

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİ KAYNAKLI ATIKLARI ALAN BİR ATIK KABUL TESİSİNDE
KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adnan Serkan TORÖZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİ KAYNAKLI ATIKLARI ALAN BİR ATIK KABUL TESİSİNDE
KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Adnan Serkan TORÖZ
(501091762)**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Osman A. ARIKAN

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091762 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Adnan Serkan TORÖZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**GEMİ KAYNAKLI ATIKLARI ALAN BİR ATIK KABUL TESİSİNDE KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Osman A. ARIKAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir ALP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Arslan SARAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **12 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **23 Ocak 2015**

Aileme ve tüm sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Çalışma süresince desteğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Osman A. ARIKAN'a, katkılarından dolayı Arzu TORÖZ'e, çalışmanın yürütülmesinde ciddi emeği geçen Çanakkale Liman İşletmesi Genel Müdürü Ali AKTOPRAK'a, verileri ve bilgileri tedarik etmemde yardımcı olan Muhasebe Müdürü Sema SONAT'a, hayatım boyunca en büyük destekçim olan babama, manevi desteklerinden dolayı kıymetli aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2015

Adnan Serkan Toröz
(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	2
2. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	4
2.1 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri	6
2.2 Enerji Verimliliği	6
2.3 Enerji ve Karbon Paritesi	8
2.4 Sera Gazları	10
2.4.1 Karbondioksit (CO ₂)	10
2.4.2 Metan (CH ₄)	11
2.4.3 Kloroflorokarbonlar (CFC)	11
2.4.4 Perflorokarbonlar (PFCs), Hidroflorokarbonlar (HFCs) ve Kükürt Hekza Florür (SF ₆)	12
2.4.5 Diazot Monoksit (N ₂ O)	12
2.5 Türkiye'nin Sera Gazı Emisyon Eğilimleri	13
2.6 Dolaylı Sera Gazları Emisyon Dağılımları	16
2.7 İklim Sisteminde Gözlenen Değişimler	20
2.7.1 İklim Değişikliğinin Olası Ekolojik Etkileri	21
2.7.2 İklim Değişikliğinin Olası Ekonomik Etkileri	22
2.8 Türkiye'de Sektörel Bazda İklim Değişikliği	23
2.8.1 Enerji	23
2.8.2 Enerji Endüstrileri	25
2.8.3 Ulaşım	26
2.8.4 İmalat Sanayi ve İnşaat	27
2.8.5 Atıklar	27
2.8.6 Ormancılık	28
3 SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE KARBON YÖNETİMİ	29
3.1 Sürdürülebilir Kalkınma	29
3.3 Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınmanın Mevcut Durumu	31
3.3 Karbon Yönetimi ve Yaklaşımları	33
3.4 Sera Gazı Envanteri	35
3.5 Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları	37
3.5.1 Temiz Kalkınma Mekanizması	37
3.5.2 Ortak Yürütme	38

3.5.3 Emisyon Ticaret Sistemi	38
3.6 Gönüllü Karbon Piyasası.....	39
3.7 Gönüllü Karbon Piyasalarında Türkiye’de Mevcut Durum	40
3.8 Karbon Ticareti ve Türkiye	41
3.8.1 Karbon Piyasalarında Türkiye’nin Durumu	42
4. GEMİ ATIĞI ALAN ATIK KABUL TESİSİNDE PROSES İNCELENMESİ	43
4.1 Marpol 73/78 Kapsamında Gemilerden Atık Alınması İşlemi.....	44
4.1.1 Marpol 73/78 Ek-I Kapsamında Alınan Atıklar.....	45
4.2.2 Marpol 73/78 Ek IV Kapsamında Alınan Atıklar	48
4.2.3 Marpol 73/78 Ek V Kapsamında Alınan Atıklar	49
4.2 Marpol 73/78 Kapsamında Atıkların Atık Kabul Tesisine Alınması	49
4.3 Atık Alım Gemileri.....	50
4.4 Atık Kabul Tesisi Üniteleri	51
4.4.1 Ham Atık Alım Tankları Ünitesi.....	51
4.4.2 İşlenmiş Atık Tankları Ünitesi	53
4.4.3 Proses Ünitesi.....	55
4.4.4 Kimyasal Atıksu Arıtma Ünitesi	57
4.4.5 Kazan Dairesi Ünitesi.....	59
4.4.6 Soğutma Suyu Ünitesi.....	61
4.5 Atıkların Bertaraf ve Geri Kazanım İşlemleri	62
4.5.1 Seperasyon İşlemleri	62
4.5.2 Atık Ön İşlemleri.....	64
4.5.3 Kondenserler	64
4.5.4 Vakum Pompaları.....	64
4.6 Atıkların Sevkiyat Öncesinde Yapılan İşlemler	65
5. ATIK KABUL TESİSİNDE KARBON AYAKIZI BELİRLENMESİ	68
5.1 Çalışma Kapsamı.....	68
5.2 Kütle Dengeleri	70
5.2.1 Atık Kütle Dengesi.....	70
5.2.2 Atıksu Kütle Dengesi	71
5.3 Sera Gazı Envanteri ve Hesaplama Yöntemleri	75
5.4 Tesisten Kaynaklanan Karbon Ayakızının Belirlenmesi	75
5.4.1 Türkiye’ de birim elektrik tüketim başına CO ₂ emisyon hesabı	75
5.4.2 Tesis Elektrik Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı.....	78
5.4.3 Şirket Araçlarından Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı.....	80
5.4.4 Kazanlardaki Yakıt Sarfıyatından Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı.....	81
5.4.5 Vinç ve Forkliftlerden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı	82
5.4.6 Atık Alım Gemilerinden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı.....	82
5.4.7 Su Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı	83
5.4.8 Atık Ürün Başına Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı	85
6. SERA GAZI EMİSYONLARINI AZALTMAK İÇİN ÖNGÖRÜLEN SENARYOLAR ve MALİYET ANALİZLERİ.....	86
6.1 Emisyon Azaltımı Senaryoları	86
6.2 Senaryolar için Maliyet Analizleri	88
6.2.1 Atıklardan Piroliz Yöntemiyle Denizcilik Yakıtı Üretmek.....	88
6.2.2 Kimyasal Atıksu Arıtma Ünitesine İlave Sistemler Eklenmesi	92
6.2.3 Kazanlardaki Yakıt Değişimi	95
6.2.4 Saha Aydınlatmalarında Led Lambaların Kullanılması	97

6.2.5 Şirket Araçlarında Uygulanabilecek Alternatifler.....	99
6.2.6. Karbon Kredisi Satın Alınması	102
6.2.7 Ağaçlandırma	103
6.2.8 Emisyonların Karşılaştırılması.....	103
7. SONUÇLAR	105
KAYNAKLAR	107
ÖZGEÇMİŞ.....	109

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKAKDO	: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık
BM	: Birleşmiş Milletler
BMBÇS	: Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
BMÇMS	: Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Mücadele Sözleşmesi
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CERs	: Certification Emission Reductions (Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredileri)
CDM	: Clean Development Mechanism (Temiz Kalkınma Mekanizması)
CDP	: Carbon Disclosure Project (Karbon Saydamlık Projesi)
CH₄	: Metan
CO	: Karbon Monoksit
CO₂	: Karbon Dioksit
DHMi	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
DWT	: Dead Weight Tonnage (Net Ağırlık Tonajı)
EEA	: European Environment Agency (Avrupa Çevre Ajansı)
ERU	: Emission Reduction Units (Emisyon Azaltım Kredisi)
EPA	: Environment Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETS	: Emission Trade System (Emisyon Ticaret Sistemi)
Gg	: Gigaton
GHG	: Greenhouse Gas Emissions (Sera Gazı Emisyonları)
GRI	: Global Reporting Initiative – Küresel Raporlama Girişimi
GSYMH	: Gayri Safi Yurtiçi Milli Hasıla
GW	: Gigawatt
GWP	: Global Warming Potential (Küresel Isınma Potansiyeli)
HES	: Hidroelektrik Santraller
HFCs	: Hidroflorokarbonlar
HNO₃	: Nitrik Asit
IBC	: Intermediate Bulk Container
IEA	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IPCC	: International Panel on Climate Change (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli)
ISO	: International Standard Organisation (Uluslararası Standartlar Organizasyonu)
İDÇS	: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası

kWh	: Kilowatt saat
LTO	: Landing and Takeoff Cycle (İniş ve Kalkış Döngüsü)
MARPOL	: Marine Pollution (Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi)
MG	: Milyon Galon
mtoe	: Million tonnes of oil equivalent (Milyon ton petrol eşdeğeri)
Mton	: Milyon Ton
mWh	: Megawatt Saat
NMVO	: Non-methane Volatile Organic Compounds (Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşikler)
NO_x	: Azot Oksitler
N₂O	: Di azot monoksit
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
ODS	: Ozon Depleting Substances (Ozon İnceltici Maddeler)
PFCs	: Perflorokarbonlar
SF₆	: Kükürt Hekza Florür
SO₂	: Kükürt Dioksit
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TPES	: Total Primary Energy Supply (Toplam Birincil Enerji Arzı)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
Twh	: Terawatt saat
UBSEP	: Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi
UÇEP	: Ulusal Çevre Stratejisi Eylem Planı
UÇES	: AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi
UNCED	: United Nations Conference on Environment and Development (Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı)
UV	: Ultraviole
VTs	: Vessel Traffic Service (Gemi Trafik Kontrol)
WBCSD	: World Business Council Sustainable Development (Dünya Sürdürülebilir Kalkınma ve İş Konseyi)
WMO	: World Meteorological Organisation (Dünya Meteoroloji Örgütü)
WRI	: World Resources Institute (Dünya Kaynakları Enstitüsü)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : BMİDÇS’nde Ülkelerin Sınıflandırılması [1].	5
Çizelge 2.2 : Kyoto Protokolü’nde Ülkelerin Sınıflandırılması [1].	5
Çizelge 2.3 : Bazı Ülkelerdeki Enerji Göstergeleri, 2009 [2].	7
Çizelge 2.4 : Türkiye’nin toplam seragazı emisyonları (Mt CO ₂ eşdeğeri) [6].	9
Çizelge 2.5 : Sektörlere göre sera gazı emisyonları (milyon ton CO ₂ eşdeğeri) [6].	9
Çizelge 2.6 : Türkiye’nin sosyo-ekonomik, enerji ve karbon verilerinin 1990-2012 yılları arasında karşılaştırılması.	13
Çizelge 2.7 : Türkiye’nin sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları (Mt CO ₂ eşdeğeri) [6].	14
Çizelge 2.8 : Türkiye’de karbonmonoksit emisyonları (bin ton CO ₂ eşdeğeri) [6].	17
Çizelge 2.9 : Türkiye’de azot oksit (NO _x) emisyonları (bin ton CO ₂ eşdeğeri) [6].	18
Çizelge 2.10 : Türkiye’de NMVOC emisyonları (bin ton CO ₂ eşdeğeri) [6].	19
Çizelge 2.11 : Türkiye’de 1990-2012 yılları arasında oluşan dolaylı sera gazlarından kaynaklanan emisyonlar (bin ton CO ₂ eşdeğeri) [6].	20
Çizelge 2.12 : Ülkeler ve bölgeler bazında enerji tüketiminden kaynaklanan karbondioksit (CO ₂) yoğunluğu [16].	22
Çizelge 2.13 : Yakıtların yanmasından kaynaklı emisyonlar (Gg) [6].	24
Çizelge 2.14 : Türkiye’de ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların CO ₂ eşdeğeri (Gg) [6].	27
Çizelge 2.15 : Türkiye’de atık sektöründen kaynaklı metan gazı emisyonları (bin ton) [5].	28
Çizelge 3.1 : Seragazı emisyonlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi için metot ve standartlar.	36
Çizelge 3.2 : Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarının Temel Tanımları [26].	37
Çizelge 4.1 : 2010-2013 yıllarında toplanan petrol türevli atıklar (m ³).	47
Çizelge 4.2 : Toplam alınan atık miktarları.	48
Çizelge 4.3 : Toplanan pis su atıkları (m ³).	48
Çizelge 4.4 : Toplanan çöp atıkları (m ³).	49
Çizelge 4.5 : Atık alım gemileri ve özellikleri.	51
Çizelge 4.6 : Ham atık alım tankları makine ekipman listesi.	52
Çizelge 4.7 : İşlenmiş atık tankları makine ekipman listesi.	54
Çizelge 4.8 : Proses ünitesi makine ekipman listesi.	56
Çizelge 4.9 : Kimyasal atıksu arıtma ünitesi makine ekipman listesi.	58
Çizelge 4.10 : Kazan dairesi ünitesi makine ekipman listesi.	60
Çizelge 4.11 : Soğutma suyu ünitesi makine ekipman listesi.	61
Çizelge 4.12 : İşletmeden kaynaklanan tehlikeli atıklar.	66
Çizelge 4.13 : Prosesten kaynaklanan tehlikeli atıklar.	66
Çizelge 5.1 : Atık kütle denge ve verim analizi (2013).	70
Çizelge 5.2 : Üretilen enerjinin birincil kaynaklara dağılımı [30].	76

Çizelge 5.3 : Türkiye’de termik santrallerde birim enerji üretimi başına CO ₂ miktarı (2012) [31].	77
Çizelge 5.4 : Enerji kaynağına bağlı olarak birim kWh elektrik üretmek için açığa çıkan CO ₂ miktarı (2013) [31].	78
Çizelge 5.5 : Atık kabul tesisi ve liman elektrik tüketimi (kWh).	79
Çizelge 5.6 : Elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesabı...	79
Çizelge 5.7 : Şirket araçlarında kullanılan akaryakıt miktarı (2013).	80
Çizelge 5.8 : Şirket araçlarından kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı [32].	81
Çizelge 5.9 : Kalorifer yakıt sarfiyatları (lt) (2013).	81
Çizelge 5.10 : Kalorifer yakıtı kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı [32].	82
Çizelge 5.11 : Vinç ve forkliftlerden kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı.	82
Çizelge 5.12 : Gemilerde kullanılan yakıtların emisyon faktörleri [33].	83
Çizelge 5.13 : Atık alım gemilerinden kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı....	83
Çizelge 5.14 : Su döngüsü enerji yoğunluk oranları [34].	84
Çizelge 5.15 : Liman ve Atık Kabul Tesisi su tüketimi (2013, m ³).	84
Çizelge 5.16 : Su temininden kaynaklı CO ₂ hesabı.	84
Çizelge 5.17 : İşletmeden kaynaklanan toplam karbon emisyonları (tonCO ₂ /yıl eşdeğeri, 2013).	85
Çizelge 6.1 : Atık yağ ve denizcilik yakıtı maliyet analizi.	90
Çizelge 6.2 : Atık yağ ve denizcilik yakıtı enerji hesabı.	90
Çizelge 6.3 : Atık yağ ve denizcilik yakıtından kaynaklanan sera gazı emisyonları.	91
Çizelge 6.4 : DAF ve NF-UF membran sistemi maliyet analizi.	93
Çizelge 6.5 : DAF ve NF-UF membran sistemi sera gazı emisyon hesabı.	95
Çizelge 6.6 : Doğalgaz sera gazı emisyon hesabı.	96
Çizelge 6.7 : Doğalgaz ve kalorifer yakıtı maliyet analizi.	97
Çizelge 6.8 : Saha aydınlatmalarındaki maliyet analizleri.	98
Çizelge 6.9 : 1 ton biyodizel üretim maliyet hesabı (2013).	100
Çizelge 6.10 : Şirket araçlarında biyodizel kullanılması halinde maliyet analizi ve sera gazı emisyon hesabı.	101
Çizelge 6.11 : Mevcut araçlarla elektrikli araçların maliyet analizi ve oluşturduğu sera gazı emisyon miktarlarının karşılaştırılması.	102
Çizelge 6.12 : Sera gazı emisyonlarının öngörülen senaryolar sonucunda karşılaştırılması.	104

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Türkiye’de kişi başı sera gazı emisyonu (1990-2012) [6].....	10
Şekil 2.2 : Dünyada sera gazları konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi [11]....	12
Şekil 2.3 : Dünyadaki farklı ülkelerde üretim kaynaklı kişi başına düşen emisyon miktarı (ton CO ₂ eşdeğeri) [7].....	15
Şekil 2.4 : Türkiye’nin 1990-2012 yılları arasındaki sera gazı emisyonlarının dağılımı (Mt CO ₂ eşdeğeri) [6].....	15
Şekil 2.5 : Türkiye’nin sera gazı emisyonlarının sektörel bazda yıllar itibariyle değişimi (Mt CO ₂ eşdeğeri) [7].....	16
Şekil 2.6 : Yıllara göre deniz suyundaki sıcaklık artışları [14].	21
Şekil 2.7 : 1990-2012 yılları arasında sektörlere göre fosil yakıtların yanmasından kaynaklı CO ₂ emisyonların karşılaştırılması (%).....	24
Şekil 2.8 : Ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar (CO ₂ eşdeğeri) [6].	26
Şekil 2.9 : Farklı ulaşım çeşitlerinden kaynaklanan CO ₂ emisyon dağılımı (Mt) [6].	26
Şekil 3.1 : Kyoto Protokolü yükümlülükleri kapsamında esneklik mekanizmalarının kullanımı [26].....	39
Şekil 3.2 : Türkiye’de gerçekleştirilen projelerin dağılımları.	40
Şekil 4.1 : Bozcaada açıklarında demirleyen gemilerden atık alımı.	46
Şekil 4.2 : Atık alım gemisindeki slaç tankı.	46
Şekil 4.3 : Atık alım gemisindeki slop tankı.....	46
Şekil 4.4 : Liman iskelesine yanaşan atık alım gemisi.	50
Şekil 4.5 : Ham atık alım tankları ünitesi iş akım şeması.....	53
Şekil 4.6 : Lisanslı atık taşıma araçlarına atık basan pompalar.	54
Şekil 4.7 : İşlenmiş atık tankları ünitesi iş akım şeması.	55
Şekil 4.8 : Proses sahası dekantör ünitesi.	56
Şekil 4.9 : Proses ünitesi iş akım şeması.	57
Şekil 4.10 : Kimyasal atıksu arıtma ünitesi iş akım şeması.....	59
Şekil 4.11 : Kazan dairesi ünitesi iş akım şeması.....	61
Şekil 4.12 : Soğutma suyu ünitesi iş akım şeması.	62
Şekil 4.13 : Lisanslı atık taşıma aracı.	65
Şekil 4.14 : Atık döngüsü.	67
Şekil 5.1 : Atıksu kütle dengesi.	72
Şekil 5.2 : Proses atıksu kütle dengesi.....	73
Şekil 5.3 : Atık giriş çıkış döngüsü.....	74
Şekil 5.4 : İşletmeden kaynaklanan emisyonlar.	85
Şekil 6.1 : Bazı aromatik hidrokarbonların emisyon oranları [35].....	100

GEMİ KAYNAKLI ATIKLARI ALAN BİR ATIK KABUL TESİSİNDE KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Şüphesiz son yılların en popüler gündem maddelerinden biri olan küresel ısınma ve iklim değişikliği yeryüzündeki yaşamı tehdit eden en büyük tehlikelerden biridir. İklim değişikliğine ve küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonlarının minimize edilmesi ve bilimsel araştırmaların sonuçlarına göre önleyici tedbirlerin ivedilikle alınması gerekmektedir. Bu önlemlerden global olan en büyük başarı Kyoto Protokolü ile sağlanmıştır. Bu protokol ile emisyon salımlarından sorumlu ülkelerin karbon salımlarını minimize etmesi gerektiği, karbon salımlarını hesaplamak için ülkelere emisyon salım kotaları getirildiği belirtilmiştir. Bu kotaları aşmamak için seragazı emisyonlarına neden olan emisyonların karbon ayakizi hesabının yapılması ve seragazı envanterlerinin oluşturulması ve bu kotaların altında kalacak çalışmaların gerektiği vurgulanmıştır. Bundan dolayı da protokole taraf ülkeler, sektörlere karbon ayakizi hesaplamalarına gereken önemi vermesi gerektiği vurgulanmıştır.

Karbon ayak izi, birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür. Toplam sera gazı emisyon miktarının birim karbondioksit eşdeğeri cinsinden ifade edilmesi ile karbon ayak izi belirlenmesi yapılmaktadır. IPCC, GHG Protokol, UNFCCC, ISO 14064 standardı bu konuda ülkelere, işletmelere, üreticilere ve tüketicilere vb. yol gösterici olmaktadır. Alınacak önlemler ve yapılacak değişiklikler enerji kullanımında öngörülecek verimlilik çalışmaları öncelikle sürdürülebilir karbon yönetimini gerektirecektir. Sürdürülebilir bir karbon yönetimi sorumlulukların ve idari yapılanmanın kurumsal iklim değişikliği yönetimi yaklaşımı ile belirlenmesini gerektirmektedir. Şirketler ve kuruluşlar, karbon yönetim stratejisini geliştirirken mevcut yönetim sistemini idari yapılanma, veri toplama, raporlama ve paydaşları bilgilendirme boyutlarını dikkate almak kaydı ile iyi analiz ederek karbon yönetimine ilişkin öğeleri sistemine entegre etmeli ve iç hesaplama ve izleme yöntemlerini saptayarak zaman ve maliyet kazancı sağlayacaktır.

Bu çalışma ile ülkemizde, dünyada ve birçok avrupa ülkesinde karbon ayak izi konusundaki yaklaşımları, farklılık gösteren işletmelerdeki metodoloji seçimleri hesaplamaları ve sonuçları incelenmiştir. Seçilen bir atık kabul tesisinde gemilerden atık alınmasını, atığın bertarafına kadar olan süreci incelenmiş, proses çalışması yapılmış, elde edilen veriler doğrultusunda tesise ait sera gazı emisyon envanteri çıkarılmıştır. Sera gazı envanterine yönelik işletmeden kaynaklanan karbon salımlarını azaltmak için çeşitli senaryolar öngörülmüştür. Bu senaryolar sonucunda sera gazı emisyon değerleri IPCC verilerine göre hesaplanmış ve maliyet analizleri çıkarılmıştır.

DETERMINATION OF THE CARBON FOOTPRINT OF A PORT RECEPTION FACILITY FOR SHIP GENERATED WASTE

SUMMARY

Greenhouse gases are those that can absorb and emit radiation within the thermal infrared range. This process is the fundamental cause of the greenhouse effect. In order, the most abundant greenhouse gases in Earth's atmosphere are: water vapor, carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O), ozone (O₃) and CFCs. Greenhouse gases greatly affect the temperature of the Earth. Since 1750, the burning of fossil fuels and extensive clearing of native forests has contributed to a 40% increase in the atmospheric concentration of carbon dioxide, from 280 ppm in 1750 to 392.6 ppm in 2012. Anthropogenic carbon dioxide (CO₂) emissions (i.e., emissions produced by human activities) come from combustion of carbon-based fuels, principally wood, coal, oil, and natural gas.

Greenhouse gases can be emitted through transport, land clearance, production and consumption of food, fuels, manufactured goods, materials, wood, roads, buildings, and services. For simplicity of reporting, it is often expressed in terms of the amount of carbon dioxide, or its equivalent of other greenhouse gases, emitted. Once the size of a carbon footprint is known, a strategy can be devised to reduce it, e.g. by technological developments, better process and product management, carbon capture, consumption strategies, carbon offsetting and others. The most effective way to decrease a carbon footprint is to either decrease the amount of energy needed for production or to decrease the dependence on carbon emitting fuels.

Global warming and climate change, one of the most popular agenda topics at recent years, is one of the biggest dangers that threaten life on earth. It is required to minimize greenhouse gas emissions that cause global warming and climate change and to take preventive measures according to results of scientific research urgently. Because climate change has become an irrepressible problem, extensive studies have been initiated under the guidance of United Nations (UN) and international organizations since the end of 1980s. As a result of these studies and together with "United Nations Climate Change Framework Convention", Kyoto Protocol was signed in 1997. Kyoto Protocol aims to reduce six greenhouse gases including carbon dioxide, methane, nitrous oxide, hydrofluorocarbons, perfluorocarbons, and sulphur hexafluoride. The issue which is principally addressed in Kyoto Protocol is making necessary legal regulations in order to motivate institutions and organizations to reduce human-driven greenhouse gas emissions. Energy sector, compared to other sectors, occupies an important place in greenhouse gas emission. Because of this, the countries that signed the Kyoto Protocol have made their studies, environmental and energy policies concentrated on minimizing environmental pollution, further to that on for minimizing environmental impacts. On a global scale, the greatest success has been achieved by Kyoto Protocol. This protocol, which is the most important step, aims at reducing the number of gas generators by forcing them to pay a price as such

in polluter pays principle. With this protocol, it has been stated that the countries which are responsible for emissions need to minimize carbon emissions and that emission quotas have been set for the countries to calculate carbon emissions. It is emphasized that carbon footprint calculation of emissions which cause greenhouse gas emissions need to be done not to exceed these quotas and greenhouse gas inventories need to be created. It is also stressed that there should be studies which will be below these quotas. Consequently, it is emphasized contracting party countries require to calculate carbon footprint of the sectors and give due importance to create greenhouse gas emission inventories.

Carbon footprint, measured in the unit of carbon dioxide, is a measure of the damage that is caused by human activities in terms of the amount of greenhouse gases produced. Determination of the carbon footprint is performed by denominating total greenhouse gas emission amount in the unit carbon dioxide equivalent. IPCC, GHG, Protocol, UNFCCC and ISO 14064 are guides used for calculation of carbon footprint for the countries, facilities, manufacturers, consumers etc. Sustainable carbon management requires responsibilities and administrative structure which determine with corporate climate change management approach. Countries existing management system when developing the administrative structure of carbon management strategy, data collection, reporting and takes into account the size of informing stakeholders. This situation should integrate better analyze the elements of the system related to carbon management and internal calculations and provide time and money by detecting tracking method.

In this study, carbon footprint of a port reception facility for ship generated waste was determined. First, process units of the reception facility have been investigated. Main units include waste collecting (bilge water, sludge, waste oil, wastewater, solid waste), storing, processing and disposal. Then, carbon footprint was calculated for the facility by using IPCC guidelines. The sources of carbon emissions are electricity consumption, heating oil consumption used in the boilers, fuel consumption of the cranes and forklifts, fuel consumption of waste reception vessels and water consumption in the facility. Finally, different scenarios have been proposed to minimize the emissions caused by the facility. In addition, cost analysis of these scenarios have been done.

Total amount of greenhouse gas emissions of the facility was 3217 tonnes of CO₂ in 2013. 46% of this total amount was from the fuel used for waste reception vessels; 39% was from electricity consumption; 7% was from heating oil consumption used in the boilers; 6% was from water consumption; 2% was from fuel consumption of company cars and less than 1% was from fuel consumption of the cranes and forklifts.

The scenarios, which have been proposed to minimize emissions from the facility, include installation of a pyrolysis unit in order to produce marine fuels; addition of DAF and NF-UF membrane system to the wastewater treatment unit; replacing natural gas instead of heating oil in the boilers; switching to led diodes, changing the fuel of company cars or replacing them with electric cars; buying carbon credit and afforesting. Installation a pyrolysis unit would decrease the total greenhouse gas emissions 100%. Addition of NF-UF system to the wastewater treatment unit would reduce the total emissions at the rate of 10%. Use of natural gas in the boilers and

replacement of company cars with electric ones would decrease total greenhouse gas emissions 2% and 1%, respectively. Buying carbon credit and afforesting would zero the greenhouse gas emissions. By using these alternatives, it is possible to neutralize the greenhouse gas emissions caused by the facility.

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla artan insan nüfusunun çevreye olumsuz etkisi açık olarak gözlenmektedir. Gelişen teknolojinin ortaya çıkardığı yeni sorunlar, çevreyi olumsuz etkilemekte ve çevrenin doğal olarak kendini koruma kapasitesini aşmasına neden olmaktadır. Sanayi devriminin ilk yıllarından itibaren atmosferdeki sera gazlarının miktarı artmaktadır. Bu artış sonucu yeryüzünden yansıyan ışınlar daha fazla tutulmakta, bu da dünyanın ortalama sıcaklığını artırmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile atmosferde Ultraviyole (UV) radyasyonu yükselmekte, stratosferik ozon azalmakta ve atmosferdeki sera gazı miktarları artmaktadır. Fosil yakıtların aşırı kullanımı çevresel faktörlerin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmakta ve bu da iklim değişikliği, kuraklık, kıtlık gibi küresel felaketleri doğurmaktadır. Bu sorunlardan özellikle iklim değişikliği, sera gazı emisyonlarının atmosferde birikmesinden kaynaklanmakta olup, son yıllarda karşı karşıya kalınan en önemli çevre problemlerinin başında gelmektedir.

