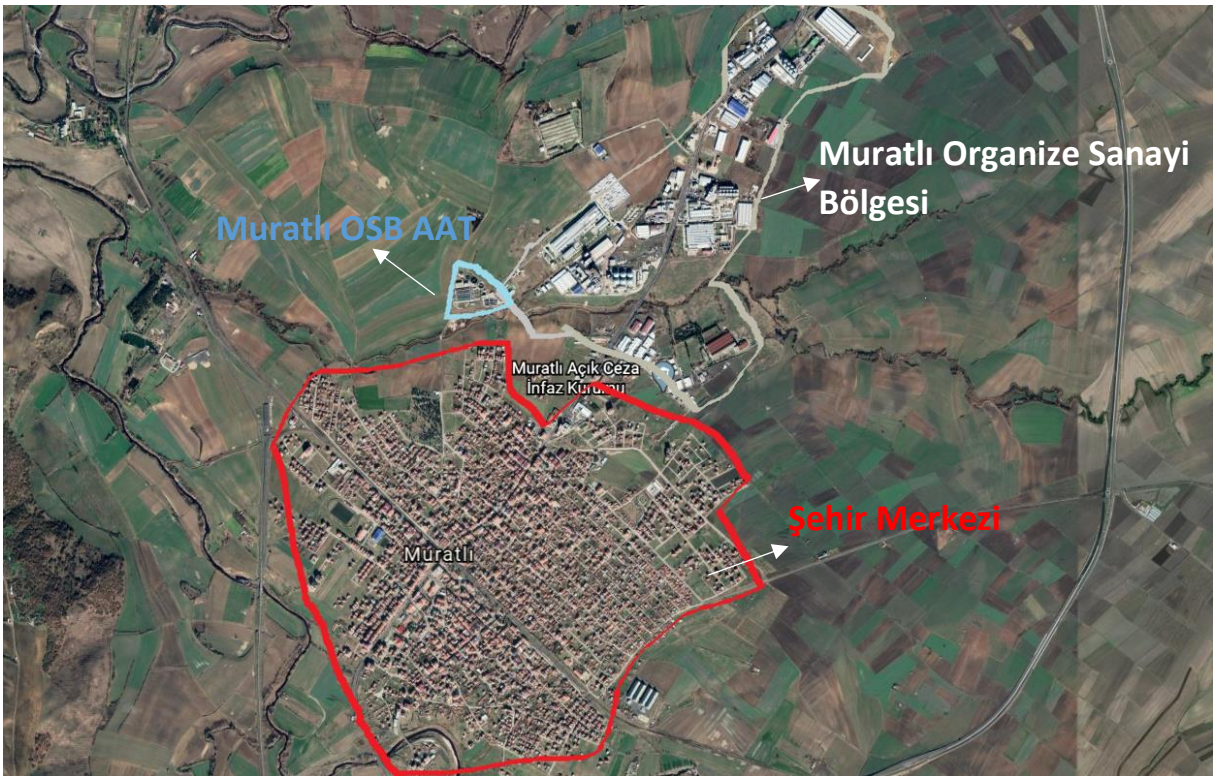
Meksika'da San Francisco del Rincon'da iki pilot tesiste ECAM modeli uygulanmıştır. Model verilerine göre tesisin ilave 52.000 kişi için kapasitesinin genişletilmesiyle yılda 2.500 ton CO<sub>2</sub> sera gazı emisyonunun engellendiğine ulaşılmıştır. Ham atıksuların, arıtılmış atıksulara göre 3 kat daha fazla sera gazı emisyonu oluşturduğu görülmüştür. Pilot tesisler, biyogaz verimlerini arttırarak 71 MW'a kadar enerji tasarrufu sağlamıştır (WaCCliM, 2018).

Peru'da SEDACUSCO pilot tesisinde, Frankfurt-Lima arası bir kişinin 2.200 kez gidiş-dönüş uçak biletine eşdeğer yıllık sera gazı emisyonlarını 5.300 ton CO<sub>2</sub>/yıl azalttığı görülmüştür. İleride, şirket çalışanları biyogaz kullanarak elektrik maliyetlerinde yıllık 256.000 Euro tasarruf etmeyi ve yılda 544 ton CO<sub>2</sub>'ten kaçınmayı planladığı verilerine ulaşılmıştır (WaCCliM, 2018).

### 3. ORGANİZE SANAYİ ATIKSU ARITMA TESİSİ

#### 3.1. Çalışma Alanı Özellikleri

Çalışma alanı, Tekirdağ ili içerisinde, Muratlı ilçesinde yer almaktadır. MOSB toplamda 334 hektar büyüklüğünde olup, bu büyüklüğün 250 hektarını sanayi parselleri oluşturmaktadır. Mevcut parsellerin 167 hektarlık kısmında sanayi tesisleri aktif olarak faaliyet göstermekte, 83 hektarlık kısmı da boş arazi olarak bulunmaktadır (MOSB, 2019). (Şekil 3.1.)”

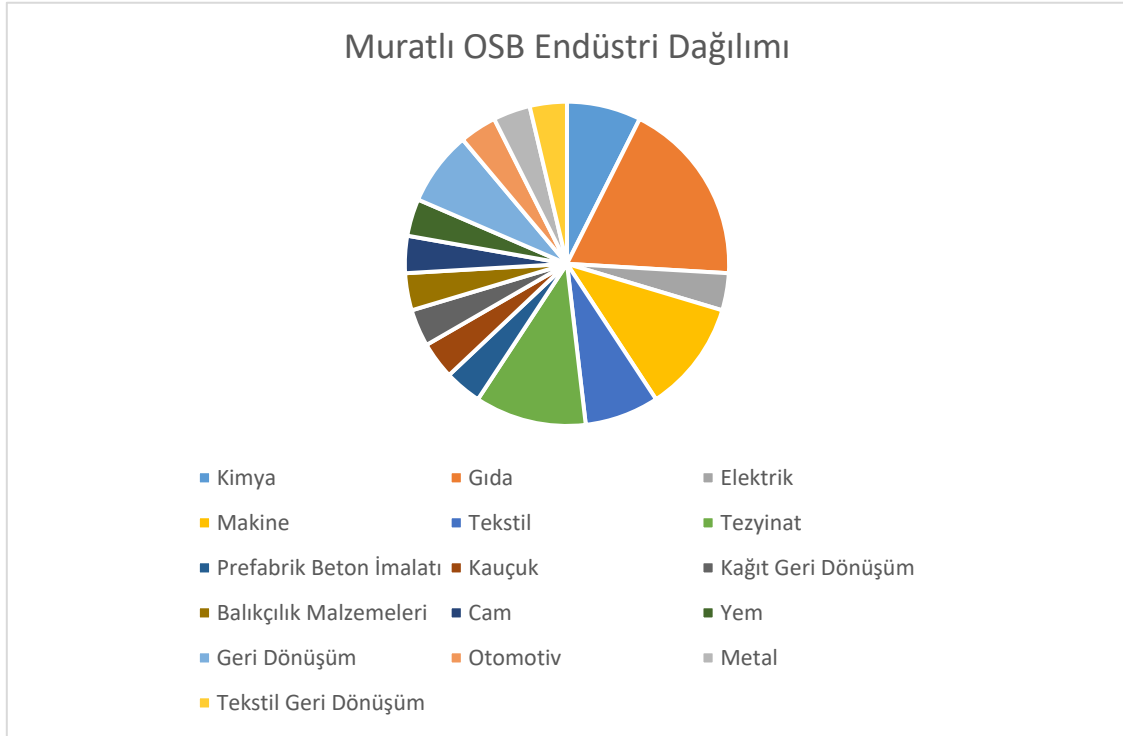


Şekil 3.1. Muratlı Organize Sanayi Bölgesi (Google Earth, 2020)

#### 3.1.1. Muratlı OSB’de Kurulu Endüstri Dağılımı

MOSB’de toplamda 27 tane faaliyette olan firma bulunmaktadır. Kurulu endüstrilerin yüzdesel dağılımı; kimya sanayi %7, gıda sanayi %19, elektrik sanayi %4, makine sanayi %11, tekstil sanayi %7, tezyinat sanayi %11, prefabrik beton imalatı %4, kauçuk sanayi %4, kâğıt geri dönüşüm sanayi %4, balıkçılık malzemeleri %4, cam sanayi %4, yem sanayi %4, geri

dönüşüm %7, otomotiv sanayi %4, metal sanayi %4 ve tekstil geri dönüşüm sanayi %4'tür. Muratlı OSB içerisinde kurulu endüstrilerin sektörel dağılımı “Şekil 3.2.”de verilmiştir:



Şekil 3.2. Muratlı OSB’de Endüstri Dağılımı

Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisi’ne atıksu hattı bulunan 18 firma bulunmaktadır. Tesisin 2018 – Eylül 2019 işletme döneminde atıksu arıtma tesisine toplamda 3 firma bağlı bulunurken 2019 yılı Eylül ayı itibariyle ikinci altyapıların tamamlanmasıyla 15 firma daha bağlanarak toplamda atıksu arıtma tesisinde 18 firmaya ulaşılmıştır. Bu firmaların faaliyet alanlarına göre dağılımı aşağıdaki gibidir:

- Tekstil,
- Kâğıt Karton Geri dönüşüm,
- Yağ.
- Makine
- Kimya
- Gıda
- Otomotiv
- Kauçuk

### 3.1.2.Tasarıma Esas Atıksu Debileri

Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisi'ne ait proje verilerine göre 2 kademeli olarak tasarım yapılmıştır. 1. Kademe için 25.000 m<sup>3</sup>/gün debi olarak tasarlanmıştır. Nihai kapasitenin 37.500 m<sup>3</sup>/gün debi olacağı ve 2. Kademe için 12.500 m<sup>3</sup>/gün debi için ilave tasarımı yapılmıştır. Tasarıma esas atıksu debileri "Çizelge 3.1."de verilmiştir:

Çizelge 3.1. Tasarıma Esas Atıksu Debileri (Tahmaz, Gültekin, Yüceyurt, 2013)

PARAMETRE	BİRİM	1.KADEME	2.KADEME	NİHAİ KAPASİTE
Ortalama Atıksu Tasarım Debisi	m <sup>3</sup> /gün	25.000	12.500	37.500
Ortalama Atıksu Tasarım Debisi	m <sup>3</sup> /saat	1.042	521	1.563
Maksimum Atıksu Tasarım Debisi	m <sup>3</sup> /saat	1.875	938	2.813
Minimum Atıksu Tasarım Debisi	m <sup>3</sup> /saat	521	261	781

### 3.1.3.Tasarıma Esas Kirlilik Parametreleri

Muratlı OSB içerisinde bulunan sanayi atıksularının, kirlilik parametrelerine ve kirlilik yükü miktar tahminlerine göre tasarıma esas alınan kirlilik parametreleri aşağıda verilmiştir:

- Organik Maddeler (Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ<sub>5</sub>))
- Yağ ve Gres
- Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)

Muratlı OSB projelendirme kriterlerinde atıksu arıtma tesisi girişi için belirlenen tasarıma esas atıksu dizayn parametreleri “Çizelge 3.2.”de verilmiştir:

Çizelge 3.2. Tasarıma Esas Dizayn Parametreleri (Tahmaz vd., 2013)

PARAMETRE	BİRİM	DEĞER
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	mg/lt	1500
Biokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI)	mg/lt	700
Askıda Katı Madde	mg/lt	600
Yağ ve Gres	mg/lt	250
Katman ve Petrol Kökenli Yağlar	mg/lt	50
Toplam Kjeldah Azotu (TKN)	mg/lt	60
Toplam Fosfor (TP)	mg/lt	5
pH	mg/lt	6-10
Toplam Krom (Cr)	mg/lt	5
Toplam Siyanür (Cn)	mg/lt	10
Toplam Sülfür	mg/lt	2
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	mg/lt	1700
Fenol	mg/lt	20
Serbest Klor	mg/lt	5
Arsenik	mg/lt	3
Toplam Kurşun	mg/lt	3
Toplam Kadmiyum	mg/lt	2
Toplam Cıva	-	0,2
Toplam Bakır	-	2
Toplam Nikel	mg/lt	5
Toplam Çinko	-	10
Toplam Kalay	-	5
Toplam Gümüş	-	5
Klorür	-	10000
Renk (Pt, Co)	-	1000
Sıcaklık	-	35

Atıksu arıtma tesisinin deşarjı alıcı ortam olduğundan dolayı, tasarım kriterlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” mevzuatına göre SKKY-Tablo 19 parametrelerine uyulacağı belirlenmiş olup “Çizelge 3.3.”te deşarj limitleri verilmiştir:



Çizelge 3.3. Atıksu Arıtma Tesisi Deşarj Limitleri (ÇŞB, 2020)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	400	300
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	200	100
YAĞ VE GRES	(mg/L)	20	10
TOPLAM FOSFOR	(mg/L)	2	1
TOPLAM KROM	(mg/L)	2	1
KROM (Cr <sup>+6</sup> )	(mg/L)	0.5	0.5
KURŞUN (Pb)	(mg/L)	2	1
TOPLAM SİYANÜR (CN <sup>-</sup> )	(mg/L)	1	0.5
KADMİYUM (Cd)	(mg/L)	0.1	-
DEMİR (Fe)	(mg/L)	10	-
FLORÜR (F <sup>-</sup> )	(mg/L)	15	-
BAKIR (Cu)	(mg/L)	3	-
ÇİNKO (Zn)	(mg/L)	5	-
CİVA (Hg)	(mg/L)	-	0.05
SÜLFAT (SO <sub>4</sub> )	(mg/L)	1500	1500
TOPLAM KJELDAHL-AZOTU (* )	(mg/L)	20	15
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)	-	10	10
pH	-	6-9	6-9
<b>(Ek satır:RG-24/4/2011-27914)</b> Renk	(Pt-Co)	280	260

### 3.1.4.Tesis Giderim Verimleri

Tesisin deşarj limitlerini sağlaması için öngörülen giderim verimleri “Çizelge 3.4.”te verilmiştir:

Çizelge 3.4.Tesis Giderim Verimleri (Tahmaz vd., 2013)

PARAMETRE	BİRİM	GİRİŞ DEĞERLERİ	BİYOLOJİK ARITMA VERİMLİLİĞİ	BİYOLOJİK ARITMA ÇIKIŞI	KİMYASAL ARITMA VERİMLİLİĞİ	KİMYASAL ARITMA ÇIKIŞI	LİMİT*
Ph		6-10					6-9
Sıcaklık	°C	25-32					-
KOI	mg/L	1500	86	200	30	140	200
BOI	mg/L	700	-	-	-	-	-
AKM	mg/L	600	83	100	50	50	100
Yağ ve Gres	mg/L	50	80	10	30	7	10
Toplam Fosfor	mg/L	5	80	1	50	0,5	1
Toplam Krom	mg/L	5	80	1	50	0,5	1
Krom +6	mg/L	0,4	0	0,4	0	0,4	0,5
Kurşun	mg/L	1	0	1	50	0,5	1
Toplam Siyanür	mg/L	2	90	0,2	0	0,2	0,5
Kadmiyum	mg/L	0,09	0	0,09	0	0,09	0,1
Demir	mg/L	15	33	10	50	5	10
Florür	mg/L	15	0	15	0	15	15
Bakır	mg/L	2	0	2	50	1	2
Çinko	mg/L	5	0	5	50	2,5	5
Civa	mg/L	0,04	0	0,04	0	0,04	0,04
Sülfat	mg/L	1500	0	1500	0	1500	1500
TKN	mg/L	60	75	15	0	15	15
Renk	Pt-Co	1000	50	500	50	250	260

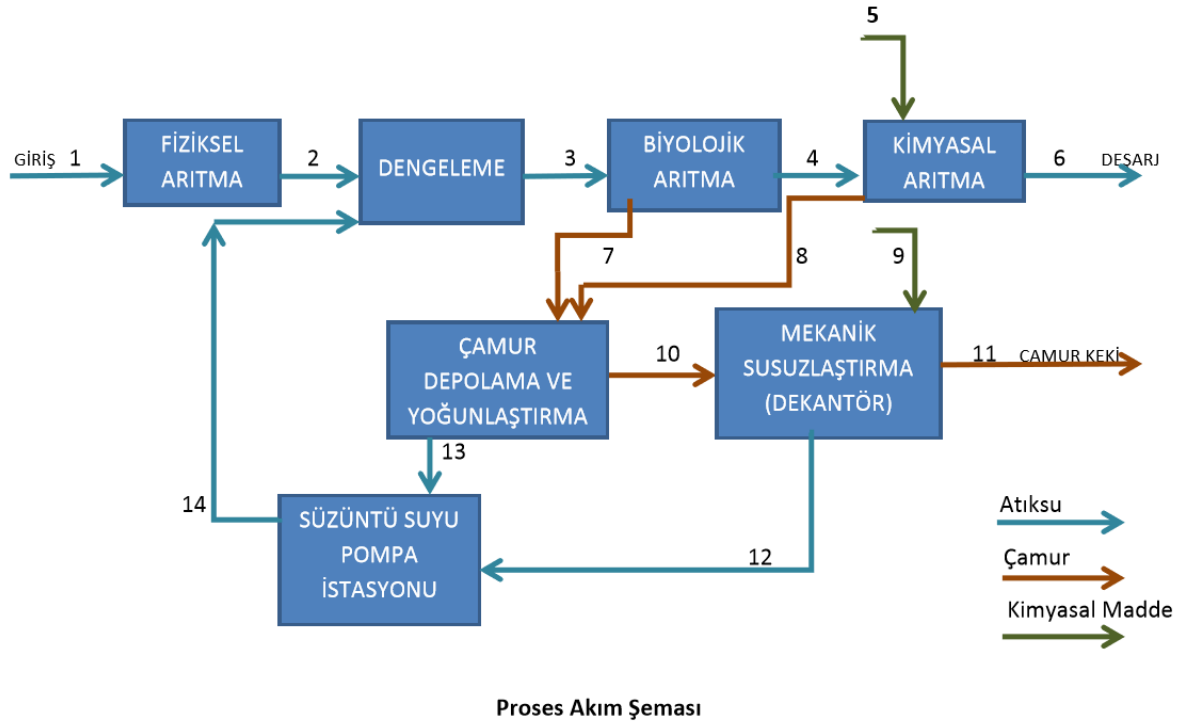
### 3.2.Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisi

25.000 m<sup>3</sup>/gün kurulu kapasiteye sahip MOSB A.A.T.'nin genel görünümü “Şekil 3.3.”te verilmiştir:



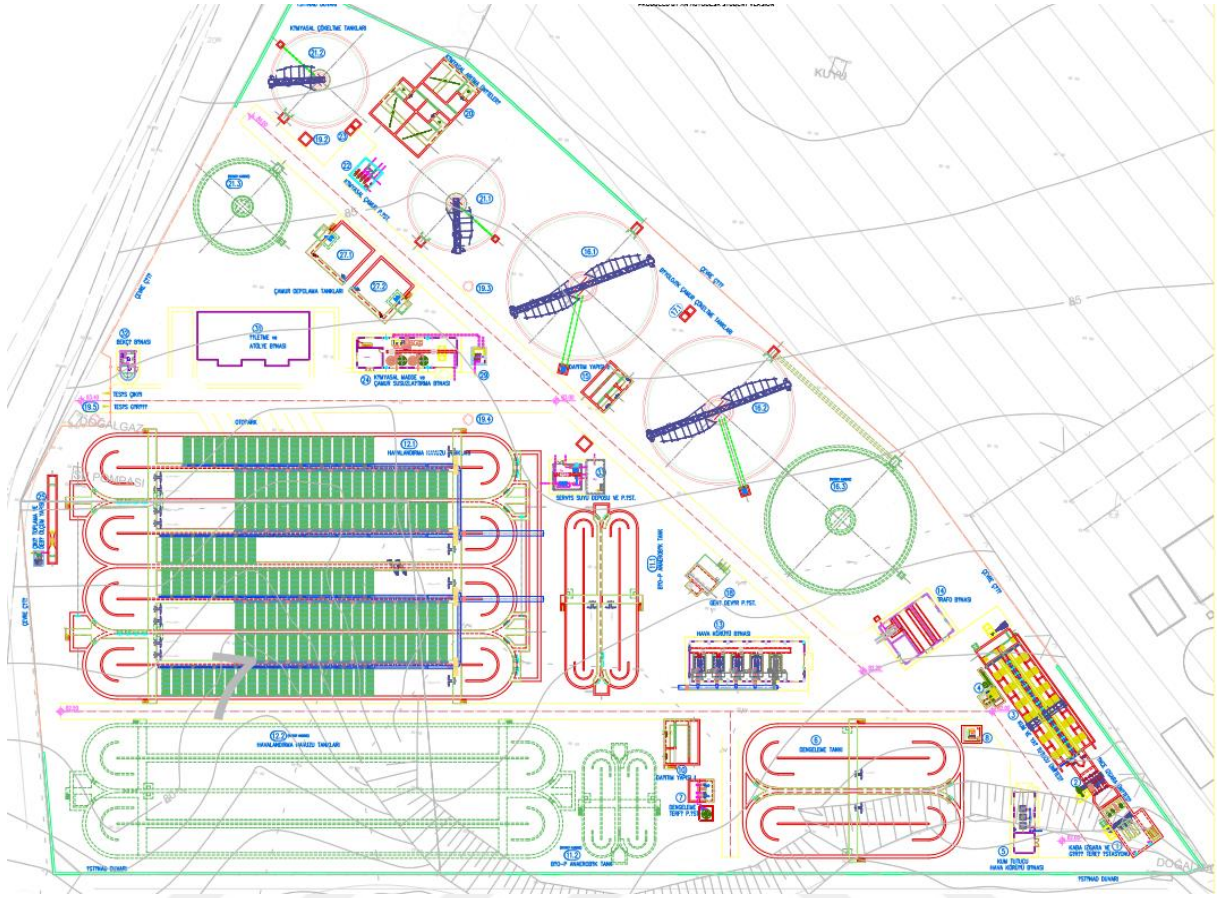
Şekil 3.3. Muratlı OSB AAT Görünümü

Muratlı OSB A.A.T.'ye ait proses iş akım şeması “Şekil 3.4.”te ve vaziyet planı “Şekil 3.5.”te verilmiştir:



Şekil 3.4. Proses İş Akım Şeması (Tahmaz vd., 2013)

Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisi, 3 arıtma ünitesinden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; fiziksel arıtma ünitesi, biyolojik arıtma ünitesi ve kimyasal arıtma ünitesidir.