İklim değişikliği günümüzde hayatımızın her safhasını etkileyen, aynı zamanda gelecek nesilleri de etkileyecek küresel ölçekte bir sorun olarak ifade edilmektedir. İklim değişikliğinin ciddi bir problem halini almasıyla 1980'li yıllardan itibaren Birleşmiş Milletler (BM) ve uluslararası kuruluşların liderliğinde geniş çaplı çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'ne ek olarak 1997 yılında Kyoto'da gerçekleştirilen Kyoto Protokolü oluşturulmuştur. İklim değişikliği ile ilgili atılan en önemli adım olan Kyoto Protokolü sera gazlarını üretenleri kirleten öder prensibinde olduğu gibi bir bedel ödemeye zorlayarak sözkonusu emisyonları azaltmayı amaçlamaktadır.

Enerji sektörü, sera gazı salımında diğer sektörlerle oranla önemli bir paya sahip olması nedeniyle, özellikle Kyoto Protokolünü imzalayan ülkelerde çevre ve enerji politikalarını çevre kirliliğini azaltacak şekilde değiştirmeye yoğunlaştırmıştır. Dünyanın gelecekteki enerji kullanımına ilişkin durumu çeşitli projeksiyonlara rağmen belirsizliğini korumaktadır. Devletler ise iklim değişikliği, ekonomik

kalkınma ve sürdürülebilirlik üçgeninde enerji sektörü ve çevre alanına ilişkin düzenlemelere yoğunlaşmış ve bu konuda arayışlara girmeye başlamıştır.

Avrupa Birliği (AB)'nin iklim değişikliği ile mücadele alanındaki stratejisinin temelini oluşturan 'Emisyon Ticaret Sistemi' (ETS), dünyada sera gazı emisyonlarının ekonomik açıdan verimli bir şekilde sınırlandırılması veya azaltılmasına yönelik olarak karbondioksit emisyonlarının uluslararası ticaret sistemine dahil edilmesi yönündeki bir uygulamadır. Bu mekanizmaların en önemli özelliği emisyon azaltım taahhütlerinin maliyet etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Emisyon azaltım taahhüdü kapsamında yer almayan sektörler ile doğrudan emisyonları bulunmayan ancak sosyal sorumluluk prensibi kapsamında kurumsal faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlarını azaltmak isteyen şirket ve kurumlar ise Kyoto Protokolü Emisyon Ticareti dışında alternatif mekanizmalar oluşturmuşlardır. Gönüllü Emisyon Ticareti, bu kapsamda emisyon azaltım maliyetini düşürmeyi amaçlayan bir düzenektir.

Yukarıda sözü edilen bütün yaklaşımlar, ülke, kurum, kuruluş, yatırımcı ve üreticilere emisyon azaltımı konusunda farkındalık kazandırmıştır. Ayrıca emisyon ticareti mekanizmalarının mevcudiyeti, sözkonusu emisyonların azaltımını çekici hale getirmiştir. Sonuç olarak farklı sektörlerde karbon ayak izi miktarları belirlenmeye başlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada gemi kaynaklı atıkları alan bir atık kabul tesisinde yapılan işlemlere bağlı olarak karbon salımlarının IPCC hesaplama metodolojileri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Atık kabul tesisin mevcut operasyonel işlemlerinden oluşan sera gazı emisyonları belirlenmiş ve sözkonusu emisyonların azaltılmasına yönelik farklı senaryolar önerilerek, ekonomik olarak uygulanabilir emisyon azaltım alternatifleri getirilmiştir.

Bu kapsamda Çanakkale ili yakınlarında yer alan ve atık alım gemileri ile Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerden atık toplama (sintine, slaç, atık yağ, slop, pis su, çöp), depolama, işleme ve bertaraf işlemlerini gerçekleştiren tesise ait elektrik tüketiminden, şirket araçlarındaki yakıt tüketiminden, kazanlardaki yakıt tüketiminden, vinç ve forkliftlerden, atık alım gemilerinde kullanılan yakıt

tüketiminden ve su tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonları hesaplanmış ve tesis için karbon ayak izi çıkarılmıştır. Atık kabul tesisinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltımına yönelik senaryolar belirlenmiş ve uygulandığı takdirde sera gazı emisyonlarındaki değişimler incelenmiştir ve bunlara yönelik çözüm önerileri getirilmiştir.

2. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Küresel ısınma ve iklim değışikliği günümüzdeki en önemli çevre problemlerinden biridir. Bu nedenle son zamanların güncel gündem maddelerinden birisi haline gelmiştir. Bu konuyla ilgili olarak uluslararası alanda atılan en önemli adım Kyoto Protokolü'dür. Protokol ile dünyadaki emisyon salımının %55'inden sorumlu ülkelerde karbon salımları kontrol altına alınmaya çalışılmakta ve protokole taraf ülkelere emisyon salım kotaları (taahhütler sonucu) getirilmektedir. Bu sorumlu ülkeler salım kotalarını aşmamak için birçok sektöre kota uygulamakta, temiz enerji üretimi için destekler vermektedir. Bu gelişmeler farklı fırsatlar ve engeller yaratmaktadır. Dünyada yaşanan bu hızlı değışimin gerisinde kalmamak için, Türkiye'de bulunan işletmelerin de yönetim sistemleri içine ivedilikle karbon yönetimi'ni dahil etmesi, yeni şekillenebilecek ticaret kurallarına hazır hale gelmesi, kurumsal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için gerekli şart olmuştur.

Küresel ısınma ve iklimin değışebilme olasılığı, ilk kez 1896 yılında Nobel Ödülü sahibi İsveçli Svante Arrhenius tarafından öngörülmüştür. Sözkonusu öngörü ancak 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)'nün öncülüğünde düzenlenen Birinci Dünya İklim Konferasında ortaya konmuş olup bu, iklim değışikliğiyle ilgili ilk adım sayılmaktadır. Sonraki yıllarda birçok uluslararası konferans yapılarak küresel ısınmayla mücadele için adımlar atılmıştır. Bu adımlardan biri de, Birleşmiş Milletler İklim Değışikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'dir. İklim değışikliğine neden olan sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik eylem stratejilerini ve yükümlölüklerini düzenleyen bu sözleşme, Kyoto Protokolü'nün de zeminini oluşturmuştur. Haziran 1992'de Rio'da gerçekleştirilen Yerküre Zirvesi'nde (UNCED) imzaya açılan ve Mart 1994'de yürürlüğe giren İklim Değışikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS)'nin amacı, iklim sistemi üzerindeki etkilerini minimum seviyede tutmak amacıyla atmosferdeki sera gazlarının artışını durdurmaktır. Bu sözleşmede insan kaynaklı sera gazı salımlarını 2000 yılına kadar 1990 düzeylerinde tutma yükümlölüğü (emisyon azaltımı) Ek-I Taraflarına, Gelişme Yolundaki Ülkelere (GYÜ) mali kaynak ve teknoloji aktarılması vb. gibi yükümlölükler ise Ek-II

Taraflarına bırakılmıştır. BMİDÇS’nde ülkelerin sınıflandırılması ve sorumlulukları Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : BMİDÇS’nde Ülkelerin Sınıflandırılması [1].

Listeler	Ülkeler	Sorumluluklar
Ek-I	OECD+AB+PEGSÜ 40 Ülke +Türkiye (Özel Şartlar Tanınarak)	Emisyon Azaltımı
Ek-II	OECD+AB-15 (25 Ülke) Türkiye Hariç	Teknoloji Transferi ve Mali Destek Sağlamak
Ek-I Dışı	Diğer Ülkeler (Çin,Hindistan,Pakistan,Meksika, Brezilya)	Yükümlülükleri Yok

Kyoto protokolünde belirlenen hedeflere ulaşmak için piyasa ekonomisi ilkelerine göre geliştirilen esneklik mekanizmaları ve protokoldeki yükümlülüklerle uyulmaması halinde geliştirilen yaptırımlar sistemi, Kyoto Protokolü’nü diğer uluslararası çevre sözleşmelerinden farklı kılan en önemli özellikler arasında sayılmaktadır.

Çizelge 2.2 : Kyoto Protokolü’nde Ülkelerin Sınıflandırılması [1].

Listeler	Ülkeler	Sorumluluklar
Ek-I	OECD+AB+PEGSÜ (40 Ülke)	Emisyon Azaltımı
Ek-II	OECD+AB-15 (25 Ülke) Diğer Ülkeler	Teknoloji Transferi ve Mali Destek Sağlamak
Ek-I Dışı	(Çin,Hindistan, Pakistan, Meksika,Brezilya...)	Yükümlülükleri Yok
Ek-B	Ek-I Ülkeleri (38 Ülke), Türkiye ve Belarus hariç.	2008-2012 arası dönem için 1990 seviyesine göre sera gazı emisyonlarında %5 azaltım

Kyoto protokolü kapsamında sera gazları ve sektörlerin daha ayrıntılı tanımlanmasıyla, ilk yükümlülük dönemi olan 2008-2012 yılları arasında Ek-I ülkelerinin sera gazı emisyonlarının 1990 yılı seviyesinin toplamda %5,2 altına çekilmesi hedefi ortaya konulmuştur. Söz konusu %5,2’lik azaltım hedefi, İDÇS’nin Ek-I listesinde yer alan her taraf ülkenin kendisi için bir emisyon azaltım hedefi öngörmesi, daha sonra bu hedeflerin İDÇS’ye taraf olan ülkelerin katıldığı müzakere

sürecinde karşılıklı görüşmeler sonucunda, üzerinde ortak bir noktada uzlaşılması ile ortaya çıkarılmıştır. Kyoto Protokolü'nde ülkelerin sınıflandırılması Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne, yaklaşık 200 ülke ve Avrupa Topluluğu, Kyoto Protokolü'ne ise AB dahil 182 ülke ve 1 ekonomik topluluk taraf olmuştur. Türkiye, BMİDÇS'ne 2004, Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında taraf olmuştur. Bununla birlikte Türkiye, Kyoto Protokolü Ek-B listesinde yer almadığı için sera gazı azaltımı ile ilgili herhangi bir yükümlülük taahhüdü olmamıştır. Bu konudaki faaliyetler ülkedeki kurumlar içinde gönüllülük esasıyla yürütülmektedir.

2.1 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri

Ülkemizde, ulusal sera gazı emisyon envanteri Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) rehberinde önerilen yaklaşımlar kullanılarak enerji, endüstriyel işlemler, çözücü ve diğer işlemlerin kullanımı, tarımsal faaliyetler, atıklardan kaynaklanan emisyonlar ile yutak alanlarda karbon alımının, Türkiye ölçeğinde yıllık olarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Enerji kaynaklı emisyonlar, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) enerji-denge tabloları kullanılarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından hesaplanmaktadır. Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri;

- Veri toplama,
- Verilerin işlenmesi,
- Tahminler için emisyon faktörlerinin belirlenmesi,
- Emisyonların hesaplanması,
- Anahtar sera gazı emisyon kaynaklarının belirlenmesi,
- Sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan belirsizlik ve eğilim analizlerinden

oluşmaktadır.

2.2 Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, harcanan birim enerjinin daha fazla hizmet ve ürüne dönüşmesini sağlamak için kullanılan bir göstergedir. Enerjinin güvenilir, zamanında, kesintisiz

ve çevreye uyumlu temin edilmesi politikası çerçevesinde, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimine yönelmenin yanı sıra, ağırlık verilmesi gereken temel bir politika da enerji verimliliğinin artırılmasıdır.

Enerji verimliliği AB’de, enerji ve iklim politikasının en önemli bileşeni haline gelmiştir. Enerji verimliliğini arttırmak suretiyle enerji güvenliği artırılırken, CO₂ azaltma taahhüdünün yarısının da verimlilik artışıyla sağlanması planlanmıştır. Çizelge 2.3 bazı ülkelerdeki 2009 yılına ait enerji verilerini göstermektedir.

Çizelge 2.3 : Bazı Ülkelerdeki Enerji Göstergeleri, 2009 [2].

Bölge/ Ülke	Nüfus (Milyon)	GSYMH (Milyar Dolar ₂₀₀₀)*	Birincil Enerji Tüketimi m(TEP)	BET/Nüfus (TEP/kişi)	Elektrik Tüketimi/ Nüfus (kwh/kişi)	Enerji Yoğunluğu (TEP/ Dolar ₂₀₀₀)*	Karbondioksit Yoğunluğu (Kg CO ₂ /Dolar ₂₀₀₀)*
DÜNYA	6.761	39.674	12.150	1,80	2.730	0,31	0,73
OECD	1.225	29.663	5.238	4,28	8.012	0,18	0,41
TÜRKİYE	72	357	97,7	1,36	2.296	0,27	0,72
Çin	1.331	2.938	2.257	1,70	2.631	0,77	2,33
ABD	308	11.357	2.162	7,03	12.884	0,19	0,46
Almanya	82	1.999	555	3,89	6.781	0,16	0,38
Japonya	127	4.872	472	3,71	7.833	0,10	0,22
Fransa	65	1.473	483	3,97	7.494	0,18	0,24
İngiltere	62	1.677	196	3,18	5.693	0,12	0,28
Danimarka	6	167,7	18,6	3,37	6.248	0,11	0,28
İtalya	60	1.111	165	2,74	6.648	0,13	0,40
İspanya	46	713	126	2,75	6.004	0,18	0,40
Hollanda	17	433	78	4,73	6.897	0,18	0,41
Yunanistan	11	168	30	2,61	5.540	0,18	0,54
Portekiz	11	123	24	2,27	4.815	0,20	0,43
Bulgaristan	8	19	17,48	2,30	4.401	0,91	0,56
Çekoslovakya	11	76	42	4,00	6.103	0,55	1,45
Meksika	107	724	174	1,63	2.026	0,24	0,55
Endonezya	230	258	202	0,88	609	0,78	1,46

*2000 yılında \$ değerlerini ifade etmektedir.

Türkiye, birincil enerji tüketimi açısından ‘enerji yoğun’ ekonomilerden birisi olarak değerlendirilmektedir. Birincil enerji tüketimi 2009 yılı verilerine göre; Türkiye’nin 0,27 TEP/Dolar değeriyle, OECD ortalaması olan 0,18 TEP/Dolar Gayrisafi Yurt İçi Milli Hasıla (GSYMH) ile karşılaştırıldığında, 100 dolar GSYMH üretmek için daha fazla enerji harcadığı görülmektedir. Birincil enerji yoğunluğu AB’nin ortalama değeriyle de mukayese edildiğinde oldukça yüksektir. 2007 yılında Türkiye’nin enerji yoğunluğu Euro bazında 251 KEP/1000 € iken, AB’nin ortalama değeri 169 KEP/1000 €’dur. Ancak kişi başına elektrik enerjisi tüketimi, 2009 yılı OECD ortalaması olan 8.012 kwh ile mukayese edildiğinde, ülkemizdeki 2296 kwh (2010 yılı için 3010 kwh) değeri ile kişi başına elektrik tüketimi düşük OECD üyesi ülkelerden birisidir. Türkiye’nin karbondioksit yoğunluğu (0,72 CO₂/Dolar), dünya ortalaması civarında (0,73 CO₂/Dolar), OECD ülkeleri ortalamasının (0,42 CO₂/Dolar) oldukça üstündedir.

2.3 Enerji ve Karbon Paritesi

Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve sera gazı emisyonlarına ilişkin göstergelerine bakıldığında gerek ekonomik kalkınmışlık düzeyi, gerekse sera gazı emisyonları açısından BMİDÇS'nin Ek-I'inde yer alan gelişmiş ülkelerle benzer durumda olmadığı görülmektedir. Türkiye'nin kişi başı elektrik tüketimi ve kişi başı sera gazı emisyonları, OECD ülkelerinin yaklaşık üçte bir oranındadır. Türkiye'de ekonominin enerji yoğunluğu ise OECD ülkelerindekinden yaklaşık %30 daha fazladır [3].

Türkiye'nin 2007 yılı kişi başı sera gazı emisyonu 5,3 ton CO₂ eşdeğeridir. Aynı dönemde, kişi başı emisyon OECD'de 11 ton CO₂, Avrupa Birliği'ne üye 27 ülkede ortalama 10 ton CO₂ eşdeğeridir. Diğer yandan, Türkiye'nin kişi başı sera gazı emisyonu, BMİDÇS Ek-I ülkelerinin tamamından, ayrıca Meksika, Brezilya, Güney Kore ve Arjantin gibi ekonomileri hızla gelişmekte olan ve ekonomik yapıları Türkiye'ye benzeyen Ek-I dışı ülkelere düşük bir değere sahiptir [4]. Bununla birlikte 1990-2007 yılları arasında Türkiye'de enerji sektörü emisyonları %223, elektrik sektörü emisyonları ise %352 oranında artış göstermiştir. ETKB'nin ekonomik kriz öncesi tahminlerine göre elektrik sektörü karbondioksit emisyonlarında 2020 yılına kadar 1990 yılına göre %732'lik bir artış gerçekleşeceği öngörülmektedir. Bu durum, Türkiye için emisyon azaltımının mevcut şartlar ve eğilimler altında mümkün olmadığını, ancak emisyon artışından azaltım yapılmasının ya da emisyon sınırlama politikasının tek seçenek olduğunu ortaya koymaktadır.

Ekonomik denge modeli sonuçlarına göre karbondioksit emisyonlarını 2005 yılı seviyelerinde tutmanın Türkiye'ye getireceği mali yük 2020 yılında GSYMH'nin %17'sine, 2030 yılında ise %23'üne karşılık gelmektedir (Kumbaroğlu ve arkadaşları, 2009). Bu senaryonun enerji sektörüne maliyetinin ise 2020 yılında 164 milyar ABD Doları ve 2030 yılında ise 363 milyar ABD Doları değerinde olabileceği hesaplanmıştır [5]. Bu öngörülen maliyetlerin karşılanabilmesi Türkiye'nin BMİDÇS ve ilgili diğer uluslararası düzenlemelerde gelişmekte olan ülkelerle benzer konumunda olması koşuluyla, uzun vadede düşük karbon ekonomisine geçişi ile mümkün olabileceği ifade edilmektedir. BMİDÇS'ye sunulan Türkiye Sera Gazı Envanteri'ne göre ülkemizdeki 2008 yılı emisyonları 1990'a göre %96 artış göstererek 366 milyon ton CO₂ eşdeğer seviyesine ulaşmış (2007 yılında 372 milyon ton CO₂ eşdeğeri), enerji sektörünün toplam emisyonlardaki payı ise %75,8

oranında gerçekleşmiştir. Çizelge 2.4 incelendiğinde toplam sera gazı emisyonları içinde en büyük payı CO₂'nin oluşturduğu görülmektedir. 1990 yılına göre CO₂ kaynaklı emisyonlar, 2012 yılında %252,5 artarak 357,5 Mt CO₂ değerine ulaşmış olup, toplam emisyonların %81'ini oluşturmaktadır. 2012 yılında toplam emisyon değeri 439,9 Mt CO₂'dir.

Çizelge 2.4 : Türkiye'nin toplam seragazı emisyonları (Mt CO₂ eşdeğeri) [6].

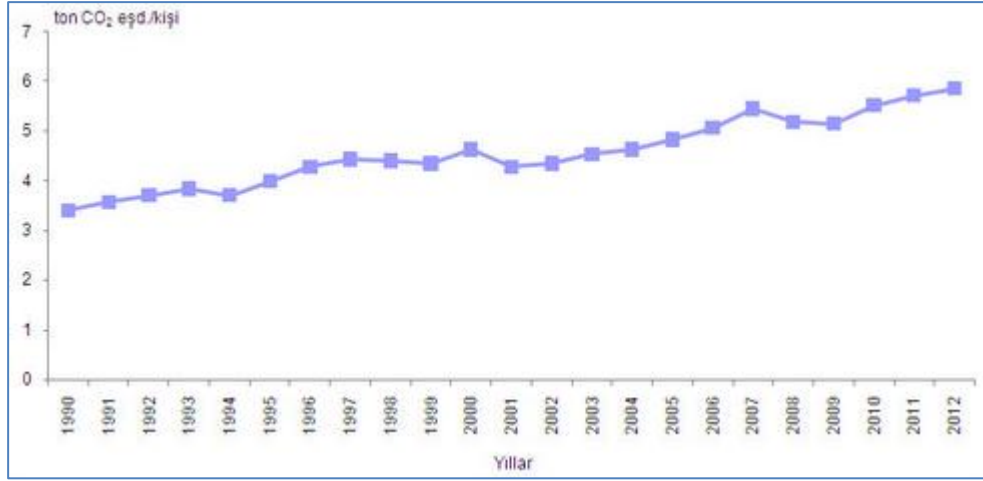
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
CO ₂	141,56	174,09	225,61	259,77	326,55	344,69	357,50
CH ₄	34,05	47,39	53,81	52,82	57,59	58,81	61,62
N ₂ O	12,22	16,82	17,14	14,67	13,08	12,65	14,79
F gazları	0,6	0,52	1,66	3,73	4,89	6,26	5,96
Toplam	188,43	238,82	298,21	330,98	402,01	422,42	439,87

Çizelge 2.5 sera gazı emisyonlarının Türkiye'de sektörlere göre dağılımını göstermektedir. 2012 yılında toplam emisyonların %70,2'lik kısmını enerji, %14,3'ünü endüstriyel işlemler, %7,3'ünü tarımsal faaliyetler ve 8,2'sini ise atık oluşturmuş olup, en büyük pay enerji sektöründen kaynaklanmaktadır. CO₂ eşdeğeri olarak 2012 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %133,4 artış göstermiştir. CH₄ emisyonlarının %55,7'si atıktan, %34,8'i tarımsal faaliyetlerden, %9,5'i ise enerji ve endüstriyel işlemlerden kaynaklanmıştır. N₂O emisyonlarının %73,4'ü tarımsal faaliyetlerden, %12,8'i atıktan, %7,1'i endüstriyel işlemlerden, %6,7'si ise enerjiden kaynaklanmıştır. Kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 1990 yılında 3,4 ton/kişi iken, bu değer 2012 yılında 5,9 ton/kişi değerine yükselmiştir (Şekil 2.1).

Çizelge 2.5 : Sektörlere göre sera gazı emisyonları (milyon ton CO₂ eşdeğeri) [6].

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
Enerji	132,88	161,50	213,20	242,34	285,07	301,25	308,60
Endüstriyel İşlemler	15,44	24,21	24,37	28,78	53,94	56,21	62,90
Tarımsal Faaliyetler	30,39	29,23	27,85	26,28	27,13	28,83	32,30
Atık	9,72	23,88	32,79	33,58	35,97	36,13	36,20
1990 yılına göre artış yüzdesi %	-	26,74	58,26	75,65	113,39	124,17	133,40

* Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık AKAKDO hariç (LULUFC) bu hesaplamalara dahil edilmemiştir.



Şekil 2.1 : Türkiye’de kişi başı seragazı emisyonu (1990-2012) [6].

2.4 Sera Gazları

Sera gazları, sera etkisine neden olan ve en çok ısı tutma özelliğine sahip olan atmosferdeki bileşiklerdir. Doğrudan sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve F gazları, dolaylı sera gazları ise azot oksitler (NO_x), metan dışı organik bileşikler (NMVOC) ve karbonmonoksit (CO) gazlarını içermektedir. Antropojenik (insan kaynaklı) faaliyetlerden dolayı bu gazların konsantrasyonlarında artışlar olur ve bunun sonucunda sera etkisi görülür.

Kyoto Protokolü’nde öncelikli olarak altı adet sera gazının; Karbondioksit (CO₂) Metan (CH₄), Diazot monoksit (N₂O), Hidroflorokarbonlar (HFCs), Perflorokarbonlar (PFCs), Kükürt hekzaflorür (SF₆) kontrol altına alınması planlanmıştır.

2.4.1 Karbondioksit (CO₂)

Karbondioksit, günümüzde sera gazı emisyonlarının yaklaşık %75’ini oluşturmaktadır. 2009 yılındaki ekonomik kriz nedeniyle EK-1 dışı gelişmiş ülkelerde küresel CO₂ emisyonlarında %1,5 azalma görülmüştür. Gelişmiş ülkelerde CO₂ emisyonları %6,5 düşerken, Çin ve Hindistan’da CO₂ emisyonlarında %3 artış gözlenmiştir [2]. Karbondioksit emisyonlarının çoğu, enerji üretiminden ve fosil yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır. Sanayileşme devriminden önce atmosferdeki toplam CO₂ miktarı 600 milyar ton tahmin edilirken, bugün bu miktarın yaklaşık 750 milyar tona çıktığı bildirilmektedir. OECD ülkelerine bağlı olan emisyonlarındaki yavaşlamalar, OECD harici ülkelerdeki emisyon artışını (özellikle

Çin'in 2007'den itibaren enerjiye bağlı sera gazı emisyonlarındaki artıştan dolayı telafi etmiştir [2]. 2009 yılında, karbondioksit (CO_2) emisyonlarının %43'ü kömüre, %37'si petrole ve %20'si doğalgaza bağlı olan fosil yakıtların yanmasından kaynaklanmıştır. Günümüzde özellikle BRIICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Endonezya, Çin, Güney Afrika) ülkelerinde hızlı büyüyen ekonomi, termik santrallerdeki yoğun karbon kullanımının artmasına neden olmuştur [7].

2.4.2 Metan (CH_4)

Metan, insan kaynaklı küresel ısınmaya en çok ikinci katkıyı yapan ve CO_2 'ye göre sera etkisi 21 kat daha fazla olan bir gazdır. Metan atmosferde hidroksil radikali ile reaksiyona girer ve nihai olarak CO_2 'ye dönüşür [8]. Metan oksijensiz ortamda mikrobik aktivite ile üretilir. Başlıca kaynak alanları ıslak alanlar, petrol ve gaz çıkarılması, organik çürümeler, akarsu havzaları, pirinç üretimi, geniş getiren hayvanların fermantasyonlarıdır. Metan emisyonları, günümüzde insan kaynaklı ısınmanın üçte birini oluşturmaktadır. Kısa vadede metan emisyonlarının sınırlandırılması, küresel ısınmanın kısa dönemde oranını azaltmada ve iklim taşıma noktalarının aşılmasını engellemede kritik bir öneme sahiptir. Metan, antropojenik ve doğal kaynakların her ikisinden de yayılır. Küresel metan emisyonlarının %50'sinden fazlası fosil yakıt üretimi gibi insan aktiviteleri, hayvancılık (hayvancılık ve gübre yönetiminde bağırsak fermantasyonu), pirinç ekimi, biyokütle yakma ve atık yönetiminden kaynaklanır. Metanın doğal kaynaklarını sulak alanlar, gaz hidratlar, kutuplarda bulunan donmuş kara parçaları, sulak olmayan araziler, kontrol edilemeyen yangınlar oluşturur [7].

2.4.3 Kloroflorokarbonlar (CFC)

Bu sınıftaki gazlar tamamen insan kaynaklıdır. Bunlar CFC-11 (CFCl_3), CFC-12 (CCl_2F_2), CFC-113 ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$), ve CCl_4 gazlarıdır. Her yıl yaklaşık 800.000 metrik ton kloroflorokarbon (CFC) atmosfere salıverilmektedir. Bunların atmosferde bozunmadan kalış süreleri 100 yıldır ve yapılan anlaşmalar sonucu tüm dünyada kullanımdan kaldırılma tarihi ise 1996 olarak belirlenmiştir. Bu bileşenler solventlerde (çözücüler), soğutma sistemlerinde, sprey ve köpük üretiminde kullanılmaktadır. Kloroflorokarbonların konsantrasyon değerleri güney yarım küreye nazaran kuzey yarım kürede daha fazladır.

2.4.4 Perflorokarbonlar (PFCs), Hidroflorokarbonlar (HFCs) ve Kükürt Hekza Florür (SF₆)

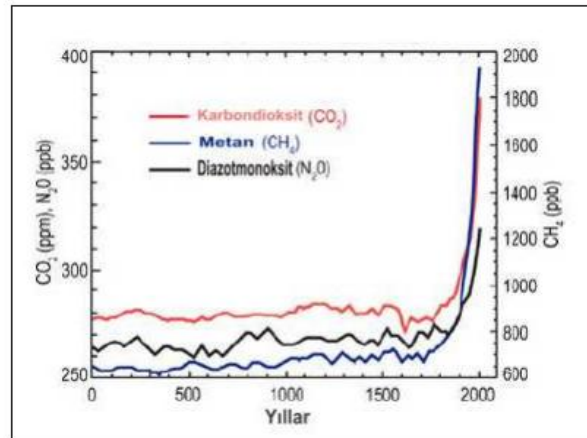
HFCs, PFCs ve SF₆, yüksek küresel ısınma potansiyeline sahiptir. İlk olarak, 1930’larda keşfedilen bu gazlar, alüminyum ve magnezyum üretiminde, yarı iletken imalatında, soğutucu, buzdolabı üretiminde ve spreylere kullanılmışlardır. Montreal Protokolü’nde CFC’lerin yasaklanması sonucunda, HFCs, PFCs, ve SF₆’nın kullanımı artmış olup, dolayısıyla emisyonları da artmaya başlamıştır [9].