Şekil 3.5. Genel Vaziyet Planı (Tahmaz vd., 2013)

### 3.2.1. Fiziksel Arıtma

Ön arıtma ünitesi olarak tanımladığımız fiziksel arıtma ünitesi, kaba ve ince ızgaralar, havalandırmalı kum ve yağ tutucu ünitesinden oluşmaktadır.



Kaba ve İnce Izgaralar: Tesise gelen atıksu içerisinde sebze, meyve, yiyecek artıkları, plastik, kâğıt, kumaş, metal vb. kaba malzemelerin bulunabileceğinden, bu tür malzemelerin tesis ekipmanlarına zarar vermesinin önlenmesi amacıyla kaba ve ince ızgaralar kullanılmaktadır.

OSB Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksu ızgara açıklığı 20 mm olan, mekanik temizlemeli kaba ızgaralardan geçirilerek iri, katı maddelerin uzaklaştırılması esas alınmıştır.

Kaba ızgara sonrası atıksu giriş terfi pompa istasyonuna gelerek dalgıç pompalar vasıtasıyla terfilendirilerek ince ızgara ünitesine aktarılmaktadır. İnce ızgara ünitesinde, ızgara aralığı 6 mm olarak tasarlanmıştır. Atıksu içinde kaba ızgaralardan geçen, daha küçük boyutlardaki ince, katı malzemelerin tutulması sağlanmaktadır. “Şekil 3.6.”da tesiste kaba ızgaralardan bir görünüm verilmiştir:



Şekil 3.6. Kaba Izgara Ünitesi

“Şekil 3.7.” ve “Şekil 3.8.”de ince ızgara ve giriş terfi istasyonu pompalarına ait görünümler verilmiştir:



Şekil 3.7. Giriş Terfi Pompa İstasyonu



Şekil 3.8. İnce Izgara Ünitesi

Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu: Kum ve yağın giderilmesi için bu havuzlar genellikle iki gözlü olarak tasarlanır. İlk göze gelen atıksu, difüzörler yardımıyla yoğunluk farkından kum vb. maddelerin çökmesi sağlanır. İkinci gözde ise yağ ve köpüklerin toplanarak atıksudan ayrılması sağlanır (Nas, 2017). “Şekil 3.9”da tesise ait havalandırılmalı kum ve yağ tutucudan bir görünüm verilmiştir:



Şekil 3.9. Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu Ünitesi

Dengeleme Havuzu ve Dengeleme Terfi Pompa İstasyonu: Havalandırılmalı kum ve yağ tutucu ünitesinden çıkan atıksu, giriş debi ölçüm istasyonundan geçerek dengeleme havuzuna cazibeyle ulaşmaktadır. Dengeleme havuzunda atıksu debi ve kirlilik bakımından homojen bir şekilde dengelenmesi sağlanmaktadır. Çökelmenin engellenmesi ve atıksuyun iletimi için karıştırıcılar bulunmaktadır. Dengeleme havuzundan çıkan atıksu dengeleme terfi pompa istasyonuna gelerek atıksuya terfi kazandırılarak dağıtım yapısına aktarılmaktadır. Dağıtım yapısından biyolojik arıtma ünitesinin ilki anaerobik biyofosfor ünitesine ulaşmaktadır. “Şekil 3.10.” ve “Şekil 3.11.”de dengeleme havuzu ve dengeleme terfi pompa istasyonuna ait görünümler verilmiştir:

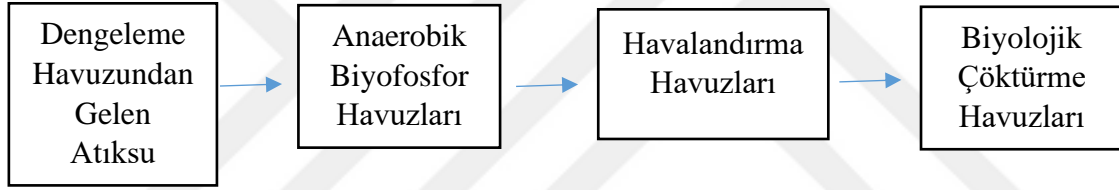


Şekil 3.10. Dengeleme Havuzu



Şekil 3.11. Dengeleme Terfi Pompa İstasyonu

### 3.2.2. İleri Biyolojik Arıtma



Anaerobik Biyofosfor Ünitesi: Biyolojik fosfor giderimi için tasarlanan iki aşamadan oluşan oksijensiz ortam tanklarıdır. Biyolojik fosfor gideriminin ilk aşaması olan anaerobik biyofosfor havuzlarında, anaerobik bakteriler tarafından uçucu yağ asitleri tüketilerek bünyelerindeki polifosfatı ortofosfat olarak bırakarak fosfor salınımı gerçekleşir. İkinci aşamada, atıksu havalandırma havuzunda aerobik ve anoksik ortamda su fazında bulunan ortofosfatlar tekrar polifosfata dönüşerek bakteri bünyesine geçer ve tesisten atılan fazla çamurla birlikte uzaklaştırılması sağlanır. Havalandırma havuzundaki aerobik ve anoksik ortamlar, anaerobik ortamda gerçekleşen fosfor salınımının aşırı depolanması sağlanarak fosfor giderimi gerçekleşir. “Şekil 3.12.”de anaerobik biyofosfor havuzuna ait bir görünüm verilmiştir:

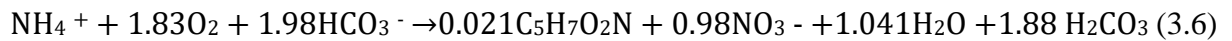
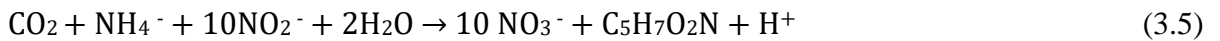
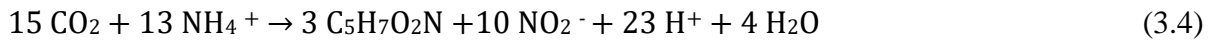
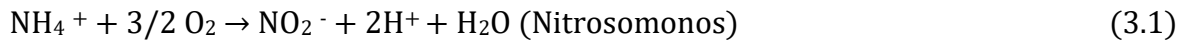




Şekil 3.12. Anaerobik Biyofosfor Ünitesi

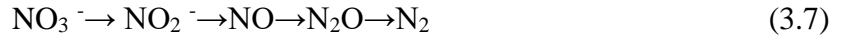
Havalandırma Havuzları: Çeşitli işletim proseslerine uygun olarak tasarlanmış olup, 4 havuzdan oluşan havalandırmaları havuzları, karbon, azot ve fosfor giderimi yöntemine göre işletilmektedir. Nitrifikasyon/denitrifikasyon, ön denitrifikasyonlu, 5 kademeli Bardenpho, simultane denitrifikasyonlu gibi işletim prosesleri bu havuzlar için idealdir (Tahmaz vd., 2013).

Nitrifikasyon, havalandırma havuzlarındaki atıksuda bulunan  $\text{NH}_4^+$  (amonyum) iyonlarının nitrosomonos bakterileri ile önce  $\text{NO}_2^-$  (nitrit) e, daha sonra nitrobakterler yardımıyla  $\text{NO}_2^-$ 'in  $\text{NO}_3^-$  (nitrat) a dönüştürülmesidir (Anonim). Nitrifikasyon denklemleri aşağıda verilmiştir:

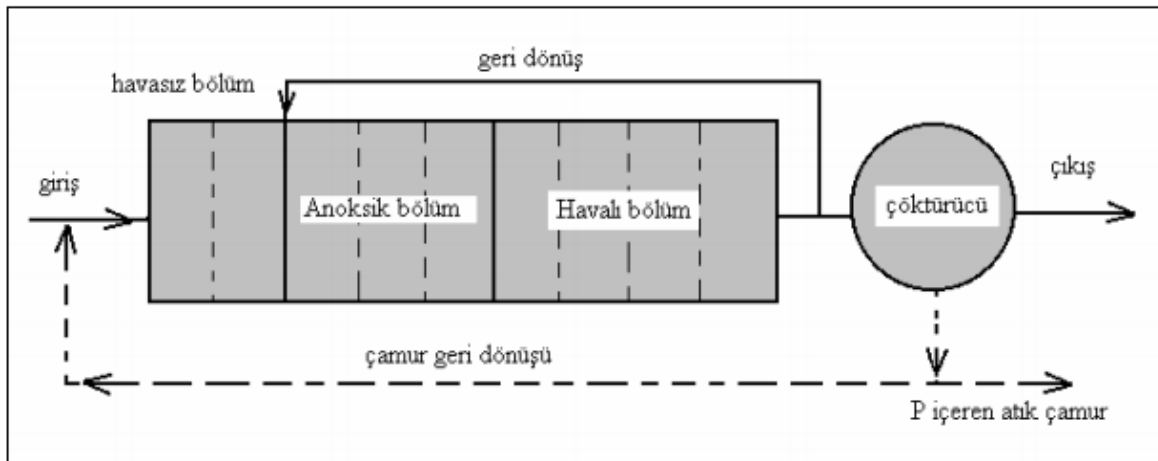


Amonyumun nitrata oksidasyonu için gereken teorik oksijen miktarı (3.3) eşitliğinde  $64/14=4,57$  mg O<sub>2</sub>/mg amonyum azotu olmaktadır (Anonim).

Denitrifikasyon, çözülmüş oksijen bulunmayan ortamda nitratin öncelikle nitrite daha sonra nitrik aside (NO), nitrik asitten nitroz okside, nitroz oksidin indirgenmesiyle azot gazı (N<sub>2</sub>) na dönüştürülmesi olaylarıdır (Temizsoy, 2009). Denitrifikasyon denklemi aşağıda gösterilmiştir:



MOSB A.A.T. için havalandırma Havuzlarında, %50 klasik aktif çamur, %50 A<sup>2</sup>O prosesi şeklinde işletimi yapılmaktadır. Çözülmüş oksijen varlığı literatürde 0,5 – 2 mg/L arasında olmasına karşın, bu tesis için Ç.O. değerleri 0,4 – 1,6 mg/L arasında olmaktadır. Ç.O. limitlerinin normal şartların altında seçilmesine rağmen çıkış suyu parametrelerinde verim değişmemektedir. Havalandırma havuzları için pH, Ç.O., sıcaklık gibi parametreler bakterilerin çalışma hızını etkilemektedir. “Şekil 3.13.”te proses işletim sistemi görseli verilmiştir:

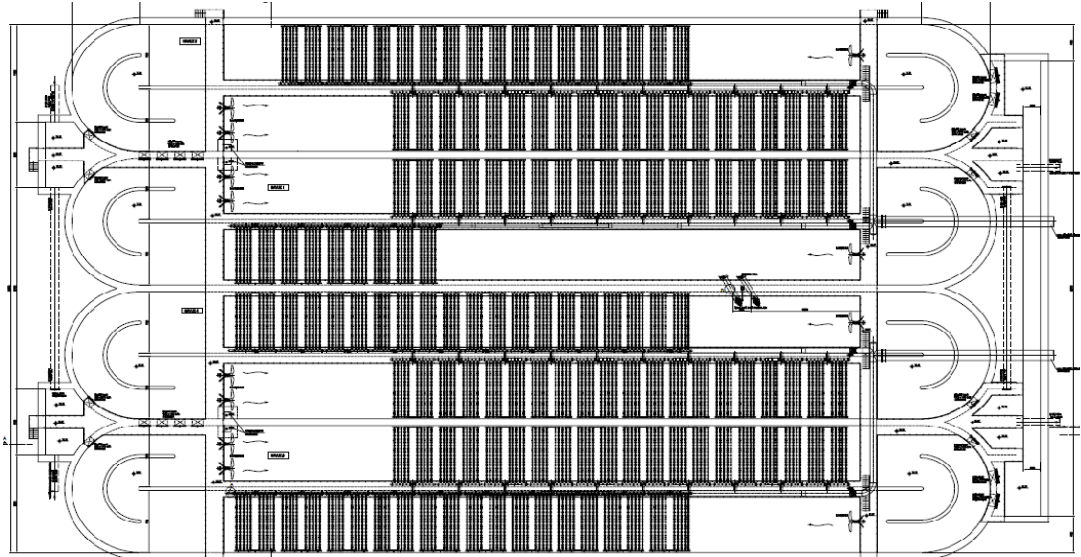


Şekil 3.13. A<sup>2</sup>O prosesi akışı görseli (Anonim)

“Şekil 3.14.”te havalandırma havuzuna ait bir fotoğraf ve Şekil 3.15.’te havalandırma havuzu kesiti verilmiştir:

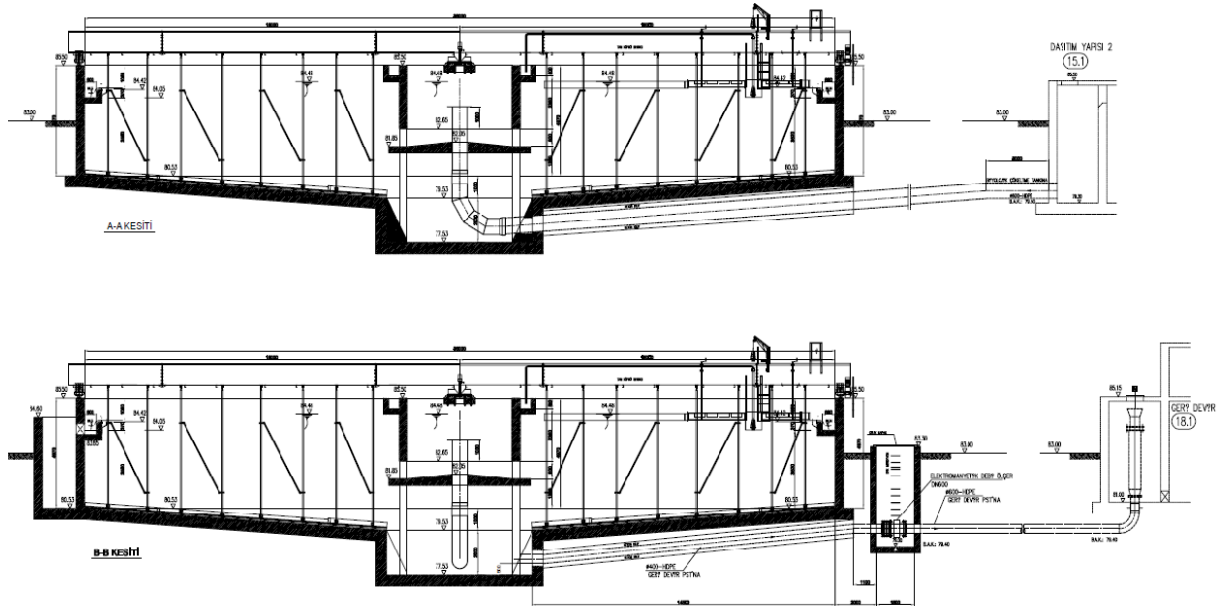


Şekil 3.14. Havalandırma Havuzları



Şekil 3.15. Havalandırma Havuzları Kesiti

Biyolojik Çöktürme Havuzları: Merkezi konik biçimde olan çamur toplama çukuru, çamur ve köpük giderimi için döner sıyrıcı mekanizmasına sahip dairesel betonarme tanklar olarak standartlara uygun olarak boyutlandırılması yapılmıştır. Havalandırma havuzlarından gelen atıksu, biyolojik çöktürme havuzlarına ters sifon yöntemiyle giriş yaparak bu havuzlarda çöktürülmesi sağlanmaktadır. Döner köprülü sıyrıcı yardımıyla çökelen çamur tabandan sıyrılarak çamur yoğunlaştırma ve çamur geri devir istasyonuna iletilmektedir. Arıtılmış atıksu, biyolojik çöktürme havuzundan savaklanarak kimyasal arıtma ünitesine iletilmektedir. “Şekil 3.16.” da biyolojik çöktürme havuzu kesiti gösterilmiştir:



Şekil 3.16. Biyolojik Çöktürme Havuzu kesiti

“Şekil 3.17.” de biyolojik çöktürme havuzu yüzeyine ait bir görünüm verilmiştir:



Şekil 3.17. Biyolojik Çöktürme Havuzu

### 3.2.3. Kimyasal Arıtma

Kimyasal arıtma ünitesi renk giderimini sağlamak ve su kalitesini iyileştirmek amacıyla tasarlanmıştır (Tahmaz vd., 2013). Hızlı karıştırıcı (koagülasyon) havuzunda gerekli durumlarda renk ve fosfor giderimini sağlamak için ilgili kimyasal dozlaması yapılmaktadır. Yavaş karıştırıcı (flokülasyon) havuzunda, hızlı karıştırıcıdan gelen atıksuyun karıştırılarak flokların yumaklaştırılarak irileşmesi sağlanır. “Şekil 3.18.”de hızlı ve yavaş karıştırıcı ünitesi gösterilmiştir:



Şekil 3.18. Hızlı ve Yavaş Karıştırıcı Ünitesi

Yavaş karıştırıcı ünitesinde irileşen flokların kimyasal çöktürme havuzunda çöktürülmesi sağlanarak, çöken çamurun çamur yoğunlaştırma havuzlarına iletimi ve savaklanan atıksuyun ise çıkış yapısına iletimi sağlanmaktadır. “Şekil 3.19.”da kimyasal çöktürme havuzuna ait bir görünüm verilmiştir:



Şekil 3.19. Kimyasal Çöktürme Havuzu

#### 3.2.4. Çamur Susuzlaştırma

Çamur yoğunlaştırma havuzlarında bekletilen çamur, HAUS marka 2+1 adet toplamda 3 dekantör ile çamurun hazırlanan katyonik polielektrolit çözeltisiyle susuzlaştırılması sağlanmaktadır. Dekantörlerden çıkan çamur keki yaklaşık %20 kurulukta olup, kamyon kasasında biriktirilerek dolduğu zaman anlaşmalı bertaraf firmasına gönderilmektedir. Tesisin dekantörlerine ait bir görünüm “Şekil 3.20.”de verilmiştir:



Şekil 3.20. Dekantörler

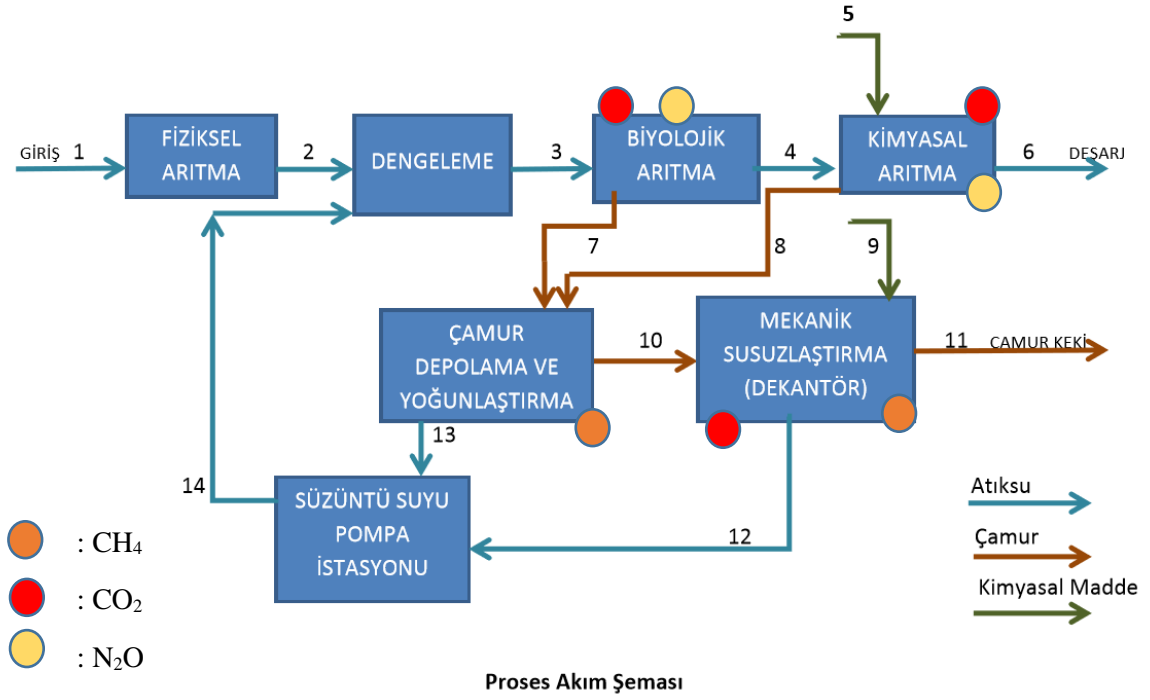
### 3.3.ECAM Modeli Uygulama Esasları

Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisi için 3 farklı senaryo üzerinde yaklaşım yapılmıştır. Birinci senaryoya göre 3 aylık zaman dilimi içerisinde 2019 yılına ait Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için ECAM modeli kullanılarak doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonları tahmin edilmiş ve bu senaryo yaklaşımı Faz-1 olarak adlandırılmıştır. Aylık veriler sisteme girilerek seçilen her bir ay için sera gazı emisyon miktarları hesaplanmıştır. Enerji tüketiminden oluşan sera gazı emisyonları dolaylı sera gazı emisyonları olarak adlandırılmaktadır. Arıtma tesisi işletme prosesi sonucu oluşanlar ise direkt sera gazı emisyonları olarak adlandırılmaktadır. Toplam sera gazı emisyonları, dolaylı ve direkt sera gazı emisyonlarının toplamına eşittir.

İkinci senaryoya göre atıksu arıtma tesisine 15 firma dahil edilmesiyle toplamda 18 firmanın atıksuyunu verdiği 2019 yılına ait Aralık ayı üzerinde ECAM modeli uygulanmış ve sonuçların sera gazı emisyonunu ne şekilde etkilediği ve tahmin edilen miktarlar açısından nelerin değiştiği ile ilgili olarak yaklaşım sürdürülmüştür. Bu senaryoda kullanılan Aralık ayı verileri ve hesaplamaları Faz-2 olarak adlandırılmıştır.

Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisinden farklı olarak bölge içerisinde yer alan birkaç tesisin kendi arıtma çamurunu kullanarak enerji geri kazanımı/kullanılabilirliği bakımından sera gazı emisyonuna olan etkisi ve sürdürülebilirliği yaklaşımı yapılmıştır.

MOSB sera gazı emisyon tahmin noktaları “Şekil 3.21.” üzerinde gösterilmiştir:



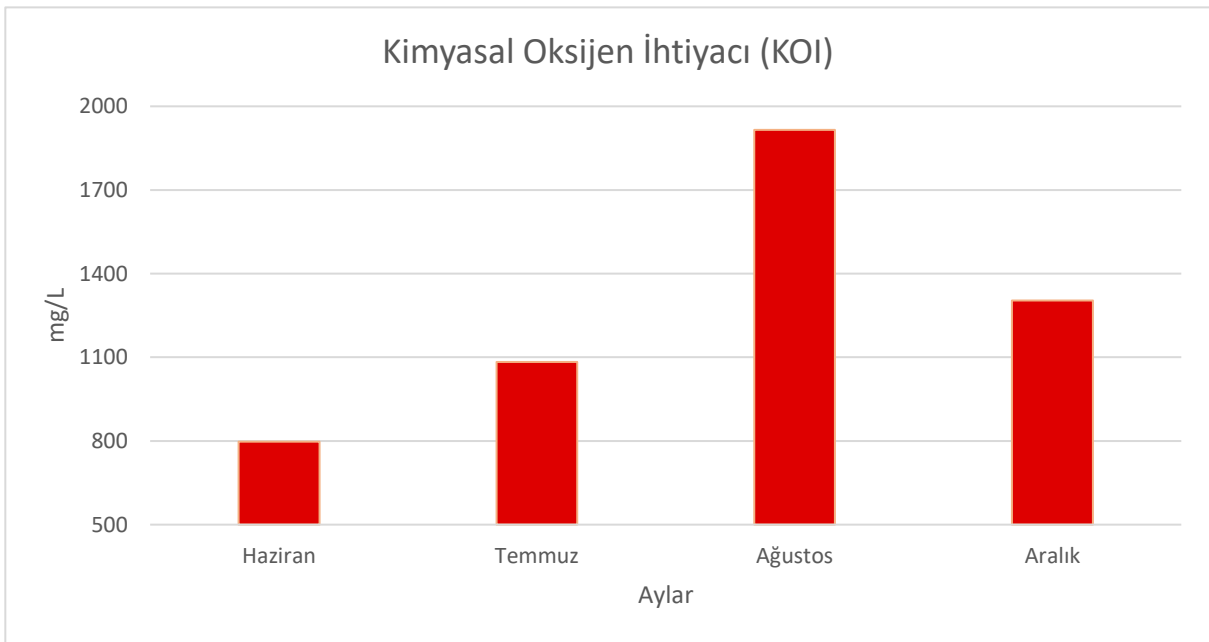
Şekil 3.21. Muratlı OSB Sera Gazı Emisyon Tahmini Noktalar



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

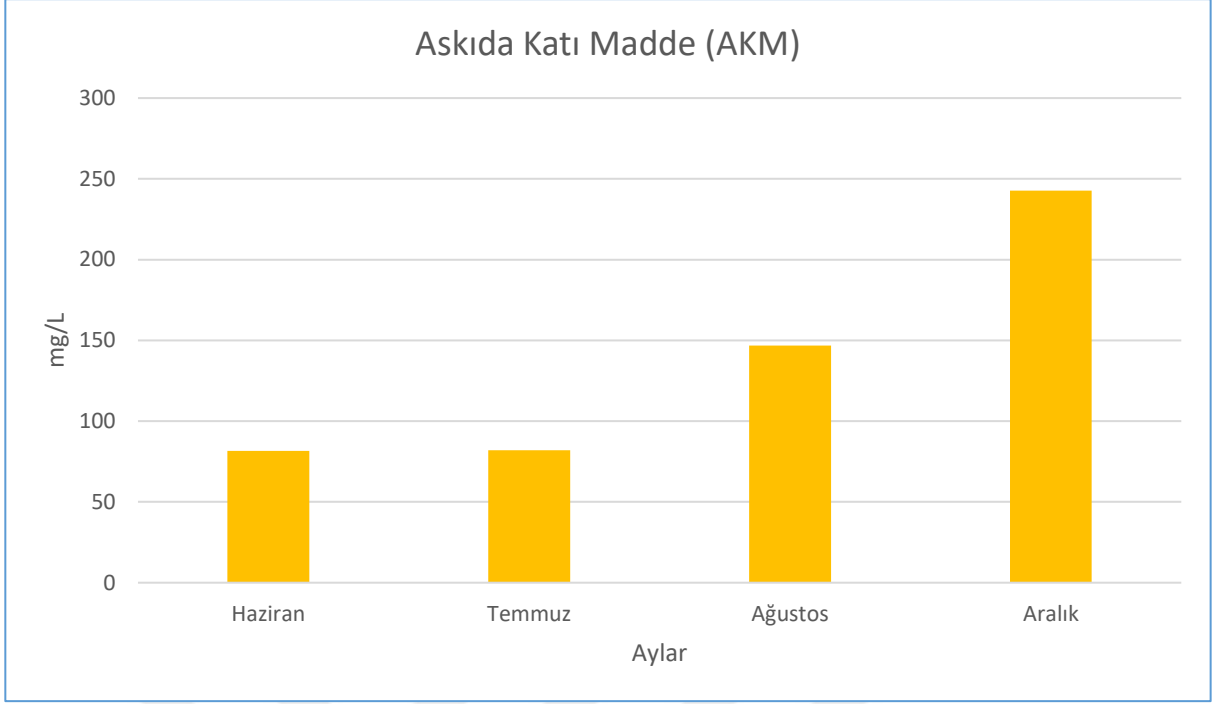
### 4.1.ECAM Web Tool Uygulaması için Girdilerin Değerlendirilmesi

Şekil 4.1’de aylara göre yapılan KOI parametresi karşılaştırıldığında, en yüksek KOI yükü 1915 mg/L ile Ağustos 2019 ayı olduğu görülmüştür. En düşük KOI yükü 797 mg/L ile Haziran 2019 ayına aittir. Temmuz 2019 ayındaki KOI yükü 1083 mg/L; Aralık 2019 ayındaki KOI yükü ise 1303 mg/L’dir.



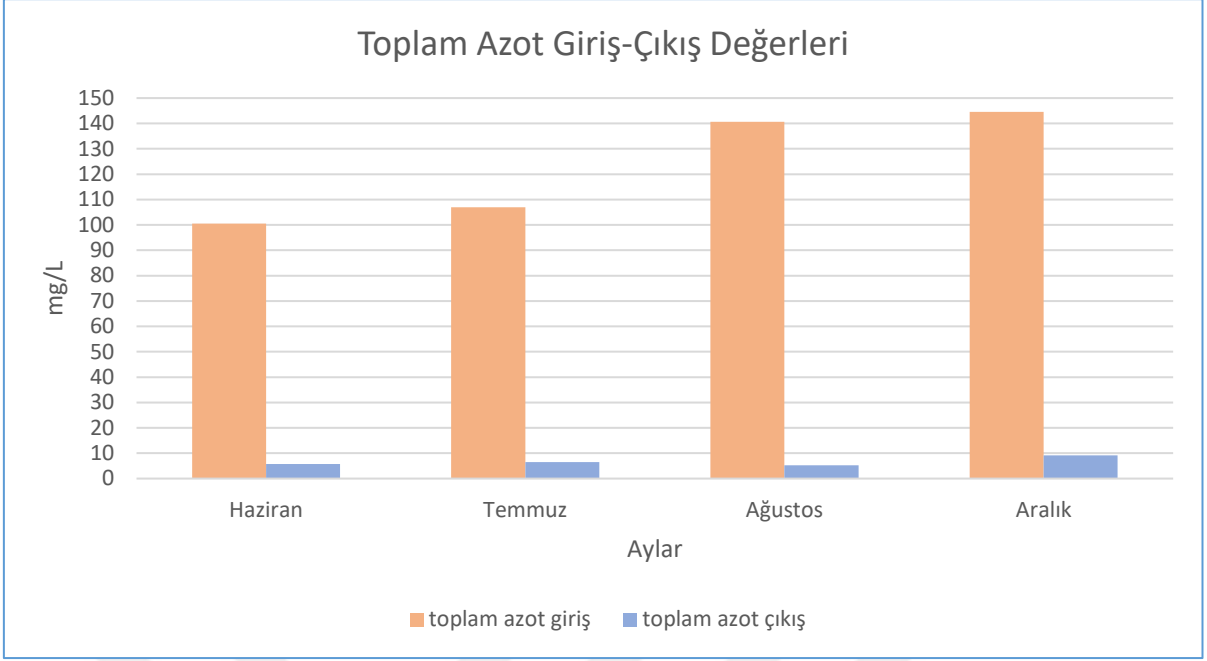
Şekil 4.1. Aylara göre KOI değerleri (2019 yılı)

“Şekil 4.2.”de görüldüğü üzere aylara göre AKM yükü karşılaştırması yapıldığında, en yüksek AKM yüküne 243 mg/L ile Aralık 2019 ayında; en düşük AKM yüküne ise 81 mg/L ile Haziran 2019 ayında ulaşılmaktadır. Temmuz 2019 ayındaki AKM yükü 82 mg/L; Ağustos 2019 ayındaki AKM yükü ise 147 mg/L’dir.



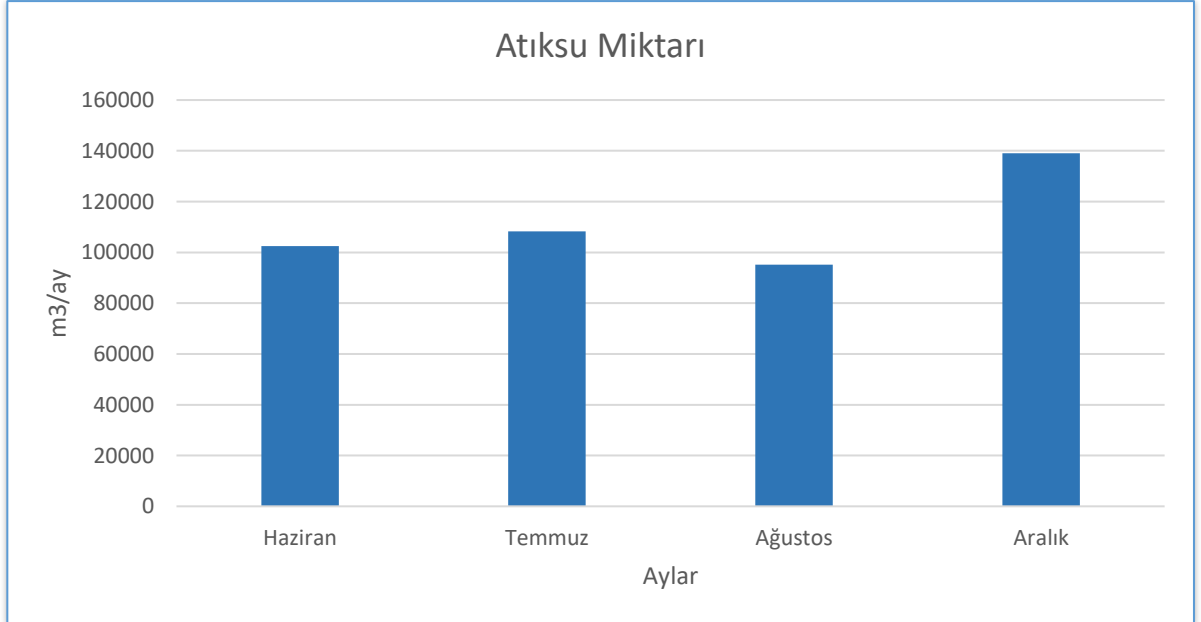
Şekil 4.2. Aylara göre AKM değerleri (2019 yılı)

“Şekil 4.3.”te verilen aylara göre giriş-çıkış toplam azot yüklerine bakıldığında, Haziran 2019 ayında giriş atıksuyunda 100,5 mg/L, çıkış atıksuyundaki toplam azot yükü 5,8 mg/L olduğu; Temmuz 2019 ayı giriş atıksuyunda 107 mg/L, çıkış atıksuyundaki toplam azot yükü ise 6,5 mg/L; Ağustos 2019 ayı giriş atıksuyunda 140,6 mg/L, çıkış atıksuyundaki toplam azot yükü 5,2 mg/L; Aralık 2019 ayındaki toplam azot yükleri giriş atıksuyunda 144,6 mg/L, çıkış atıksuyunda 9,2 mg/L olduğu görülmüştür. Giriş ve çıkış atıksuyundaki en yüksek toplam azot yüküne Aralık 2019 ayında ulaşılmaktadır.



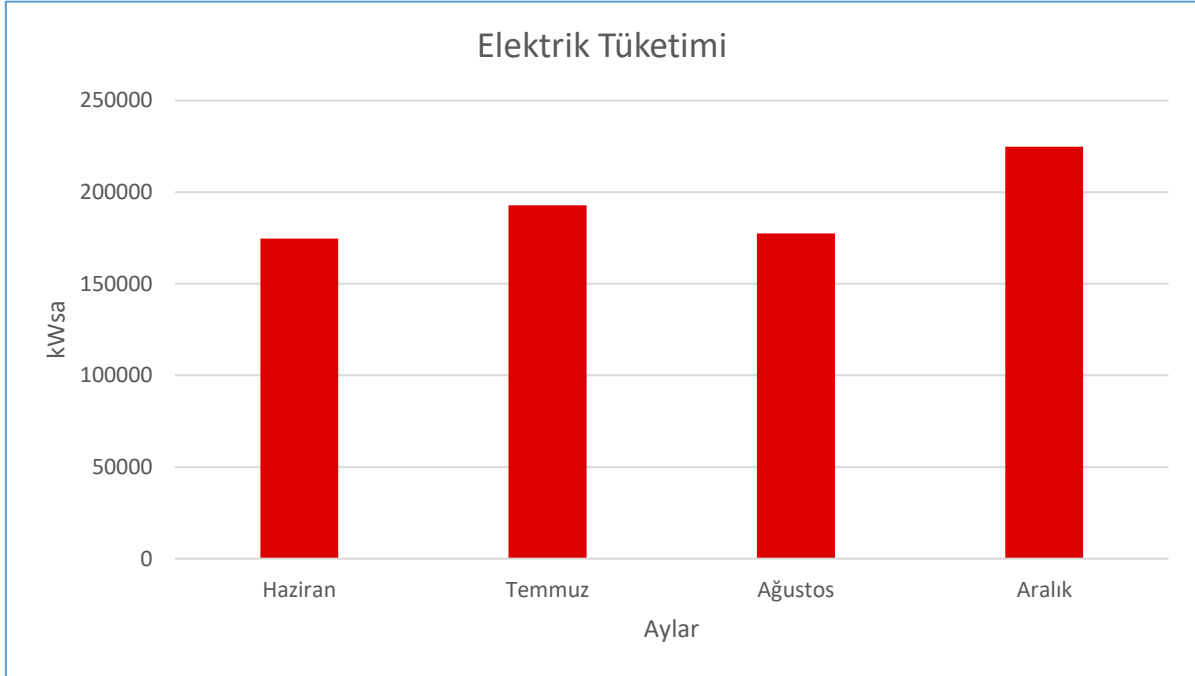
Şekil 4.3. Aylara göre toplam azot giriş-çıkış değerleri (2019 yılı)

“Şekil 4.4.”te verilen aylara göre atıksu miktarının kıyaslamasına göre, atıksu miktarının en yüksek olduğu ay diğer firmaların bağlanması sonucu 139075,4 m<sup>3</sup>/ay ile Aralık 2019 ayı olduğu görülmüştür. En düşük atıksu miktarına 95.219,45 m<sup>3</sup>/ay ile Ağustos 2019 ayında ölçülmüştür. Debi Haziran 2019 ayında 102544 m<sup>3</sup>/ay; Temmuz 2019 ayında ise 108311 m<sup>3</sup>/ay olmuştur.



Şekil 4.4. Aylara göre atıksu miktarı (2019 yılı)

“Şekil 4.5.”te verilen elektrik tüketim dağılımına göre, 224.829,4 kWsa ile Aralık 2019 ayında en yüksek tüketim gerçekleşmiş; en düşük elektrik tüketiminin olduğu ay ise 174.691,4 ile Haziran 2019 ayı olmuştur. Temmuz ayındaki elektrik tüketimi 192.830,4 kWsa; Ağustos 2019 ayındaki elektrik tüketimi ise 177.395,4 kWsa olmuştur.