HFCs, ozonu incelten maddeler yerine kullanılmaktadır ve günümüzde ısıtmaya olan etkileri düşüktür. Ancak toplamda sera gazı özelliği gösteren maddelere katkısı bulunmaktadır [8]. PFCs ve SF₆ gazlarının hızlı bir büyüme oranına, çok uzun atmosfer ömürlerine sahip olmaları ve kızılötesi ışınları tutabilme özellikleri nedeni ile gelecekte iklim üzerinde etkili olabilecekleri düşünülmektedir [10].

2.4.5 Diazot Monoksit (N₂O)

Diazot monoksit (N₂O) atmosferde çok uzun bir süre kalır (yaklaşık 120 yıl) ve ısı tutma kapasitesi karbondioksit (CO₂) göre 310 kat daha fazladır. Bu nedenle küresel ısınma potansiyeli oldukça yüksektir. Diazot monoksit emisyonlarının %40’ı antropojenik faaliyetlerdir ve ağırlıklı olarak toprak yönetiminden, fosil yakıtların yanmasından, adipik asit (naylon üretiminde kullanılır) ve nitrik asit (HNO₃) (gübre ve madencilik sektörü için) üretiminden kaynaklanır [7].

Diazot monoksit konsantrasyonu 2000 yılında ortalama 320 ppb_v olarak belirlenmiştir. Dünyada sera etkisine neden olan gazların yıllar itibariyle değişimi Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 : Dünyada sera gazları konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi [11].

2.5 Türkiye'nin Sera Gazı Emisyon Eğilimleri

Türkiye'nin sosyo-ekonomik, enerji ve karbon verilerinin 1990-2012 yılları arasında karşılaştırılması Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 : Türkiye'nin sosyo-ekonomik, enerji ve karbon verilerinin 1990-2012 yılları arasında karşılaştırılması.

Göstergeler		1990	2012	1990-2012 (% Değişim)
Sosyo-Ekonomik	GSYH (milyar \$)	306.90	786,30	156,20
	Nüfus (milyon kişi)	56,20	75,63	34,57
	Kişi başı GSYH \$/kişi	5.466	10.459	91,34
Enerji	Toplam Birincil Enerji Arzı (MTEP)	53,00	119,50	125,47
	Toplam Elektrik Üretimi (milyar kwh)	57.5	239,50	316,52
	Kişi Başı Birincil Enerji Arzı (TEP/kişi)	0.94	1,58	68,08
	Kişi Başı Elektrik Üretimi (kwh/kişi)	1.023	3.167	209,50
	Kişi Başı Elektrik Tüketimi (kwh/kişi)	1.024	2.562	150,20
	Ekonominin Enerji Yoğunluğu (TEP/bin \$)	0.17	0,15	-11,77
Karbon	Toplam Sera Gazı Emisyonları (Mton CO ₂)	187.03	439,90	135,20
	Toplam CO ₂ Emisyonları (Mton CO ₂)	126.70	357,50	182,16
	Elektrik Üretiminden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (Mton CO ₂)	30.44	126,79	315,00
	Toplam Yutaklar (Mton CO ₂)	44.87	59,81	33,29
	Kişi Başı Sera Gazı Emisyonları ton CO ₂ /kişi	3.33	5,90	77,17
	Ekonominin Karbon Yoğunluğu (ton CO ₂ /bin \$)	0.61	0,56	-8,20
	Enerji Arzının Karbon Yoğunluğu (ton CO ₂ /TEP)	3,53	3,68	4,20

Çizelge 2.6'daki veriler baz alındığında ekonominin enerji yoğunluğundaki düşüş 1990-2012 yılları arasında %11,8 olurken, aynı yıllar arasında ekonominin karbon yoğunluğunun sadece %8,2 oranında düşmesi, enerji arzındaki karbon yoğunluğunun ise %4,2 oranında artması, enerji arzından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda daha fazla gayret gösterilmesi gerektiğini göstermektedir. Kişi başına düşen sera gazı emisyonları her yıl artmakta olup, 2012 yılında bu değer 1990 yılına göre %77,2 artış ile 5,90 ton CO₂'ye ulaşmıştır. Buna ilaveten, 1990-2012 yılları arasında toplam yutaklarda %33,3 artış olması, ağaçlandırmaya daha fazla önemin verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Çizelge 2.7'de arazi kullanımı ve

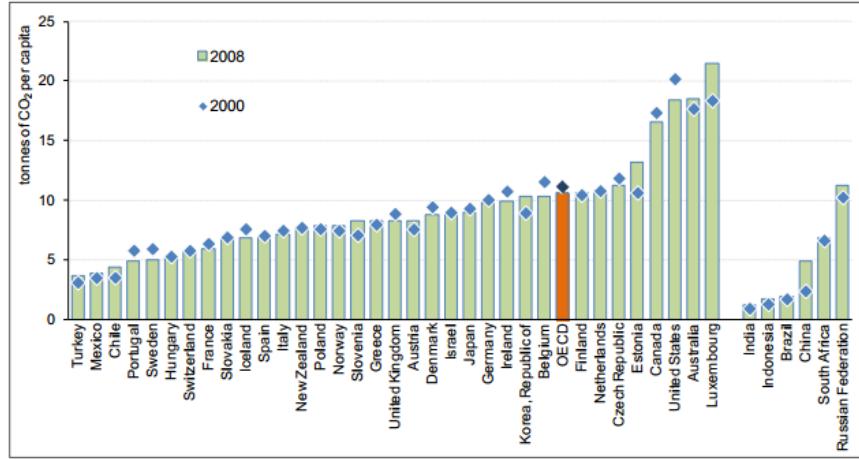
arazi kullanımındaki değişiklik ile ormancılıktan kaynaklı emisyonlar tabloya dahil edilmemiştir. Ayrıca solvent ve diğer ürünlerin kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonları Türkiye için hesaplanmadığından, bu emisyonlar da çizelgeye dahil edilmemiştir. Dünyadaki farklı ülkelerde üretim kaynaklı kişi başına düşen emisyon miktarları Şekil 2.3’de verilmiştir. Türkiye’de 2008 yılında kişi başına düşen emisyon miktarı 2000 yılına göre çok fazla değişim göstermemiştir. Üretim kaynaklı kişi başına düşen en fazla emisyon miktarı olan ülke Lüksemburg’tur. Lüksemburg’u sırasıyla Avusturya ve Amerika Birleşik Devletleri izlemektedir.

Çizelge 2.7 : Türkiye’nin sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları (Mt CO₂ eşdeğeri) [6].

Sektörler	Yıllar							
	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011	2012
Toplam (LULUFC hariç)	188,43	238,82	298,09	330,74	371,15	403,49	424,09	439,87
Enerji	132,88	161,50	213,23	242,41	279,01	285,14	301,34	308,60
Endüstriyel Faaliyetler	15,44	24,21	24,37	28,78	33,16	55,67	58,61	62,77
Solvent ve Diğer Ürünlerin Kullanımı	0	0	0	0	0	0	0	0
Tarım	30,39	29,23	27,85	26,28	26,10	27,13	28,83	32,28
Atık	9,72	23,88	32,64	33,27	32,88	35,56	35,31	36,22
1990 ile karşılaştırılması % (LULUFC hariç)	100,00	126,74	158,19	175,52	196,96	214,13	225,06	233,44
Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımında Değişiklik ve Ormancılık	-44,07	-47,57	-50,06	-49,73	-56,35	-57,85	-60,83	-59,82

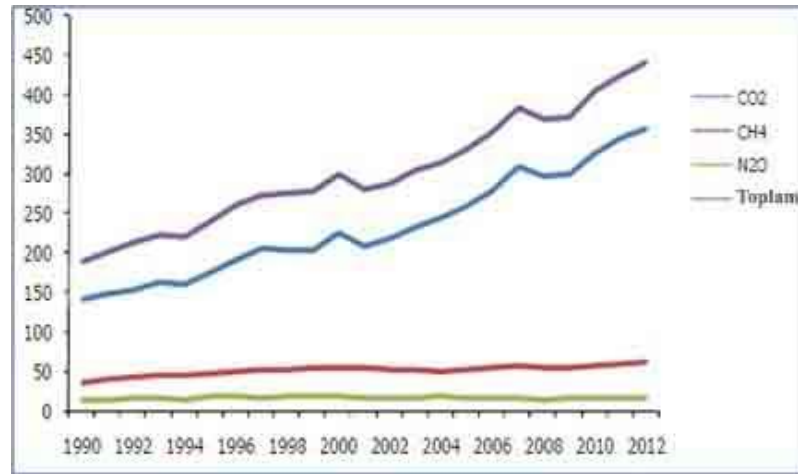
Not: Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişimlerinden kaynaklı ve ormancılık emisyonları tabloya dahil edilmemiştir. Türkiye’de solvent ve diğer ürünlerin kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonları hesaplanamadığından sıfır alınmıştır.

Türkiye’nin 1990-2012 yılları arası toplam sera gazı emisyon envanteri (1990-2012) 15 Nisan 2014’de BMİDÇS Sekreteryası’na sunulmuş olup, farklı sektörlerden kaynaklanan emisyon miktarları Çizelge 2.7’de özetlenmiştir [12].



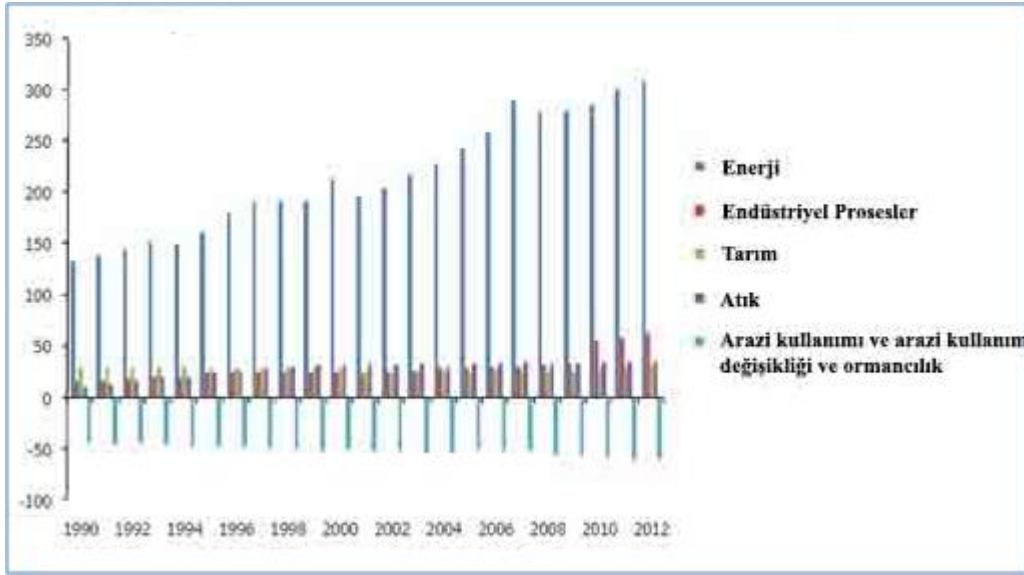
Şekil 2.3 : Dünyadaki farklı ülkelerde üretim kaynaklı kişi başına düşen emisyon miktarı (ton CO₂ eşdeğeri) [7].

Türkiye’de sera gazı emisyonları konusunda sektörler arası bir karşılaştırma yapıldığında, 2005 yılından itibaren atıklardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hemen hemen sabit kaldığı, toplam emisyonlardaki artışın büyük oranda enerji üretim ve tüketimi ile endüstriyel süreçlerden kaynaklandığı görülmektedir. Toplam emisyonlar içinde en büyük payı %75 ile enerji sektörü almaktadır. 2012 yılında enerjiden kaynaklı emisyonlar 1990 yılına göre %132,2 artış göstermiştir. 1990-2012 yılları arasında Türkiye’deki sera gazı emisyon dağılımları Şekil 2.4’de gösterilmiştir. Şekil 2.4’den görüldüğü üzere ülkemizdeki CO₂ emisyonları 1990 yılında 150 Mt iken, 2012 yılında 350 Mt’a ulaşmıştır. Bununla birlikte CH₄ ve N₂O emisyonlarının 1990-2012 yılları arasında büyük oranda değişmediği gözlenmektedir.



Şekil 2.4 : Türkiye’nin 1990-2012 yılları arasındaki seragazı emisyonlarının dağılımı (Mt CO₂ eşdeğeri) [6].

Sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı ise Şekil 2.5’de gösterilmektedir. Sera gazı emisyonlarının sektörel bazda yıllar itibariyle değişimi 2001 yılındaki ekonomik kriz dönemi dışında 2012 yılına kadar sürekli artış göstermiştir. Endüstriyel proseslerden kaynaklı emisyonlar 1990-2008 yılları arasında değişim göstermezken, sonraki yıllarda yaklaşık %100 oranında artmıştır. Toplam emisyonlardaki artışın büyük oranda enerji üretim ve tüketimi ile endüstriyel süreçlerden kaynaklandığı görülmektedir.



Şekil 2.5 : Türkiye’nin sera gazı emisyonlarının sektörel bazda yıllar itibariyle değişimi (Mt CO₂ eşdeğeri) [7].

Toplam emisyonlar içinde en büyük payı %80 ile enerji sektörü almaktadır. Enerji sektörü kapsamında enerji üretimi, sanayi, ulaştırma ve diğer sektörlerde (binalar, tarım, ormancılık ve balıkçılık faaliyetlerinde) yakılan yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar yer almaktadır. Enerji sektörünü % 8’lik paylar ile atık ve sanayi sektörleri, %7 ile tarım sektörü takip etmiştir.

2.6 Dolaylı Sera Gazları Emisyon Dağılımları

CO (karbonmonoksit), NO_x (azot oksitler) ve NMVOC küresel iklim değişikliğini etkileyen dolaylı sera gazlarıdır. Çizelge 2.8, 2.9 ve 2.10 karbonmonoksit, azot oksitler ve NMVOC emisyonlarının Türkiye’de sektörel bazda dağılımlarını göstermektedir.

Türkiye’deki karbonmonoksit emisyonlarının sektörel bazda değerleri Çizelge 2.8’de gösterilmiştir. Karbonmonoksit emisyonları 1990 yılında 3643,9 bin ton CO₂

eşdeğerinde iken, bu değer 2000 yılında %18’lik bir artış ile 4297,4 bin ton CO₂ eşdeğerine ulaşmış, 2012 yılında ise 1990 yılına göre %18’lik bir düşüş ile 2988,3 bin ton CO₂ eşdeğerine azalmıştır. 1990 yılında CO emisyonlarının %94,5’i enerjiden, %0,5’i endüstriyel işlemlerden, %5’i de tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmıştır. 2012 yılında ise CO emisyonlarının %93,5’i enerjiden, %0,2’si endüstriyel işlemlerden, %6,3’ü ise tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmış olup, en yüksek pay enerji sektörüne aittir. 1990 yılında enerji sektöründen kaynaklanan CO emisyonlarının %0,2’si çevrim ve enerji sektöründen (elektrik tüketimi ve petrol rafinerileri), %1,2’si sanayi sektöründen, %44’ü ulaşım sektöründen, %54,6’sı diğer sektörlerden kaynaklanmaktadır. 2012 yılında enerji sektöründen kaynaklanan CO emisyonlarının %1,3’ü çevrim ve enerji sektöründen (elektrik tüketimi ve petrol rafinerileri), %2,1’i sanayi sektöründen, %46,5’i ulaşım sektöründen, %50,1 i diğer sektörlerden kaynaklanmaktadır. 1990 yılında toplam enerjiden kaynaklanan CO emisyonları 2012 yılında toplam enerjiden kaynaklanan CO emisyonlarına göre %19 azalmıştır.

Çizelge 2.8 : Türkiye’de karbonmonoksit emisyonları (bin ton CO₂ eşdeğeri) [6].

Sera Gazı Kaynakları	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
Toplam	3643,94	4678,82	4297,36	3260,61	3483,87	2964,17	2988,26
Enerji	3445,45	4491,64	4090,47	3036,11	3287,61	2751,33	2792,40
Yakıt Yanması	3445,45	4491,64	4090,47	3036,11	3287,61	2751,33	2792,40
Çevrim ve Enerji Sektörü	7,76	10,82	18,73	23,14	117,34	33,40	37,36
Elektrik Tüketimi	7,00	10,08	17,76	22,16	115,83	31,87	36,48
Petrol Rafineri	0,76	0,74	0,97	0,98	1,51	1,52	0,87
Sanayi Sektörü	40,68	41,62	73,44	78,04	63,03	64,80	60,71
Demir Çelik	12,66	12,97	14,03	14,34	7,74	8,41	7,33
Demir Dışı Metaller	0,48	0,95	1,29	1,24	0,97	1,16	1,00
Kimyasallar	1,07	0,72	0,98	1,55	1,75	3,58	2,41
Kağıt	...	...	...	...	...	...	0,66
Gıda	...	...	...	...	...	...	0,99
Diğer	26,46	26,98	57,14	60,91	52,57	51,65	48,32
Ulaşım	1513,51	2610,13	2350,43	1473,43	1305,43	1120,29	1299,20
Havayolu	2,82	7,53	8,02	10,00	6,13	9,75	10,84
Karayolu	1499,83	2588,10	2330,33	1443,01	1270,35	1071,80	1260,71
Demiryolu	4,23	5,06	3,91	3,19	6,30	6,48	5,98
Denizyolu	6,62	9,44	8,17	17,22	22,66	32,27	21,67
Diğer Sektörler	1883,51	1829,08	1647,86	1461,51	1801,81	1532,84	1395,14
Konut	1803,68	1727,53	1530,24	1335,68	1622,64	1324,37	1348,77
Tarım/Ormancılık/ Balıkçılık	79,83	101,55	117,62	125,83	179,18	208,47	46,37
Endüstriyel İşlemler	16,46	17,78	13,37	14,79	10,88	11,61	7,77
Mineral Ürünleri	0,01	0,05	0,07	0,09	0,14	0,15	0,14
Kimya Endüstrisi	3,83	5,03	0,86	3,20	1,34	1,63	0,21
Diğer Ürünler	12,63	12,71	12,44	11,50	9,39	9,83	7,42
Tarımsal Faaliyetler	182,03	169,40	193,52	209,71	185,38	201,22	188,09
Tarımsal Artıkların Yakılması	182,03	169,40	193,52	209,71	185,38	201,22	188,09

TÜİK Sera Gazı Emisyon Envanteri, 1990-2012

(1) 1990-2011 dönemi emisyonları sanayi sektörü başlığı altında ‘diğer’e dahil edilmiştir.

(2) Metal üretimi, kağıt üretimini içermektedir.

... Bilgi edinilememiştir.

Tablodaki rakamlar yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Türkiye'deki azot oksit emisyonlarının sektörel bazda değerleri Çizelge 2.9'da gösterilmiştir. Türkiye'deki azot oksit (NO_x) emisyonları 1990 yılında 643,7 bin ton CO₂ eşdeğerinde iken, bu değer 2012 yılında %99,5'lik bir artış ile 1283,7 bin ton CO₂ eşdeğerine ulaşmıştır. 1990 yılında oluşan NO_x emisyonlarının %97,6'sı enerjiden, %1,7'si endüstriyel işlemlerden, %0,7'si tarımsal faaliyetlerden oluşmaktadır. 2012 yılında oluşan NO_x emisyonlarının %97,4'ü enerjiden, %2,3'ü endüstriyel işlemlerden, %0,4'ü ise tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmış olup, en yüksek payın enerji sektörüne ait olduğu görülmektedir. 1990 yılında enerji sektöründen kaynaklanan NO_x emisyonlarının %15,8'i çevrim ve enerji sektöründen (elektrik tüketimi ve petrol rafinerileri), %18'i sanayi sektöründen, %41,9'u ulaşım sektöründen, %24,3'ü diğer sektörlerden oluşmaktadır. 2012 yılında enerji sektöründen kaynaklanan NO_x emisyonlarının %26,4'ü çevrim ve enerji sektöründen (elektrik tüketimi ve petrol rafinerileri), %13,3'ü sanayi sektöründen, %50,3'ü ulaşım sektöründen, %10'u diğer sektörlerden oluşmaktadır.

Çizelge 2.9 : Türkiye'de azot oksit (NO_x) emisyonları (bin ton CO₂ eşdeğeri) [6].

Sera Gazı Kaynakları	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
Toplam	643,71	813,97	1036,93	1072,35	1287,69	1293,76	1283,74
Enerji	628,65	789,51	1009,66	1049,24	1256,35	1259,71	1249,77
Yakıt Yanması	628,65	789,51	1009,66	1049,24	1256,35	1259,71	1249,77
Çevrim ve Enerji Sektörü	99,33	138,56	221,96	182,44	331,35	278,95	330,85
Elektrik Tüketimi	89,16	128,74	209,03	169,40	316,14	263,97	324,30
Petrol Rafineri	10,16	9,82	12,92	13,04	15,22	14,98	6,54
Sanayi Sektörü	112,73	124,99	183,87	203,31	168,79	168,54	166,32
Demir Çelik	29,60	30,37	31,90	29,86	20,73	24,08	18,16
Demir Dışı Metaller	2,89	4,75	5,58	6,46	3,88	3,03	3,82
Kimyasallar	7,07	7,66	8,72	11,58	8,84	17,52	10,83
Kağıt	...	...	...	...	...	...	2,10
Gıda	...	...	...	...	...	...	3,76
Diğer	73,18	82,21	137,67	155,41	135,35	123,91	127,65
Ulaşım	263,31	344,01	405,10	456,04	469,65	493,49	629,66
Havayolu	2,92	8,67	10,29	14,37	12,18	12,14	13,35
Karayolu	238,41	306,77	371,43	406,75	415,93	425,16	576,63
Demiryolu	12,04	14,41	11,13	9,09	7,56	7,78	7,18
Denizyolu	9,93	14,16	12,25	25,84	33,99	48,41	32,50
Diğer Sektörler	153,28	181,95	198,73	207,44	286,55	318,72	122,94
Konut	57,49	60,09	57,58	56,45	71,59	68,56	73,26
Tarım/Ormanlık/Balıkçılık	95,79	121,86	141,15	151,00	214,96	250,16	49,68
Endüstriyel İşlemler	10,94	20,63	22,88	18,30	27,07	29,43	29,63
Mineral Ürünleri	8,72	8,12	12,16	12,79	18,71	20,96	22,71
Kimya Endüstrisi	0,27	10,38	8,76	3,60	0,05	0,07	0,01
Diğer Ürünler	1,95	2,12	1,97	1,92	8,30	8,40	6,91
Tarımsal Faaliyetler	4,12	3,83	4,38	4,81	4,27	4,62	4,34
Tarımsal Artıkların Yakılması	4,12	3,83	4,38	4,81	4,27	4,62	4,34

TÜİK Sera Gazı Emisyon Envanteri, 1990-2012

(1) 1990-2011 dönemi emisyonları sanayi sektörü başlığı altında 'diğer'e dahil edilmiştir.

(2) Alüminyum üretimi ve nitrik asit üretimini içermektedir.

... Bilgi edinilememiştir.

Tablodaki rakamlar yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Türkiye’deki NMVOC emisyonlarının sektörel bazda değerleri Çizelge 2.10’da gösterilmiştir. Türkiye’deki NMVOC emisyonları 1990 yılında 543,9 bin ton CO₂ eşdeğerinde iken, bu değer 2012 yılında %170,6’lık bir artış ile 1474,4 bin ton CO₂ eşdeğerine ulaşmıştır. 1990 yılında oluşan NMVOC emisyonlarının %86,8’i enerjiden, %6,8’i endüstriyel işlemlerden, %6,5’i solvent ve diğer ürün kullanımlarından, 2012 yılında ise NMVOC emisyonlarının %29’u enerjiden, %66’sı endüstriyel işlemlerden, %5’i solvent ve diğer ürün kullanımlarından kaynaklanmıştır. NMVOC emisyonlarının en yüksek payını 1990 yılında enerji sektörü oluştururken, 2012 yılında endüstriyel işlemler oluşturmaktadır. 1990 yılında enerji sektöründen kaynaklanan NMVOC emisyonlarının %0,4’ü çevrim ve enerji sektöründen, %1,3’ü sanayi sektöründen, %44,7’si ulaşım sektöründen, %48’i diğer sektörlerden ve %5,6’sı kaçak emisyonlardan kaynaklanmaktadır. 2012 yılında enerji sektöründen kaynaklanan NMVOC emisyonlarının %1,8’i çevrim ve enerji sektöründen, %2’si sanayi sektöründen, %56,2’si ulaşım sektöründen, %36’sı diğer sektörlerden ve %4’ü kaçak emisyonlardan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 2.10 : Türkiye’de NMVOC emisyonları (bin ton CO₂ eşdeğeri) [6].

Sera Gazı Kaynakları	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
Toplam	543,85	1025,13	1109,33	1152,58	1566,71	1526,13	1474,44
Enerji	471,90	635,09	607,67	476,48	531,39	428,29	428,29
Yakıt Yanması	445,99	610,59	588,01	459,78	513,09	410,65	411,56
Çevrim ve Enerji Sektörü	2,06	2,86	4,95	5,98	11,92	7,88	8,01
Elektrik Tüketimi	1,81	2,61	4,63	5,66	11,48	7,44	7,79
Petrol Rafineri	0,25	0,25	0,32	0,33	0,43	0,43	0,22
Sanayi Sektörü	6,04	6,33	10,48	11,18	9,02	8,66	8,73
Demir Çelik	1,78	1,82	1,95	1,94	1,12	1,20	1,02
Demir Dışı Metaller	0,10	0,18	0,22	0,23	0,15	0,16	0,15
Kimyasallar	0,24	0,22	0,26	0,35	0,34	0,64	0,42
Kağıt	...	...	...	...	...	...	0,10
Gıda	...	...	...	...	...	...	0,15
Diğer	3,91	4,11	8,05	8,66	7,42	6,65	6,88
Ulaşım	211,00	378,26	368,53	261,22	275,32	205,31	241,03
Havayolu	0,69	1,38	1,19	1,11	2,00	1,18	1,15
Karayolu	208,09	373,92	364,88	255,99	267,53	196,37	234,35
Demiryolu	0,89	1,07	0,82	0,67	1,26	1,30	1,20
Denizyolu	1,32	1,89	1,63	3,45	4,53	6,45	4,33
Diğer Sektörler	226,89	223,15	204,04	181,40	216,84	188,81	153,80
Konut	210,92	202,84	180,52	156,23	181,01	147,12	145,05
Tarım/Ormancılık/Balıkçılık	15,97	20,31	23,52	25,17	35,83	41,69	8,75
Kaçak Emisyonlar	25,92	24,50	19,67	16,70	18,29	17,64	6,72
Petrol ve Doğalgaz	25,92	24,50	19,67	16,70	18,29	17,64	16,72
Endüstriyel İşlemler	39,76	352,52	456,82	613,74	963,23	1021,52	970,42
Mineral Ürünleri	0,09	312,89	410,42	564,87	904,58	960,16	912,59
Kimya endüstrisi	8,84	9,66	7,14	6,64	11,63	13,20	7,86
Diğer	30,83	29,97	39,26	42,23	47,02	48,16	49,97
Solvent ve Diğer Ürün Kullanımı	32,19	37,53	44,83	62,36	72,09	76,32	75,73
Boya Uygulamaları	3,60	4,83	7,93	19,11	23,02	25,54	22,96
Kimyasal ürünler	28,60	32,70	36,90	43,26	49,08	50,78	52,77

TÜİK Sera Gazı Emisyon Envanteri, 1990-2012

(1) 1990-2011 dönemi emisyonları sanayi sektörü başlığı altında ‘diğer’e dahil edilmiştir.

(2) Metal üretimi, kağıt üretimi, gıda ve alkollü içki üretimini içermektedir.

... Bilgi edinilememiştir.

Tablodaki rakamları yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

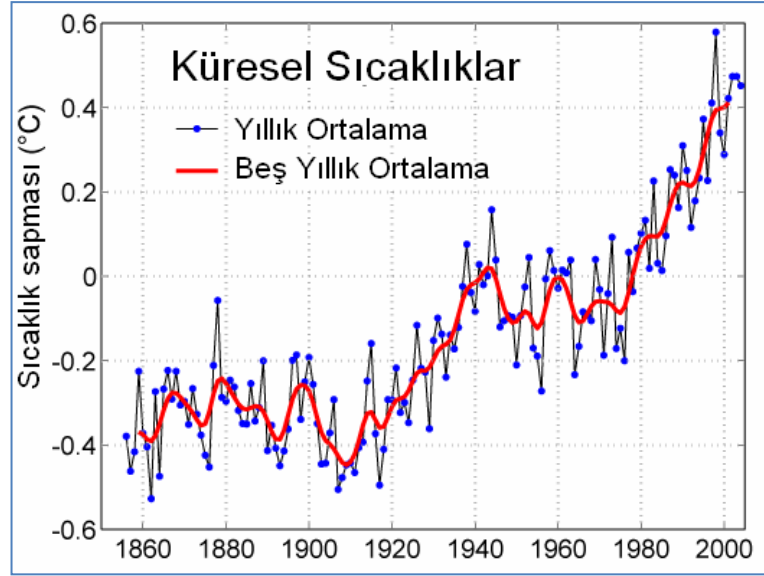
Türkiye’de sektörlerden kaynaklı dolaylı sera gazlarını oluşturan emisyon miktarları Çizelge 2.11’de verilmiştir. Dolaylı sera gazı emisyonlarının da doğrudan sera gazı emisyonlarında olduğu gibi büyük çoğunluğunu enerji sektörü oluşturmaktadır. Türkiye’de 2012 yılında karbonmonoksit emisyonları 1,3 Mt, NO_x emisyonları 3 Mt ve NMVOC emisyonları ise 1,5 Mt’dur. Emisyonların %65’lik kısmını endüstriyel prosesler, %29’unu da enerji sektörü oluşturmaktadır.

Çizelge 2.11 : Türkiye’de 1990-2012 yılları arasında oluşan dolaylı sera gazlarından kaynaklanan emisyonlar (bin ton CO₂ eşdeğeri) [6].

Sektörler	Yıllar							
	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011	2012
CO Emisyonları								
Toplam	643,7	814,0	1036,9	1072,3	1287,7	1287,7	1293,8	1283,7
Enerji	628,6	789,5	1009,7	1049,2	1256,3	1256,3	1259,7	1249,8
Endüstriyel İşlemler	10,9	20,6	22,9	18,3	27,1	27,1	29,4	29,6
Tarım	4,1	3,8	4,4	4,8	4,3	4,3	4,6	4,3
NO_x Emisyonları								
Toplam	3643,9	4678,8	4297,4	3260,6	3483,9	3483,9	2964,2	2988,3
Enerji	3445,5	4491,6	4090,5	3036,1	3287,6	3287,6	2751,3	2792,4
Endüstriyel İşlemler	16,5	17,8	13,4	14,8	10,9	10,9	11,6	7,8
Tarım	182,0	169,4	193,5	209,7	185,4	185,4	201,2	188,1
NMVOC Emisyonları								
Toplam	543,9	1025,1	1109,3	1152,6	1566,7	1566,7	1526,1	1474,4
Enerji	471,9	635,1	607,7	476,5	531,4	531,4	428,3	428,3
Endüstriyel İşlemler	39,8	352,5	456,8	613,7	963,2	963,2	1021,5	970,4
Solvent ve Diğer Ürün Kullanımı	32,2	37,5	44,8	62,4	72,1	72,1	76,3	75,7

2.7 İklim Sisteminde Gözlenen Değişimler

Çeşitli insan etkinlikleri sonucunda atmosferdeki birikimleri hızlı artış gösteren sera gazları, yerkürenin radyasyon (ışınım) dengesini bozmaktadır. Bu değişikliğin iklim üzerindeki en önemli ve en belirgin etkisi ise, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek dünyanın yüzey sıcaklıklarını arttırma eğilimi göstermesidir. Küresel yüzey sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonlarında başlayan ısınma, 1980’li yıllardan sonra daha da belirginleşerek hemen her yıl artmaktadır. 1998 yılı, 1860 yılından beri yaşanan en sıcak yıl, 2002 yılı da en sıcak ikinci yıl olmuştur. Sonuç olarak, küresel ortalama hava sıcaklıkları 20. yüzyılda yaklaşık 0.6 °C artmıştır. Bu ısınma geçen 1000 yılın herhangi bir dönemindeki artıştan daha fazladır. Küresel ısınmanın doğal bir sonucu olarak, ortalama deniz seviyesi 10 ile 20 cm arasında yükselmiş ve deniz suyu sıcaklıkları artmıştır (Şekil 2.6) [13].



Şekil 2.6 : Yıllara göre deniz suyundaki sıcaklık artışları [14].

2.7.1 İklim Değişikliğinin Olası Ekolojik Etkileri

İklim değişikliği alanında çalışan bilim adamları, dünyanın ortalama ısısının son 250 yılda 0.8 C arttığını, bu artışın son 10.000 yıldaki ortalama artıştan daha fazla olduğunu belirtmektedirler. Hükümetler Arası İklim Paneli (IPCC)'nin 2001 yılında açıklanan üçüncü araştırma raporuna göre, hava sıcaklığında her 10 yıllık dönem için 0.5 C'lik bir artış gözleneceği ve 2100 yılına kadar dünya sıcaklığının ortalama 1.4 ile 5.8 C arasında artacağı, deniz seviyesinin ise 9 ile 88 cm yükseleceği, bunun sonucunda da kıyı yerleşim bölgelerinin yaklaşık 150 km'ye kadar olan bölümlerinin sular altında kalacağı, sıcaklıkla birlikte kuraklığın, çölleşmenin şiddetleneceği tahmin edilmektedir [15].

Deniz suyu seviyesindeki yükselme sonucunda kıyı bölgelerindeki verimli tarım alanları sular altında kalacaktır. Nil Deltası gibi deniz seviyesine yakın verimli tarım alanlarının büyük kısmının sular altında kalması durumunda tarım alanlarının büyük ölçüde tuzlanmaya maruz kalacağı, bunun ise açlık ve su kıtlığı şeklinde daha dramatik insani krizlere yol açabileceği yüksek olasılıkla tahmin edilmektedir. İklim değişikliğinin olası ekolojik etkileri incelenirken meselenin insani boyutunu besin zincirinde oluşacak önemli aksamalar oluşturmaktadır. Sıcaklıklarda ortalama 2 ile 3 °C arasındaki artışlar sonucunda Sahra altı Afrika ile Güney ve Güneydoğu Asya'da tarımsal faaliyetlerin aksaması sonucu yaklaşık 3 milyar insanın 2050 yılına kadar yeterli gıda ve temiz su bulamama tehdidi ile karşılaşabilecekleri ve bunun sonucunda da en az 500 milyon insanın ölebileceği öngörülmektedir [16].

2.7.2 İklim Değişikliğinin Olası Ekonomik Etkileri

İklim değişikliği ve buna bağlı olarak küresel ısınmanın insanlığa çıkaracağı maliyet konusunda bugüne kadar çok farklı kurumlar ve bilim adamları tarafından birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaların ortak yönü, iklim değişikliğinin günümüz ekonomilerinde çok yakın bir gelecekte çok önemli refah kaybına neden olacağını net bir şekilde ortaya koymasındır. İklim değişikliğinin ekonomik etkilerinden söz etmeden önce iklim değişikliğine neden olan ekonomik tablonun ortaya konulması gerekir. Bunun için de dünya genelinde karbondioksit (CO₂) emisyonuna yol açan seçilmiş bazı ülkelerin paylarını görmek faydalı olacaktır [16].

Çizelge 2.12 : Ülkeler ve bölgeler bazında enerji tüketiminden kaynaklanan karbondioksit (CO₂) yoğunluğu [16].

Ülkeler ve Bölgeler	Yıllık CO ₂ Emisyon (Mt)		1990-2005 Değişimi(%)	Kişi Başına CO ₂ Emisyonu (Ton)		Toplam CO ₂ Emisyonun Misyonun daki Payı 2005 (%)	Kümülatif Emisyon Toplam
	1990	2005		1990	2005		
Avustralya	260	370	45,0	15,2	18,5	1,42	12,5
Belçika	109	112	27	10,9	10,7	0,42	10,4
Brezilya	195	334	70,8	1,3	1,8	1,26	8,8
Kanada	433	552	27,5	15,6	17,1	2,08	23,8
Çin	2.211	5.060	128,9	1,9	3,9	19,06	94,3
Finlandiya	55	56	0,7	11,0	10,6	0,21	2,3
Fransa	355	388	9,3	6,3	6,4	1,46	31,7
Almanya	968	814	-15,9	12,2	9,9	3,06	117,8
Hindistan	597	1.149	92,6	0,7	1,1	4,33	28,6
Japonya	1.058	1.214	14,8	8,6	9,5	4,57	46,1
Norveç	30	38	27,9	7,0	8,2	0,14	1,9
Rusya	2.194	1.544	-29,6	14,8	10,8	5,81	92,5
Türkiye	129	219	70,3	2,3	3,0	0,82	5,3
ABD	4.874	5.841	19,9	19,5	19,7	22,0	324,9
Az Gelişmiş Ülkeler Toplam	549	707	28,9	0,7	0,6	2,66	24,0
Gelişmekte Olan Ülkeler Toplam	9.150	12.631	38,0	2,6	3,0	47,59	395,1
Gelişmiş Ülkeler Toplam	10.999	13.207	20,1	11,8	12,7	49,75	750,1
AB-15 Toplam	3.122	3.271	4,8	8,6	8,5	12,32	284,8
OECD	11.121	12.946	16,4	10,7	11,1	48,77	764,7
Dünya Toplamı	20.693	26.544	28,3	4,0	4,2	100,0	1.169,1

Çizelge 2.12’den de görüldüğü üzere karbondioksit emisyonlarına yol açan ülkeler arasında gelişmişlik açısından büyük farklar bulunmaktadır. 1990 yılında gelişmiş ülkeler, karbondioksit emisyonunun %52’sinden sorumluyken, 2005’de bu oran %49’a gerilemiş, gelişmekte olan ülkelerin payı ise 1990’da %44 iken, 2005’de %47’ye yükselmiş, düşük gelirli gelişmemiş ülkelerin 1990’da %2,6 olan payı 2005’de değişmemiştir. Ülkeler bazında ABD, karbon emisyonunun %22’sinden tek başına sorumludur. ABD’yi %19 ile Çin takip etmektedir. Özellikle gelişmekte olan

ülkelerin neden olduğu karbon emisyonunun son yıllarda önemli sayılabilecek düzeyde arttığı görülmektedir. Bunda ağır sanayiye dayalı üretimin gelişmiş ülkelere göre gelişmekte olan ülkelere doğru kaymasının önemli payı vardır.

Günümüzde sanayi faaliyetleri için gerekli enerjinin elde edilmesinde kullanılan fosil yakıtlar içinde kömür en önemli kaynak durumundadır. Çünkü kömür, petrol türevi diğer enerji kaynaklarından daha az maliyetli ve daha boldur. Dünyada bilinen kömür rezervlerinin 200 yıldan daha fazla bir süre ihtiyacı karşılayacak düzeyde olduğu tahmin edilmektedir. Oysa kömür, en fazla karbon emisyonuna neden olan fosil enerji kaynağıdır. Dünya Bankası verilerine göre ABD ve Çin’de sadece 2008 yılında 157 adet kömürle çalışan termik santral devreye girmiş olup, önümüzdeki yıllarda yüzlerce yeni kömür santralının devreye girmesi planlanmaktadır. Diğer yandan petrol rezervlerinde belirgin bir azalma gözlenirken, daha fazla rezerve sahip doğalgaza bağımlılığın artacağı tahmin edilmektedir [17].

2.8 Türkiye’de Sektörel Bazda İklim Değişikliği

Türkiye’de iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarını oluşturan sektörler aşağıda özetlenmiştir.

2.8.1 Enerji

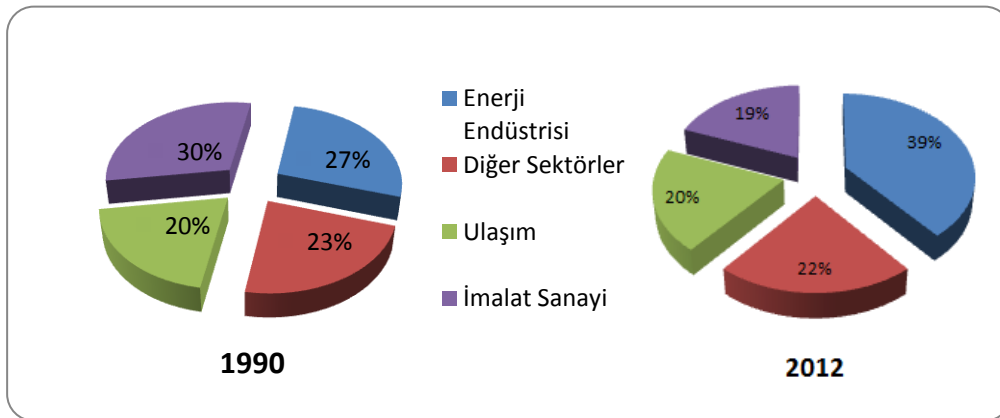
Enerji tüketiminden kaynaklanan emisyonların kontrol edilmesine yönelik olarak öne çıkan politikalar, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynak payının artırılmasıdır. Yenilenebilir kaynak payının artırılması amacıyla yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK Kanunu) üreticiye önemli teşvikler ve destekler sağlamıştır. YEK Kanunu ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğe alım garantisi ve tarife desteğinin yanı sıra, arazi tahsis konularında da destekler sağlanmıştır [18]. YEK Kanunu ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi için kurulmuş güç kapasiteleri önemli oranda artmıştır. Barajlı HES (Hidroelektrik Santral)’ler hariç yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün toplam kurulu güç içindeki payı 2000 yılındaki %2,7 seviyesinden 2009 yılında %4,8’e yükselmiştir. 2002 yılında yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi 34,0 milyar kWh iken, 2010 yılı sonunda %64 artışla 55,8 milyar kWh’a çıkmıştır. Türkiye’deki sera gazı emisyonlarının ana

kaynağı fosil yakıtların yanmasıdır. IPCC'ye göre, enerji sektöründen kaynaklanan emisyonlar özellikle fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkmaktadır. CO₂ kaynaklı emisyonların çoğu yakıt yanmasından meydana gelmektedir.

Çizelge 2.13 : Yakıtların yanmasından kaynaklı emisyonlar (Gg) [6].

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC
1990	126.701,07	143,02	3,21	628,65	3.445,45	445,99
1995	155.347,54	137,27	3,59	789,51	4491,64	610,59
2000	207.082,91	122,59	4,21	1009,66	4090,47	588,01
2005	236.416,94	114,57	4,89	1049,19	3036,11	459,78
2010	277.379,22	176,21	5,14	1256,35	3287,61	513,09
2011	294.728,91	147,89	3,23	1259,71	2751,33	410,65
2012	301.673,26	171,97	3,20	1249,77	2792,40	411,56

Endüstrileşmiş ülkelerde, sera gazı emisyonların %80'den fazlasını CO₂ oluşturmaktadır. Türkiye'de 2012 yılında karbondioksit miktarındaki en yüksek artış %250 ile enerji endüstrisinde gözlemlenmiştir. Bunu %136 ile ulaşım sektörü, %123 ile diğer sektörler (kamu ve tarım sektörü) ve %49 ile imalat sanayi takip etmektedir. 2012 yılında toplam yakıtların yanmasından kaynaklı CO₂ artışı 1990 yılına göre %138'dir. Fosil yakıtların yanmasından kaynaklı emisyonların sektörlere göre dağılımı Şekil 2.7'de verilmiştir. Fosil yakıtların yanmasından kaynaklı karbondioksit emisyonlarının büyük bir kısmı 1990 yılında imalat sanayinden kaynaklanırken, 2012 yılında büyük kısmını enerji endüstrisi oluşturmaktadır. Türkiye'nin sera gazı ulusal envanterine göre, 2012 yılında yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonların toplam emisyon miktarındaki payı %68,5'dir. Bu miktarın %20'si ulaşım, %19'u imalat sanayi ve inşaat sektörü, %22'si diğer sektörler ve %39'u enerji sektöründe yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.7 : 1990-2012 yılları arasında sektörlere göre fosil yakıtların yanmasından kaynaklı CO₂ emisyonların karşılaştırılması (%).

2.8.2 Enerji Endüstrileri

Enerji endüstrileri, elektrik üretiminden ve petrol rafinerisinden kaynaklanan emisyonları içermektedir. Emisyon düzeyleri ve eğilimleri açısından, elektrik ve ısı üretimi için kullanılan doğalgaz, linyit ve ikincil yakıttan kaynaklanan CO₂ emisyonları için önemli kaynaktır. Elektrik üretimi, 2012 yılı sera gazı emisyonları içinde büyük bir rol oynamaktadır. Kurulu kapasite bir önceki yıla göre %7,8 artarak 57 GW (gigawatt)'a ulaşmış ve 1990 yılına göre 3,5 kat büyüme sağlanmıştır. 2012 yılında net elektrik tüketimi 193,8 TWh (Terawatt/saat) iken, 2011 yılında 186 TWh'dir. Elektrik üretiminde doğalgaz %43,6, kömür %13,6, hidro ve jeotermal %24,6, diğer yenilenebilir %2,7 ve petrol %0,7 paya sahiptir.

2012 yılında hidroelektrik üretimi, kapasite eklemeleriyle 2011 yılına göre %10,5 artarak 52,3'den 57,9 TWh'e yükselmiş, termik santraller %0,1 artarak toplam elektrik ihtiyacının %71,3'ünü karşılamıştır.

2012 yılında rüzgar kurulu gücü kapasitesi, 2011 yılına göre 1729 MWh (megawatt/saat)'den 2260 MWh'e artmıştır. 2005 yılında yürürlüğe giren yenilenebilir enerji kanunu güneş, biyokütle, jeotermal, rüzgar ve hidroelektrik santralleri gibi destekleyici mekanizmalardan elektrik satın alınmasını sağlamak için 2011 yılında revize edilmiştir.

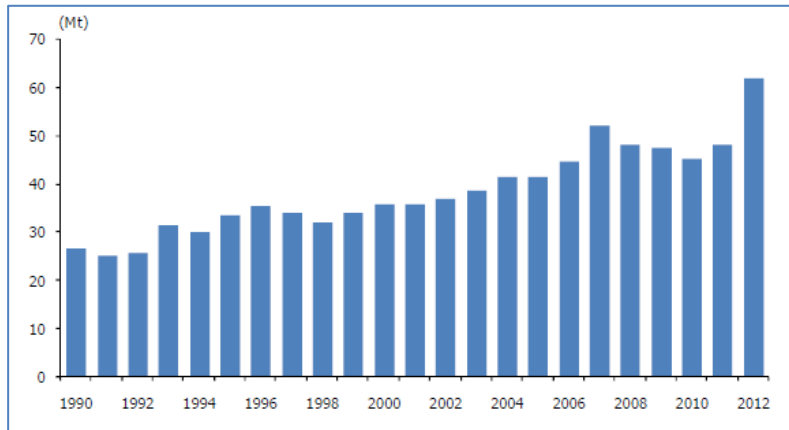
2012 yılında Türkiye'nin toplam birincil enerji ihtiyacı (TPES), 2011 yılına göre %5,7 artarak 121 mtoe (milyon ton petrol eşdeğeri)'ne ulaşmıştır. Kömür ve gazın payı 20,3 mtoe ve 37,4 mtoe iken, petrolün payı 30,6 mtoe'dur. Yenilenebilir enerjinin payı ise 9,6 mtoe'dur.

Birincil enerji üretimi (yerli) genel enerji ihtiyacının %28,4'ünü karşılayarak 2012 yılında %6,9 artışla, 2011 yılına göre 32,2 mtoe'nden 34,5 mtoe'ne ulaşmıştır. Türkiye'nin enerji üretimi konusunda ithalat bağımlılığı %71,6'dan %81,6'ya artmıştır. Hayvansal ve bitkisel atıklardan elektrik üretimi kurulu gücü 2012 yılında 158,5 MWh'e ulaşarak (720,8 GWh elektrik üretimiyle) bir önceki yıl ile karşılaştırıldığında %37 artmıştır. Hayvansal ve bitkisel atıklar hariç katı fosil yakıtların üretimi 2012 yılında 2011 yılına göre 20,3 mtoe'nden 22,9 mtoe'ne yükselmiştir. Yerli petrol üretimi ise %4,7 azalmıştır. Yerli doğalgaz üretimi de 2011 yılına göre 0,65 mtoe'nden 0,53 mtoe'ne düşmüştür. Türkiye'de yerli enerji kaynağı

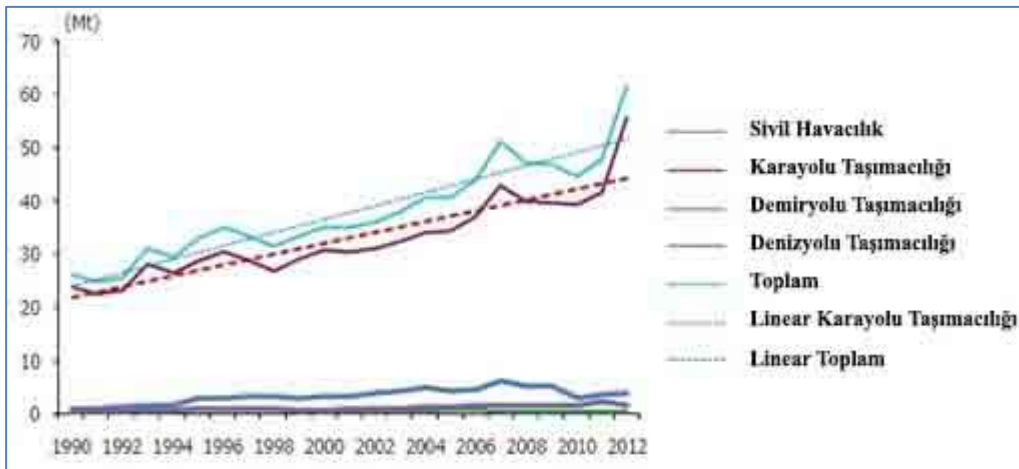
olan kömür üretimi ise 2011 yılına göre 2012 yılında %4,9 artarak 76 Mt'dan 80 Mt'a ulaşmıştır

2.8.3 Ulaşım

Türkiye’de ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar sivil havacılık, karayolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı ve denizyolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır. Türkiye’de ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların yıllara göre değişimini Şekil 2.8’de verilmiştir. 2012 yılında ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar, 1990 yılına göre %134,6 artmıştır. Ortalama emisyonlar ise her yıl ortalama %6,1 oranında artmıştır. 2012 yılında ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar 61,7 milyon ton CO₂ olup, toplam emisyonlar içindeki payı %13,6’dır. Ulaşım çeşitlerinden kaynaklanan CO₂ emisyonların dağılımı Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.8 : Ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar (CO₂ eşdeğeri) [6].



Şekil 2.9 : Farklı ulaşım çeşitlerinden kaynaklanan CO₂ emisyon dağılımı (Mt) [6].

Çizelge 2.14'den anlaşılabacağı üzere 2012 yılında ulaşım sektörü toplam emisyon değerlerine 61,7 Mt CO₂ eşdeğeri emisyon katkıda bulunmuştur. Karayolu taşımacılığı ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlara %90,5 katkı ile CO₂ emisyonlarının ana kaynağıdır. Yerli havacılık %6,2, denizyolu taşımacılığı %2,6 ve demiryolu taşımacılığı %0,7 ile katkı sağlamıştır.

Çizelge 2.14 : Türkiye’de ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların CO₂ eşdeğeri (Gg) [6].

Taşıma Çeşitleri	CO ₂ eşdeğeri (Gg)			Ulaşım Sektöründeki Payı
	1990	2011	2012	2012
Karayolu Taşımacılığı	24.350,70	41.742,53	55.817,39	% 90,50
Yerli Havacılık	914,98	3.404,39	3.801,67	:%6,16
Demiryolu Taşımacılığı	521,52	482,12	443,7	% 0,72
Yerli Denizyolu Taşımacılığı	499,39	2.230,34	1.615,61	% 2,62
	2011-2012 arasındaki Değişim		1990-2012 arasındaki Değişim	
	CO ₂ Eşdeğeri (Gg)	(%)	CO ₂ Eşdeğeri (Gg)	(%)
Karayolu Taşımacılığı	14.074,86	25,2	31.466,69	129,22
Yerli Havacılık	397,28	10,5	2.886,69	315,49
Demiryolu Taşımacılığı	-38,42	-8,7	-77,82	-14,92
Yerli Denizyolu Taşımacılığı	-614,73	-38,0	1116,22	223,52

2.8.4 İmalat Sanayi ve İnşaat

Bu kaynak kategorisi imalat sanayindeki endüstrilere ait sektörleri kapsar. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)’de imalat sanayi, demir çelik, demirdışı metaller, kimyasal, kağıt endüstrisi, kağıt ve boya sanayi, gıda işleme, içki ve tütün sanayi şeklinde sınıflandırılmaktadır.

2.8.5 Atıklar

Türkiye’de atık sektörü, başlıca sera gazları olan metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) gazlarının emisyonuna yol açan ana sektörlerden biri olarak iklim değişikliği ve küresel ısınmada önemli rol oynamaktadır. Mevcut durumda atık sektörü sera gazı emisyonlarının kaynakları düzenli ve düzensiz depolama alanlarından açığa çıkan

depo gazı (%50-55 CH₄ içerikli) olup, Türkiye’deki 1990-2009 dönemindeki CH₄ emisyonlarının değişimi Çizelge 2.15’de verilmiştir.

Çizelge 2.15 : Türkiye’de atık sektöründen kaynaklı metan gazı emisyonları (bin ton) [5].

CH ₄ Kaynakları	1990	1995	2000	2005	2007	2009
Atık Toplam	395,01	1065,54	1483,25	1516,66	1618,97	1532,39
Katı Atık Bertarafı	304,12	967,32	1382,98	1416,78	1516,65	1436,66
Düzenli Depolama	0,00	111,18	548,83	545,02	725,73	842,95
Atıkların Kontrolsüz Depolanması	304,12	856,14	834,15	871,76	790,93	593,70
Atıksu Bertarafı	92,89	98,21	100,27	95,73	102,32	95,73
Evsel ve Endüstriyel Atıksu	92,89	98,21	100,27	95,73	102,32	95,73

Atık sektörü ile ilgili olarak Türkiye, orta vadede Atık Eylem Planı (2008-2012) kapsamında; yeniden kullanım ve atık geri kazanım miktarını arttırmayı, 2012 yılı sonuna kadar 104 düzenli depolama tesisi kurmayı ve üretilen belediye atıklarının %76’sını düzenli depolama tesislerinde bertaraf etmeyi, uzun vadede ise depolama tesislerinden kaynaklanan gazların toplanıp doğrudan veya işlenerek enerji üretiminde kullanılmasını, eğer kullanılamıyorsa yakılarak bertaraf etmeyi hedeflemektedir.

2.8.6 Ormancılık

Milli Ağaçlandırma Seferberliği kapsamında 2008–2012 yılları arasında 2,3 milyon hektar alanın ağaçlandırılması ve rehabilite edilmesi öngörülmüştür. Bu sayede mevcut yutak alanları tarafından tutulan karbona ilave olarak, 2020 yılına kadar 12 yılda toplam 181,4 milyon ton karbonun orman alanları tarafından tutulması planlanmıştır [19].

3 SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE KARBON YÖNETİMİ

3.1 Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, endüstri devrimi ile başlayan ve günümüzde de devam eden, ham maddenin işlenmiş ürüne dönüştürülmesi süreçlerinin, yalnızca ekonomik faydaya dayalı olmamakla birlikte, uzun vadede çevresel ve sosyal gelişimin önünü tıkayıcı sistematığına bir alternatif olarak ileri sürülmüştür [20].