Şekil 4.5. Aylara göre elektrik tüketimi (2019 yılı)

## 4.2. ECAM Web Tool ile GHG Emisyonlarının Hesaplanması

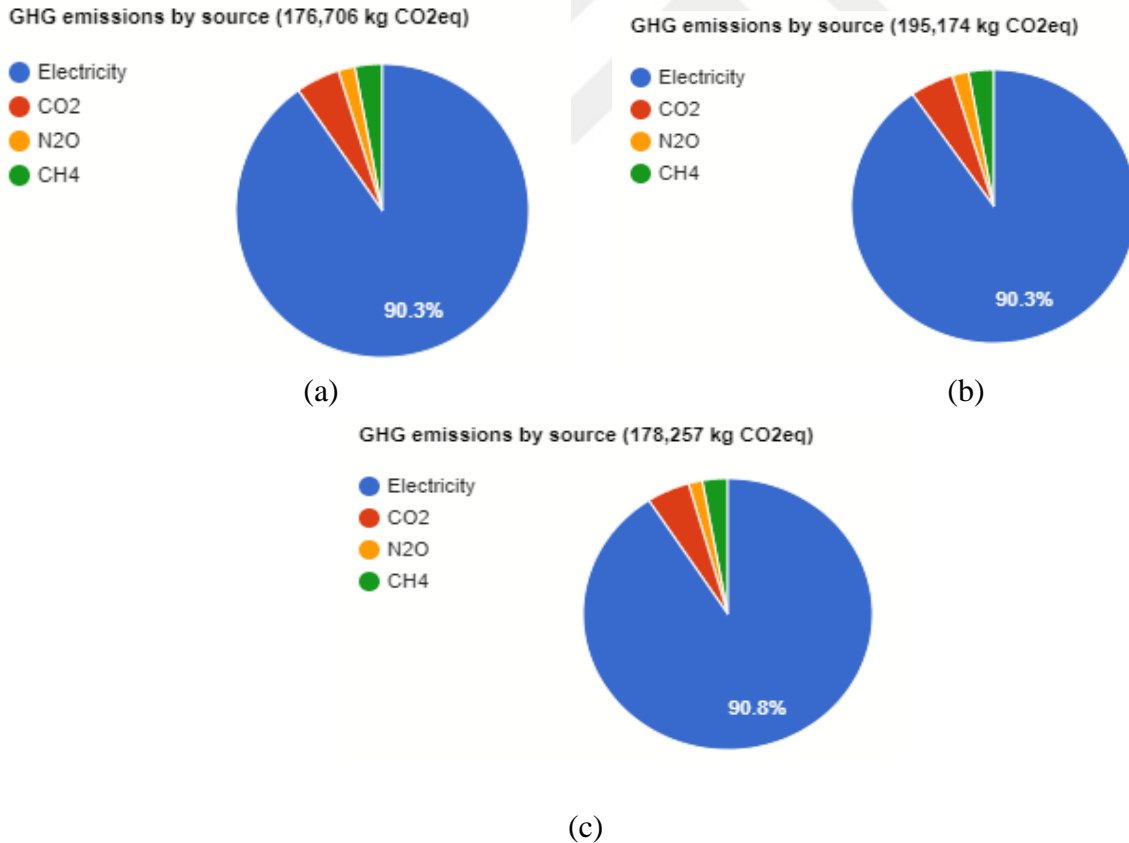
MOSB A.A.T.’nin ECAM model programı ile sera gazı emisyonlarının modellenmesinde elde edilen bulgular şekiller üzerinde gösterilmiştir. Çalışmada Faz-1’de yaz ayları içerisinde Haziran, Temmuz, Ağustos 2019 aylarındaki sera gazı emisyon tahmini yapılmıştır. Faz-2’de altyapı hizmetlerinin tamamlanmasıyla atıksu arıtma tesisine firmaların bağlanması ile, artan yük ve debi ile program ikinci kez çalıştırılmıştır.

### 4.2.1. FAZ-1

#### 4.2.1.1. Genel Sera Gazı Emisyonu Değerlendirmesi (A Aşaması)

Atıksu arıtma tesisi için genel sera gazı değerlendirmesinde; en yüksek sera gazı emisyonu 195.174 kgCO<sub>2</sub>eq ile Temmuz 2019 ayı olduğu görülmüştür. Değerlendirme yapılan üç ay içerisinde en düşük sera gazı emisyonu hesabı 176.706 kgCO<sub>2</sub>eq ile Haziran 2019 ayına aittir. Genel sera gazı değerlendirme tahminlerine göre Haziran 2019 ayında; direkt emisyon

kaynağı olan CH<sub>4</sub> miktarı %3 oranında 5.358 kgCO<sub>2</sub>eq; diğer bir direkt emisyon kaynağı N<sub>2</sub>O miktarı %1,8 oranında 3.249 kgCO<sub>2</sub>eq; dolaylı emisyon kaynağı olan elektrik tüketiminden oluşan sera gazı emisyonu %90,3 oranında 159.534 kgCO<sub>2</sub>eq; taşımadan kaynaklı oluşan CO<sub>2</sub> miktarı %4,8 oranında 8.565 kgCO<sub>2</sub>eq ve toplam sera gazı emisyonu 176.706 kgCO<sub>2</sub>eq olarak hesaplanmıştır. Temmuz ayı değerlendirmesinde; direkt emisyon kaynağı olan CH<sub>4</sub> miktarı %2,9 oranında 5.568 kgCO<sub>2</sub>eq; diğer bir direkt emisyon kaynağı N<sub>2</sub>O miktarı %1,9 oranında 3.695 kgCO<sub>2</sub>eq; dolaylı emisyon kaynağı elektrik tüketiminden oluşan sera gazı emisyonu %90,3 oranında 176.275 kgCO<sub>2</sub>eq; taşımadan kaynaklı oluşan CO<sub>2</sub> miktarı %4,9 oranında 9.635 kgCO<sub>2</sub>eq ve toplam sera gazı emisyonu 195.174 kgCO<sub>2</sub>eq olarak hesaplanmıştır. Ağustos ayı genel sera gazı değerlendirmesinde; direkt emisyon kaynağı olan CH<sub>4</sub> miktarı %2,8 oranında 5.062 kgCO<sub>2</sub>eq; diğer bir direkt emisyon kaynağı N<sub>2</sub>O miktarı %1,5 oranında 2.755 kgCO<sub>2</sub>eq; dolaylı emisyon kaynağı elektrik tüketiminden oluşan sera gazı emisyonu %90,8 oranında 161.875 kgCO<sub>2</sub>eq; taşımadan kaynaklı oluşan CO<sub>2</sub> miktarı %4,8 oranında 8565 kgCO<sub>2</sub>eq ve toplam sera gazı emisyonu 178.257 kgCO<sub>2</sub>eq olarak hesaplanmış olup “Şekil 4.1.”de grafik halinde gösterilmiştir:



a: Haziran ayı

b: Temmuz ayı

c: Ağustos ayı

Şekil 4.6. Sera gazı emisyon değerlendirmesi (A aşaması) (2019 yılı)

Genel sera gazı emisyonu değerlendirmesine bakıldığında, çalışmada ele alınan üç ay içinde ortak olan dolaylı emisyon kaynağı elektrik tüketimi sonucu oluşan sera gazı emisyonunun yaklaşık %90 civarında olduğu görülmüştür. İşletme prosesi, deşarj edilen atıksu ve çamur yönetiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının miktarı dolaylı emisyonlara göre çok düşük kaldığı sonucuna varılmıştır.

#### 4.2.1.2. Atıksu Bölümünden kaynaklanan sera gazı emisyonu değerlendirmesi (B Aşaması)

Muratlı OSB A.A.T. için Haziran, Temmuz ve Ağustos 2019 aylarındaki sera gazı emisyon tahminleri yapılmıştır. “Çizelge 4.1.”de B aşaması atıksu adımı için gerekli girdiler ay olarak verilmiştir:

Çizelge 4.1. ECAM modelinde atıksu bölümü girdi verileri (2019 yılı)

Arıtma	Haziran	Temmuz	Ağustos	Birim
Girdiler	a	b	c	
Şebekeden tüketilen enerji (wwt_nrg_cons)	165.091	182.030	167.795	kWh
Hizmet edilen nüfus (wwt_serv_pop)	17.091	17.470	14.878	kişi
Arıtılmış atıksu hacmi (wwt_vol_trea)	102.544	108.311	95.219	m <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub> emisyon faktörü (wwt_ch4_efac)	0	0	0	kgCH <sub>4</sub> /kgBOI
BOI giriş yükü (wwt_bod_infl)	37.628	53.975	83.888	kg
BOI çıkış yükü (wwt_bod_effl)	2.619	2.721	2.474	kg
Çamurda giderilen BOI (wwt_bod_slud)	24.458	35.084	54.527	kg
Giderilen BOI <sub>5</sub> kütlesi	35.009	51.254	81.414	kg

B aşaması atıksu bölümünde elde edilen çıktılar ve toplam sera gazı emisyonları değerleri ay olarak “Çizelge 4.2.”de verilmiştir:

## Dolaylı Sera Gazı Emisyonu Hesapları – Elektrik (wwt\_KPI\_GHG\_elec):

Çizelge 4.2. ECAM modelinde atıksu bölümü çıktı verileri

Çıktılar – TSGE	a	b	c	Birim
Elektrik (wwt_KPI_GHG_elec)	142.913	157.577	145.254	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Arıtma Prosesi (wwt_KPI_GHG_tre)	1.674	1.769	1.506	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Toplam Arıtma Sera Gazı Emisyonu (wwt_KPI_GHG)	144.588	159.346	146.760	kgCO <sub>2</sub> eq/ay

Bu çalışmada, ECAM modeli üzerinde her bir ülkeye göre elektrik şebekesinden gelen elektrik tüketim değerleri için “Elektrik emisyon faktörü” belirlenmiştir (Çizelge 4.2.). Türkiye için elektrik emisyon faktörü 0,865664547 kgCO<sub>2</sub>/kWsa’tır. Buna göre, aylara göre elektrik tüketiminden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyon hesapları aşağıda yer almaktadır:

### Haziran 2019 için;

$$\begin{aligned}\text{Elektrik(wwt\_KPI\_GHG\_elec)} &= \text{Şebekeden tüketilen enerji} \times \text{Elektrik emisyon faktörü} \\ &= \text{wwt\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2} \\ &= 165.091 \text{ kWsa} \times 0,87 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/kWsa} \\ &= 142.913 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}\end{aligned}$$

### Temmuz 2019 için;

$$\begin{aligned}\text{Elektrik(wwt\_KPI\_GHG\_elec)} &= \text{Şebekeden tüketilen enerji} \times \text{Elektrik emisyon faktörü} \\ &= \text{wwt\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2} \\ &= 182.030 \text{ kWsa} \times 0,87 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/kWsa} \\ &= 157.577 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}\end{aligned}$$

### Ağustos 2019 için;

$$\begin{aligned}\text{Elektrik(wwt\_KPI\_GHG\_elec)} &= \text{Şebekeden tüketilen enerji} \times \text{Elektrik emisyon faktörü} \\ &= \text{wwt\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2} \\ &= 167.795 \text{ kWsa} \times 0,87\text{kgCO}_2/\text{kWsa} \\ &= 145.254 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ay}\end{aligned}$$

### Direkt Sera Gazı Emisyonu Hesapları – Arıtma Prosesi (wwt\_KPI\_GHG\_tre):

#### HAZİRAN 2019:

#### Arıtma prosesinde oluşan CH<sub>4</sub> emisyonu hesabı;

Biyolojik atıksu arıtma proseslerindeki CH<sub>4</sub> emisyon faktörü, arıtma türüne göre değişkenlik göstermektedir. “Çizelge 4.3.”e göre bu tesis için aktif çamur – iyi yönetilmiş seçeneği seçildiğinden dolayı 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI olarak alınmıştır. Metan emisyonu hesabında, giriş BOI yükü 37.628 kg; çıkış BOI yükü 2.619 kg; giderilen BOI kütlesi 24.458 kg; iyi yönetilen tesisler için metan emisyon faktörü 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI; metanın karbondioksit eşdeğeri olarak 34 alındığında,

Çizelge 4.3. IPCC 2006’ya göre Metan Emisyon Faktörleri (WaCCliM, 2018)

Arıtma türü	Metan Düzeltme Faktörü (MCF)	Emisyon Faktörü (EF)
Merkezi aerobik arıtma tesisi (iyi yönetilen)	0	0
Merkezi aerobik arıtma tesisi, küçük gözenekli havalı bölgeler	0,1	0,06
Merkezi aerobik arıtma tesisi, bazı havalı bölgeler ile	0,2	0,12
Merkezi aerobik arıtma tesisi (iyi yönetilmeyen)	0,3	0,18



Haziran ayına ait arıtmadan kaynaklanan metan emisyonu:

$$\begin{aligned} \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} &= (\text{wwt\_bod\_infl} - \text{wwt\_bod\_slud} - \text{wwt\_bod\_effl}) \times \text{wwt\_ch4\_efac} \\ &\times \text{ct\_ch4\_eq} \\ &= (37.628 - 24.458 - 2.619) \times 0 \times 34 \\ &= 0 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \end{aligned}$$

#### **Arıtma prosesinde oluşan N<sub>2</sub>O emisyonu hesabı;**

Arıtmadan kaynaklanan nitröz oksit emisyonu hesabında, N<sub>2</sub>O'nun karbondioksit eşdeğeri 298 kattır. Yani IPCC 5th AR (2014/2013) CCF raporuna göre 1 CO<sub>2</sub>eşdeğeri, 298 N<sub>2</sub>O'ya eşittir. Nitröz oksit emisyon hesabında, Haziran 2019 için hizmet edilen nüfus sayısı 17.091 kişi, nitröz oksit emisyon faktörü 3,2 gN<sub>2</sub>O/kişi/yıl; endüstriyel ve ticari yerlere ait atıksuyun kanala deşarjındaki protein faktörü 1,25; birim çevirme faktörü 1000 olarak alınmıştır (IPCC, 2006).

$$\begin{aligned} \text{Nitröz oksit emisyonu (kgN}_2\text{O)} &(\text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o}) = 17.091 \text{ kişi} \times 1,25 \times 3,2 \\ &\text{gN}_2\text{O/kişi/yıl/1000 g/kg /365gün} \times 30 \text{ gün} \\ &= 5,518 \text{ kgN}_2\text{O} \\ &= 5,618 \text{ kgN}_2\text{O} \times 298 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/N}_2\text{O} \\ &= 1674 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer olarak hesaplanmıştır.} \end{aligned}$$

#### **Arıtma prosesinde oluşan sera gazı emisyon hesabı;**

Arıtma prosesinde oluşan sera gazı emisyonları, arıtma prosesinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu ve N<sub>2</sub>O emisyonunun toplamına eşittir.

$$\begin{aligned} (\text{wwt\_KPI\_GHG\_tre}) &= \text{Arıtma prosesindeki CH}_4 \text{ emisyonu} + \text{Arıtma prosesindeki} \\ &\text{N}_2\text{O emisyonu} \\ &= \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o} \\ &= 0 + 1.674 \\ &= 1.674 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \end{aligned}$$

### **Arıtmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

Arıtmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu, arıtma için tüketilen enerjiden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonu olan elektrik ve arıtmadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının toplamına eşittir.

$$\text{wwt\_KPI\_GHG} = \text{wwt\_KPI\_GHG\_elec} + \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre}$$

$$= 142.913 + 1.674$$

$$= 144.588 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **TEMMUZ 2019:**

#### **Arıtma prosesinde oluşan CH<sub>4</sub> emisyonu hesabı;**

Biyolojik atıksu arıtma proseslerindeki CH<sub>4</sub> emisyon faktörü, arıtma türüne göre değişkenlik göstermektedir. “Çizelge 3.7.”ye göre bu tesis için aktif çamur – iyi yönetilmiş seçeneği seçildiğinden dolayı 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI olarak alınmıştır. Metan emisyonu hesabında, giriş BOI yükü 53.975 kg; çıkış BOI yükü 2.721 kg; giderilen BOI kütlesi 35.084 kg; iyi yönetilen tesisler için metan emisyon faktörü 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI; metanın karbondioksit eşdeğeri olarak 34 alındığında,

$$\text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} = (\text{wwt\_bod\_infl} - \text{wwt\_bod\_slud} - \text{wwt\_bod\_effl}) \times \text{wwt\_ch4\_efac} \times \text{ct\_ch4\_eq}$$

$$= (53.975 - 35.084 - 2.721) \times 0 \times 34$$

$$= 0 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer olmaktadır.}$$

#### **Arıtma prosesinde oluşan N<sub>2</sub>O emisyonu hesabı;**

Arıtmadan kaynaklanan nitröz oksit emisyonu hesabında, N<sub>2</sub>O'nun karbondioksit eşdeğeri 298 kattır. Yani IPCC 5th AR (2014/2013) CCF raporuna göre 1 CO<sub>2</sub>eşdeğeri, 298 N<sub>2</sub>O'ya eşittir. Nitröz oksit emisyon hesabında, Temmuz 2019 için hizmet edilen nüfus sayısı 17.470 kişi, nitröz oksit emisyon faktörü 3,2 gN<sub>2</sub>O/kişi/yıl; endüstriyel ve ticari yerlere ait atıksuyun kanala deşarjındaki protein faktörü 1,25; birim çevirme faktörü 1000 olarak alınmıştır (IPCC, 2006).

Nitröz oksit emisyonu (kgN<sub>2</sub>O) (wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o) = 17.470 kişi x 1,25 x 3,2  
gN<sub>2</sub>O/kişi/yıl/1000 g/kg /365gün x 30 gün

$$= 17.470 \times 1,25 \times 3,2/1000/365 \times 31$$

$$= 5,935 \text{ kgN}_2\text{Oeşdeğer}$$

$$= 5,935 \text{ kgN}_2\text{Oeşdeğer} \times 298 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

$$= 1.769 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \text{ olmaktadır.}$$

#### **Aritma Prosesinde oluşan sera gazı emisyonu:**

Aritma prosesinde oluşan sera gazı emisyonları, arıtma prosesinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu ve N<sub>2</sub>O emisyonunun toplamına eşittir.

(wwt\_KPI\_GHG\_tre) = Arıtma prosesindeki CH<sub>4</sub> emisyonu + Arıtma prosesindeki  
N<sub>2</sub>O emisyonu

$$= \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o}$$

$$= 0 + 1.769$$

$$= 1.769 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Aritmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

Aritmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu, arıtma için tüketilen enerjiden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonu olan elektrik ve aritmadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının toplamına eşittir.

wwt\_KPI\_GHG = wwt\_KPI\_elec + wwt\_KPI\_GHG\_tre

$$= 157.577 + 1.769$$

$$= 159.346 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

## AĞUSTOS 2019:

### Aritma prosesinde oluşan CH<sub>4</sub> emisyonu hesabı;

Biyolojik atıksu arıtma proseslerindeki CH<sub>4</sub> emisyon faktörü, arıtma türüne göre değişkenlik göstermektedir. Çizelge 3.7.'ye göre bu tesis için aktif çamur – iyi yönetilmiş seçeneği seçildiğinden dolayı 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI olarak alınmıştır. Metan emisyonu hesabında, giriş BOI yükü 83.888 kg; çıkış BOI yükü 2.474 kg; giderilen BOI kütlesi 54.527 kg; iyi yönetilen tesisler için metan emisyon faktörü 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI; metanın karbondioksit eşdeğeri olarak 34 alındığında,

$$\begin{aligned} \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} &= (\text{wwt\_bod\_infl} - \text{wwt\_bod\_slud} - \text{wwt\_bod\_effl}) \times \text{wwt\_ch4\_efac} \\ &\times \text{ct\_ch4\_eq} \\ &= (83.888 - 54.527 - 2.474) \times 0 \times 34 \\ &= 0 \end{aligned}$$

### Aritma prosesinde oluşan N<sub>2</sub>O emisyonu hesabı;

Aritmadan kaynaklanan nitröz oksit emisyonu hesabında, N<sub>2</sub>O'nun karbondioksit eşdeğeri 298 kattır. Yani IPCC 5th AR (2014/2013) CCF raporuna göre 1 CO<sub>2</sub>eşdeğeri, 298 N<sub>2</sub>O'ya eşittir. Nitröz oksit emisyon hesabında, Temmuz 2019 için hizmet edilen nüfus sayısı 14.878 kişi, nitröz oksit emisyon faktörü 3,2 gN<sub>2</sub>O/kişi/yıl; endüstriyel ve ticari yerlere ait atıksuyun kanala deşarjındaki protein faktörü 1,25; birim çevirme faktörü 1000 olarak alınmıştır (IPCC, 2006).

$$\begin{aligned} \text{Nitröz oksit emisyonu (kgN}_2\text{O)} &(\text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o}) = 14.878 \text{ kişi} \times 1,25 \times 3,2 \\ &\text{gN}_2\text{O/kişi/yıl/1000 g/kg /365gün} \times 30 \text{ gün} \\ &= 5,054 \text{ kgN}_2\text{O} \\ &= 5,054 \text{ kgN}_2\text{O} \times 298 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \\ &= 1.506 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \end{aligned}$$

### **Arıtma Prosesinde oluşan sera gazı emisyonu:**

Arıtma prosesinde oluşan sera gazı emisyonları, arıtma prosesinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu ve N<sub>2</sub>O emisyonunun toplamına eşittir.