1970’li yıllardan itibaren çevre sorunları dünyanın bütün ülkelerinin ana gündem konularından biri haline gelmeye başlamıştır. Bu konuda çok sayıda raporlar yazılmış, uluslararası toplantılar gerçekleştirilmiş, bu toplantılarda alınan kararlar doğrultusunda çeşitli sözleşmeler, anlaşmalar ve eylem planları kabul edilmiştir. Bu düzenlemelerin her biri ülkelerin uygulamış oldukları politikalara yansımıştır. Bütün bu düzenlemelerin nedeni çevre sorunlarının küresel niteliğe sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Doğal varlıklar üzerinde gelecek kuşakların da söz hakkı sahibi olduğu düşüncesi küresel çevre politikalarının en önemli yanlarından birisidir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı aslında çevre sorunlarının küresel düzeyde bir sorun olarak kabul edilmesinden sonra ortaya atılmış ise de, ilk kez Federal Almanya’nın Baden Bölgesinde 18.Yüzyıl sonu ve 19.Yüzyıl başında karaormanların yok edilmesini önlemek amacıyla çıkarılan yasalarda kullanılmıştır. Toplumsal kalkınma kavramına da uyarlanan sürdürülebilir kalkınma, asıl anlamını 1987 yılında yayımlanan Bruntland Raporu ile kazanmıştır. Bu bağlamda ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan ve çevreci görüş olarak tanımlanan ‘sürdürülebilir kalkınma’ 1987 yılında Bruntland tarafından hazırlanan ve Birleşmiş Milletler Çevre Kalkınma Komisyonu’na sunulmuş olan “Ortak Geleceğimiz” isimli raporda yer almıştır. Bu raporda Sürdürülebilir Kalkınma ‘Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme becerisini kısıtlamaksızın, günümüzün ihtiyaçlarının karşılanması’ şeklinde tanımlanmıştır. Daha sonra 1992 yılında Rio Zirvesi’nde bu ilke, toplantının ana ilkesi olarak kabul edilmiştir. Birleşmiş Milletler’in sonraki

toplantılarında da sözkonusu ilke ana gündem konusu olmuştur. Hem 2002 yılındaki Johannesburg Zirvesi, hem de 2012 yılındaki Rio+20 Zirvesi sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması konusundaki ilkelerin belirginleştiği toplantılar olmuştur. Küresel bir sorun olarak nitelendirilen çevre sorunlarına yönelik politikalar, sorunun doğasından kaynaklanan özelliklerinden dolayı küresel düzeydeki politikaların ülkelerin iç politikalarına dönüşmesini zorunlu kılmıştır. Bundan dolayı herhangi bir ülkenin çevre politikalarını incelerken küresel aktörlerin bu konudaki politika ve eylemlerini esas almak bir zorunluluktur. Sürdürülebilir kalkınma kavramı da söz konusu politika ve eylemler sonucunda ortaya çıkmış olan ve yalnızca çevre politikaları alanında değil, birçok alanda esas alınan bir ilke haline gelmiştir. Gelişmekte olan ülkelerden biri olan Türkiye, bu sürecin dışında kalmamış ve küresel düzeyde alınan kararlar doğrultusunda çevre politikalarını belirlemiştir. Günümüzde sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin yakalanmasında küresel işbirliğinin önemi tüm dünyaca kabul edilmektedir. Bu açıdan sürdürülebilir kalkınmadan ödün vermeden iklim değişikliği ile mücadelede Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin rolü ve önemi oldukça büyüktür. Bu açıdan iklim değişikliğine yol açan sera gazı emisyonlarının iklim sisteminin düzgün işlemesine olanak verecek düzeyde tutulmasını sağlamak gerekmektedir.

BMİDÇS, insan faaliyetleri sonucu sera gazı emisyonlarındaki artışın yol açtığı en büyük küresel çevre sorunu olarak karşımıza çıkan iklim değişikliğine karşı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin oluşturduğu uluslararası bir işbirliği ile çözüm getirmeyi hedeflemektedir. Sözleşme, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmayı iklim değişikliği sorununun üstesinden gelecek başarılı politikaların bir parçası olarak görmektedir. Uluslararası müzakerelerde, sera gazı emisyonlarının büyük bir bölümünü gelişmiş ülkelerin oluşturması nedeniyle bu emisyonlarının azaltımına yönelik uygulamalarda da gelişmiş ülkelerin öncü olmaları ve gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelelerinde finansal ve teknolojik yardımda bulunmaları gerektiği vurgulanmıştır [21].

Türkiye’de çevrenin korunması ve geliştirilmesi faaliyetlerinin, sürdürülebilir kalkınma ile paralel yürütülmesi, çevre politikalarının temel hedefi olmuştur. 25 Nisan 2012’de “Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik” yürürlüğe girmiş olup, bu düzenleme sera gazı emisyonlarının izlenmesine, doğrulanmasına ve raporlanmasına yönelik çıkarılmış ilk yasal düzenlemedir. Bu yönetmeliğe göre sera

gazı izleme planları 2015 yılında, sera gazlarına ilişkin raporlama 2016 yılında tam olarak zorunlu hale getirilmektedir. Bu yönetmelik aynı zamanda sera gazı emisyonlarını azaltmak ve izlemek için ön adım olmuştur.

3.3 Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınmanın Mevcut Durumu

Türkiye’nin genel olarak kalkınma, özel olarak da sosyal ve çevresel politikalar, başta 1992 Rio ve 2002 Johannesburg Zirvesi’nin çıktılarından ve zirvede imzaya açılan uluslararası sözleşmelerden etkilenmiş ve halen etkilenmektedir. Türkiye sürdürülebilir kalkınma politikalarını etkileyen bu belgeler, doğrudan 1992 Rio Zirvesinin çıktısı olan Gündem 21 Belgesi ile zirvede imzaya açılan Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Mücadele Sözleşmesi (BMÇMS), BMİDÇS ve Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’dir (BMBÇS).

Yedinci beş yıllık kalkınma planı (1996-2000) dönemine girerken, AB ile tam üyelik hedefi doğrultusunda gümrük birliği süreci başlatan Türkiye, bölgeselleşme ve küreselleşmenin avantajlarından yararlanabilme fırsatına sahip olmuştur. Bütün bu açılardan bakıldığında, 1996-2000 dönemini kapsayan Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planının hazırlık çalışmaları yapılırken, dünyadaki hızlı yapısal değişimler ve bunların ortaya çıkardığı rekabet ortamı ve uluslararası bağımlılık sürecinde, Türkiye çağı yakalamak için köklü yapısal değişim ve toplumsal dönüşümlere zorlanmıştır. Bu çerçevede kalkınma planı, ekonomik ve sosyal sektörlerin gelişme hedef ve politikalarında yapısal değişiklikler içermektedir. Çevre konusunun başlı başına bir yapısal değişim projesi olarak değerlendirilmiş olması, bu dönemde 1992 Rio Zirvesi ve sonrasındaki gelişmelerden etkilenmiş olduğunu göstermektedir [22].

Türkiye BMÇMS’yi 1994 yılında imzalamış, Resmi Gazete’de yayımlanmasından sonra 1997 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kapsamda, Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (UBSEP) 2001 yılında hazırlanmış ve 2007 yılında güncellenmiştir. Türkiye, BMİDÇS’ye 2004 tarihinde, BMİDÇS’ye yönelik Kyoto Protokolü’ne de 2009 yılında taraf olmuştur [22]. Günümüzde, sürdürülebilir kalkınma dengesinin temel unsurunu oluşturan çevre konusunun üretim, istihdam ve ticaret alanlarında dikkate alınmasının önemi artmış ve bu yönde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Türkiye’de bu gelişmelerin yansıması olarak, Yedinci Kalkınma Planı döneminde çevre politikalarının tespitine ve çözüm önerilerine yönelik dikkati çeken ve önemli bir çalışma olan Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planını (UÇEP)

hazırlamıştır. Bu süreçte Türkiye için önemli bir başka nokta ise, Türkiye'nin Avrupa Birliği üyeliğine talebi ve bu çerçevede yaşanan gelişmelerdir. Avrupa Birliği Konseyi Helsinki Zirvesi'nin 11 Aralık 1999 tarihinde açıklanan Sonuç Bildirgesi ile Türkiye ve AB ilişkilerinde yepyeni bir döneme girilmiştir. Nitekim Türkiye'nin AB'ye adaylık sürecinin başlamasıyla birlikte, siyasi ve ekonomik kriterlere uyum, uygulamanın iyileştirilmesi öncelikle ele alınan hususları oluşturmuş ve bu konular geleceğe yönelik hazırlanan ulusal kalkınma strateji ve politika belgelerine yansımıştır. Kendi mevzuatını oluşturmak için BM süreçleri ve zirvelerini yol gösterici çerçeveler olarak alan Avrupa Birliği'ne entegrasyon süreci de Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma politikalarına dair itici güçlerden biridir. Bu bağlamda, AB mevzuatı ile uyum kapsamında çok sayıda düzenleme yapılmıştır.

Gündem 21 ve bununla bağlantılı olarak oluşturulan Yerel Gündem 21, yönetim ve yerel yönetimlerde önemli yaklaşım değişikliklerinin önünü açmıştır. Yerel yönetim alanında 1992 Rio Konferansı'nın ana çıktılarından Yerel Gündem 21, Türkiye'de başarıyla uygulanmıştır. Türkiye Yerel Gündem 21 Programı, 2001 yılında en iyi uygulama örneği olarak seçilmiş ve 2002'de Johannesburg'daki Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde küresel iyi örnek olarak tanıtılmıştır. 2005'de Belediye Kanunu'na Kent Konseylerinin oluşumu dahil edilmiş ve 2006'da işleyiş mekanizmalarını düzenleyen Kent Konseyleri Yönetmeliği çıkartılmıştır. Bu sayede Yerel Gündem 21 süreci, Kent Konseyleri'nin kurulması ile kurumsallaşmıştır. 2001-2005 yıllarını kapsayan Sekizinci Kalkınma Planının Çevre bölümünde 'ekonomik ve sosyal gelişmeyi gerçekleştiren insan sağlığını, ekolojik dengeyi, tarihi ve estetik değerleri korumak esastır' denilmektedir. 2004-2006 Ön Ulusal Kalkınma Planında gelişme eksenleri ve öncelikleri olarak;

- İşletmelerin rekabet gücünün artırılması,
- Bölgesel gelişme ve kırsal kalkınma,
- İnsan kaynaklarının geliştirilmesi ve istihdamın artırılması,
- Altyapı hizmetlerinin iyileştirilmesi,
- Çevrenin korunması,

olarak belirlenmiştir.

Ön Ulusal Kalkınma Planında yer alan gelişme eksenleri temel stratejik amaçları tanımlamakta ve kalkınma planlaması yaklaşımında daha önceki sektör temelli planlamadan farklılık göstermektedir. Çevrenin korunmasının sosyal ve ekonomik

konularla birlikte temel stratejik hedeflerden bir tanesi olarak belirlenmesi, planın sürdürülebilir kalkınma bakış açısını yakaladığını göstermektedir.

2007-2013 yıllarını kapsayan Dokuzuncu Kalkınma Planı'nın Türkiye'nin AB adaylık sürecinin gerektirdiği strateji, politika, program ve planların temel dayanağını teşkil etmesi ve tüm çalışmaları yönlendirici bir işleve sahip olması açısından ayrı bir önemi vardır. Dokuzuncu Kalkınma Planı, diğer kalkınma planlarından farklı olarak beş yıllık bir dönem için değil, yedi yıllık bir dönem için hazırlanmıştır. Dokuzuncu Kalkınma Planının vizyonu 'İstikrar içerisinde büyüyen, gelirini daha adil paylaşan, küresel ölçekte rekabet gücüne sahip, bilgi toplumuna dönüşen, Avrupa Birliği'ne üyelik için uyum sürecini tamamlamış bir Türkiye' olarak belirlenmiştir. Planın temel ilkelerinden biri olan 'Doğal ve kültürel varlıklar ile çevrenin gelecek nesilleri ile dikkate alan bir anlayış içinde korunması esastır' ilkesi, gelişme eksenlerinden 'Rekabet Gücünün Arttırılması' kapsamında değerlendirildiğinde, her ne kadar temel ekonomi politikalarıyla ilişkilendirme sağlandıysa da, çevre politikalarının planda, daha çok kentsel altyapının geliştirilmesi ağırlıklı hedefleri ile özdeşleşmekte olduğu görülmektedir. Planda politika oluşturma açısından bakıldığında sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin bütünleştirilmesi açısından ilerleme kaydedilmiş olduğu görülmektedir. Gelişen AB-Türkiye tam üyelik süreci çerçevesinde 2007-2023 yıllarını kapsayacak ve sürdürülebilir kalkınmanın temel prensiplerini politika ve mevzuat çerçevesinde bütünleştirilmesini de içerecek şekilde AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) hazırlanmıştır. Türkiye ayrıca 2003 yılından itibaren Avrupa Çevre Ajansına (EEA) tam katılım sağlamaktadır [22].

3.3 Karbon Yönetimi ve Yaklaşımları

2012 yılı sonrasında gelişmiş ülkelerde tüm şirket ve kuruluşlar karbon emisyonlarını açıklamak durumundadır. Bu ülkelerle ticaret yapan Türk şirketleri de bu uygulamaya uymak durumunda kalmaktadırlar. Önümüzdeki yıllarda endüstrilere getirilmesi beklenen emisyon kotaları AB Emisyon Ticareti'nin hızlanmasına neden olacaktır. Giderek artan emisyonlara karşın bu kotaların tutturulması amacıyla şirketler ve kuruluşlar üretim teknolojilerini değiştirmekten, yeni enerji politikası uygulamasına kadar bir değişiklik sürecine girmek zorunda kalacaklardır. Bir başka çözüm yolu ise kotasını doldurmayan başka şirket veya kuruluşlardan kota satın almaktır. Üretim prosesinde alınacak önlemler ve yapılacak değişiklikler, ayrıca

enerji kullanımında öngörülecek verimlilik çalışmaları sürdürülebilir karbon yönetimini gerektirmektedir.

Gerek küresel ölçekte hükümetler bazında, gerekse ulusal, sektörel veya kurumsal ölçekte sera gazı emisyonlarının yönetiminde bilinen en kabul görmüş prensip ‘ölçülen kontrol edilir’ yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda karbon yönetimine ilişkin ilk ve en önemli adım mevcut emisyonların doğru, eksiksiz ve güvenilir şekilde ölçülerek ortaya konduğu envanter çalışmasıdır. Emisyon miktarlarının azaltılmasına yönelik yapılacak çalışmalar, alınacak önlemler ve hedefler öncelikle mevcut durumun gerçekçi ve güvenilir ölçülerde belirlenmesini gerektirir. Ancak bu belirleme yapıldıktan sonra alınacak önlemlerin içeriği, zamanlaması ve önceliklendirilmesini belirleyen bir strateji ve eylem planı oluşturulabilir. Bir şirketin veya kuruluşun sera gazı envanterini kullanılabilir hale getirebilmesi için bu envanter bağımsız denetleyici tarafından doğrulanmalı ve belgelendirilmelidir.

Sürdürülebilir bir karbon yönetimi, sorumlulukların ve idari yapılanmanın ‘Kurumsal İklim Değişikliği Yönetimi’ yaklaşımı ile belirlenmesini gerektirir. Bir kuruluş karbon yönetimi stratejisini geliştirirken mevcut yönetim sistemini idari yapılanma, veri toplama, raporlama ve paydaşları bilgilendirme boyutlarını dikkate almak kaydı ile iyi analiz ederek, karbon yönetimine ilişkin öğeleri sistemine entegre etmeli ve kendi iç hesaplama ve izleme yöntemlerini saptayarak zaman ve maliyet kazancı sağlamalıdır. Kurumsal İklim Değişikliği Karbon Yönetimi’nde Ceres önemli bir aktördür. Ceres, amerikalı ulusal yatırımcılar, çevre grupları ve diğer kamu yararı gözetken organizasyonların oluşturduğu ve şirketlerle küresel iklim değişikliği gibi sürdürülebilirlik problemleri üzerine çalışan bir koalisyonudur. AB ve ABD çapında 7 milyar doları aşan varlığı yöneten 70’i aşkın yatırımcı grubunun oluşturduğu ‘Investor Network on Climate Change’ in kurucusu ve yöneticisidir. Kurumsal İklim Değişikliği Yönetimi için Ceres tarafından belirlenen çerçeve birçok kurum için yol gösterici olmaktadır. Bu çerçeveye göre bir kuruluşta karbon yönetimi ile ilgili yapılanma sürecinde dikkate alınması gereken en önemli unsurlar, üst kademe yöneticilerinin dahil olduğu idari uygulamalar, kurumsal sosyal sorumluluk anlayışı çerçevesinde kamuya paylaşım, teknik açıdan sera gazı emisyonlarının doğru olarak hesaplanması ile stratejik planlama ve performans yönetimidir.

Kuruluşlar, kurumsal sosyal sorumluluk kapsamında hazırladıkları sürdürülebilirlik raporları ve diğer araçlarla iklim değişikliği yönetimleri ve sera gazı emisyon

bilgilerini kamuyla paylaşmaya başlamışlardır. Bunun en güncel örneği 2000 yılında hayata geçirilen Karbon Saydamlık Projesi (CDP)'dir. Karbon Saydamlık Projesi, şirketlerin iklim değişikliği risk ve fırsatlarını nasıl yönettiklerini açıklamalarını talep eden, uluslararası yatırımcılar tarafından kurulan, kar amacı gütmeyen bağımsız bir organizasyon tarafından hayata geçirilmiştir. 2010 yılı itibariyle Sabancı Üniversitesi öncülüğünde ülkemizde de başlatılmış olan Karbon Saydamlık Projesi kapsamında İMKB-50 şirketi kurumsal bilgilerini paylaşmak üzere davet edilmiştir. Türkiye'de henüz bir zorunluluk olmamakla birlikte, küresel sera gazı salımlarını bir risk faktörü olarak dikkate almak isteyen şirketler bu çalışmaya ilgi göstermiştir. Türkiye'deki bu öncü şirketler, karbon salım oranları ve iklim değişikliğine karşı geliştirdikleri politikaları doğru bir platformda açıklama şansını Karbon Saydamlık Projesi aracılığı ile kullanacak ve diğer şirketlerden bir adım öne geçerek uluslararası kurumsal yatırımcıların dikkatini çekme şanslarını yükselteceklerdir.

Türkiye'de karbon salımına yönelik kısıtlar henüz uygulanmamakla birlikte, çevre politikalarını stratejik düzeyde ele alarak uygulayan öncü şirketler, karbon maliyetlerine ilişkin hızla yaklaşan riskleri görerek sera gazı emisyon envanterlerini oluşturmakta ve ilk aşamada kolay erişilebilir enerji verimliliği fırsatlarını belirlemeye yönelik çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmalar, iyi bir karbon yönetimi ile beraber kısa ve uzun vadeli tasarruf sağlamanın yanı sıra, şirketlerin marka değerini de yükseltmektedir. Türkiye'deki büyük şirketlerin karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik yürüttükleri projelere örnek olarak, yeni yakma teknolojileri, yakıt değiştirme, üretim proseslerinde atıkları kaynağında önleme, arıtma ve enerji tasarrufu, akıllı ofis sistemleri (yalıtım, ısıtma, soğutma, ışıklandırma), atıktan enerji elde edilmesi, atık ısıdan enerji elde edilmesi, ağaçlandırma ve yenilenebilir enerji yatırımları sayılabilir [23].

3.4 Sera Gazı Envanteri

Sera gazı envanteri, bir şirket veya kuruluş bünyesinde doğrudan ve dolaylı oluşan tüm emisyonların saptanması esasına dayanır. Emisyon envanteri, emisyon kaynaklarından salınan sera gazı miktarları ile birlikte sera gazı yutaklarını da içerir. Sera gazı envanterinde 'küresel ısınmaya etki potansiyeli' kullanılmak sureti ile farklı sera gazları, karbondioksit eşdeğeri olarak hesaplanır.

Sera gazı envanteri belirli bir standart yöntem uyarınca oluşturulur. Bu çerçevede kullanılan en yaygın standartlar Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından kullanılan ‘ISO 14064’ ve Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) tarafından hazırlanan GHG Protokolüdür. Aslında, ISO ve GHG Protokolü kurumsal sera gazı envanteri hesaplamasına yönelik birbiri ile tutarlı ve birbirini bütünler standartlardır. ISO 14064, sera gazı envanteri hesaplaması ve doğrulanmasına ilişkin uluslararası düzeyde kabul görmüş gereklilikleri detaylandırmakta, GHG Protokolü ise gerekliliklerin yanısıra hesaplama ve raporlamanın nasıl yapılacağına dair bilgi veren bir kılavuz niteliği taşımaktadır. Sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi için metot ve standartlar Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 : Seragazı emisyonlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi için metot ve standartlar.

Rapor	Metot/Standart
Sera Gazı Azaltım Hesaplamaları	IPCC Metodolojileri
Ömür Döngü Analizleri	ISO 14048, PAS 2050, PAS 2060
Kurum ve Kuruluşlar için Envanter Hazırlama	ISO 14064 GHG Protokolü Temiz Kalkınma Mekanizması Ortak Yürütme
Karbon Ticareti	Gönüllü Karbon Piyasaları(VCS, Gold Standard, Ver+, Social Carbon vb)

Bu standartlar özetle, kuruluş sınırlarından kaynaklanan doğrudan sera gazı emisyonlarını, kuruluşun kendisi tarafından tüketilen elektrik, ısı veya buharın üretilmesinde oluşan enerji kaynaklı sera gazı emisyonları ile birlikte diğer dolaylı emisyonların hesaplanmasındaki esasları belirler. Bu standartlar uyarınca oluşturulan emisyon envanterinin, ancak bağımsız bir denetim firması tarafından doğrulanması ve belgelendirilmesi durumunda geçerliliği ya da kullanılabilirliği söz konusudur. Doğruluğu gösterilmemiş ve belgelendirilmemiş bir envanter uluslararası karbon emisyonu pazarında bir geçerlilik taşımaz. Sera gazı envanteri hazırlanması sırasında kuruluşun sera gazı emisyonu ile ilgili faaliyetlerine ilişkin verilerin tamlığı ve güvenilirliği envantere ait belirsizliklerin azaltılmasında büyük önem taşımaktadır. İyi bir veri toplama ve arşivleme sistemine sahip kuruluşlar, sera gazı envanteri

oluşturma çalışmalarını çok daha rahat yürütebilecek ve envanter yüksek seviyede doğrulama sağlayabilecektir.

3.5 Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları

3.5.1 Temiz Kalkınma Mekanizması

Kyoto Protokolü ile ülkelerin sera gazı azaltım hedeflerine daha düşük maliyetle ulaşmasını sağlamak için esneklik mekanizmaları ortaya konulmuştur [24]. Bunlardan biri de Temiz Kalkınma Mekanizmasıdır. Proje temelli esneklik mekanizmalarından ilki olan Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM), Ek-I ülkelerinin, bu ekin dışında kalan ülkelerde uygulanan projeler çerçevesinde gelişmiş teknolojiyi transfer etmelerini, böylelikle sera gazı emisyonlarında gerçek, ölçülebilir, proje faaliyeti sonucu azaltım sağlamış olmalarını gerekli kılmakta ve kazandıkları ‘Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredilerini (Certification Emission Reductions-CERs)’, kendi azaltım yükümlülükleri kapsamında değerlendirilerek, ülke içinde bu miktara kadar daha fazla salım yapma hakkı kazanmalarını sağlamaktadır [25]. UNFCCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) 2012 yılı raporuna göre 2004-2012 yılları arasında 78 ülkeden toplam 4601 proje kaydı alınmış ve bu projelerin CERs toplamı 1 milyarı geçmiştir. Projelerin ülkesel dağılımı incelendiğinde ise %51 ile Çin birinci sıradadır [26]. Çizelge 3.2’de Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarının temel tanımları ve geçerli karbon birimleri verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarının Temel Tanımları [26].

Mekanizma Türü	İlgili Kyoto Protokolü Maddesi	Katılımcı Ülkeler Yatırımcı (Alıcı)	Ev Sahibi (Satıcı)	Geçerli Karbon Birimi
Temiz Kalkınma Mekanizması- TKM (Clean Development Mechanism-CDM)	12. Madde	Ek-B Ülkeleri	Ek-1 Dışı Ülkeler	Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltımı (Certified Emission Reductions-CER)
Ortak Yürütme-OY (Joint Implementation-JI)	6. Madde	Ek-B Ülkeleri		Emisyon Azaltım Birimi (Emission Reduction Unit-ERU)
Emisyon Ticareti ET (Emission Trade-ET)	17. Madde	Ek-B Ülkeleri		Tahsislendirilmiş Miktar Birimi (Apportioned Amount Unit-AAU)

3.5.2 Ortak Yürütme

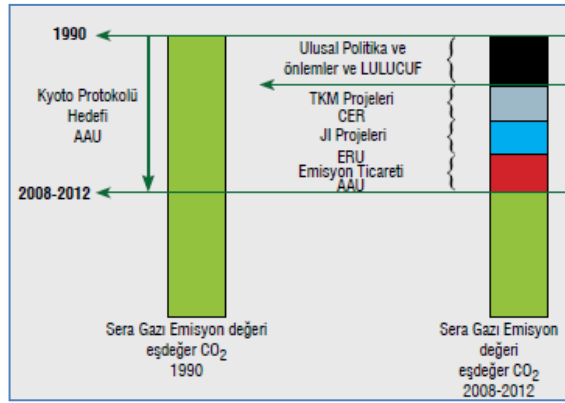
Herhangi bir Ek-I ülkesi tarafından, başka bir Ek-I ülkesinde emisyon azaltımına yönelik ortak proje yürütülebilir. Hazırlanan bu projeler yoluyla emisyon azaltımlarını başaran evsahibi Ek-I tarafı ülke Emisyon Azaltım Kredisi (Emission Reduction Units- ERU) kazanmakta ve bu miktarı diğer Ek-I ülkesine satabilmektedir. Yatırımcı Ek-II ülkesi satın aldığı krediler ile toplam emisyon iznini arttırırken, transfer edilen Emisyon Azaltım Kredisi miktarı proje ev sahibi ülkenin toplam izninden (her ikisi de Ek-I ülkesi olduğu için) düşülmektedir [25]. Proje temelli iki mekanizma olan ortak yürütme ve temiz kalkınma mekanizmaları arasında iki önemli farklılık bulunmaktadır. Birincisi ortak yürütme sadece Ek-I tarafları arasında tarafların emisyon azaltım hedeflerine ulaşabilmeleri için birlikte ortak politika ve proje geliştirebilme imkanı getirmiştir [26]. İkincisi ise, CDM'den farklı olarak uygunluk kriterlerini sağlayan ev sahibi ülkenin doğrulaması hali ve ortak yürütme üst kurulu (JISC – JI supervisory Committee) tarafından uygunluk kriterini sağlamayan ev sahibi ülkelerde yaptıracağı bağımsız doğrulama olarak iki ayrı doğrulama (verifikasyon) prosedürü mevcuttur. Ortak yürütmede uygunluk kriterleri, Kyoto Protokolüne taraf olmak, belirlenmiş hedeflerinin hesaplanabilmesi ve kayıt altında tutulur olması, sera gazı envanter tahmini ve azaltımı ile ilgili sağlıklı çalışan ulusal bir sistemin mevcut olması, ulusal kayıt sisteminin kurulmuş olması ve yıllık ulusal envanterin sunulmuş olması gerekmektedir. Mayıs 2012 sonu itibariyle 738.332.000 Emisyon Azaltım Birimine (EBR) ulaşan 758 adet Proje Tasarım Dokümanı hazırlanarak yayımlanmıştır. Projelerin ülkesel dağılımı incelendiğinde %42 ile Ukrayna'nın birinci sırada olduğu görülmektedir [26].

3.5.3 Emisyon Ticaret Sistemi

Piyasa temelli esneklik mekanizması olan Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), Kyoto protokolü altında sayısallaştırılmış emisyon azaltım yükümlülüğü olan ülkelere emisyon hedeflerini gerçekleştirmelerinde kolaylık sunmaktadır.

Protokol'e taraf ülkeler arasında gerçekleştirilen emisyon ticaret sistemi, emisyon azaltım yükümlülüğüne göre daha fazla azaltım gerçekleştiren taraf ülkenin ilave azaltımlarını başka ülkeye satma hakkını sağlar. Bunun yanı sıra, bölgesel ve ülke çaplı geliştirilen ETS'ler de bulunmaktadır. Uluslararası emisyon ticareti iki Ek-I ülkesi arasında tahsis edilmiş miktar birimlerinin (AAU) ticaretini öngörmektedir.

Protokol'ün 17. Maddesi uyarınca, Protokol altında salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğü bulunan taraflar (Ek-B Tarafları), salım yükümlülüğü bulunan diğer taraflardan salım birimleri satın alabilmekte ve bunları hedeflerinin bir kısmını karşılamak amacıyla kullanabilmektedir. Emisyon salım azaltım birimlerinin ülkeler arasında güvenli bir şekilde transferini sağlamak amacıyla, yazılı tabanlı bir muhasebe sistemi olan Uluslararası Kayıt Sistemi (ITL) oluşturulmuştur. Ek-I taraflarının salım ticaretine katılabilmeleri için belirli uygunluk kriterlerini yerine getirmiş olmaları gerekmektedir.



Şekil 3.1 : Kyoto Protokolü yükümlülükleri kapsamında esneklik mekanizmalarının kullanımı [26].

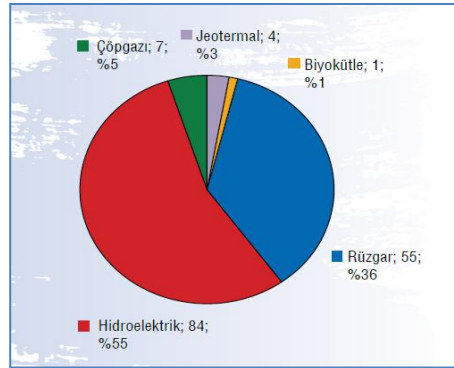
3.6 Gönüllü Karbon Piyasası

Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmalarından yararlanamayan Türkiye için bir alternatif gönüllü karbon piyasasıdır. Gönüllü karbon piyasası bireylerin, kurum ve kuruluşların, firmaların, sivil toplum örgütlerinin faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı emisyonlarını gönüllü olarak azaltımlarını ve denkleştirmelerini kolaylaştırmak amacıyla oluşturulan bir pazardır. Bu piyasalardaki süreç, Kyoto Protokolü kapsamında zorunlu olarak uygulanan Esneklik Mekanizmalarına benzer bir süreçte sahiptir. Bu piyasaları, Kyoto Protokolü kapsamındaki zorunlu süreçlerden ayıran en önemli farkların başında ise, bu piyasalarda işlem gören emisyon azaltımlarının ulusal yükümlülük kapsamı dışında, devletlerin belirlediği politikalar ve hedeflerden bağımsız olarak gönüllülük esasında gerçekleştirilmeleridir. Katılım için herhangi bir sınırlama yoktur. Karbon nötr olmak isteyen organizasyonlar, faaliyetlerine dayalı sera gazı emisyonlarını diğer bir ifadeyle karbon ayak izlerini hesaplayarak bu

emisyonlarını azaltmak ve dengelemek üzere, gönüllü bir standart çerçevesinde sağlanmış emisyon azaltımları sonucu oluşturulan karbon sertifikalarını satın alırlar.

3.7 Gönüllü Karbon Piyasalarında Türkiye’de Mevcut Durum

Türkiye Kyoto Protokolü’nün ilk taahhüt dönemi bitimi olan 2012 yılına kadar yalnızca gönüllü karbon piyasalarında işlem gören sertifikaların geliştirildiği enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji projelerine ev sahipliği yapabilme durumundaydı. Günümüzde, ulusal bir kayıt sistemi olmaması nedeniyle net proje sayısı tespit edilememiş olmakla beraber Gold Standard, VER+ ve VCS standart kuruluşlarına kayıtlı olan ve sayıları hızla artan Türkiye’de yürütülen projelerinin sayısı 100’ü aşmış bulunmaktadır. 2009 yılında yapılan bir araştırmada, Türkiye’nin gönüllü piyasaya sunduğu projelerin ortalama karbon kredisi değeri 10,4 USD/ton CO₂ eşdeğeri olarak verilmiştir. Şekil 3.2’de Türkiye’de gerçekleştirilen gönüllü karbon piyasalarına ait projelerin dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Türkiye’de gerçekleştirilen projelerin dağılımları.

BMİDÇS kapsamında Türkiye’nin özgün konumu ve uluslararası iklim rejimindeki belirsizliklere rağmen Türkiye, gönüllü karbon piyasasında önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir. Projelerin çoğunluğu hidroelektrik, rüzgar ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji alanında olup, atıktan enerji üretimi ve biyokütle alanında da projeler mevcuttur. Mart 2011 tarihli verilere göre Türkiye’de toplam 151 proje geliştirilmiş olup, bunların 84’ü hidroelektrik, 55’i rüzgar, 4’ü jeotermal, 7’si atıktan enerji üretimi ve 1 tanesi de biyokütle enerji projeleridir.

Türk yatırımcıların, gönüllü karbon piyasası için geliştirdikleri projeler kapsamında edindikleri bilgi ve tecrübe Türkiye için, Kyoto Protokolü’nün ilk taahhüt dönemini takip eden 2012 yılı sonrası oluşacak yeni dönemde ideal konumla yer alması ve yeni

mekanizmalardan avantajlı konumda yararlanabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de 7 Ağustos 2010 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren ‘Sera Gazı Emisyon Azaltım Sağlayan Projelere İlişkin Tebliğ’ Türkiye’nin küresel karbon piyasalarına entegrasyonu konusundaki kararlılığının önemli bir adımıdır.

3.8 Karbon Ticareti ve Türkiye

Karbon (emisyon) ticareti kavramı, 1980’lerde asit yağmurlarına neden olan salımları azaltmak üzere New Jersey yönetiminin, sanayi kuruluşlarına belirli bir miktarın üzerindeki salımlara para cezası, altında kalan salımlara da bunları satabilme yetkisi getirmesiyle birlikte ortaya çıkmıştır. Bu yöntemi örnek alan Kyoto mekanizması, salımların ticarileşmesinin sanayiye belli bir esneklik getireceğini ve piyasanın karbon indirimlerine geçişini yumuşatacağını planlamıştır.

Kyoto mekanizması altında karbon ticareti ilk olarak 2005’de ülkelerin ve şirketlerin karbon salım haklarının altında kaldıklarında, bu miktarı izinleri aşmış başka bir ülke ya da işletmeye satmalarıyla gerçekleşmiştir. Kyoto Protokolü, sera gazlarını, bunları üretenleri bir bedel ödemeye zorlayarak azaltmayı amaçlamaktadır. Protokolü imzalayan ülkeler sera gazlarını kademeli olarak belli değerlerin altına indirmek zorundadırlar. Ülkeler ve işletmeler karbon salım haklarının altında kaldıklarında, bu miktarı izinleri aşmış başka bir ülke ya da işletmeye satmaları karbon ticaretinin doğmasına neden olmuştur [27].

Karbon ticareti, belirlenen emisyon azaltım hedeflerine hızla ulaşmak için, işletmelere düşük maliyetli pazar sağlayan bir sistemdir. Buna göre, sera gazı emisyonunu belirtilen hedeften daha fazla azaltan bir işletme/ülke gerçekleştirdiği bu ek indirimi başka bir taraf şirkete/ülkeye satabilmektedir. Karbon ticareti, ülkelere verilen emisyon izninin kullanılmayan kısmının satılması ilkesine dayanmaktadır. Bir ülkenin kendisine verilen emisyon iznini aşması durumunda, aşan kısmı kadar emisyon iznini, aşmayan ülkelere temin edebilmektedir. Karbonun en yaygın sera gazı olması nedeniyle bu işlemler karbon alım-satımı veya ticareti, bu ürünlerin işlem gördüğü piyasa ise karbon piyasası olarak adlandırılmaktadır [27].

Karbon ticareti, Kyoto Protokolü’nde yer alan karbon salımı azaltımlarının ekonomik olarak desteklenmesi amacıyla başlatılan bir uygulamadır. Karbon ticareti, ülkelerin

emisyon oranlarını sınırlarken, bunu minimum maliyetle yapmalarını ve düşük karbonlu veya karbondan arındırılmış ekonomilerin oluşması için özel sektörde gerekli olan teknolojik gelişmenin ve tecrübenin teşvik edilmesini amaçlamaktadır.

3.8.1 Karbon Piyasalarında Türkiye'nin Durumu

Türkiye'nin toplam sera gazı emisyon envanterine göre, emisyonların genel olarak yıllar itibariyle artma eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Türkiye'nin ekonomik kalkınmasına bağlı olarak sera gazı emisyonlarının önümüzdeki dönemde artacağı öngörülmektedir.

Daha önce de belirtildiği üzere, BMİDÇS kapsamında Ek-I ve Kyoto Protokolü kapsamında ise Ek-B dışı ülke statüsünde bulunan Türkiye'nin halen herhangi bir sayısallaştırılmış sera gazı sınırlama veya azaltım yükümlülüğü olmaması nedeniyle Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmalarından faydalanamamaktadır. Ancak, bu mekanizmalardan bağımsız olarak işleyen, çevresel ve sosyal sorumluluk ilkesi çerçevesinde kurulmuş Gönüllü Karbon Piyasasına yönelik projeler 2005 yılında beri Türkiye'de geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

4. GEMİ ATIĞI ALAN ATIK KABUL TESİSİNDE PROSES İNCELENMESİ

Bu tezin konusu Çanakkale ili yakınlarında bulunan, yaklaşık 120.000 m²'lik alanda (13.058 m²'si kapalı) yolcu ve her türlü gemi yük hizmetlerini karşılayabilecek yapısı, atık kabul tesisi ve atık alım tankerleri ile Çanakkale Boğazı demir mevkilerine de hizmet veren ISPS koda sahip bir atık kabul tesisi için karbon ayak izinin belirlenmesidir. İşletme, liman ve atık kabul tesisi konusunda faaliyet göstermekte olup Marpol 73/78 Ek-1, Ek-IV, Ek-V kapsamında demirleyen ve limana yanaşan gemilerden atık toplanarak kısmen bertarafı, büyük oranda geri kazanıma uygun hale getirilmesi sağlanmaktadır. Atık kabul tesisinin MARPOL 73/78 Ek I, Ek IV ve Ek V kapsamında gemilerden kaynaklanan atıkların tesise kabulü, geçici depolanması, susuzlaştırılması, ön işlenmesi, ön işlemden geçirilen atıkların geri kazanımı ve bertaraf tesislerine sevkiyatlarının yapılması, ve bu atıklardan kaynaklanan atıksularının arıtılması faaliyetlerinin yönetimini kapsamaktadır.

Marpol 73/78 Ek-I Petrol ve petrol türevli katı ve sıvı atıkları;

- Sintine Suyu (Oily Bilge Water)
- Slaç (Sludge)
- Slop (Oily Tank Washings)
- Atık yağ (Waste Oil),
- Kirli Balast (Dirty Ballast Water),

Marpol 73/78 Ek-IV kapsamında pis su atıkları;

- Pis Su (Sewage)

Marpol 73/78 Ek-V kapsamında çöp atıkları;

- Çöp (evsel ve operasyonel nitelikli katı atıklar)

kapsamaktadır.

Marpol 73/78 Ek-I, Ek-IV ve Ek-V kapsamında alınan atıkların tesise girişinden itibaren bertaraf edilinceye kadar olan proses akışı aşağıda açıklanmıştır.

4.1 Marpol 73/78 Kapsamında Gemilerden Atık Alınması İşlemi

1973 yılında imzalanan ve 1978 yılında değiştirilen MARPOL 73/78, Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi'dir (International Convention for the Prevention of Pollution From Ships). Sözleşme kirliliğin önlenmesi, atıkların saklanması ve bertaraf edilmesiyle ilgili kurallardan oluşur.

Çanakkale Kepez Limanı'nın temel görevi gemilerden atık alınması işlemlerini yerine getirmektir. Çanakkale Boğazından geçerken atık verme talebinde bulunan gemiler, bu taleplerini ve Atık Beyan Formlarını acenteleri vasıtasıyla elektronik posta veya faks ile Liman Başkanlığı'na ve Liman Yönetimine bildirmektedir. Liman Yönetimi dilekçe ile Çanakkale Sahil Güvenlik Grup Komutanlığı'na, Gümrük Müdürlüğü'ne ve VTS'ye (Gemi Trafik Kontrol) sözkonusu talebi iletmektedir. Liman Başkanlığı'ndan ve VTS'den atık alım gemisinin kalkışı için gerekli izinler alınır. Bozcaada gemi demir sahasında limana ait atık alım gemisi, atık verecek gemiye Sahil Güvenlik ve VTS'nin bilgisi dahilinde yanaşır. Alınacak atığın türüne, atık veren geminin pompa basıncı ve basma debisine uygun hortumlarla atık alım devresi hazırlanır. Atık veren geminin sorumlusu ile sürekli telsiz iletişimi kurularak emniyetsiz durumlar oluşmaması için gerekli önlemler alınır.

Atık alım gemisinde alınabilecek tüm atık türleri için birbirinden ayrı tanklar mevcuttur. Her bir tür atığın tankı uygun şekilde etiketlenmiştir. Farklı atık türleri birbirine karışmayacak şekilde ayrı ayrı kendi tanklarına alınmaktadır. Atık alım işlemi bittikten sonra atık alım gemisinin kaptanı atık veren geminin kaptanı ile birlikte alınan her atık türü için ayrı ayrı olacak şekilde Çevre ve Şehircilik Bakanlığında temin edilen Atık Transfer Formunu düzenlemektedir. İşlemler tamamlandıktan sonra atık alım gemisi, atık veren gemiden VTS'ye bilgi vererek ayrılmaktadır. Atık alım gemisinde boşluk kalmış ise, atık alım gemisi Bozcaada gemi demir bölgesinde bir sonraki atık verme talebi için bekletilmekte veya atık verme taleplerinin durumuna göre boşaltım için Çanakkale Limanı'na çekilmektedir. Atık alım gemisi Bozcaada gemi demir sahasından ayrılırken üzerindeki atık türü, miktarı ve gideceği yer ile ilgili bilgiler VTS'ye yazılı olarak bildirilmektedir.

Limana uğramış olan gemilerin de atıkları alınmadan önce gerekli bildirimleri Liman Başkanlığı, Sahil Güvenlik ve Gümrük Müdürlüğü'ne yapılmaktadır. Atık verecek geminin büyüklüğüne, türüne, yüküne, liman içindeki yanaştığı yerin pozisyonuna ve atık basma kabiliyetine göre (yükleme/tahliye işlemlerinin de aksatılmamasına özen gösterilerek) atık alım gemisi kullanılarak veya geminin atık verme devresi doğrudan tesisin atık alım devresine bağlanarak atık alımı gerçekleştirilmektedir. Liman üzerindeki atık alım devresinde standart bağlantı flanşı ile her ebat ve uzunlukta atık alımına uygun hortum bulunmaktadır. Çanakkale Kepez Limanı mevcut durumda MARPOL 73/78 Ek-I, Ek IV ve Ek V kapsamındaki atıkları almaktadır.

4.1.1 Marpol 73/78 Ek-I Kapsamında Alınan Atıklar

Liman, Marpol Ek-I kapsamında gemilerden kaynaklanan petrol türevli atıkları toplamaktadır. Bunlar sintine suyu, slaç, slop, atık yağ ve kirli balast atıklarıdır. Büyük ticari gemilerdeki makine dairelerindeki her bir sistem farklı uzunluktaki boruların yanı sıra çok sayıda pompa, tesisat, kontrol cihazı ve diğer bileşenleri içermektedir. Gemilerin kullanacağı fuel oil, mazot ve yağlama yağı kullanılmadan önce muhakkak ayrıştırılması gerekmektedir. Daha saf ve daha temiz yakıt ve yağlama yağı elde etmek için gemilerde separatörler vardır. Ayrıştırılan ve temizlenen yakıt ve yağlama yağı tanklara gönderilir. Separatörden çıkan su, çamurumsu yapı (slaç) ve diğer askıda kalan maddeler sintine tanklarında, diğer yardımcı ekipman ve işlemlerden meydana gelen sızıntılar da geminin operasyonel anlamda kirlilik oluşturmaya neden olur.

Sintine; gemilerin makine ve yardımcı makine alt tankları, koferdamlar, ambarlar veya benzer bölümlerinde oluşan sızıntı su ve yağlı atıksuların biriktirildiği bölümleri, sintine suyu ise sintine tankında biriken sıvıları, slaç; gemilerin makine dairelerinde, yakıt tanklarında veya petrol tankerlerinin kargo tanklarında tortu ve/veya yağ çökeltilerinden oluşan çamuru, slop; gemilerde kargo tanklarının yıkanması sonucu oluşan tank yıkama suları dahil, slop tanklarında biriken yağlı su artıklarını, kirli balast; gemiden suya bırakıldığında, su üstünde veya bitişik sahil hattında petrol, petrol türevi veya yağ izlerinin görülmesine neden olan veya su üstünde veya su altında renk değişikliği oluşturan veya askıda katı madde/emülsiyon halinde maddelerin birikmesine yol açan balast suyunu ifade eder [28].

Marpol 73/78 Ek I kapsamındaki petrol ve petrol türevli atıklar açıkta demirleyen gemilerden atık alım gemileri sayesinde toplanmakta ve alınan atıklar, atık alım gemisinin limana yanaşmasıyla atık kabul tesisindeki tanklara basılmaktadır. Şekil 4.1’de Bozcaada açıklarında demirleyen ve atık verme talebinde bulunan gemiye atık alım gemisinin yanaşması ve sonrası atık transfer işlemlerinin gerçekleştirilmesi esnasında resmi gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : Bozcaada açıklarında demirleyen gemilerden atık alımı.

Atık verecek gemiyle atık alım gemisi arasındaki pompalara uygun hortum uçları ayarlanmakta ve atık transfer işlemi gerçekleştirilmektedir. Atık alım gemisindeki slaç ve slop tankı sırasıyla Şekil 4.2 ve 4.3’de gösterilmiştir. Şekil 4.2’de atık veren gemiden slaç atığının transfer işlemi, Şekil 4.3’de ise atık transfer işlemi gerçekleştirilmiş bir slop tankı gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : Atık alım gemisindeki slaç tankı.



Şekil 4.3 : Atık alım gemisindeki slop tankı.

Çizelge 4.1 : 2010-2013 yıllarında toplanan petrol türevli atıklar (m³).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2010												
Sintine	263,4	282,0	132,0	196,0	231,5	328,2	158,6	193,8	137,1	574,2	246,4	136,5
Slop	7.187,1	6.429,5	16.239,4	18.085,5	8.733,0	9.211,8	13.921,0	15.539,0	10.711,0	17.240,6	8.688,6	9.937,9
Atık Yağ	23,0	0,0	5,2	0,3	21,3	8,7	1,6	9,1	4,7	4,7	18,3	5,8
Slaç	83,6	156,5	304,7	255,5	160,0	180,3	199,4	270,5	202,1	95,2	205,7	147,8
2011												
Sintine	182,2	254,3	96,0	112,4	146,1	201,6	123,8	183,5	156,7	126,9	84,8	142,5
Slop	14.326,0	15.189,0	18.828,0	12.475,0	11.701,0	15.817,0	5.505,0	24.641,0	8.723,0	13.666,0	10.194,0	11.284,2
Atık Yağ	5,4	13,4	4,3	2,7	47,9	7,6	4,5	15,9	18,0	17,2	2,2	15,4
Slaç	191,6	185,1	192,7	98,2	209,5	186,3	114,8	195,9	155,0	273,5	153,2	176,8
2012												
Sintine	56,4	144,5	268,4	498,9	134,1	151,4	197,0	182,5	137,1	953,1	266,8	107,2
Slop	7.060,5	8.066,5	12.393,8	20.537,2	25.744,2	30.506,7	15.670,5	13.301,7	24.517,9	14.407,0	11.657,1	8.426,7
Atık Yağ	0,8	1,8	0,7	6,8	2,7	13,9	10,8	21,9	2,3	30,8	16,7	17,8
Slaç	113,1	148,5	239,9	112,7	188,1	154,6	201,6	190,2	130,0	238,1	297,8	159,7
2013												
Sintine	220,9	110,5	142,0	260,7	105,8	257,1	352,0	190,4	268,8	86,8	277,1	125,5
Slop	15.107,5	14.551,1	12.135,1	24.518,7	17.597,0	22.339,3	16.129,5	19.732,7	15.843,4	14.743,9	13.507,5	12.442,5
Atık Yağ	40,6	6,4	2,0	22,5	0,7	12,9	6,1	20,3	19,8	0,0	5,1	22,4
Slaç	192,0	181,9	195,5	186,0	244,9	224,8	226,3	218,6	215,8	132,6	165,5	139,9

Limana ait atık alım gemilerinin 2010-2013 yılları arasında aylık olarak Marpol Ek-I, Ek IV ve Ek V kapsamında topladıkları atık miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir. 2010-2013 yılları arasında toplam atık miktarları ise Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Toplanan atıkların büyük kısmını slop atığı oluşturmaktadır. Petrol türevli atıklardaki yıllık artış, 2011 yılında %15, 2012 yılında %16 ve 2013 yılında %3’dür.

Çizelge 4.2 : Toplam alınan atık miktarları.

Yıl	Toplanan Petrol Esaslı Atık Miktarları (m ³ /yıl)			
	2010	2011	2012	2013
Slop	141.924,4	165.349,2	192.289,8	198.648,2
Sintine	2.879,7	1.810,8	3.097,4	2.397,6
Atık yağ	102,7	154,5	127,0	158,8
Slaç	2.261,3	2.132,6	2.174,3	2.323,4
Toplam	147.168,1	169.447,1	197.688,5	203.528,0

4.2.2 Marpol 73/78 Ek IV Kapsamında Alınan Atıklar

Limanda, Marpol 73/78 Ek IV kapsamında gemilerin talepleri üzerine pissu atığı alımı yapılmaktadır. Pissu; tuvaletler, pisuvarlar ve tuvalet frengilerinden gelen atıklar, revir, dispanser ve hastahanelerdeki lavabo, frengi ve küvetlerden gelen sıvı atıkları, canlı hayvan bulunan mahallerden gelen akıntıları veya bunlara karışan diğer atık suları ifade eder [28]. MARPOL 73/78 Ek IV kapsamındaki evsel nitelikli atık sular vidanjör vasıtasıyla Kepez Belediyesi Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi’ne verilerek arıtılmaktadır.

Çizelge 4.3 : Toplanan pis su atıkları (m³).

Ay	Toplanan Pissu Miktarları (m ³)			
	2010	2011	2012	2013
Ocak	5,90	0,00	0,00	35,00
Şubat	0,00	0,00	0,00	0,00
Mart	0,00	10,00	0,00	0,00
Nisan	0,15	0,00	35,00	0,21
Mayıs	0,00	1,00	0,00	0,00
Haziran	1,01	0,00	0,00	0,00
Temmuz	6,00	0,00	5,40	0,00
Ağustos	2,00	0,00	0,00	15,00
Eylül	5,00	0,00	0,00	0,00
Ekim	0,00	0,00	0,00	0,00
Kasım	0,00	0,00	0,00	0,00
Aralık	15,00	0,00	0,00	2,80
Toplam	35,06	11,00	40,40	53,01

MARPOL 73/78 Ek IV kapsamında 2010-2013 yılları arasında gemilerden alınan pis su miktarları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

4.2.3 Marpol 73/78 Ek V Kapsamında Alınan Atıklar

Marpol 73/78 EkV kapsamında gemilerin talepleri üzerine çöp atığı alımı yapılmaktadır. Çöp; geminin normal işleyişi sonucu oluşan evsel ve operasyonel nitelikli katı atıkları ifade eder. Marpol 73/78 Ek V kapsamında toplanan atıklar yıllar bazında Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Toplanan çöp atıkları (m³).

Ay	Çöp Miktarları (m ³)			
	2010	2011	2012	2013
Ocak	4,13	15,98	30,37	36,56
Şubat	9,80	125,75	25,84	23,76
Mart	29,38	6,28	61,34	35,97
Nisan	13,80	18,88	20,59	48,72
Mayıs	85,21	15,49	36,70	56,48
Haziran	37,60	16,80	20,89	35,88
Temmuz	28,69	12,60	63,86	36,76
Ağustos	10,50	10,90	26,69	56,43
Eylül	45,36	31,11	20,70	52,11
Ekim	51,85	26,91	90,54	78,29
Kasım	12,00	17,31	23,82	36,89
Aralık	19,35	21,90	18,92	35,17
Toplam	347,67	319,91	440,26	533,02

Marpol 73/78 Ek V kapsamındaki evsel nitelikli katı atıklar, Belediye ile yapılan protokol uyarınca Belediye’ye ait çöp toplama araçları tarafından belirli periyotlarda tesisteki çöp konteynerlerinden alınarak bertaraf edilmektedir.

4.2 Marpol 73/78 Kapsamında Atıkların Atık Kabul Tesisine Alınması

Açıktaki bekleyen gemilerden alınan atıklar, atık alma gemilerinin limana yanaşmasıyla uygun devreler bağlanarak ham atık alım tankları ünitesine basılmaktadır (Şekil 4.4). Gemilerden alınan sintine suyu ve slaç atığı birlikte, slop ve atık yağ birlikte ayrı tanklarda depolanmaktadır. Sintine suyu alımında, gemi limana yanaştırıldıktan sonra gerekli hazırlıklar yapılarak 10 cm’lik tahliye boru devresi gemi hattına bağlanmaktadır. Daha sonra gemiden pompajla geçici depolama tankına 200 ton/saat kapasite ile sintine boşaltılmaktadır. Limana gelen gemilerden 15 cm’lik tahliye boru devresi ile slop alımı yapılmaktadır. Gemiden, pompajla geçici depolama tankına 200-300 ton/saat kapasite ile slop transfer edilmektedir. Bir günde gelebilecek ortalama 367,3 m³’lük slop, mevcut kapasite ile 2 saatten az zamanda boşaltılmaktadır. Limana gelen gemilerden 10 cm’lik tahliye boru devresi

ile bağlantı kullanılarak slaç alımı yapılmaktadır. Daha sonra gemi pompajla geçici depolama tankına slaç boşaltmaktadır. Ayrıca atık verecek gemide variller içerisinde depolanan slaçlar da atık alım gemisinde bulunan pompalar vasıtasıyla emilerek veya varili ile birlikte atık alım gemisine alınmakta, atık kabul tesisine getirilmekte ve atık depolama sahasında geçici depolanmaktadır.



Şekil 4.4 : Liman iskelesine yanaşan atık alım gemisi.

Limana gelen gemilerden 15 cm'lik tahliye boru devresi bağlantısı kullanılarak atık yağ alımı yapılmaktadır. Ayrıca atık verecek gemide variller içerisinde depolanan atık yağlar da atık alım gemisinde bulunan pompalar vasıtasıyla veya varili ile birlikte atık alım gemisine alınmakta, atık kabul tesisine getirilmekte ve geçici depolama sahasında depolanmaktadır.

Limana yanaşan gemilerden alınan veya işletmeden kaynaklanan MARPOL 73/78 Ek-IV kapsamındaki evsel nitelikli atıksular vidanjör ile doğrudan kanalizasyon sistemi ile Kepez Belediyesi'ne ait Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi'ne iletilmektedir. Limana yanaşan gemilerden ve uğraksız gemilerden alınıp atık alım gemileri ile getirilen veya işletmeden kaynaklanan MARPOL 73/78 Ek-V kapsamındaki evsel nitelikli çöp atıkları, atık kabul tesisindeki çöp konteynerlerine alınmakta, buradan da belediyenin çöp toplama araçları ile çöp depolama sahasına gönderilmektedir.

4.3 Atık Alım Gemileri

Limana ait 4 adet atık alma gemisi mevcuttur. Atık alım gemilerine ait özellikler ve kapasiteleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Atık alma devrelerinde atık alma hazneleri (kargo tankları) ve kargo pompaları mevcut olup, herbir gemi farklı kapasiteye sahiptir.

Çizelge 4.5 : Atık alım gemileri ve özellikleri.

Kapasiteler	KOLİN 2	KOLİN 4	KOLİN 5	TEK GÜLÜM
DWT	1854	1432	4287	85
Boy / En (m)	77,35 / 11,29	68,95 / 11	78,25 / 14,6	22,45 / 7
Lisans no	17-AAGL-004	17-AAGL-008	17-AAGL-009	17-AAGL-001
Slop 1 (m ³)	245,453	123,96	270,404	39,39
Slop 2 (m ³)	247,183	123,96	270,074	-
Slop 3 (m ³)	242,246	174,41	495,756	-
Slop 4 (m ³)	243,601	174,41	495,656	-
Slop 5 (m ³)	243,954	160,37	501,502	-
Slop 6 (m ³)	243,638	160,37	501,553	-
Slop 7 (m ³)	-	-	501,096	-
Slop 8 (m ³)	-	-	500,892	-
Sintine suyu-1 (m ³)	117,008	93,70	496,459	22,473
Sintine suyu-2 (m ³)	-	93,70	-	-
Slaç-1 (m ³)	238,836	93,70	495,500	22,473
Slaç-2 (m ³)	-	93,70	-	-
Atık yağ-1 (m ³)	240,447	22,75	80,693	-
Atık yağ-2 (m ³)	-	22,75	80,693	-
Pissu 1- (m ³)	116,977	-	-	-

Herbir gemide aynı tip dişli pompa kullanılmakta olup, gemiler ilgili yönetmelik esaslarına göre uygun kapasitede pompa ve ekipmanlar ile donatılmıştır. Atık alım gemilerinin atık kabul tesisine atık basma kapasiteleri 130 m³/saat'tir. Herbir gemi ısıtma serpantinleri ile donatılmış olup, iskele üzerinde gemilerin serpantinlerine buhar verebilecek şekilde bağlantı elemanları hazır durumdadır.