(wwt\_KPI\_GHG\_tre) = Arıtma prosesindeki CH<sub>4</sub> emisyonu + Arıtma prosesindeki N<sub>2</sub>O emisyonu

$$= \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o}$$

$$= 0 + 1506$$

$$= 1.506 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **Arıtmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

Arıtmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu, arıtma için tüketilen enerjiden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonu olan elektrik ve arıtmadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının toplamına eşittir. “Çizelge 4.4.”te aylara ait enerji performansı ve hizmet düzeyi faktörleri çıktıları verilmiştir:

$$\text{wwt\_KPI\_GHG} = \text{wwt\_KPI\_elec} + \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre}$$

$$= 145.254 + 1.506$$

$$= 146.760 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

Çizelge 4.4. Aylara göre enerji performansı ve hizmet düzeyi faktör çıktıları

<b>Çıktılar - Enerji Performansı ve Hizmet düzeyi faktörleri</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>Birim</b>
Arıtılmış atıksu başına enerji tüketimi (wwt_KPI_nrg_per_m3)	1.61	1.68	1.76	kWh/m3
BOİ5 kütle giderimi başına enerji tüketimi (wwt_KPI_nrg_per_kg)	4,72	3,55	2,06	kWh/kg
Günde kişi başına arıtılmış atıksu (wwt_SL_vol_pday)	200	200	206.5	L/hizmet edilen nüfusu/gün

#### 4.2.1.3.Deşarj/ Geri kullanım bölümünden kaynaklanan sera gazı emisyonu tahmini (B Aşaması)

Muratlı OSB A.A.T. için ECAM programında deşarj/geri kullanım bölümüne ait Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarındaki girdiler “Çizelge 4.5.”te verilmiştir:

Çizelge 4.5. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü girdi verileri (2019 yılı)

Deşarj	Haziran	Temmuz	Ağustos	Birim
Girdiler	a	b	c	
Şebekeden tüketilen enerji (wwd_nrg_cons)	9.600	10.800	9.600	kWsa
Alıcı ortama deşarj edilen atıksu hacmi (wwd_vol_disc)	102.544	108.311	95.219	m <sup>3</sup>
Çıkış BOI yükü (wwd_bod_effl)	2.619	2.721	2.474	kg
Çıkıştaki toplam azot konsantrasyonu (wwd_n2o_effl)	6	7	5	mg/L
CH4 emisyon faktörü (wwd_ch4_efac)	0,06	0,06	0,06	kgCH <sub>4</sub> /kgBOI
Geri kullanılan çıkış suyu hacmi (wwd_vol_nonp)	200	200	200	m <sup>3</sup>

Deşarj/Geri kullanım bölümüne ait sera gazı emisyonu çıktıları “Çizelge 4.6.”da gösterilmiştir:

Çizelge 4.6. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü çıktı verileri

Çıktılar - TSGE	a	b	c	Birim
Elektrik (wwd_KPI_GHG_elec)	8.3130	9.349	8.310	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Deşarj atıksuyu (wwd_KPI_GHG_tre)	6.783	7.326	6.162	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Toplam GHG Deşarj/Geri kullanılan atıksu (wwd_KPI_GHG)	15.094	16.675	14.472	kgCO <sub>2</sub> eq/ay

“Çizelge 4.7.”de deşarj/geri kullanım bölümüne ait enerji performansı ve hizmet düzeyi faktörleri çıktıları verilmiştir:

Çizelge 4.7. Aylara göre deşarj/Geri kullanım bölümü enerji performans ve hizmet düzeyi faktörleri

<b>Outputs - Enerji Performansı ve Hizmet düzeyi faktörleri</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>Birim</b>
Deşarj edilen atıksu başına enerji tüketimi (wwd_KPI_nrg_per_m3)	0,094	0,1	0,1	kWh/m <sup>3</sup>
Toplam deşarj/geri kullanılan atıksu sera gazı emisyonu (wwd_total_m3)	102.744	108.311	95.419	m <sup>3</sup>

**Dolaylı Sera Gazı Emisyonları – Elektrik (wwd\_KPI\_GHG\_elec):**

**Haziran 2019 için;**

Elektrik(wwd\_KPI\_GHG\_elec) = Şebekeden tüketilen enerji x Elektrik emisyon faktörü

$$= \text{wwd\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2}$$

$$= 9.600 \text{ kWsa} \times 0,87 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/kWsa}$$

$$= 8.310 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

**Temmuz 2019 için;**

Elektrik(wwd\_KPI\_GHG\_elec) = Şebekeden tüketilen enerji x Elektrik emisyon faktörü

$$= \text{wwd\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2}$$

$$= 10.800 \text{ kWsa} \times 0,87 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/kWsa}$$

$$= 9.349 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

## **Ağustos 2019;**

Elektrik( $wwd\_KPI\_GHG\_elec$ ) = Şebekeden tüketilen enerji x Elektrik emisyon faktörü

$$= wwd\_nrg\_cons \times conv\_kwh\_co2$$

$$= 9.600 \text{ kWsa} \times 0,87 \text{ kgCO}_2/\text{kWsa}$$

$$= 8.310 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

## **Direkt Sera Gazı Emisyon Hesapları – Atıksu Deşarj/Geri Kullanım (wwd\_KPI\_GHG\_tre):**

### **HAZİRAN 2019:**

#### **Atıksu deşarj/geri kullanımdan oluşan N<sub>2</sub>O emisyonları:**

Haziran 2019 için atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyon hesabında, deşarj suyundaki N<sub>2</sub>O emisyon faktörü 0,005 kgN<sub>2</sub>O-N/kgN; N<sub>2</sub>O-N'tan N<sub>2</sub>O'e çevrim katsayısı 44/28; N<sub>2</sub>O'in CO<sub>2</sub> eşdeğeri 298 ve Haziran 2019'a ait deşarj suyundaki ortalama azot miktarı 6 mg/L; Haziran 2019 arıtılmış atıksu deşarj hacmi 102.544 m<sup>3</sup> alındığında;

$$wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o = [(6 \text{ mg/L} \times 102.544 \text{ m}^3/1000) \times 0,005 \times (44/28)] \times 298$$

$$= 1.441 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Atıksu deşarj/geri kullanımdan oluşan CH<sub>4</sub> emisyonları:**

Haziran 2019'a ait atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyon hesabında, deşarj suyundaki BOI<sub>5</sub> yükü 2.474 kg; CH<sub>4</sub> emisyon faktörü 0,06 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI<sub>5</sub> ve CH<sub>4</sub>'ün CO<sub>2</sub> eşdeğeri 34 olarak alındığında;

$$wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4 = wwd\_bod\_effl \times wwd\_ch4\_efac \times ct\_ch4\_eq$$

$$= 2.474 \times 0,06 \times 34$$

$$= 5.047 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

$$wwd\_bod\_effl: 2.474 \text{ kg}$$



wwd\_ch4\_efac: 0,06 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI; ct\_ch4\_eq: 34

**Toplam Atıksu deşarjından kaynaklanan direkt sera gazı emisyonları:**

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre} &= \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o} \\ &= 5.047 + 1.441 \\ &= 6.488 \text{ kgCO}_2\text{eşd} \end{aligned}$$

**Atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu:**

Haziran 2019 atıksu deşarjı/geri kullanımdan meydana gelen sera gazı emisyonları, bu bölüm için kullanılan elektrik tüketiminden oluşan emisyonlar ve N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> emisyonlarının toplamına eşittir.

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG} &= \text{wwd\_KPI\_GHG\_elec} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre} \\ &= 8.310 + 6.488 \\ &= 14.798 \text{ kgCO}_2\text{eşd} \end{aligned}$$

**TEMMUZ 2019:**

**Atıksu deşarjı/geri kullanımdan oluşan N<sub>2</sub>O emisyonları:**

Temmuz 2019 için atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyon hesabında, deşarj suyundaki N<sub>2</sub>O emisyon faktörü 0,005 kgN<sub>2</sub>O-N/kgN; N<sub>2</sub>O-N'tan N<sub>2</sub>O'e çevrim katsayısı 44/28; N<sub>2</sub>O'in CO<sub>2</sub> eşdeğeri 298 ve Temmuz 2019'a ait deşarj suyundaki ortalama azot miktarı 7 mg/L; Temmuz 2019 arıtılmış atıksu deşarj hacmi 108.311 m<sup>3</sup> alındığında;

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o} &= [(7 \text{ mg/L} \times 108.311 \text{ m}^3/1000) \times 0,005 \times (44/28)] \times 298 \\ &= 1.775 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \end{aligned}$$

### **Atıksu deşarj/geri kullanımdan oluşan CH<sub>4</sub> emisyonları:**

Temmuz 2019'a ait atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyon hesabında, deşarj suyundaki BOI<sub>5</sub> yükü 2.721 kg; CH<sub>4</sub> emisyon faktörü 0,06 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI<sub>5</sub> ve CH<sub>4</sub>'ün CO<sub>2</sub> eşdeğeri 34 olarak alındığında;

$$\text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} = \text{wwd\_bod\_effl} \times \text{wwd\_ch4\_efac} \times \text{ct\_ch4\_eq}$$

$$= 2.721 \times 0,06 \times 34$$

$$= 5.551 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

$$\text{wwd\_bod\_effl: } 2.721 \text{ kg}$$

$$\text{wwd\_ch4\_efac: } 0,06 \text{ kgCH}_4/\text{kgBOI}$$

$$\text{ct\_ch4\_eq: } 34$$

### **Toplam atıksu deşarjından kaynaklanan direkt sera gazı emisyonları:**

$$\text{wwd\_KPI\_GHG\_tre} = \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o}$$

$$= 5.551 + 1.775$$

$$= 7.326 \text{ kgCO}_2\text{eşd}$$

### **Atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu:**

Temmuz 2019 atıksu deşarjı/geri kullanımdan meydana gelen sera gazı emisyonları, bu bölüm için kullanılan elektrik tüketiminden oluşan emisyonlar ve N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> emisyonlarının toplamına eşittir.

$$\text{wwd\_KPI\_GHG} = \text{wwd\_KPI\_GHG\_elec} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre}$$

$$= 9.349 + 7.326$$

$$= 16.675 \text{ kgCO}_2\text{eşd}$$

## **AĞUSTOS 2019:**

### **Atıksu deşarj/geri kullanımdan oluşan N<sub>2</sub>O emisyonları:**

Ağustos ayı için atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyon hesabında, deşarj suyundaki N<sub>2</sub>O emisyon faktörü 0,005 kgN<sub>2</sub>O-N/kgN; N<sub>2</sub>O-N'tan N<sub>2</sub>O'e çevrim katsayısı 44/28; N<sub>2</sub>O'in CO<sub>2</sub> eşdeğeri 298 ve Ağustos 2019'a ait deşarj suyundaki ortalama azot miktarı 5 mg/L; Ağustos 2019 artılmış atıksu deşarj hacmi 95.219 m<sup>3</sup> alındığında;

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o} &= [(5 \text{ mg/L} \times 95.219 \text{ m}^3/1000) \times 0,005 \times (44/28)] \times 298 \\ &= 1.115 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \end{aligned}$$

### **Atıksu deşarj/geri kullanımdan oluşan CH<sub>4</sub> emisyonları:**

Ağustos 2019'a ait atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyon hesabında, deşarj suyundaki BOI yükü 2.474 kg; CH<sub>4</sub> emisyon faktörü 0,06 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI ve CH<sub>4</sub>'ün CO<sub>2</sub> eşdeğeri 34 olarak alındığında;

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} &= \text{wwd\_bod\_effl} \times \text{wwd\_ch4\_efac} \times \text{ct\_ch4\_eq} \\ &= 2.474 \times 0,06 \times 34 \\ &= 5.047 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \end{aligned}$$

$$\text{wwd\_bod\_effl}: 2.474 \text{ kg}$$

$$\text{wwd\_ch4\_efac}: 0,06 \text{ kgCH}_4/\text{kgBOI}$$

$$\text{ct\_ch4\_eq}: 34$$

### **Toplam atıksu deşarjından kaynaklanan direkt sera gazı emisyonları:**

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre} &= \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o} \\ &= 5.047 + 1.115 \\ &= 6.162 \text{ kgCO}_2\text{eşd} \end{aligned}$$

#### Atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu:

Ağustos ayı atıksu deşarjı/geri kullanımdan meydana gelen sera gazı emisyonları, bu bölüm için kullanılan elektrik tüketiminden oluşan emisyonlar ve N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> emisyonlarının toplamına eşittir.

$$\text{wwd\_KPI\_GHG} = \text{wwd\_KPI\_GHG\_elec} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre}$$

$$= 8.310 + 6.162$$

$$= 14.472 \text{ kgCO}_2\text{eşd}$$

#### 4.2.1.4. Çamur yönetiminden kaynaklanan sera gazı emisyon tahmini (B Aşaması)

Çamur yönetimi bölümünde çamurun bertaraf edilmesi için kullanılan veriler “Çizelge 4.8.”de verilmiştir:

Çizelge 4.8. ECAM model çamur yönetimi bölümü girdi verileri

Bertaraf - Girdiler	a	b	c	Birim
Şebekeden tüketilen enerji (fsr_nrg_cons)	9.600	10.800	9.600	kWsa
Yakıt türü (fsr_trck_typ)	Dizel	Dizel	Dizel	
Tüketilen yakıt miktarı (fsr_vol_trck)	3.200	3.600	3.200	L

Aylara göre çamur yönetimi bölümünde tahmin edilen sera gazı emisyon miktarları “Çizelge 4.9.”da verilmiştir:

Çizelge 4.9. ECAM model çamur yönetimi bölümü çıktı verileri

Çıktılar- TSGE	a	b	c	Birim
Elektrik (fsr_KPI_GHG_elec)	8.310	9.349	8.310	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Taşıma (fsr_KPI_GHG_trck)	8.714	9.804	8.714	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Toplam çamur bertarafı sera gazı emisyonu (fsr_KPI_GHG)	15.094	19.153	17.025	kgCO <sub>2</sub> eq/ay

### **Dolaylı Sera Gazı Emisyonları – Bertaraf -Elektrik (fsr\_KPI\_GHG\_elec):**

Bu aşamada meydana gelen dolaylı sera gazı emisyonları, aylık şebekeden tüketilen enerji ile Türkiye için belirlenen elektrik emisyon faktörünün çarpımı sonucunda elde edilen değerlerdir.

#### **Haziran 2019 için;**

$$\begin{aligned}\text{Elektrik}(\text{fsr\_KPI\_GHG\_elec}) &= \text{Çamur ünitesinde tüketilen enerji} \times \text{Elektrik emisyon faktörü} \\ &= \text{fsr\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2} \\ &= 9.600 \times 0,87 \\ &= 8.310 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}\end{aligned}$$

#### **Temmuz 2019 için;**

$$\begin{aligned}\text{Elektrik}(\text{fsr\_KPI\_GHG\_elec}) &= \text{Çamur ünitesinde tüketilen enerji} \times \text{Elektrik emisyon faktörü} \\ &= \text{fsr\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2} \\ &= 10.800 \times 0,87 \\ &= 9.349 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ay}\end{aligned}$$

#### **Ağustos 2019 için;**

$$\begin{aligned}\text{Elektrik}(\text{fsr\_KPI\_GHG\_elec}) &= \text{Çamur ünitesinde tüketilen enerji} \times \text{Elektrik emisyon faktörü} \\ &= \text{fsr\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2} \\ &= 9.600 \times 0,87 \\ &= 8.310 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ay}\end{aligned}$$

### **Direkt Sera Gazı Emisyonu Hesapları- Taşıma (fsr\_KPI\_GHG\_trck):**

#### **HAZİRAN 2019:**

ECAM modelinde 3 tipte yakıt türü seçeneği bulunmaktadır. Çalışmada, bertaraf için kullanılan taşıtlarda kullanılan yakıt türü dizel tipidir.

IPCC, (2006) yakıt türü tablosuna göre;

Dizel yakıt türü için;

CO<sub>2</sub> emisyon faktörü (EFCO<sub>2</sub>) = 74.100 kgCO<sub>2</sub>/TJ

Net kalorifik değeri (fuel NCV) = 43 TJ/Gg

Yakıt yoğunluğu (fuel.FD) = 0,84 kg/L

Araçlar için N<sub>2</sub>O emisyon faktörü (fuel.EFN<sub>2</sub>O.vehicles) = 3,9 kgN<sub>2</sub>O/TJ

Araçlar için CH<sub>4</sub> emisyon faktörü (fuel.EFCH<sub>4</sub>.vehicles) = 3,9 kgCH<sub>4</sub>/TJ

Nitröz oksit CO<sub>2</sub> eşdeğeri = 298 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ kgN<sub>2</sub>O

Metan CO<sub>2</sub> eşdeğeri = 34 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ kgCH<sub>4</sub>

Haziran ayı tüketilen yakıt miktarı = 3,2 m<sup>3</sup>

**Taşımadan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu;**

fsr\_KPI\_GHG\_co2 = fsr\_vol\_trck x fuel.FD x fuel.NCV/1000 x fuel.EFCO<sub>2</sub>

$$= 3,2 \times 0,84 \times 43/1000 \times 74.100$$

$$= 8.565 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

**Taşımadan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonu;**

fsr\_KPI\_GHG\_n2o = fsr\_vol\_trck x fuel.FD x fuel.NCV/1000 x fuel.EFN<sub>2</sub>O.vehicles x  
ct\_n2o\_eq

$$= 3,2 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 298$$

$$= 134,3 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

**Taşımadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu;**

fsr\_KPI\_GHG\_ch4 = fsr\_vol\_trck x fuel.FD x fuel.NCV/1000 x fuel.EFCH<sub>4</sub>.vehicles x  
ct\_ch4\_eq

$$= 3,2 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 34$$

$$= 15,33 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **Taşımadan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_trck} = \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_co2} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_n2o} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_ch4}$$

$$= 8.565 + 134,3 + 15,33$$

$$= 8.714 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **Çamur yönetiminden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG} = \text{fsr\_KPI\_GHG\_elec} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck}$$

$$= 8.310 + 8.714$$

$$= 17.025 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **TEMMUZ 2019:**

ECAM modelinde 3 tipte yakıt türü seçeneği bulunmaktadır. Çalışmada, bertaraf için kullanılan taşıtlarda kullanılan yakıt türü dizel tipidir.

IPCC, (2006) yakıt türü tablosuna göre;

Dizel yakıt türü için;

$$\text{CO}_2 \text{ emisyon faktörü (EFCO}_2) = 74.100 \text{ kgCO}_2/\text{TJ}$$

$$\text{Net kalorifik değeri (fuel NCV)} = 43 \text{ TJ/Gg}$$

$$\text{Yakıt yoğunluğu (fuel.FD)} = 0,84 \text{ kg/L}$$

$$\text{Araçlar için N}_2\text{O emisyon faktörü (fuel.EFN}_2\text{O.vehicles)} = 3,9 \text{ kgN}_2\text{O}/\text{TJ}$$

$$\text{Araçlar için CH}_4 \text{ emisyon faktörü (fuel.EFCH}_4\text{.vehicles)} = 3,9 \text{ kgCH}_4/\text{TJ}$$

$$\text{Nitröz oksit CO}_2 \text{ eşdeğeri} = 298 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ kgN}_2\text{O}$$

Metan CO<sub>2</sub> eşdeğeri = 34 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ kgCH<sub>4</sub>

Haziran ayı tüketilen yakıt miktarı = 3,6 m<sup>3</sup>

**Taşımadan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu;**

$fsr\_KPI\_GHG\_co2 = fsr\_vol\_trck \times fuel.FD \times fuel.NCV/1000 \times fuel.EFCO2$

$= 3,6 \times 0,84 \times 43/1000 \times 74.100$

$= 9.635 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$

**Taşımadan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonu;**

$fsr\_KPI\_GHG\_n2o = fsr\_vol\_trck \times fuel.FD \times fuel.NCV/1000 \times fuel.EFN2O.vehicles \times ct\_n2o\_eq$

$= 3,6 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 298$

$= 151,1 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$

**Taşımadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu;**

$fsr\_KPI\_GHG\_ch4 = fsr\_vol\_trck \times fuel.FD \times fuel.NCV/1000 \times fuel.EFCH4.vehicles \times ct\_ch4\_eq$

$= 3,6 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 34$

$= 17,24 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$

**Taşımadan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu;**

$fsr\_KPI\_GHG\_trck = fsr\_KPI\_GHG\_trck\_co2 + fsr\_KPI\_GHG\_trck\_n2o + fsr\_KPI\_GHG\_trck\_ch4$

$= 9.635 + 151,1 + 17,24$

$= 9.804 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$

**Çamur yönetiminden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

$fsr\_KPI\_GHG = fsr\_KPI\_GHG\_elec + fsr\_KPI\_GHG\_trck$



$$= 9.349 + 9.804$$
$$= 19.153 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **AĞUSTOS 2019:**

ECAM modelinde 3 tipte yakıt türü seçeneği bulunmaktadır. Çalışmada, bertaraf için kullanılan taşıtlarda kullanılan yakıt türü dizel tipidir.