4.4 Atık Kabul Tesisi Üniteleri

Atık kabul tesisi üniteleri, atığın ilk alındığı Ham Atık Alım Tankları Ünitesi, atıkların işlem gördüğü Proses Ünitesi, atıkların işlemden geçtikten sonra depolandığı İşlenmiş Atık Tankları Ünitesi, atıklardan kaynaklanan atıksuların arıtıldığı Kimyasal Atıksu Arıtma Ünitesi'nden oluşmaktadır.

4.4.1 Ham Atık Alım Tankları Ünitesi

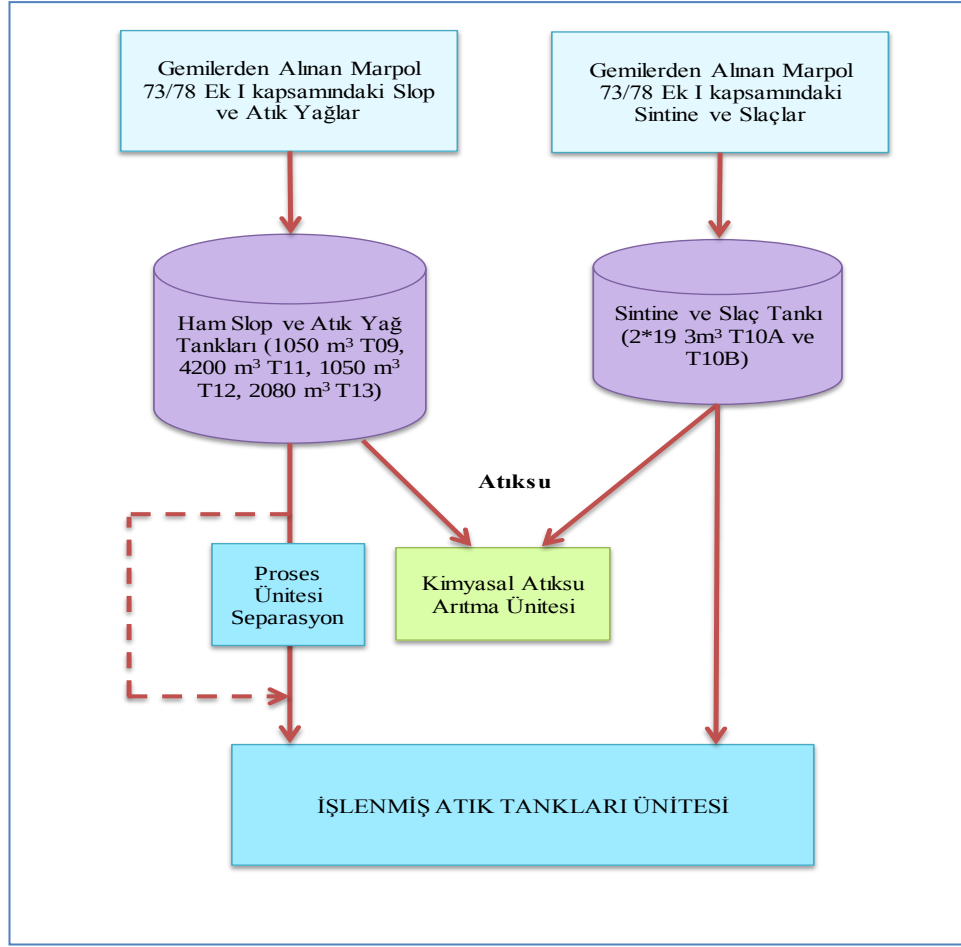
Ham atık alım tankları ünitesi işletmede 2284 m² alanda (1179 m² kapalı, 1105 m² açık alan) yer almaktadır. Bu ünite 2 adet 1050 m³, 4200 m³, 2080 m³ ham slop ve atık yağ tankı, 2 adet 193 m³ sintine ve slaç tankı mevcut olup, toplam tank kapasitesi 8766 m³'dür. Bu ünite gemilerden ham slop, atık yağ, sintine suyu ve slaç tanklara alınarak, bu tanklarda ham atıkların bekletmek suretiyle fiziksel olarak susuzlaştırılma işlemi gerçekleştirilmektedir. Burada dinlendirilen atıklar fiziksel

ayırışma sonucunda suyundan ayrılarak işlenmiş atık tankları ünitesine basılmakta, sular ise dren borularıyla pompalar vasıtasıyla kimyasal atıksu arıtma ünitesine gönderilmektedir. Çizelge 4.6’da ham atık alım tankları ünitesinde atık işlemlerinde kullanılan makine ve ekipman listeleri verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Ham atık alım tankları makine ekipman listesi.

No	Açıklama	Birim	Kapasite
1	Kimyasal Arıtma Besleme Pompası	m ³ /sa	270
2	Sintine Slač Pompası	m ³ /sa	270
3	Ham Slop Pompası	m ³ /sa	350
4	Ham Slop Pompası	m ³ /sa	350
5	Ham Slop Pompası	m ³ /sa	270
T 09	Ham Slop ve Atık Yağ Tankı	m ³	1050
T 10-A	Sintine Slač Tankı	m ³	193
T 10-B	Sintine Slač Tankı	m ³	193
T 11	Ham Slop ve Atık Yağ Tankı	m ³	4200
T 12	Ham Slop ve Atık Yağ Tankı	m ³	1050
T 13	Ham Slop ve Atık Yağ Tankı	m ³	2080

Gemilerden alınan Marpol Ek-I kapsamında slop ve atık yağlar birlikte, sintine ve slač atıkları birlikte kendi tanklarında depolanmaktadır. Tesisteki atık tanklarının diplerinde dren boruları mevcuttur. Atıklardan fiziksel dinlendirmeye ayrılan atıksular dren borular yardımıyla kimyasal atıksu arıtma ünitesine gönderilmektedir. Belirli miktar atıksuyu ayrılan ham slop ve atık yağ seperasyon işleminden sonra işlenmiş atık tankları ünitesine alınmaktadır. Sintine ve slač atığı ise seperasyon işlemine uğramazlar. Şekil 4.5’de ham atık alım tankları ünitesindeki atık işlemleri sürecine ait akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : Ham atık alım tankları ünitesi iş akım şeması.

4.4.2 İşlenmiş Atık Tankları Ünitesi

İşlenmiş atık tankları ünitesi işletmede 3865 m² alanda (1530 m² kapalı, 2335 m² açık) yer almaktadır. Bu ünite, ham atık alım tankları ünitesinden gelen atıkların susuzlaştırılması sonrasında sevkiyata hazır hale getirilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. İşlenmiş atık tankları ünitesinde 8 adet atık tankı mevcuttur. Bunlardan ikisi (T01 ve T03) artık atık yağ tankı, (T04 ve T05) karışık solvent tankı, (T06 ve T08) karışık yağ tankı, (T02) sintine sıç tankı ve (T07) susuzlaştırılmış slop (yük artığı) tankı'dır. Ham atık alım tanklarından susuzlaştırılan atıklar işlenmiş atık tankları ünitesindeki T07 tankına gelir. T07 tankındaki atıklar daha sonra işlenmek üzere seperasyon ve evaporasyon işlemlerine tabi tutulur. Seperasyon ve evaporasyon işlemleri sonrasında atıklar suyundan tamamen ayrılmaktadır. Proses ünitesinde işlenen atıklar kategori çeşitlerine göre kendi tanklarına alınmaktadır. Buradan da atıklar geri kazanım veya bertaraf tesislerine lisanslı taşıma araçları ile sevk edilmektedir.

Çizelge 4.7’de işlenmiş atık tankları ünitesindeki tankların ve pompaların kapasiteleri verilmektedir.

Çizelge 4.7 : İşlenmiş atık tankları makine ekipman listesi.

No	Açıklama	Birim	Kapasite
1	Karışık Solvent Tanker Dolum Pompası	m ³ /sa	60
2	Karışık Yağ Tanker Dolum Pompası	m ³ /sa	80
3	Artık Atık Yağ Tanker Dolum Pompası	m ³ /sa	50
4	Karışık Yağ Ayırma Ünitesi Besleme Pompası	m ³ /sa	100
5	Susuz Sintine Sıç Tanker Dolum Pompası	m ³ /sa	80
6	T01-T03 arası Transfer Pompası	m ³ /sa	50
7	T04-T05 arası Transfer Pompası	m ³ /sa	100
8	T06-T08 arası Transfer Pompası	m ³ /sa	100
T 01	Artık Atık Yağ Tankı	m ³	2080
T 02	Sintine Sıç Tankı	m ³	500
T 03	Artık Atık Yağ Tankı	m ³	500
T04	Karışık Solvent Tankı	m ³	500
T05	Karışık Solvent Tankı	m ³	500
T06	Karışık Yağ Tankı	m ³	1000
T07	Susuzlaştırılmış Slop (Yük Artığı) Tankı	m ³	4500
T08	Karışık Yağ Tankı	m ³	1500

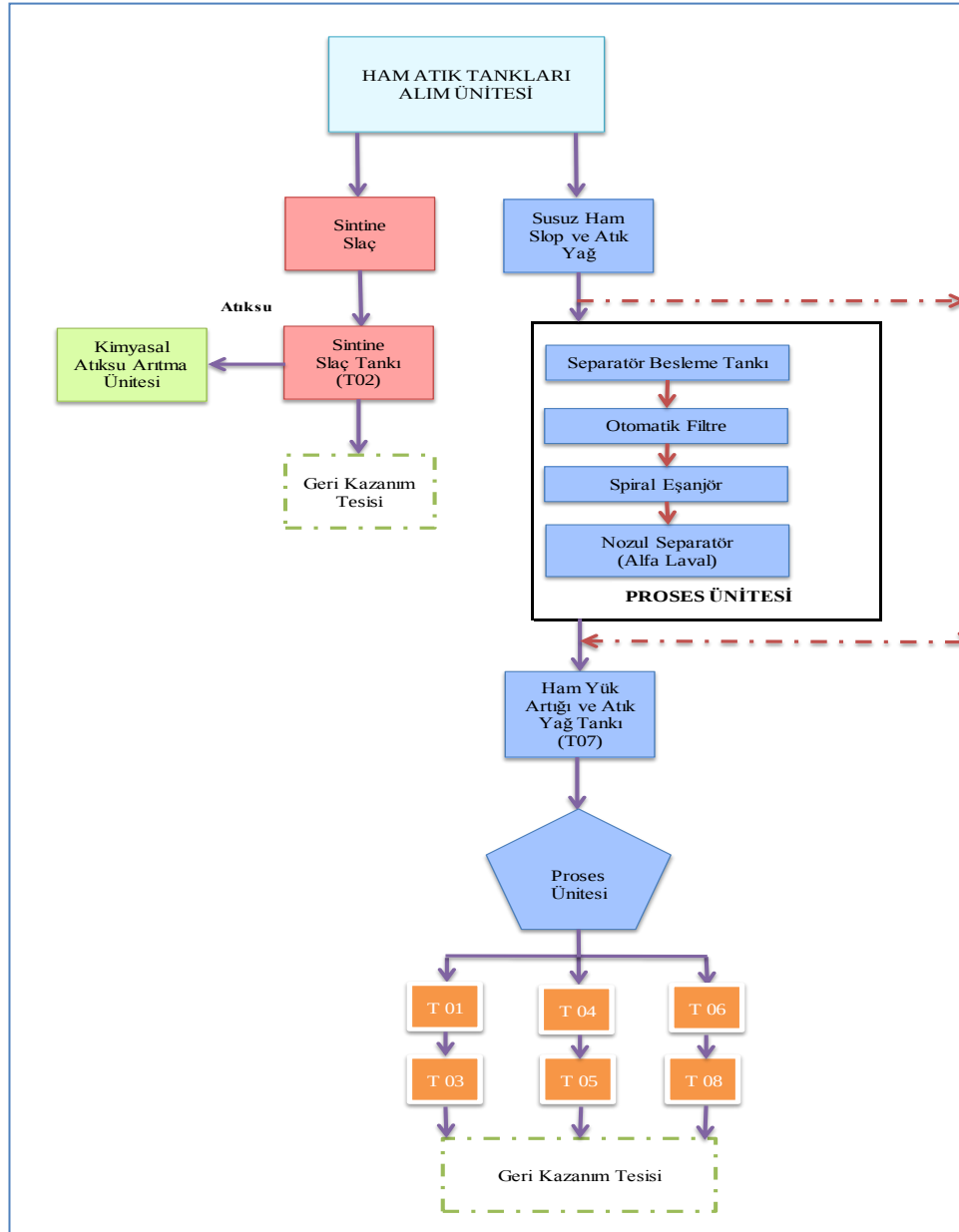
Şekil 4.6’da lisanslı atık taşıma araçlarına atıkların basılmasında kullanılan pompalar gösterilmektedir.



Şekil 4.6 : Lisanlı atık taşıma araçlarına atık basan pompalar.

Sintine ve sıç atığı seperasyon ve evaporasyon işlemlerine tabii tutulmazlar. Genellikle yoğunlukları yüksek olduğundan analiz sonuçlarında 2. kategori atık yağ kriterlerine girmektedir. Bu nedenle bu atıklar atık geri kazanım tesisleri yerine atık bertaraf tesislerine gönderilmektedir. Ham slop ve atık yağın işlenmesinden karışık atık yağ ve karışık atık solvent elde edilmektedir. Ham slop ve atık yağ seperasyon ve evaporasyon işlemlerinden geçerek karışık atık yağ (1.kategori atık yağ) ve karışık atık solvent olarak kendi tanklarına alınmaktadır. 1.kategori atık yağ atık yağ geri kazanım tesislerine, karışık atık solvent ise atık solvent geri kazanım tesislerine

gönderilmektedir. Şekil 4.7'deki iş akım şemasında, atıkların bertaraf veya geri kazanım tesisine gönderilmesine kadar olan süreç gösterilmektedir.



Şekil 4.7 : İşlenmiş atık tankları ünitesi iş akım şeması.

4.4.3 Proses Ünitesi

Proses ünitesi işletmede 781 m² alanda (733 m² kapalı, 48 m² açık alan) yer almaktadır. Bu üniteye susuzlaştırma ve geri kazanıma uygun atıkların ön işleme gerçekleştirilmektedir. Proses ünitesindeki işlemlerde kullanılan T07 tankından basılan susuzlaştırılmış slop atıkları, bu üniteye dekantöre alınmaktadır. Susuzlaştırılmış slop atıklarının içinde bir miktar atıksu bulunmaktadır. Dekantörde atıklardaki %20-25 oranında su alınarak, atık içinde %2-3 oranında su kalacak

şekilde seperatör ünitesine verilmektedir. Seperatör ünitesinden geçirilen atıklar suyundan neredeyse tamamen ayrılarak evaporatör ünitesine gönderilmektedir. Çizelge 4.8’de proses ünitesindeki makine ekipman listesi ve kapasiteleri verilmektedir.

Çizelge 4.8 : Proses ünitesi makine ekipman listesi.

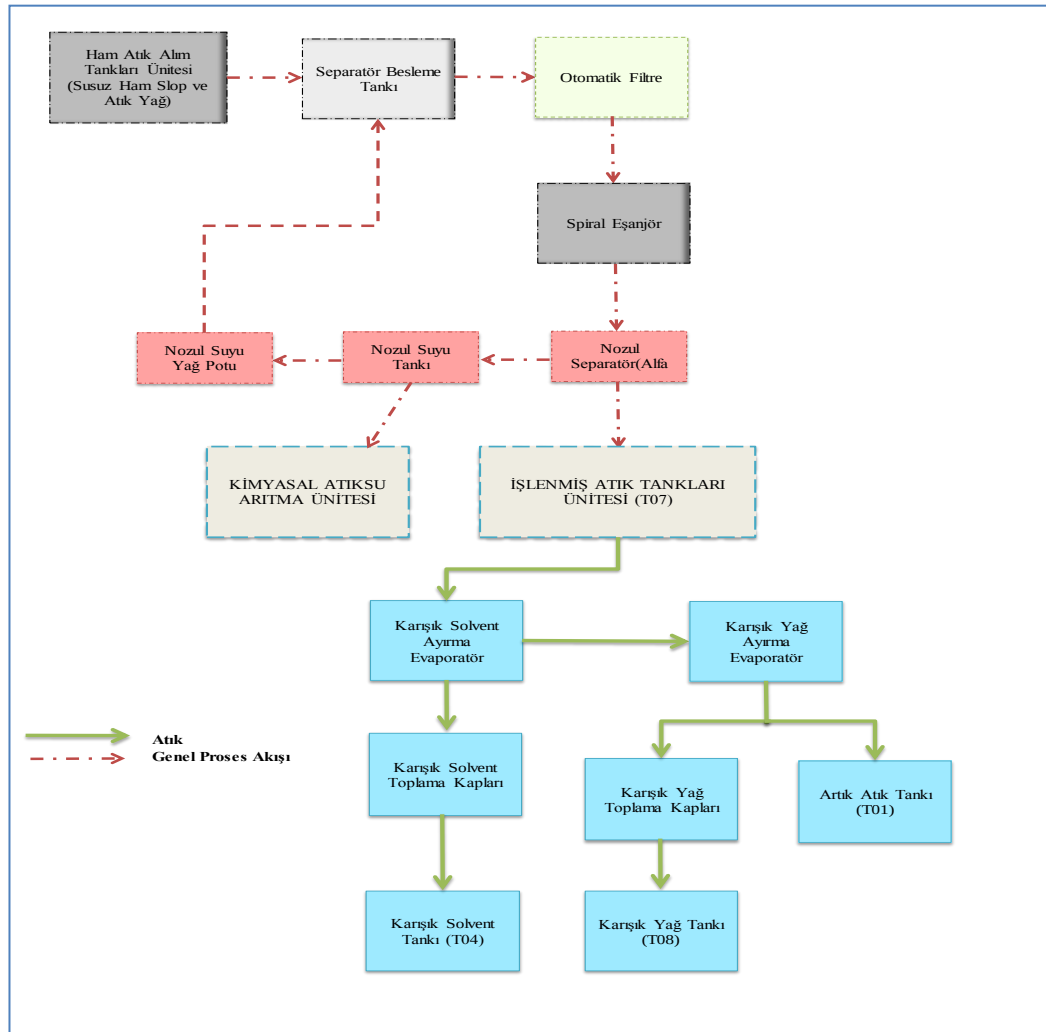
No	Açıklama	Birim	Kapasite	Adet
1	Separatör Besleme Tankı	m ³	30	1
2	Otomatik Filtre	m ³ /sa	15	1
3	Spiral Eşanjör	m ³ /sa	15	1
4	Nozul Separatör (Alfa Laval)	m ³ /sa	15	1
5	Kurutucu	m ³ /sa	15	2
6	Kurutucu Vakum Pompası	m ³ /sa	240	2
7	Kurutucu Transfer Pompası	m ³ /sa	15	2
8	Nozul Suyu Tankı	m ³	30	1
9	Nozul Suyu Pompası	m ³ /sa	10	1
10	Nozul Suyu Yağ Potu Transfer Pompası	m ³ /sa	5	1
11	Nozul Suyu Yağ Potu	m ³	10	1
12	Nozul Suyu Su Potu	m ³	10	1
13	Separatör Sıcak Su Besleme Pompası	m ³ /sa	15	1
14	Sıcak Su Tankı	m ³	15	1
15	Separatör Yıkama Suyu Tankı	m ³	15	1
16	Yıkama Suyu Tanı Transfer Pompası	m ³ /sa	15	1
17	Hava Kompresörü	bar	8	1
18	Karışık Solvent Ayırma Evaporatörü	m ³	30	1
19	Karışık Yağ Ayırma Evaporatörü	m ³	30	1
20	Karışık Solvent Toplama Kapları	m ³	3	2
21	Karışık Yağ Toplama Kapları	m ³	3	2
22	Karışık Solvent Transfer Pompası	m ³ /sa	10	1
23	Karışık Yağ Transfer Pompası	m ³ /sa	10	1
24	Vakum Pompaları	m ³ /sa	480	2
25	Transfer ve Tahliye Pompası	m ³ /sa	50	1
26	Gaz Tankı	m ³	20	1
27	Basınçlı Hava Tankı	m ³	4	1
28	Gaz Tankı Bacası			1
29	Proses Binası Havalandırma Bacası			1
30	Proses Binası Havalandırma Bacası			1

Şekil 4.8, proses sahasındaki dekantör ünitesini göstermektedir. Burada petrol türevli atıklardaki tortu ve su alındıktan sonra, diğer proses ünitelerine verilmektedir. Atıklardan ayrılan atıksular ise kimyasal atıksu arıtma ünitesine iletilmektedir.



Şekil 4.8 : Proses sahası dekantör ünitesi.

Şekil 4.9'dan anlaşılacağı üzere atıklar öncelikle ham atık alım tankları ünitesinden separator besleme ünitesine, buradan ise bir miktar daha susuzlaştırılan atıklar işlenmiş atık tankları ünitesinde T07 tankına alınmaktadır. T 07 tankından evaporatör ünitesine gönderilen atıklar belirli sıcaklıklarda kategorilerine ayrılmaktadır. Her bir atık ürün kendi tankına alınmaktadır. Buradan da analiz sonuçlarına göre lisanslı atık taşıma araçları ile ilgili atık geri kazanım veya atık bertaraf tesislerine sevk edilmektedir.



Şekil 4.9 : Proses ünitesi iş akım şeması.

4.4.4 Kimyasal Atıksu Arıtma Ünitesi

Kimyasal atıksu arıtma ünitesi, işletmede 300 m² alanda (210 m² kapalı 90 m² açık alan) yer almaktadır. Günde ortalama 8 saat çalışmakta olup debisi 100 m³/sa'dır. Bu üniteye ham atık alım tankları ve işlenmiş atık tankları ünitesinden gelen atıksuların dengelenmesi, atıksuda bulunan çökebilir katıların kimyasal madde ilaveyle koagüle

edilmesi, flokleştirilmesi ve çöktürülmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Çizelge 4.9'da kimyasal atıksu arıtma ünitesinde bulunan makine ekipman listesi ve özellikleri gösterilmiştir.

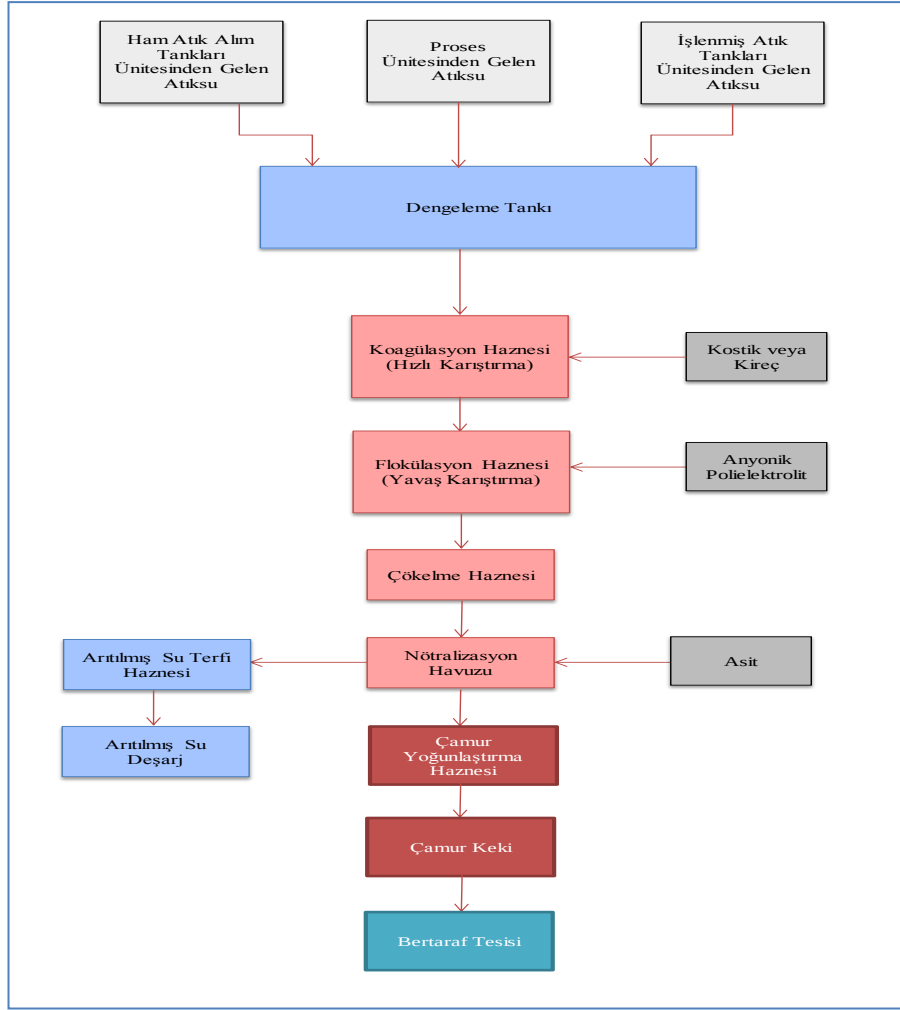
Çizelge 4.9 : Kimyasal atıksu arıtma ünitesi makine ekipman listesi.

No	Açıklama	Birim	Kapasite	Adet
1	Dengeleme Tankı	m ³	603	1
2	Koagülasyon Haznesi	m ³	8	1
3	Flokülasyon Haznesi	m ³	15	2
4	Çöktürme Haznesi	m ³	90	2
5	Çamur Transfer Pompası	m ³ /sa	50	2
6	Nötralizasyon Haznesi	m ³	6,6	1
7	Kositk Tankı	m ³	20	1
8	Çamur Yoğunlaştırma Haznesi	m ³	20	1
9	Asit Hazırlama Tankı	m ³	2	1
10	Aritılmış Temiz Su Terfi Haznesi	m ³	75,6	1
11	Kum Filtresi	m ³	1	2
12	Kositk Hazırlama Tankı	m ³	4	1
13	Polimer Hazırlama Tankı	m ³	2	1
14	Debi Metre			1
15	Numune Alma Bacası			1

Tesiste sadece atık suyun kimyasal arıtma işlemleri için gerekli olan kimyasallar kullanılmakta olup, Marpol 73/78 Ek I kapsamındaki atıkların susuzlaştırma (seperasyon) ve tasnif işlerinde herhangi bir kimyasal katkı maddesi kullanılmamaktadır. Atıksu arıtma için gerekli olan kimyasallar 2 haftalık periyotlarla temin edilmekte ve stoklama yapılmaksızın sarf edilmektedir. Tesiste kullanılan kimyasal madde miktarları aşağıdaki gibidir;

- Anyonik polielektrolit :4.000 kg/yıl,
- Sodyum hidroksit (% 47) (NaOH): 120.000 kg/yıl,
- Hidro klorik asit (HCl): 30.000 kg/yıl,
- Poli alüminyum klorür (%17 lik) 75.000 kg/yıl
- Özel koagulant 250.000 kg/yıl

Ham atık alım tankları ünitesinden, proses ünitesinden ve işlenmiş atık tankları ünitesinden gelen atıksuların arıtıldığı kimyasal atıksu arıtma ünitesinin iş akım şeması Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Kimyasal atıksu arıtma ünitesinden çıkan çamur kekleri çamur yoğunlaştırma haznesinden geçirilerek içindeki su oranı düşürülmektedir. Buradan çıkan çamurların analiz sonuçlarına göre içeriği tehlikeli madde olduğu için bertaraf tesislerine gönderilmektedir.



Şekil 4.10 : Kimyasal atıksu arıtma ünitesi iş akım şeması.

4.4.5 Kazan Dairesi Ünitesi

Kazan dairesi işletmede 560 m² alanda yer almaktadır. Bu ünite liman tesisi genel ısıtma ihtiyacı sıcak su kazanı ile karşılanmaktadır. İşlenmiş atık tankları ünitesinde bulunan tankların ısıtılması, boru hatlarının ısıtılması ve proseste gerekli olan ısıtma ihtiyaçları buhar kazanı vasıtasıyla sağlanmaktadır. Proses ünitesindeki evaporatörün ısıtılması işlemi, kızgın yağ kazanı vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir.