IPCC, (2006) yakıt türü tablosuna göre;

Dizel yakıt türü için;

$$\text{CO}_2 \text{ emisyon faktörü (EFCO}_2) = 74.100 \text{ kgCO}_2/\text{TJ}$$

$$\text{Net kalorifik değeri (fuel NCV)} = 43 \text{ TJ/Gg}$$

$$\text{Yakıt yoğunluğu (fuel.FD)} = 0,84 \text{ kg/L}$$

$$\text{Araçlar için N}_2\text{O emisyon faktörü (fuel.EFN}_2\text{O.vehicles)} = 3,9 \text{ kgN}_2\text{O/TJ}$$

$$\text{Araçlar için CH}_4 \text{ emisyon faktörü (fuel.EFCH}_4\text{.vehicles)} = 3,9 \text{ kgCH}_4/\text{TJ}$$

$$\text{Nitröz oksit CO}_2 \text{ eşdeğeri} = 298 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ kgN}_2\text{O}$$

$$\text{Metan CO}_2 \text{ eşdeğeri} = 34 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ kgCH}_4$$

$$\text{Haziran ayı tüketilen yakıt miktarı} = 3,2 \text{ m}^3$$

### **Taşımadan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_co2} = \text{fsr\_vol\_trck} \times \text{fuel.FD} \times \text{fuel.NCV}/1000 \times \text{fuel.EFCO}_2$$

$$= 3,2 \times 0,84 \times 43/1000 \times 74.100$$

$$= 8.565 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **Taşımadan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_n2o} = \text{fsr\_vol\_trck} \times \text{fuel.FD} \times \text{fuel.NCV}/1000 \times \text{fuel.EFN}_2\text{O.vehicles} \times \text{ct\_n2o\_eq}$$

$$= 3,2 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 298$$

$$= 134,3 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Taşımadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_ch4} = \text{fsr\_vol\_trck} \times \text{fuel.FD} \times \text{fuel.NCV}/1000 \times \text{fuel.EFCH4.vehicles} \times \text{ct\_ch4\_eq}$$

$$= 3,2 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 34$$

$$= 15,33 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Taşımadan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_trck} = \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_co2} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_n2o} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_ch4}$$

$$= 8.565 + 134,3 + 15,33$$

$$= 8.714 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Çamur yönetiminden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG} = \text{fsr\_KPI\_GHG\_elec} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck}$$

$$= 8.310 + 8.714$$

$$= 17.025 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **4.2.2.FAZ-2**

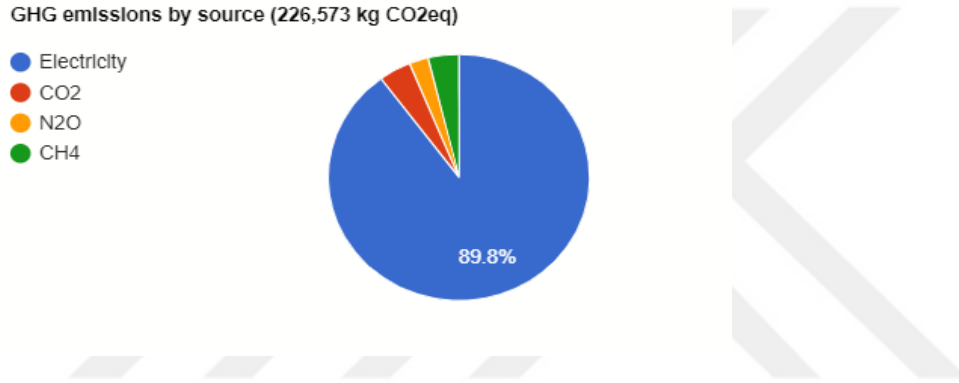
Çalışmada gerçekleştirilen birinci senaryoda, atıksu arıtma tesisine bağlı olan 3 firmanın olduğu yaz ayları (Haziran, Temmuz ve Ağustos ayı) verileri alınıp, ECAM model programı üzerinde sera gazı emisyonu değerlendirmesi yapılmıştır.

İkinci bir senaryo olarak, Muratlı OSB A.A.T.'ne, Eylül 2019 ayının sonundan itibaren Aralık ayına kadar OSB sınırları içerisinde yer alan 18 firma ikinci altyapı hizmetlerinin tamamlanması sonucu atıksu hatları Muratlı OSB AAT.'ne atıksu kanalına bağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, 18 firmanın atıksularının tam olarak dahil olduğu Aralık 2019

değerlendirme için seçilmiştir. İkinci senaryoda yaz ve kış aylarında değerlendirmeye alınan ayların, firma sayılarının artmasıyla atıksu miktarı, işletme giderleri ve işletme prosesi hakkında ve sera gazı emisyon miktarlarını ne ölçüde etkilediği amaçlanmıştır.

### Genel Sera Gazı Emisyonu Değerlendirmesi (A aşaması)

ECAM programında genel sera gazı emisyonunun değerlendirildiği A aşamasında Şekil 4.7.'ye göre sera gazı emisyonunun %89,8 oranla dolaylı sera gazı emisyonu olan 203.456,27 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay ile elektrik tüketimi; %2,4 oranla N<sub>2</sub>O emisyonu 5.344,41 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay; %3,8 oranla CH<sub>4</sub> emisyonu 8.672,0 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay; %4 oranla CO<sub>2</sub> emisyonu 9.100,07 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. Aralık ayı genel sera gazı emisyonu oluşum grafiği

### Atıksu bölümünden kaynaklanan sera gazı emisyonu değerlendirilmesi (B aşaması)

Aralık ayı ECAM programı B aşaması için girilen veriler “Çizelge 4.10.”da, elde edilen sonuçlar “Çizelge 4.11.”de verilmiştir:

Çizelge 4.10. Aralık 2019 genel sera gazı emisyonu girdi verileri

Arıtma		
Girdiler	Aralık 2019	Birim
Şebekeden tüketilen enerji (wwt_nrg_cons)	214.629	kWsa
Hizmet edilen nüfus (wwt_serv_pop)	22.432	kişi
Arıtılmış atıksu hacmi (wwt_vol_trea)	139.075	m <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub> emisyon faktörü (wwt_ch4_efac)	0	kgCH <sub>4</sub> /kgBOI

Çizelge 4.10. (devam)

Çamurda giderilen BOI (wwt_bod_slud)	54.208	kg
Giderilen BOI <sub>5</sub> kütlesi	79.154	kg
BOI <sub>5</sub> giriş yükü (wwt_bod_infl)	83.397	kg
BOI <sub>5</sub> çıkış yükü (wwt_bod_effl)	4.243	kg

Çizelge 4.11. Aralık 2019 genel sera gazı emisyonu çıktı verileri

<b>Çıktılar - TSGE</b>	<b>Değer</b>	<b>Birim</b>
Elektrik (wwt_KPI_GHG_elec)	185.797	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Aritma Prosesi (wwt_KPI_GHG_tre)	2.271	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Toplam Arıtma Sera Gazı Emisyonu (wwt_KPI_GHG)	188.068	kgCO <sub>2</sub> eq/ay

#### **Dolaylı Sera Gazı Emisyon Hesapları – Arıtma -Elektrik (wwt\_KPI\_GHG\_elec):**

Bu çalışmada, ECAM modeli üzerinde her bir ülkeye göre elektrik şebekesinden gelen elektrik tüketim değerleri için “Elektrik emisyon faktörü” belirlenmiştir. Türkiye için elektrik emisyon faktörü 0,865664547 kgCO<sub>2</sub>/kWsa’tir. Buna göre, Aralık 2019 ait elektrik tüketiminden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyon hesabı aşağıda yer almaktadır:

$$\text{Elektrik(wwt\_KPI\_GHG\_elec)} = \text{Şebekeden tüketilen enerji} \times \text{Elektrik emisyon faktörü}$$

$$= \text{wwt\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2}$$

$$= 214.629 \text{ kWsa} \times 0,87 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/kWsa}$$

$$= 185.797 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Direkt Sera Gazı Emisyon Hesapları – Arıtma (wwt\_KPI\_GHG\_tre):**

## ARALIK AYI 2019:

### Aritma prosesinde oluşan CH<sub>4</sub> emisyonu hesabı;

Biyolojik atıksu arıtma proseslerindeki CH<sub>4</sub> emisyon faktörü, arıtma türüne göre değişkenlik göstermektedir. “Çizelge 4.12.”ye göre bu tesis için aktif çamur – iyi yönetilmiş seçeneği seçildiğinden dolayı 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI olarak alınmıştır. Metan emisyonu hesabında, giriş BOI yükü 83.397 kg; çıkış BOI yükü 4.243 kg; giderilen BOI kütlesi 79.154 kg; iyi yönetilen tesisler için metan emisyon faktörü 0 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI; metanın karbondioksit eşdeğeri olarak 34 alındığında,

Çizelge 4.12. IPCC 2006’ya göre Metan Emisyon Faktörleri (WaCCliM, 2018)

Aritma türü	Metan Düzeltme Faktörü (MCF)	Emisyon Faktörü (EF)
Merkezi aerobik arıtma tesisi (iyi yönetilen)	0	0
Merkezi aerobik arıtma tesisi, küçük gözenekli havalı bölgeler	0,1	0,06
Merkezi aerobik arıtma tesisi, bazı havalı bölgeler ile	0,2	0,12
Merkezi aerobik arıtma tesisi (iyi yönetilmeyen)	0,3	0,18

Aralık ayına ait arıtmadan kaynaklanan metan emisyonu:

$$\begin{aligned} \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} &= (\text{wwt\_bod\_infl} - \text{wwt\_bod\_slud} - \text{wwt\_bod\_effl}) \times \text{wwt\_ch4\_efac} \\ &\times \text{ct\_ch4\_eq} \\ &= (83.397 - 54.208 - 4.243) \times 0 \times 34 \\ &= 0 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer} \end{aligned}$$

### Aritma prosesinde oluşan N<sub>2</sub>O emisyonu hesabı;

Arıtmadan kaynaklanan nitröz oksit emisyonu hesabında, N<sub>2</sub>O’nun karbondioksit eşdeğeri 298 kattır. Yani IPCC 5th AR (2014/2013) CCF raporuna göre 1 CO<sub>2</sub>eşdeğeri, 298 N<sub>2</sub>O’ya eşittir. Nitröz oksit emisyon hesabında, Aralık 2019 da hizmet edilen nüfus sayısı

22.432 kişi, nitröz oksit emisyon faktörü 3,2 gN<sub>2</sub>O/kişi/yıl; endüstriyel ve ticari yerlere ait atıksuyun kanala deşarjındaki protein faktörü 1,25; birim çevirme faktörü 1000 olarak alındığında,

Nitröz oksit emisyonu (kgN<sub>2</sub>O) (wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o) = 22.432 kişi x 1,25 x 3,2 gN<sub>2</sub>O/kişi/yıl/1000 g/kg /365gün x 31 gün

$$= 7,620 \text{ kgN}_2\text{O}$$

$$= 7,620 \text{ kgN}_2\text{O} \times 298 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/N}_2\text{O}$$

$$= 2.271 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer olarak hesaplanmıştır.}$$

#### **Arıtma prosesinde oluşan sera gazı emisyon hesabı;**

Arıtma prosesinde oluşan sera gazı emisyonları, arıtma prosesinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu ve N<sub>2</sub>O emisyonunun toplamına eşittir.

(wwt\_KPI\_GHG\_tre) = Arıtma prosesindeki CH<sub>4</sub> emisyonu + Arıtma prosesindeki N<sub>2</sub>O emisyonu

$$= \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwt\_KPI\_GHG\_tre\_n2o}$$

$$= 0 + 2.271$$

$$= 2.271 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Arıtmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

Arıtmadan kaynaklı toplam sera gazı emisyonu, arıtma için tüketilen enerjiden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonu olan elektrik ve arıtmadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının toplamına eşittir.

wwt\_KPI\_GHG = wwt\_KPI\_GHG\_elec + wwt\_KPI\_GHG\_tre

$$= 185.797 + 2.271$$

$$= 188.068 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

**Deşarj/ Geri kullanım bölümünden kaynaklanan sera gazı emisyonu tahmini (B Aşaması)**

Deşarj/Geri kullanım bölümüne ait girdiler ve elde edilen sonuçlar “Çizelge 4.13.” ve “Çizelge 4.14.”te verilmiştir:

Çizelge 4.13. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü girdi verileri

<b>Deşarj</b>		
<b>Girdiler</b>	<b>Aralık 2019</b>	<b>Birim</b>
Şebekeden tüketilen enerji (wwd_nrg_cons)	10.200	kWsa
Alıcı ortama deşarj edilen atıksu hacmi (wwd_vol_disc)	139.075	m <sup>3</sup>
Çıkış BOI yükü (wwd_bod_effl)	4.243	kg
Çıkıştaki toplam azot konsantrasyonu (wwd_n2o_effl)	9	mg/L
CH4 emisyon faktörü (wwd_ch4_efac)	0,06	kgCH <sup>4</sup> /kgBOI
Geri kullanılan çıkış suyu hacmi (wwd_vol_nonp)	200	m <sup>3</sup>

Çizelge 4.14. ECAM model deşarj/geri kullanım bölümü çıktı verileri

<b>Çıktılar - TSGE</b>	<b>Aralık 2019</b>	<b>Birim</b>
Elektrik (wwd_KPI_GHG_elec)	8.830	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Deşarj atıksuyu (wwd_KPI_GHG_re)	11.586	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Toplam GHG Deşarj/Geri kullanılan atıksu (wwd_KPI_GHG)	20.416	kgCO <sub>2</sub> eq/ay

## **Dolaylı Sera Gazı Emisyonları – Deşarj/Geri Kullanım – Elektrik (wwd\_KPI\_GHG\_elec):**

**Aralık 2019 için;**

Elektrik(wwd\_KPI\_GHG\_elec) = Şebekeden tüketilen enerji x Elektrik emisyon faktörü

$$= \text{wwd\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2}$$

$$= 10.200 \text{ kWsa} \times 0,87 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/kWsa}$$

$$= 8.830 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

## **Direkt Sera Gazı Emisyon hesapları – Deşarj/Geri Kullanım (wwd\_KPI\_GHG\_tre):**

**N<sub>2</sub>O emisyonları:**

Aralık ayı için atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyon hesabında, deşarj suyundaki N<sub>2</sub>O emisyon faktörü 0,005 kgN<sub>2</sub>O-N/kgN; N<sub>2</sub>O-N'tan N<sub>2</sub>O'e çevrim katsayısı 44/28; N<sub>2</sub>O'in CO<sub>2</sub> eşdeğeri 298 ve Aralık 2019'a ait deşarj suyundaki ortalama azot miktarı 9 mg/L; Aralık 2019 arıtılmış atıksu deşarj hacmi 139.075 m<sup>3</sup> alındığında;

$$\text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o} = [(9 \text{ mg/L} \times 139.075 \text{ m}^3/1000) \times 0,005 \times (44/28)] \times 298$$

$$= 2.931 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

**CH<sub>4</sub> emisyonları:**

Aralık 2019'a ait atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyon hesabında, deşarj suyundaki BOI yükü 4.243 kg; CH<sub>4</sub> emisyon faktörü 0,06 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI ve CH<sub>4</sub>'ün CO<sub>2</sub> eşdeğeri 34 olarak alındığında;

$$\text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} = \text{wwd\_bod\_effl} \times \text{wwd\_ch4\_efac} \times \text{ct\_ch4\_eq}$$

$$= 4.243 \times 0,06 \times 34$$

$$= 8.656 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

wwd\_bod\_effl: 4.243 kg

wwd\_ch4\_efac: 0,06 kgCH<sub>4</sub>/kgBOI;

ct\_ch4\_eq: 34



**Atıksu deşarjından kaynaklanan direkt sera gazı emisyonları:**

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre} &= \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_ch4} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre\_n2o} \\ &= 8.656 + 2.931 \\ &= 11.586 \text{ kgCO}_2\text{eşd} \end{aligned}$$

**Atıksu deşarjı/geri kullanımdan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu:**

Aralık 2019 da atıksu deşarjı/geri kullanımdan meydana gelen sera gazı emisyonları, bu bölüm için kullanılan elektrik tüketiminden oluşan emisyonlar ve N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> emisyonlarının toplamına eşittir.

$$\begin{aligned} \text{wwd\_KPI\_GHG} &= \text{wwd\_KPI\_GHG\_elec} + \text{wwd\_KPI\_GHG\_tre} \\ &= 8.830 + 11.586 \\ &= 20.416 \text{ kgCO}_2\text{eşd} \end{aligned}$$

Çizelge 4.15. ECAM model çamur yönetimi bölümü girdi verileri

Bertaraf- Girdiler	Aralık 2019	Birim
Şebekeden tüketilen enerji (fsr_nrg_cons)	10.200	kWsa
Yakıt türü (fsr_trck_typ)	Dizel	
Tüketilen yakıt miktarı (fsr_vol_trck)	3.400	L

**Dolaylı Sera Gazı Emisyonları – Bertaraf -Elektrik (fsr\_KPI\_GHG\_elec):**

Bu aşamada meydana gelen dolaylı sera gazı emisyonları, aylık şebekeden tüketilen enerji ile Türkiye için belirlenen elektrik emisyon faktörünün çarpımı sonucunda elde edilen değerdir.

**Aralık 2019;**

$$\begin{aligned} \text{Elektrik(fsr\_KPI\_GHG\_elec)} &= \text{Çamur ünitesinde tüketilen enerji x Elektrik emisyon faktörü} \\ &= \text{fsr\_nrg\_cons} \times \text{conv\_kwh\_co2} \end{aligned}$$

$$= 10.200 \times 0,87$$

$$= 8.830 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **Direkt Sera Gazı Emisyonu Hesapları- Taşıma (fsr\_KPI\_GHG\_trck):**

ECAM modelinde 3 tipte yakıt türü seçeneği bulunmaktadır. Çalışmada, bertaraf için kullanılan taşıtlarda kullanılan yakıt türü dizel tipidir (Çizelge 4.12.).

IPCC, (2006) yakıt türü tablosuna göre;

Dizel yakıt türü için;

$$\text{CO}_2 \text{ emisyon faktörü (EFCO}_2) = 74.100 \text{ kgCO}_2/\text{TJ}$$

$$\text{Net kalorifik değeri (fuel NCV)} = 43 \text{ TJ/Gg}$$

$$\text{Yakıt yoğunluğu (fuel.FD)} = 0,84 \text{ kg/L}$$

$$\text{Araçlar için N}_2\text{O emisyon faktörü (fuel.EFN}_2\text{O.vehicles)} = 3,9 \text{ kgN}_2\text{O/TJ}$$

$$\text{Araçlar için CH}_4 \text{ emisyon faktörü (fuel.EFCH}_4\text{.vehicles)} = 3,9 \text{ kgCH}_4/\text{TJ}$$

$$\text{Nitroz oksit CO}_2 \text{ eşdeğeri} = 298 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ kgN}_2\text{O}$$

$$\text{Metan CO}_2 \text{ eşdeğeri} = 34 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer/ kgCH}_4$$

$$\text{Aralık ayı tüketilen yakıt miktarı} = 3,4 \text{ m}^3$$

### **Taşımadan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_co2} = \text{fsr\_vol\_trck} \times \text{fuel.FD} \times \text{fuel.NCV}/1000 \times \text{fuel.EFCO}_2$$

$$= 3,4 \times 0,84 \times 43/1000 \times 74.100$$

$$= 9.100 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

### **Taşımadan kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_n2o} = \text{fsr\_vol\_trck} \times \text{fuel.FD} \times \text{fuel.NCV}/1000 \times \text{fuel.EFN}_2\text{O.vehicles} \times \text{ct\_n2o\_eq}$$

$$= 3,4 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 298$$

$$= 142,78 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Taşımadan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_ch4} = \text{fsr\_vol\_trck} \times \text{fuel.FD} \times \text{fuel.NCV}/1000 \times \text{fuel.EFCH4.vehicles} \times \text{ct\_ch4\_eq}$$

$$= 3,4 \times 0,84 \times 43/1000 \times 3,9 \times 34$$

$$= 16,28 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Taşımadan kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG\_trck} = \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_co2} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_n2o} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck\_ch4}$$

$$= 9.100 + 142,78 + 16,28$$

$$= 9.259 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

#### **Çamur yönetiminden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu hesabı;**

$$\text{fsr\_KPI\_GHG} = \text{fsr\_KPI\_GHG\_elec} + \text{fsr\_KPI\_GHG\_trck}$$

$$= 8.830 + 9.259$$

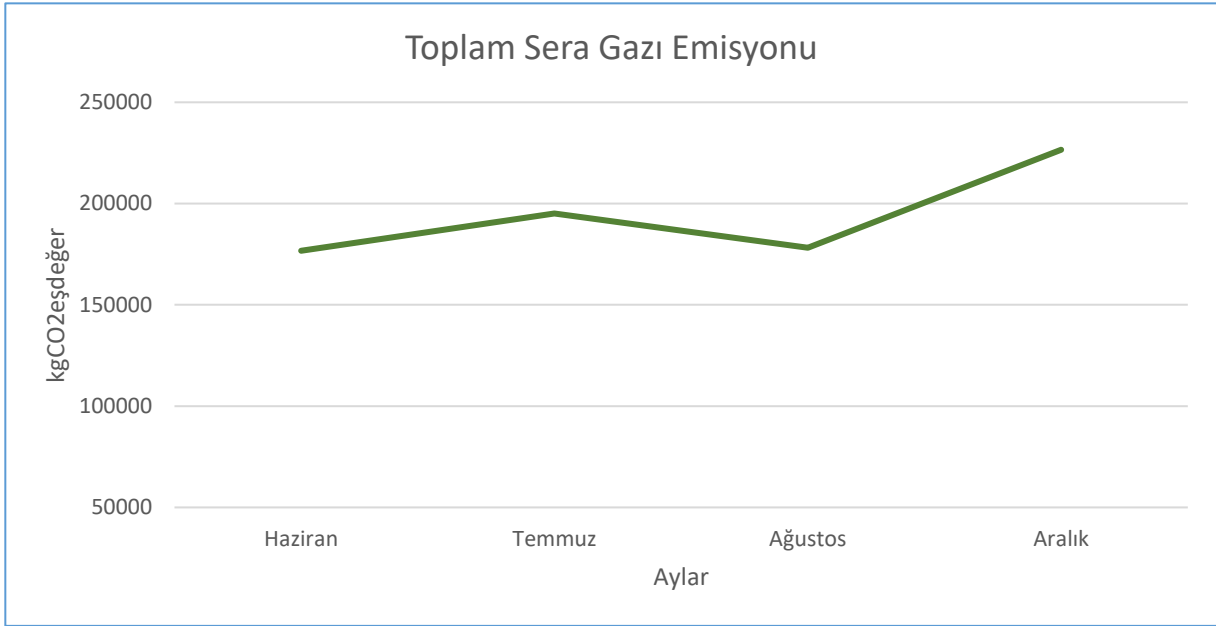
$$= 18.089 \text{ kgCO}_2\text{eşdeğer}$$

Çizelge 4.16. ECAM model çamur yönetimi bölümü çıktı verileri (2019 yılı)

<b>Outputs - GHG emissions</b>	<b>Aralık</b>	<b>Birim</b>
Elektrik (fsr_KPI_GHG_elec)	8.830	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Taşıma (fsr_KPI_GHG_trck)	9.259	kgCO <sub>2</sub> eq/ay
Toplam çamur bertarafı sera gazı emisyonu (fsr_KPI_GHG)	18.089	kgCO <sub>2</sub> eq/ay

### 4.3.Hesaplanan Sera Gazı Emisyonlarının Karşılaştırılması

“Şekil 4.8.”e göre tahmin edilen toplam sera gazı emisyonu miktarlarına bakıldığında, 226.573 kgCO<sub>2</sub>eşd. ile Aralık 2019 da; en düşük toplam sera gazı emisyonuna ise 176.707 kgCO<sub>2</sub>eşd. ile Haziran ayında görülmüştür. Temmuz ayında 195.174 kgCO<sub>2</sub>eşd. ve Ağustos ayında 178.257 kgCO<sub>2</sub>eşd. olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Aylara göre toplam sera gazı emisyonu tahmini (2019 yılı)

Muratlı OSB Atıksu Arıtma Tesisi'ne ait ECAM programındaki atıksu toplama, arıtma, deşarj/geri kullanım bölümleri aşağıdaki “Çizelge 4.17.”de verilmiştir. Arıtma tesisine gelen atıksu giriş yapısında terfilendirilerek, daha sonra da dengeleme ünitesinden sonra terfilendirilerek cazibe kazandırılmıştır. Giriş yapısındaki atıksuyun terfilendirilmesindeki enerji tüketimi arıtma bölümü içine dahil edildiğinden dolayı, toplama bölümündeki enerji tüketimi “0” olarak alınmıştır. Arıtma bölümünde, atıksu başına düşen enerji tüketimi Haziran ayı için 1,61 kWsa/m<sup>3</sup>; Temmuz 2019 için 1,68 kWsa/m<sup>3</sup>; Ağustos 2019 için 1,76 kWsa/m<sup>3</sup> olarak tahmin edilmiştir. Günde kişi başına arıtılan atıksu miktarı Haziran ve Temmuz 2019 için 200 L/hizm.pop./gün, Ağustos 2019 için ise 206,5 L/hizm.pop./gün olarak hesaplanmıştır. Deşarj ve Geri Kullanım bölümünde, atıksu gravitesi ile hareket ettiğinden dolayı deşarj aşaması 0, ancak arıtılan atıksu çamur bertarafında geri kullanıldığı için bu bölüm geri kullanımdan kaynaklanan sera gazı emisyonu hesaplanmıştır. Geri kullanılan atıksu başına

enerji tüketimi, Haziran ayında 0,094 kWsa/m<sup>3</sup>, Temmuz ve Ağustos 2019 için 0,1 kWsa/m<sup>3</sup> olarak tahmin edilmiştir. Deşarj edilen ve geri kullanılan toplam atıksu miktarının en yüksek olduğu ay Temmuz; en düşük olduğu ay ise Ağustos ayıdır (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.17. Aylara göre ECAM sonuçlarının karşılaştırması

(2019 yılı)	Haziran	Temmuz	Ağustos	Aralık	Birim
<b>TOPLAMA (COLLECTION)</b>					
Arıtmaya gelen toplanan atıksu başına enerji tüketimi	0	0	0	0	kWsa/m <sup>3</sup>
<b>ARITMA (TREATMENT)</b>					
Arıtılan atıksu başına enerji tüketimi	1,61	1,68	1,76	1,54	kWsa/m <sup>3</sup>
Giderilen BOI <sub>5</sub> kütle başına enerji tüketimi	4,72	3,55	2,06	2,71	kWsa/kg
Günlük kişi başına arıtılan atıksu miktarı	200	200	206,5	200	L/hizm.pop. /g
<b>DEŞARJ/GERİ KULLANIM (DISCHARGE/REUSE)</b>					
Deşarj edilen/Geri kullanılan atıksu başına enerji tüketimi	0,094	0,1	0,1	0,073	kWsa/m <sup>3</sup>
Deşarj edilen ve geri kullanılan toplam atıksu miktarı	102.744	108.511	95.219	139.275	m <sup>3</sup>

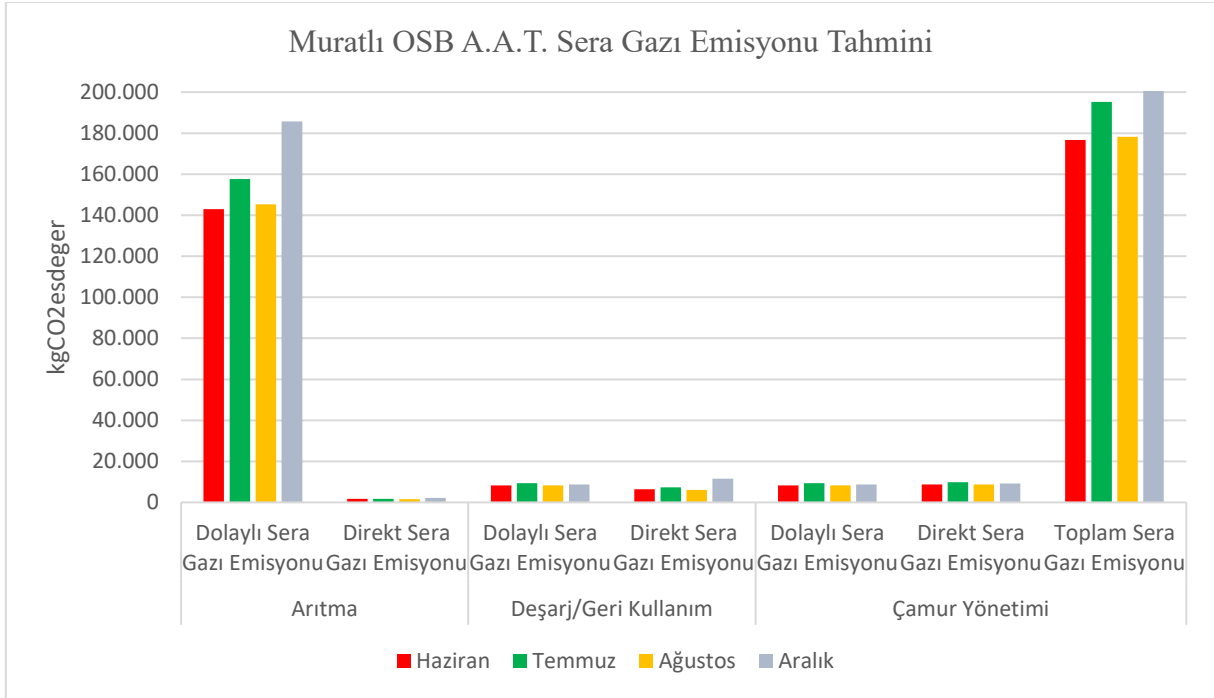
Çalışma alanına ait sera gazı emisyonu miktarları, ECAM programı ile bölümlere ayrılarak, bu bölümlerde oluşan direkt ve dolaylı sera gazı emisyonu miktarları “Çizelge 4.18.” ve “Çizelge 4.19.”’da verilmiştir. Toplam sera gazı emisyonu dağılımına bakıldığında en yüksek emisyonun 195.174 kgCO<sub>2</sub>eşd/ay olarak Temmuz ayına ait olduğu; en düşük emisyonun ise 176.707 kgCO<sub>2</sub>eşd/ay ile Haziran ayı olduğu tahmin edilmiştir. ECAM programı ile sera gazı en fazla arıtma bölümünden oluşmaktadır (Şekil 4.9.).

Çizelge 4.18. Aylara göre sera gazı emisyon miktarlarının tahmini (2019 yılı)

Toplam Sera Gazı Emisyonları (kgCO <sub>2</sub> eşd)	Haziran	Temmuz	Ağustos	Aralık	Birim
Arıtma	144.588	159.346	146.760	188.068	kgCO <sub>2</sub> eşd.
Deşarj/Geri Kullanım	15.094	16.675	14.472	20.416	kgCO <sub>2</sub> eşd.
Çamur Yönetimi	17.025	19.153	17.025	18.089	kgCO <sub>2</sub> eşd.
Toplam Sera Gazı Emisyonu	176.707	195.174	178.257	226.573	kgCO <sub>2</sub> eşd.

Çizelge 4.19. Aylara göre direkt ve dolaylı sera gazı emisyonu miktarlarının tahmini

	(2019 yılı)	Haziran	Temmuz	Ağustos	Aralık	Birim
Arıtma	Dolaylı Sera Gazı Emisyonu	142.913	157.577	145.254	185.797	kgCO <sub>2</sub> eşd.
	Direkt Sera Gazı Emisyonu	1.674	1.769	1.506	2.271	kgCO <sub>2</sub> eşd.
Deşarj/Geri Kullanım	Dolaylı Sera Gazı Emisyonu	8.310	9.349	8.310	8.830	kgCO <sub>2</sub> eşd.
	Direkt Sera Gazı Emisyonu	6.488	7.326	6.162	11.586	kgCO <sub>2</sub> eşd.
Çamur Yönetimi	Dolaylı Sera Gazı Emisyonu	8.310	9.349	8.310	8.830	kgCO <sub>2</sub> eşd.
	Direkt Sera Gazı Emisyonu	8.714	9.804	8.714	9.259	kgCO <sub>2</sub> eşd.
	Toplam Sera Gazı Emisyonu	176.707	195.174	178.257	226.573	kgCO <sub>2</sub> eşd.



Şekil 4.9. Aylara göre sera gazı emisyonu miktar dağılımı (2019 yılı)

Bölgemiz içerisinde yer alan bir firma, biyokütle enerjisine dayanarak elektrik ve sıcak su üretimi yapmaktadır. Biyokütle için kullanılan biyogaz hammaddesi firmanın kendisine ait atıksu arıtma tesisinden kaynaklanmaktadır. Yılda 50.400.000 kW elektrik enerjisi ve yılda 22.276.800 kW sıcak su üretimi gerçekleştirilmektedir. Kullanılan biyogaz hammaddesi yılda 117.129.600 kW'tır. Proseste gaz motorları ile biyogaz yakılarak ısı enerjisi elde edilmektedir. Elde edilen ısı enerjisi, mekanik enerjiye dönüştürülerek jeneratörde elektrik enerjisine çevrime yapılmaktadır. Tesisin elektrik enerjisi ihtiyacı da bu prosesten karşılanmaktadır. Biyogazın yanması sonucu oluşan hava emisyonları “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü” yönetmeliği gereğince yapılan baca gazı ölçüm sonuçlarına göre sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasıyla elektrik enerjisi geri kazanımı sağlayabilir, işletme maliyetleri indirgenerek sera gazı emisyonları bu yöntemle azaltılabilir.

Çerkezköy’de bulunan bir OSB’ye ait akışkan yataklı çamur yakma tesisi mevcuttur. OSB A.A.T.’de çamur yakma tesisinin kurulma sebebi, lisanslı bir çimento firmasının çamuru almak istememesi, yüksek bertaraf maliyetleri ile bir süre düzenli depolama tesisine gönderilmiştir. Ancak çamurun ısı ve kalorifik değerlerini göz önüne alarak kesin bir çözüm oluşturmak için çamur yakma tesisi kurulmuştur. Günlük 120 ton çamur yakma kapasitesine

sahip olup, yakıt türü olarak doğalgaz tüketilmektedir. Proses için kullanılan yıllık yakıt miktarı 768.000 sm<sup>3</sup>'tür. Sera gazı emisyonlarının büyük bir bölümü arıtma tesislerindeki çamur yönetiminden meydana gelmektedir. Bölge içerisinde çamur yönetiminin yetersiz olması sebebiyle, taşımadan kaynaklı emisyonları azaltmak ve bertarafı sağlamak amacıyla çamur yakma sistemleri kurulabilir. Ancak yüksek yatırım maliyetleri sebebiyle tercih edilememektedir.

Figիր, Teodosiu, Fiore (2019)'da yaptıkları bir çalışmada, Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinden kaynaklanan sera gazı emisyonu değerlendirmesinde aynı model (ECAM) programı kullanılarak 4 farklı tesis incelemiştir. Bu tesislerden ikisi İtalya'da, diğer ikisi ise Romanya'da bulunmaktadır. Çalışmada ECAM model programıyla sera gazı emisyon miktarları, enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği araştırılmıştır. Tesislerin işletme prosesleri aşağıdaki "Çizelge 4.20."de verilmiştir:

Çizelge 4.20. Tesislerin işletme prosesleri (Figիր vd., 2019)

No.	MWWTP	Plant Size (Hydraulic P.E.)	Type of Technology		Biogas Valorization
			Secondary + Tertiary Treatment	Disinfection	
1	A (IT)	2,710,164	DN + Ox, N, SS	x	x
2	B (IT)	52,158	Ox + DN, post-DN, SS	x	-
3	C (RO)	609,601	Ox, N, DN, SS	-	-
4	D (RO)	524,158	Ox, N, DN, SS	-	x

DN: Denitrifikasyon; N: Nitrifikasyon; Ox: Oksidasyon; SS: İkincil Çöktürme; P.E.: Nüfus eşdeğeri

Bunlardan İtalya'da bulunan A tesisinin işletme prosesi denitrifikasyon + oksidasyon, nitrifikasyon, ikincil çöktürme, dezenfeksiyon, biyogaz üretimi şeklindedir. İtalya'da bulunan diğer bir tesis olan B tesisinin işletme prosesi oksidasyon + denitrifikasyon, denitrifikasyon sonrası, ikincil çöktürme ve dezenfeksiyon süreçlerinden oluşmaktadır. Romanya'da bulunan C tesisinin işletme prosesi oksidasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon, ikincil çöktürmeden oluşmaktadır. Romanya'daki D tesisinin işletme prosesi oksidasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon, ikincil çöktürme ve biyogaz üretimi şeklindedir. İtalyan ve Roman standartlarına göre seçilen tesislerin eşdeğer nüfusu %80'in üzerindedir. Alan çalışmalarında



iki tesiste enerji tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonunun yanı sıra biyogaz yakmadan kaynaklı metan üretiminden oluşan bir sera gazı emisyon kaynağı olduğu gözlenmiştir. Ulusal şebeke elektrik emisyon faktörlerine bakıldığında İtalya'da 0,41 kgCO<sub>2</sub>/kWsa; Romanya'da ise 1,07 kgCO<sub>2</sub>/kWsa'tir. Romanya'nın elektrik emisyon faktörünün yaklaşık İtalya'nın elektrik emisyon faktöründen 2,5 kat daha fazla olması, seçili Romanya'daki kentsel atıksu arıtma tesislerinden salınan sera gazı emisyon miktarının daha fazla olmasına neden olmuştur. ECAM model programında kentsel atıksu arıtma tesislerinde atıksu toplama, arıtma, deşarj/geri kullanım olan üç ana bölüm değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada, tesislerin toplam sera gazı emisyon miktarları A tesisinde 25,41 kgCO<sub>2</sub>/yıl/nüfus.; B tesisinde 26,81 kgCO<sub>2</sub>/yıl/nüfus; C tesisinde 64,32 kgCO<sub>2</sub>/yıl/nüfus ve D tesisinde 68,36 kgCO<sub>2</sub>/yıl/nüfus olarak tahmin edilmiştir. Sera gazı emisyon miktarlarına bakıldığında ülkelerin elektrik emisyon faktörünün düşük olduğu İtalya'da sera gazı emisyon miktarları da Romanya'daki kentsel atıksu arıtma tesislerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. ECAM program çıktıları incelendiğinde, arıtma bölümünde atıksu başına düşen enerji tüketimi değeri en yüksek 0,3 kWsa/m<sup>3</sup> ile Romanya'nın C tesisinde, en düşük değer 0,18 kWsa/m<sup>3</sup> ile Romanya'nın D tesisinde olması, literatürde de 0,26 ile 0,87 kWsa/m<sup>3</sup> arasında olduğundan normal kabul edildiği anlaşılmıştır. Biyogaz üretiminin mevcut olduğu A ve D tesisinde; A tesisinde %86,62 oranında, D tesisinde ise %100 oranında biyogazda kullanılabilir toplam enerji başına elektrik enerjisi üretildiği hesaplanmıştır. Deşarj bölümünde tesislerdeki atıksular kendi cazibesiyle hareket ettiğinden dolayı bu bölüm 0 olarak alınmıştır. Hizmet edilen nüfusun %100' e ulaşması ve enerji tüketiminin (%10, %15, %20) yüzdeler oranlarda azaltılarak enerji verimliliğinin iyileştirilmesi olarak iki farklı senaryo oluşturulmuş ve değerlendirilmiştir. ECAM programında her bir aşamada sera gazı emisyon miktarlarının tahmin edildiği görülmüştür. İtalya'daki tesisler, Romanya'daki tesislere göre daha düşük sera gazı emisyonu ürettiği ve bunun elektrik emisyon faktörüyle ilgili olduğu anlaşılmıştır. Arıtma tesislerinde biyogaz üretimi olan tesisler, diğer tesislere göre daha çok sera gazı emisyonu oluşturduğu görülmüştür. Biyogaz olmayan tesislerde ise sera gazı emisyonuna neden olan en büyük etkenin arıtma prosesinde harcanan elektrik enerjisi tüketiminden kaynaklandığı belirtilmiştir. Oluşturulan iki farklı senaryoda (eşdeğer nüfusun iyileştirilmesi ve enerji tüketiminin %15, %20, %30 oranında azaltılması) sera gazı emisyonunu belirleyici ana faktörün enerji tüketimi olduğu anlaşılmıştır. Yıllık enerji tüketiminin azaltıldığı takdirde sistematik olarak sera gazı emisyonlarının da azalacağı belirtilmiştir.

Saidan vd. (2019)'da Ürdün Madaba kentinde yaptıkları çalışmaya göre kentsel su tesislerinde ECAM programı ile genel bir sera gazı emisyonu değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışmada kentsel su arıtma tesislerinden kaynaklanan doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarının azaltılması amaçlanmıştır. Programda, model girdilerinde nüfus, su hacimleri, enerji tüketimi ve işletme prosesinin türü gibi veriler kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. ECAM program metodolojisi, tüm su döngüsünü kapsayan tesis işletmelerinin doğrudan enerji kullanımına dikkat çekmektedir. Programın ilk aşaması olan hızlı genel değerlendirme sonuçlarına göre emisyonlar Madaba'da %89,7'si kaynaktan su çıkarma ve dağıtım sistemlerinden; %10,3'ü ise atıksu toplama, arıtma ve deşarjda tüketilen enerjiden kaynaklanmaktadır. Programın ikinci aşaması olan ayrıntılı sera gazı değerlendirmesinde, Madaba'daki giriş suyu ve atıksuyu sistemlerinden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu yaklaşık yılda 28.122 milyon kgCO<sub>2</sub> olduğu görülmektedir. Çalışmada emisyonların %62,4'ünün su kaynaklarından, %37,6'sı atıksu arıtımından ve septik tanklardan taşınan atıksulardan oluşmaktadır. ECAM ile yapılan çalışma sonuçlarına göre enerji verimliliği ve sera gazı emisyonlarının azaltılması konularında kuruluşların önlemler almalarına yardımcı olabilir.

De Gisi vd. (2017)'de yaptıkları bir çalışmada, kentsel atıksu arıtma tesisine ait çamur yakma yönteminden oluşan sera gazı emisyonlarını WaCCliM projesiyle geliştirilen ECAM modeli ile incelemiştirlerdir. Çalışmada birincil ve ikincil çamur yönetimi, anaerobik çürütme, çamurun mekanik olarak susuzlaştırılarak gömülmesi ve enerji geri kazanımı ile akışkan yatak teknolojisine sahip çamur yakma yöntemi ile sera gazı emisyonlarını ECAM 2.0 programıyla değerlendirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre sera gazı emisyonu en çok çamur yakmanın başlaması ve desteklenmesi için kullanılan metandan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Ek yakıt tüketiminin azaltılması için konvansiyonel yakma yöntemi yerine, entegre termal çamur arıtımı (kurutma + yakma) uygulanması sonucunda sera gazı emisyonu azalması olacağı tahmin edilmiştir.

### **4.3. GHG Azaltma Değerlendirmesi**

Çalışma sonuçlarına göre düşük maliyetli ve uygulanabilirliği en basit karbon azaltma yöntemi ağaçlandırma çalışmalarıdır. Arıtma tesisi için ön görülen sera gazı emisyonu azaltma için ağaçlandırma hesapları aşağıdadır:

Tema Vakfı ağaçlandırma çalışmaları için 1 fidan başlığı = 12 TL (TEMA, 2020) alınmaktadır.

Yaz ayları sera gazı emisyon sonuçlarına ortalama yıllık atıksu arıtma tesisinin tahmini CO2 emisyonu = 183.379,3 \*12

$$= 2.200,5 \text{ tonCO}_2\text{eşd}$$

Yetişkin bir ağaç yılda ortalama 20.148 kg CO<sub>2</sub> emilimi sağlar.

1 yılda tahmini CO2 emilimini sağlamak için gerekli ağaç sayısı = 2200,5 ton / 20.148 kg \* 1ton/1000 kg

$$= 10.922 \text{ adet ağaç.}$$

1 yılda tahmini CO2 emilimini sağlamak için gerekli ağaç maliyeti = 10.922 x 12

$$= 131.064 \text{ TL/yıl}$$

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde sera gazı emisyonlarının artışı iklim değişikliğini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Sera gazı emisyonlarına sebep olan kaynaklardan birisi de atıksu arıtma tesisleri gösterilmektedir. Bu çalışmada, WaCCliM organizasyonu tarafından geliştirilen ECAM v2.2 web tool programı ile MOSB A.A.T.'ne ait genel sera gazı emisyonu değerlendirilmesi yapılmış olup, optimizasyon ve sera gazı emisyonlarının azaltılması yönünde çeşitli öneriler sunulmuştur. Yapılan çalışmadan çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Faz-1'e göre birinci senaryoda 3 firmanın bağlı bulunduğu Muratlı OSB A.A.T.'de yaz ayları (Haziran, Temmuz ve Ağustos 2019) verileri kullanılarak çalıştırılan ECAM program veri sonuçlarına göre, en yüksek sera gazı emisyonu 195.174 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay ile Temmuz 2019 da ayında; en düşük sera gazı emisyonu ise 176.707 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay ile Haziran 2019 da olduğu tahmin edilmiştir.
- Faz-2'ye göre ikinci senaryo yaklaşımında, 15 firmanın atıksuyu Muratlı OSB A.A.T.'ne bağlanarak, toplamda 18 firmanın atıksuyunun geldiği Aralık 2019 değerlendirmesine göre, en yüksek sera gazı emisyonu miktarının 226.573 kgCO<sub>2</sub>eşdeğer/ay ile bu ayda gerçekleştiği tahmin edilmiştir.

- Atıksu arıtma tesisindeki elektrik enerjisi tüketiminin, sera gazı emisyonunu belirleyici ana faktörlerden biri olduğu ortaya çıkmıştır.
- Yapılan çalışma kapsamında, Muratlı OSB A.A.T.'de çamur yönetimi bölümünde oluşan sera gazı emisyonunun çamurun bertaraf yoluyla uzaklaştırılması yönteminde ulaşımda kullanılan yakıt türünden kaynaklandığı tespit edilmiştir.
- Atıksu arıtma tesisine gelen atıksuyun karakterizasyonunda, çözülmüş oksijen miktarının aynı olduğu 3 ay için değerlendirme yapıldığında, KOI, AKM, toplam azot gibi kirlilik parametrelerinin sera gazı emisyonunu etkilediği ancak kirlilik parametre yüklerinin artmasıyla sera gazı emisyon miktarları doğru orantılı olarak artmamıştır.
- Senaryo 2'deki yapılan yaklaşıma göre atıksu miktarının artması ile, atıksu arıtma tesisi içerisindeki işletme ve enerji giderleri artmış ve sera gazı emisyonunu arttırarak iklim değişikliğini olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.
- Atıksu arıtma tesisinin projelendirme aşamasında Muratlı OSB için olduğundan büyük kapasiteli bir atıksu arıtma tesisi yapılmıştır. Mevcutta gelen atıksu miktarı, kapasitenin beşte biri olmakla birlikte gelecek 10 yıl için kapasitenin tamamına ulaşması mümkün olmadığı tahmin edilmektedir. Projelendirme hatası sebebiyle daha güçlü ekipmanlar seçilmiş olduğundan mevcut gelen atıksu için daha fazla enerji tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Projelendirme hatasının yüksek yatırım maliyeti ve işletme maliyeti oluşturduğu için sera gazı emisyonları artmaktadır.
- Çalışma sonuçlarına göre sera gazı emisyonlarını oluşturan bir diğer kısım çamur yönetimidir. Emisyonlar çamurun bertaraf edilmesinde taşımacılıktan oluşmaktadır. Bertaraf tesisinin uzaklığı, taşıma için kullanılan araçların tükettiği yakıt miktarı ve yakıt türü ile ilişkilidir. Bölge içerisinde çamur bertaraf tesislerinin yetersizliği ve mevcut olan tesise ait çamur bertaraf bedellerinin yüksek olması sebebiyle, bölge dışındaki uygun maliyetleri olan bertaraf tesisleri seçilmektedir. Tüketilen yakıt miktarı ve bertaraf tesisi uzaklığı nedeniyle sera gazı emisyonları artmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliğinin arttırılması ve sera gazı emisyonlarını azaltıcı yöntemlere ait öneriler aşağıda özetlenmiştir:

- Sera gazı emisyonlarının azaltılmasında uygulanabilirliği kolay ve düşük maliyetli bir yöntem olan ağaçlandırma çalışmalarıdır. Ortalama yetişkin bir ağaç saatte 2,3 kg CO<sub>2</sub>'i yakalayarak, fotosentez sonucu 1,7 kg O<sub>2</sub> üretmektedir. Ağaçlandırma çalışmalarının iklim değişikliğiyle mücadelede en etkili yöntemlerden biri olduğunu göstermektedir (TEMA,2020).
- Çamur bertarafında taşımacılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonu salınımı vardır. Bertaraf için kullanılan kamyon taşımacılığında tüketilen yakıt türü ve miktarı sera gazı emisyonlarını etkilemektedir. Yakıt türünün değiştirilmesi ile sera gazı emisyonlarında azalma meydana gelebilir.
- Ulaşım ve taşımacılık sektöründe fosil yakıtların kullanımının azaltılması ve yerine biyoyakıt kullanımının yaygınlaştırılması, sera gazı emisyon salınımlarını azaltıcı sürdürülebilir yöntemlerdir (Türkeş, 2003).
- Çamur yönetimi kısmında çamur kurutma, çamur yakma sistemleri gibi yöntemlerin kurulması ile çamurun bertaraf miktarı azaltılabilir. Ancak bu yöntemler yüksek yatırım maliyeti gerektirdiğinden dolayı çalışma alanı için ileriki yıllarda kurulması planlanabilir.
- Atıksu arıtma tesislerinde sera gazı emisyonu oluşturan kısım büyük oranda elektrik enerjisi tüketimidir. Bölge içerisinde yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artırılmasıyla sera gazı emisyonları azaltılabilir. Tesisin bulunduğu bölge hava durumu ve meteorolojik açıdan değerlendirildiğinde rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına elverişlidir. Tesis için gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra uygun rüzgâr gülü, güneş enerjisi panelleri koyularak enerji geri kazanımı sağlanmasıyla işletme maliyetleri minimize edilerek sera gazı salınımları azaltılabilir.
- ECAM model programı hızlı ve sonuç odaklı bir yazılım olmasına rağmen, kentsel atıksu arıtma tesislerine yönelik tasarlanmıştır. Endüstriyel atıksu arıtma tesisleri için yazılımın geliştirilmesiyle daha yaygın kullanılabilir hale gelebilir.

## KAYNAKLAR

- Akdemir A. (2007). *Samsun organize sanayi bölgesinde hava kalite parametrelerinin izlenmesi ve meteorolojik parametrelerle ilişkilerinin incelenmesi* (Doktora Tezi), On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- AA Haber (2020). Erişim adresi: <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyede-sera-gazi-emisyonu-azaldi/1786460>
- Anonim (2019). Erişim adresi: <https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/01/ECAM-Methodology-Guide-Jan-2019.pdf>
- Anonim (t.y.). Erişim adresi: <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/bolum06.pdf>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2020). *Su kirliliği ve kontrolü yönetmeliği*. Erişim adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/su-k-rl-l-g--kontrolu-yonetmel-g--20190104091110.pdf>
- De Gisi S., Gherghel A., Iannone G., Notarnicola M., Teodosiu C. (2017). Evaluating the greenhouse gas emissions of a municipal wastewater treatment plant with sludge incineration. *Polytechnic University of Bari - "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi*.
- Erdoğan M. (2015). *Çevresel tesislerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanması* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Figիր D., Teodosiu C., Fiore S. (2019). Environmental and energy assessment of municipal wastewater treatment plants in Italy and Romania: a comparative study. *Water* 2019, 11, 1611. doi:10.3390/w11081611.
- Google Earth (2020). Erişim adresi: <https://earth.google.com/web/@41.17906404,27.51071857,93.4001274a,7325.81317702d,35y,-0h,0t,0r>
- Gupta D., Singh S.K. (2012). Greenhouse gases emissions from wastewater treatment plants: a case study of noida. *Journal of Water Sustainability*, Volume 2, Issue 2, 131-139.
- Gülhan H., Özgün H., Erşahin M.E., Dereli R.K., Öztürk İ.(2018). İstanbul'daki biyolojik atıksu arıtma tesislerinin sera gazı emisyonunun modelleme metodu ile tahmini. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 30(1), 59-67.

- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Emissions Inventories. Institute for Global Environmental Strategies, Japonya.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: the physical science basis, contribution of working group I to the fourth assessment*. İngiltere: Cambridge University Press. Erişim adresi: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4\\_wg1\\_full\\_report-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf)
- IWA (2020). Erişim adresi: <https://iwa-network.org/about-us/>
- Kara G., İbiç A., Yağcıoğlu E. (2018). Çimento sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi Sayı 1(2):87-90*.
- Külah S. (2013). *Greenhouse gas inventory for an industrial wastewater treatment plant* (Master's Thesis), Dokuz Eylül University Graduated School of Natural and Applied Sciences, Izmir.
- Lahmouri M., Drewers J.E., Gonhalekar D. (2019). Analysis of greenhouse gas emissions in centralized and decentralized water reclamation with resource recovery strategies in Leh town , Ladakh, India and potential for their reduction in context of the water – energy -food nexus. *MDPI Water*,2019, 11, 906. Doi:10.3390/w11050906.
- Muratlı Organize Sanayi Bölgesi (2019). Erişim adresi: Anonim (2019). Erişim adresi: <https://www.muratliosb.org/kurumsal/>
- Nas B. (2017). *Atıksu arıtma tesislerinde işletme sorunları ve çözümleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*. (1.Baskı) (32) Ankara: Selçuk Üniversitesi Basım evi.
- Saidan M., (2017). *Greenhouse gases ghg baseline assessment report. Jordan*.
- Saidan M., Khasawneh H.J., Aboelgna H., Meric S., Kalavrouziotis I., Jasem A.H., Hayek B.O., Al-Momany S., Al Malla M., Porro J.C. (2019). Baseline carbon emission assessment in water utilities in Jordan using ecam tool.*Journal of Water Supply: Research and Technology -AQUA*. 68.6.
- Santos, J.O., Andrade, J.C.S., Marinho, M.M.O., Noyola, A., Güereca, L.P. (2015). Greenhouse gas inventory of a state water and wastewater utility in Northeast Brazil. *Journal of Cleaner Production* 104, 168-176
- Tahmaz Ş., Gültekin M.S., Yüceyurt M. (2013). *Muratlı ıslah organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisi uygulama projesi proses raporu*. İstanbul: Enta Mühendislik Arıtma Taahhüt San. Ve Tic. Ltd. Şti.

T.C. Resmi Gazete, 2014. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

T.C. Resmi Gazete, 2014. Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

TEMA (2020). Erişim adresi: [http://tema.org.tr/web\\_14966-2\\_1/entitalfocus.aspx?primary\\_id=639&type=2&target=categorial1&detail=single&sp\\_table=&sp\\_primary=&sp\\_table\\_extra=&openfrom=sortial#](http://tema.org.tr/web_14966-2_1/entitalfocus.aspx?primary_id=639&type=2&target=categorial1&detail=single&sp_table=&sp_primary=&sp_table_extra=&openfrom=sortial#)

Temizsoy A. (2009). *Anaerobik ön arıtılmış evsel atıksulardan ardışık kesikli reaktörde besin maddesi giderimi*. (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul.

Türkeş M. (2003). Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. *Ulusal çevre mühendisliği kongresi: çevre bilim ve teknoloji küresellesmenin yansımaları, bildiriler kitabı*, 267-285. Ankara.

Türkiye İstatistik Kurumu (2020). Erişim adresi: [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1019](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019)

WaCCliM (2018). Erişim adresi: [https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/CaseStudy\\_Jordan2018.pdf](https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/CaseStudy_Jordan2018.pdf)

WaCCliM (2018). Erişim adresi: [https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/CaseStudy\\_Mexico2018.pdf](https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/CaseStudy_Mexico2018.pdf)

WaCCliM (2018). Erişim adresi: [https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/CaseStudy\\_Thailand2018.pdf](https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/CaseStudy_Thailand2018.pdf)

WaCCliM (2018). *Ecaml 2.2. methodology energy performance and carbon emissions assessment and monitoring tool*. Erişim adresi: <https://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/01/ECAM-Methodology-Guide-Jan-2019.pdf>

WaCCliM (2019). Assessing energy performance and carbon emissions within the water sector. Germany: GIZ.

WaCCliM, (2020). Erişim adresi: <https://wacclim.org/countries/>

Yapıcıoğlu P. (2018). *Atıksu arıtma tesislerinin sera gazı emisyonlarının minimizasyonu* (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.



Yeşil Ekonomi (2020). Erişim adresi: <https://yesilekonomi.com/karbondioksit-yogunlugu-yeni-bir-esigi-daha-asti/>



## EKLER

### Sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri), 1990 - 2017

Milyon ton					
Yıl	Toplam	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F-gazları
1990	219,2	151,5	42,4	24,7	0,6
1991	226,6	158,0	43,3	24,4	0,9
1992	232,8	163,9	43,2	25,0	0,7
1993	240,1	171,0	43,0	25,8	0,4
1994	234,1	167,4	42,7	23,3	0,7
1995	247,6	180,9	42,5	23,6	0,6
1996	267,2	199,5	42,9	24,3	0,6
1997	278,6	212,0	42,1	23,9	0,6
1998	280,3	212,0	42,3	25,3	0,6
1999	277,8	207,8	43,7	25,7	0,6
2000	298,9	229,8	43,6	24,8	0,7
2001	280,4	213,5	42,8	23,3	0,8
2002	286,1	221,0	40,9	23,2	1,0
2003	305,6	236,5	42,9	25,0	1,2
2004	315,0	244,5	43,5	25,5	1,5
2005	337,2	264,2	45,2	26,1	1,7
2006	358,2	281,6	46,6	28,0	1,9
2007	391,4	312,7	49,0	27,4	2,3
2008	387,6	309,3	49,9	25,9	2,4
2009	395,5	315,4	49,6	28,2	2,4
2010	398,7	314,4	51,3	29,4	3,5
2011	427,6	339,5	53,7	30,5	3,9
2012	446,9	353,7	57,1	31,6	4,6
2013	439,0	345,2	55,5	33,5	4,8
2014	458,0	361,7	57,3	33,9	5,1
2015	472,2	381,3	51,3	34,7	4,8
2016	498,5	401,2	53,9	37,1	6,3

2017	526,3	425,3	54,2	38,5	8,2
------	-------	-------	------	------	-----

---

**TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990 – 2017; TurkStat, Greenhouse Gas Emissions Statistics, 1990 – 2017; Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir. Tablodaki 1990-2016 verileri revize edilmiştir. Ormancılık ve diğer arazi kullanımından kaynaklanan emisyonlar ve yutaklar dahil edilmemiştir.**



## ÖZGEÇMİŞ

Cansu MISTIKLAR 1993 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlkokul, ortaokulu burada tamamladı. Lise eğitimini Tekirdağ Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2017 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünü bitirdi. İngilizce bilmektedir. 2017 yılında Arıtsan Mak. Müh. İnş. Dan. San. Tic. Ltd. Şti. firmasında 5 ay çalıştı. 2018 yılında başladığı Muratlı Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü -Atıksu Arıtma Tesisi'nde çevre mühendisi olarak halen çalışmaktadır. 2018 yılında başladığı Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans eğitimi devam etmektedir.