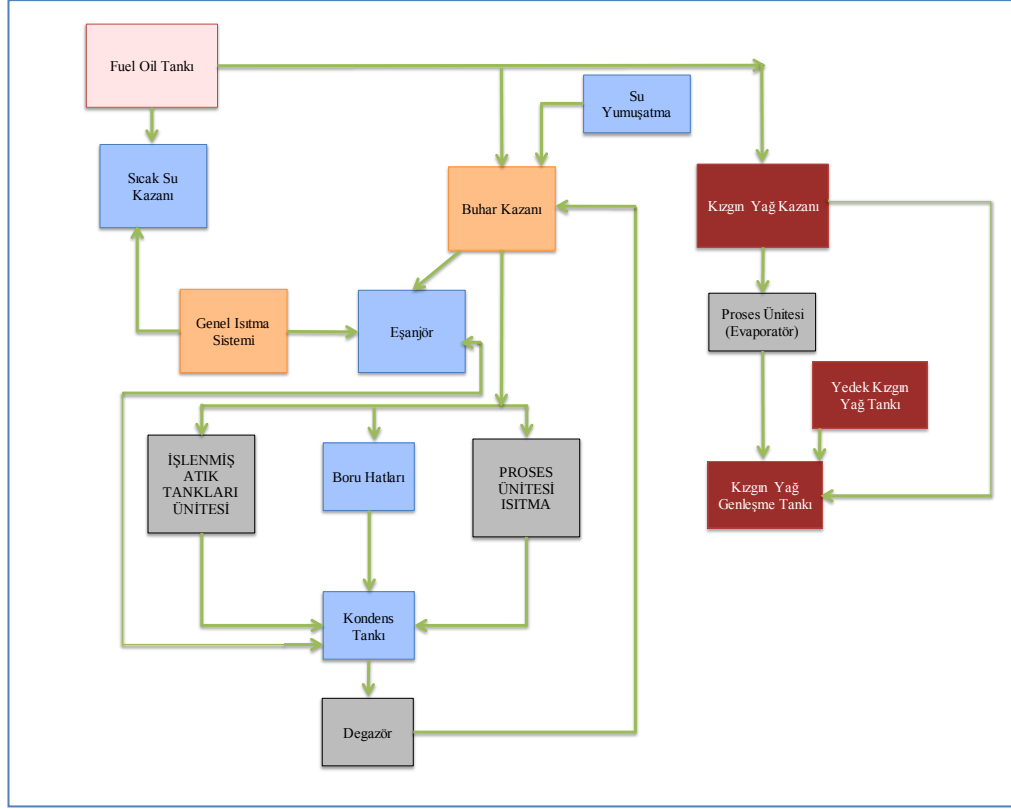
Kazan dairesi ünitesindeki kazanlar ve ekipmanlar Çizelge 4.10'da gösterilmektedir. Sistemde 1 adet ısınma amaçlı sıcak su, 1 adet Buhar ve 1 adet ise kızgın yağ kazanı olmak üzere toplam 3 adet kazan mevcuttur. Isınma amaçlı (sıcaksu kazanı) kullanılan kazanın ısıtma gücü 1.500.000 kcal/sa'dır. Kızgın yağ kazanı ısıtma gücü 2.000.000 kcal/sa olup, tesiste sadece atık işleme ünitesinde (evaporatörde) kullanılmaktadır. Sistem içinde (prosesin ve depolama tanklarının ısıtılması için) gerekli olan buhar, 1 adet 250 m² (10.000 kg/sa) yüzey alanına sahip buhar kazanı

tarafından karşılanmaktadır. Sistem içinde ham atık alım tanklarının ve atık transfer hatlarının ısıtılması için gerekli olan ısı, 1 adet 5.000 kg/sa kapasiteli sıvı yakıtlı (kalorifer yakıtlı) buhar kazanı ile sağlanmaktadır.

Çizelge 4.10 : Kazan dairesi ünitesi makine ekipman listesi.

No	Açıklama	Birim	Kapasite	Adet
1	Buhar Kazanı	kw/sa	6796	1
2	Sıcak Su Kazanı	kw/sa	2325	1
3	Kızgın Yağ Kazanı	kcal/sa	2000	1
4	Kondens Tankı	m ³	15	1
5	Degazör Tankı	m ³	15	1
6	Degazör Transfer Pompası	m ³ /sa	16	2
7	Buhar Kazanı Besi Pompası	m ³ /sa	32	2
8	Kızgın Yağ Sirkülasyon Pompası	m ³ /sa	70	2
9	Kızgın Yağ Transfer Pompası	m ³ /sa	5	2
10	Kızgın Yağ Tankı	m ³	10	1
11	Kızgın Yağ Genleşme Tankı	m ³	7	1
12	Yakıt Pompası	m ³ /sa	5	2
13	Sıcak Su Genleşme Tankı	m ³	5	2
14	Yumuşatma Cihazı	lt/sa	500	1
15	Ham Su Transfer Pompası	m ³ /sa	10	1
16	Ham Su Tankı	m ³	15	1
17	Separatör Besleme Hidroforu	m ³ /sa	2*10	1
18	Kazan Besleme Hidroforu	m ³ /sa	2*10	1
19	Yumuşak Su Tankı	m ³	5	1
20	Hidrofor Genleşme Tankı	lt	300	1
21	Tuz Tankı	m ³	1	1
22	Motorin Tankı	m ³	5	1
23	Fuel Oil Tankı	m ³	20	1
24	Buhar Kazanı Bacası			1
25	Sıcak Su Kazanı Bacası			1
26	Kızgın Yağ Kazanı Bacası			1

Kazan dairesindeki kazanlarda kalorifer yakıtı olarak fuel oil kullanılmaktadır. Mevcut 3 kazandan biri olan kızgın yağ kazanı, proses ünitesinde ham atığın işlenmesinde kullanılmaktadır. 250-300 °C'lere çıkmak için serpantinlerin içinden kızgın yağ geçirilmektedir. Sıcak su kazanı tesisin genel ısınması için, buhar kazanı da işlenmiş atık tankları içinde bulunan boru hatlarını ısıtmak için kullanılmaktadır. Bunun nedeni de atık yağın sıcaklık derecesini arttırıp donmasını önlemektir. Şekil 4.11, kazan dairesinin proses ünitesi ve işlenmiş atık tankları ünitesi ile ilgili iş akım şemasını göstermektedir.



Şekil 4.11 : Kazan dairesi ünitesi iş akım şeması.

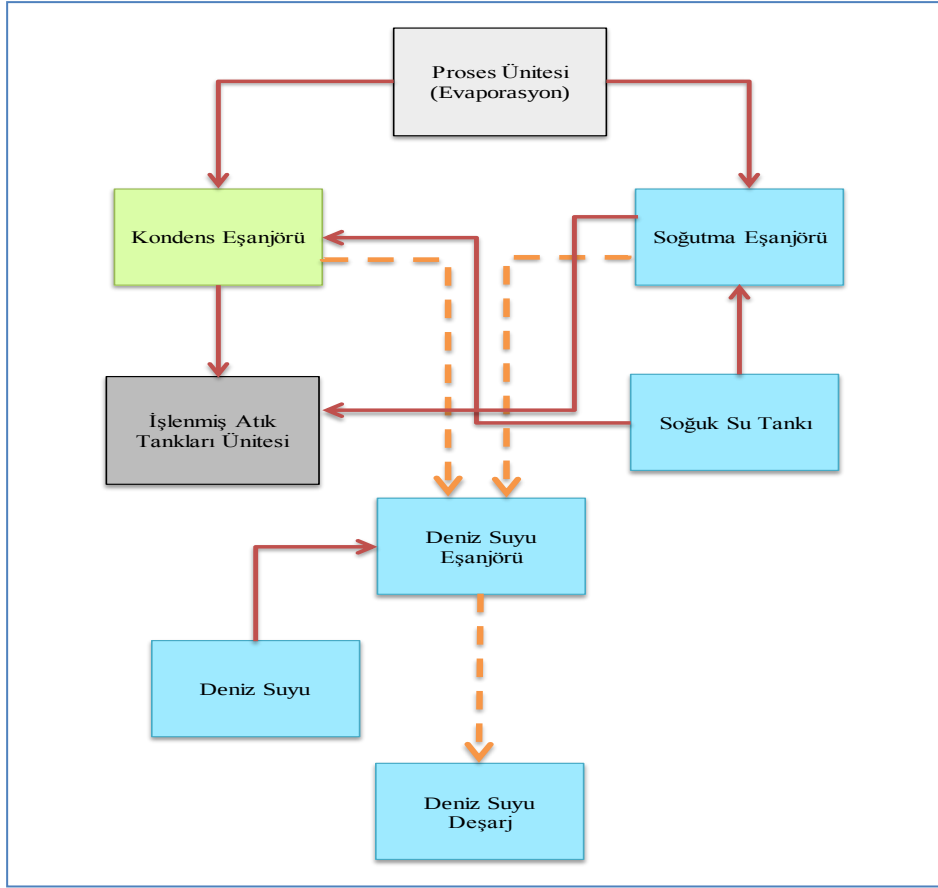
4.4.6 Soğutma Suyu Ünitesi

Soğutma suyu ünitesi işletmede 68 m² alanda yer almaktadır. Bu ünite de proses ünitesinde bulunan evaporatörlerden çıkan gaz buharının yoğunlaştırılması ve evaporatör çıkışındaki sıcak gazın soğutulması işlemleri gerçekleştirilmektedir. Kapalı devre soğutma işlemi iki adet 400 m³/saat kapasiteli titanyum santrifüj pompa ile yapılmaktadır (Çizelge 4.11). Plakalı soğutucu ve pompalar, pompa dairesi içinde yer almaktadır.

Çizelge 4.11 : Soğutma suyu ünitesi makine ekipman listesi.

No	Açıklama	Kapasite	Adet
1	Deniz Suyu Pompası	400 m ³ /sa	2
2	Soğutma Suyu Pompaları	200 m ³ /sa	2
3	Soğutucu Eşanjör		1
4	Soğutma Suyu Tankı	20 m ³	1

Sistemde toplam 2.000.000 kcal/saat kapasiteli 1 adet plakalı tip soğutucu bulunmaktadır. Bu soğutucuda amaç, kondenserde ısınan kapalı devre proses suyunu 20 °C'lik bir farkla deniz suyu vasıtasıyla soğutmak ve tekrar sisteme göndermektir. Soğutma suyu ünitesi iş akım şeması Şekil 4.12'de gösterilmektedir.



Şekil 4.12 : Soğutma suyu ünitesi iş akım şeması.

4.5 Atıkların Bertaraf ve Geri Kazanım İşlemleri

4.5.1 Seperasyon İşlemleri

Santrifüj, kuvvet kullanılarak fiziksel olarak ham atığın içinde bulunan su ve katı maddeleri ayıran ünedir. Slač ve sintine suyu kendi tankında depolandıktan sonra ısıtılarak dinlendirilir. Isınan ve dinlenen atığın bıraktığı su, tankın drenaj sistemi ile kimyasal atıksu arıtma ünitesine gönderilir. Ham slop ve atık yağ ise depolama tanklarından bir transfer pompası vasıtasıyla direkt olarak proses kullanım tankına alınır. Ham slop ve atık yağ kendi tankında depolandıktan sonra ısıtılarak dinlendirilir. Isınan ve dinlenen su, tankın drenaj sistemi ile kimyasal atıksu arıtma ünitesine gönderilir. Bu üniteye alınan atıksular Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Tablo-19 kriterleri baz alınarak arıtılıp deşarj edilmektedir [29]. Depolama tanklarından bir transfer pompası vasıtasıyla direkt olarak proses kullanım tankına alınan ham slop ve atık yağ bir besleme pompası vasıtasıyla aşağıdaki sıralamayı takip ederek işlenir.

Ayırma yöntemi 2 aşamadan meydana gelmektedir. Ham atık, depolama tanklarından bir transfer pompası vasıtasıyla direkt olarak proses kullanım tankına alınır. Buradan yine bir besleme pompası vasıtasıyla aşağıdaki sıralamayı takip ederek işlenir. İçerisinde tortu da bulunan, serbest suyu alınmış ham atık, ilk olarak içerdği katı partikül ve tortudan ayrılmak üzere dekantör ünitesine alınır. Bu ünite 12 m³/sa kapasitede ve tamamen otomatik olup operatör müdahalesi en aza indirilmiştir. Sistemde yatay santrifüj kuvvetlerle tortunun veya katının ayrılması sağlanmaktadır. Üniteden ortalama %25-27 kuru madde içeren dekantör çamuru (slaç) çıkmakta olup ayrılan bu kısım geri dönüşüme uygun olmadığından anlaşmalı bertaraf tesislerine gönderilmektedir. Tortusu alınmış ham atık ise seperatöre verilmek üzere, seperatör besleme tankına alınıp aşağıdaki adımları takip etmektedir.

Dekantör ünitesinde ayrılamayan (düşük yoğunluklu) partikül büyüklüğü 1 mm ve üzerinde bulunan katı partiküller otomatik filtre vasıtasıyla elimine edilir. Filtre sistemi tam otomatik olarak çalışmakta olup, filtreleme ve ters yıkama işlemlerini otomatik olarak yapmakta ve insan müdahalesini gerektirmemektedir. Bu bölümdeki ekipmanların tamamı 15 m³/saat kapasiteye göre seçilmiştir. Filtrelenmiş ham atıkta bulunan ve filtre vasıtasıyla alınamayan su ve ince partiküllerin tamamıyla ayrılması, santrifüj kuvvete dayalı, 6000 devir/dk hızında dönen iki fazlı dikey seperatör ile yapılmaktadır. Dikey seperatör içine gelen hammaddede bulunan su ve katı maddeler yüksek dönüş hızında seperatör nozullarında toplanarak ağır fazı oluşturur ve ağır faz tankına alınır. Sistem bünyesindeki bir pompa vasıtasıyla ağır faz tankında toplanan su ve tortu, Nozul suyu tankına alınır. Bu tank özel yapısı sayesinde ayrılan tortu ve suyu, dip pompası vasıtasıyla kimyasal arıtma ünitesine gönderirken, ağır faza kaçma ihtimali olan %2 kadar hammaddeyi de fiziksel yolla nozul suyundan ayırarak prosese tekrar girmek üzere yağ poduna gönderir. Hammaddenin bu podda ayrılmış kısmı bir pompa vasıtasıyla prosesin başlangıcındaki proses kullanım tankına gönderilir. Nozul suyu tankında kalan suyun bir miktarı seperatörün normal prosesi gereği ihtiyaç duyduğu suyu karşılamak üzere sıcak su tankına gönderilirken fazlası da yine dip pompası sayesinde kimyasal arıtma ünitesine gönderilir. Bu bölümde bulunan seperatör 15 m³/saat kapasiteye sahiptir. Seperatör, ön taraftaki ısıtma ve pompalama, arka bölümündeki pompalama üniteleri ile birlikte çalışır. Sistem tamamen otomatik olup kullanıcı müdahalesi en aza indirilmiştir. Seperatör ve aksamı bir platform üzerine kurulmuştur.

4.5.2 Atık Ön İşlemleri

Su ve katı maddesi giderilmiş atıklar, 4500, 2080 ve 500 m³ 'lük susuzlaştırılmış slop ve atık yağ tankları içinde bulunan karışık solventi karışık yağdan ayırmak için, pompa vasıtasıyla ayırma ünitesine gönderilir. Tesiste 2 adet ayırma ünitesi ve burada ayrılan karışık solventi toplama amacı ile kurulan 4 adet toplama kabı vardır.

Ayırma ünitesi, dışarıdan sarımlı borulardan ünite içindeki helezonik serpantinlerden termal yağ geçirilerek ısıtma ve buharlaştırma yöntemine dayalı olarak çalışır. Çapı 2850 mm, yüksekliği 5 m olan kolonlarda atık 11 kWh'lik bir redüktörle 30 devir/dk hızında karıştırılır. Sistemin tamamı vakum altındadır. Vakum altında karışık solvent ayırma işlemi atığın içeriğindeki su ve solvent fraksiyonlarının oranına bağlı olarak 140-180 °C sıcaklıklara kadar devam eder. Karışık solventleri ayrılan atık yağ, karışık atık yağ tankına alınırken, ayrılan karışık atık solventler ise, karışık atık solvent tankına alınarak depolanmaktadır.

4.5.3 Kondenserler

İşleme ünitelerinde meydana gelen buhar bir boru vasıtasıyla, vakum altında kondenserlerden geçirilir. Kondenserler, titanyumdan ve paslanmaz çelikten mamul, plakalı tip ve yüksek verimli ısı değıştircilerdir. Gövdeye bağlanan su vasıtasıyla buhar yoğunlaştırılarak toplama kaplarına gönderilir. Her ünitenin üzerinde bir kondenser mevcut olup, her bir üniteye iki toplama kabı bağlanmıştır.

4.5.4 Vakum Pompaları

Sistemde 2 adet su halkalı vakum pompası yer almaktadır. Bir grup teşkil eden atık işleme üniteleri, kondenserler ve toplama kapları tamamen vakum altındadır. Vakum, toplama kabından emilerek sağlanır ve tüm sistem vakum altında (negatif basınçta) çalıştırılır. Kaçak olmadığı sürece sistem 120-760 mm Hg sütunu vakum (negatif basınç) altına ayarlanabilir. Her bir vakum pompasının kapasitesi 240-480 m³/saat hava emecek şekilde seçilmiştir. Vakum suları ve kondens olmayan gaz proses binasının dışındaki vakum suları toplama tankında toplanarak kimyasal arıtma rögarı ile ilişkilendirilmiştir. Tank bir baca ile havaya açılmıştır.

4.6 Atıkların Sevkiyat Öncesinde Yapılan İşlemler

Atıklar, bertaraf ve geri kazanım firmalarına gönderilmeden önce belirli işlemlerden geçer. Sonrasında kendi tanklarına alınırlar. Tesiste; 5 adet Ham Sulu Yük Artığı Tankı (8380 m^3), 2 adet Karışık Yağ Tankı ($1500 \text{ m}^3 + 1000 \text{ m}^3$), 3 adet Susuzlaştırılmış Yük Artığı Tankı ($4500 \text{ m}^3 + 2080 \text{ m}^3 + 500 \text{ m}^3$), 2 adet Karışık Solvent Tankı ($500 \text{ m}^3 + 500 \text{ m}^3$), 2 adet Sintine ve Slač Tankı ($500 \text{ m}^3 + 386 \text{ m}^3$) bulunmaktadır. Toplama kaplarında toplanan karışık solventler ve karışık yağlar, pompa vasıtasıyla karışık solvent depolama tanklarına ($500 \text{ m}^3 + 500 \text{ m}^3$) ve karışık yağ depolama tanklarına ayrı ayrı ($1500 \text{ m}^3 + 1000 \text{ m}^3$) gönderilmektedir.

Sevk edilmeye hazır atıklardan komisyon nezaretinde numune alınarak akredite laboratuvarına gönderilmektedir. Yönetmelik gereğince, Valilik tarafından oluşturulan komisyon onayıyla atıkların tesisten çıkışı gerçekleştirilmektedir. Sintine-slač, slop-karışık atık yağlar ile karışık atık solventler, 1 adet $50 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve 2 adet $60 \text{ m}^3/\text{sa}$ kapasiteli yükleme pompalarıyla, seperatör-dekantör çamurları, tank dibi çamurları ve katı slačlar ise big-bag, ibc veya varil vb. ambalajlar ile Valilik Makamınca oluşturulan komisyon marifetiyle uygun şekilde atık taşıma lisanslı araçlarla Bakanlıktan lisans almış geri kazanım veya bertaraf firmalarına lisanslı atık taşıma araçları ile (Şekil 4.13) sevk edilmektedir.



Şekil 4.13 : Lisanslı atık taşıma aracı.

Sevk edilecek atıklar akredite veya yetkili laboratuvarlara yaptırılacak analizlerin sonuçlarına göre, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’de belirtilen tehlikeli atık kodlarıyla, anlaşmalı lisanslı geri kazanım ve/veya nihai bertaraf tesislerine lisanslı atık taşıma araçlarıyla gönderilmektedir.

Çizelge 4.12 : İşletmeden kaynaklanan tehlikeli atıklar.

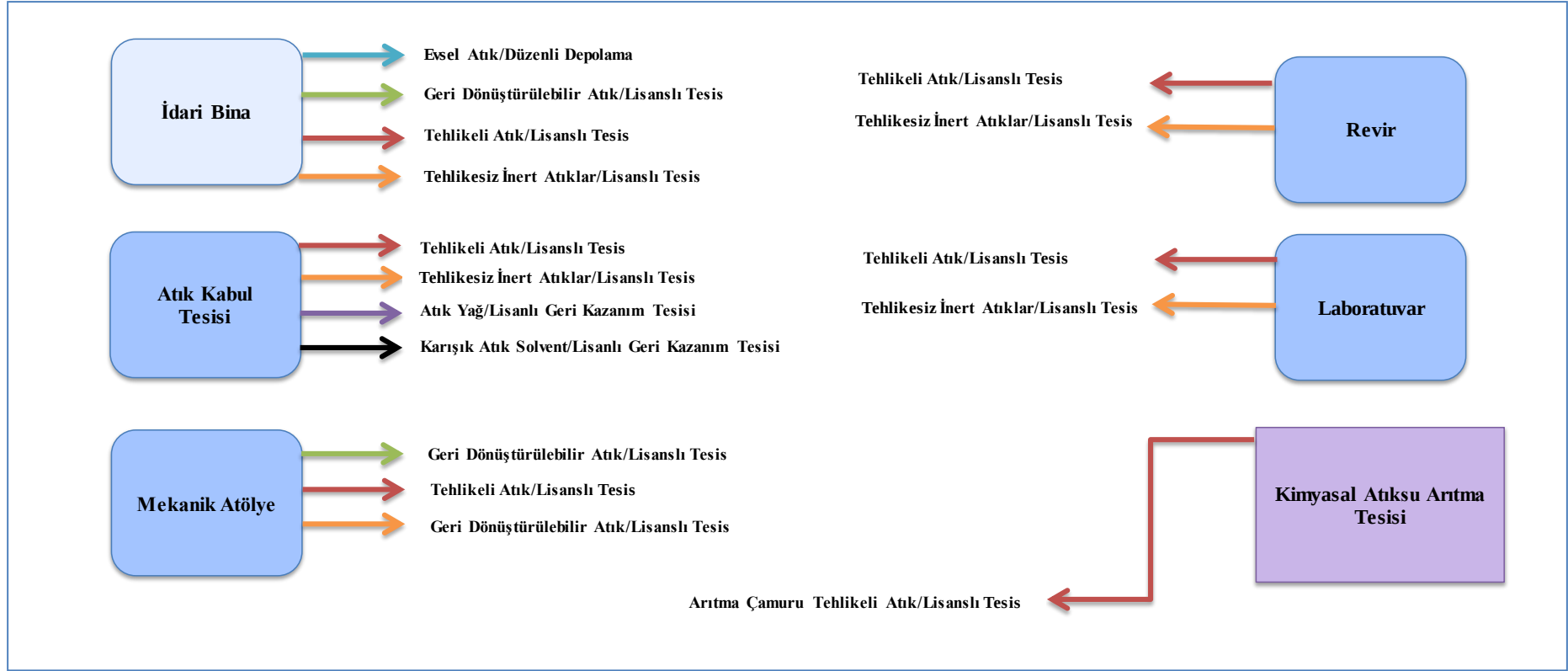
Atık Kodları	Adı	Gönderileceği Tesis		Açıklama
		Geri Kazanım	Bertaraf	
140603	Diğer Solventler(çözücüler) ve solvent karışımları	x		Atıkların ön işlenmesinden oluşan Karışık Atık Solventler
130403	İç su yolu denizciliğinden kaynaklanan sintine yağları		x	Susuzlaştırılmış Sintine
130506	Yağ/su seperatöründen (ayırıcısından) çıkan yağ,		x	Atıkların doğrudan alındıktan sonra susuzlaştırma sonrasında sevk edilmesi
190207	Ayrışmadan oluşan yağ ve konsantrasyonlar,	x		Atıkların ön işlenmesinden oluşan karışık yağlar.
130703	Diğer yakıtlar (karışımlar dahil)		x	Slaç
130502	Yağ-su seperatöründen (ayırıcısından) çıkan çamurlar		x	Atıkların işlenmesi sırasında oluşan seperatör-dekantör çamurları ve kolon dibi çamurları.
050103	Tank Dibi Çamurları		x	Tank Dibi Çamurları

Atık kabul tesisi'nde atıkların işlenmesinden kaynaklanan seperatör-dekantör çamurları ve kontamine atıklar variller içerisinde sızdırmaz zemine sahip geçici depolama sahasında depolanmaktadır. Bu atıklar lisanslı bertaraf tesislerine gönderilmektedir.

Çizelge 4.13 : Prosesten kaynaklanan tehlikeli atıklar.

Atık Kodları	Adı	Gönderileceği Tesis		Açıklama
		Geri Kazanım	Bertaraf	
190813	Endüstriyel atıksuyun diğer yollarla arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar,		x	100 m ³ kapasiteli atıksu arıtma tesisinden kaynaklanan çamur keki.
150202	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş absorbanlar, filtre maddeleri (aksi belirtilmemiş ise yağ filtreleri dahil), temizleme bezleri, koruyucu giysiler,		x	Kontamine atıklar.
150110	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kirlenmiş ambalaj,		x	Variller, IBC tank, big bag çuval vs.

Atık kabul tesisi'nde atık suların arıtılmasından kaynaklanan çamur keki IBC (Intermediate Bulk Container) tanklar içerisinde geçici depolama sahasında depolanmaktadır. Bu atıklar analiz sonuçlarına göre lisanslı bertaraf tesislerine gönderilmektedir. Limanda ayda yaklaşık 100 kg oluşan ambalaj atıkları ise belediye toplama sistemine verilmektedir. Tesiste oluşan pil ve akümülatörler ise belediye aracılığıyla uygun şekilde uzaklaştırılmaktadır.



Şekil 4.14 : Atık döngüsü.

5. ATIK KABUL TESİSİNDE KARBON AYAK İZİ BELİRLENMESİ

5.1 Çalışma Kapsamı

Karbon ayak izi, insan faaliyetlerinden (ulaşım, elektrik tüketimi, su kullanımı, ısınma, yakıt tüketimi v.b.) kaynaklanan sera gazı miktarının karbondioksit eşdeğeri cinsinden miktarıdır.

Günümüzde bir tesisteki karbon emisyonları;

- Yasal zorunluluk,
- Kurumsal sosyal sorumluluk,
- Müşteri veya yatırımcı talepleri,
- Pazarlama ve kurum imajı,
- Sera gazı emisyonu azaltımı (zorunlu/gönüllü),
- Emisyon ticareti mekanizmalarına katılım

gibi farklı amaçlarla belirlenmektedir.

İşletme, liman sahası (gümrüklü saha) ve atık kabul tesisi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Bu çalışma sadece atık alım gemileri, atık kabul tesisi ve liman sahasında yapılan işlemlerden kaynaklı karbon emisyonlarını kapsamaktadır. Bu çalışmanın hangi süreçleri içerip içermediği aşağıda özetlenmektedir.

Kapsam Dışı Bırakılan Karbon Emisyon Kaynakları

- İdari binalarda kullanılan ofis ekipmanların'dan kaynaklanan,
- Liman çalışanlarının idari ve üretim faaliyetleri kaynaklı olan, işe günlük geliş ve gidişlerinde (şirket araçları hariç), yurt içi ve yurt dışı seyahatlerinde oluşan,
- Atık kabul tesisinde işlenen atıkların satış, pazarlama, sevkiyat ve nakliyesinden oluşan,
- Tesiste yer alan telefon santrali ve diğer ortak kullanımda yer alan proses dışı ekipmanlardan kaynaklanan,
- Sosyal faaliyetlerden oluşan,

- Ankara’da bulunan şirketin genel merkezinden kaynaklanan karbon salımı ve burada çalışan tesis sorumlularının, tesise yaptıkları seyahatlerden kaynaklanan ,

kapsam dışı bırakılmıştır.

Kapsam İçine Dahil Edilen Karbon Emisyon Kaynakları

- Atık alım gemilerinin kullandığı yakıttan,
- Atıkların işlenmesinden,
- Liman sahasında ve atık kabul tesisinde kullanılan forkliftler ve vinçlerden,
- Elektrik tüketiminden,
- Tesisin ısınmasından,
- Liman sahasındaki binaların ve açık sahanın, antreponun, iskelenin aydınlanması, ısıtılması ve soğutulmasından,
- Limanda ve atık kabul tesisinde kullanılan su tüketiminden,

kaynaklanan emisyon salımları sürece dahil edilmiştir.

Tesisin karbon ayak izi hesapları, tesis yetkilileri tarafından sağlanan 2013 yılı verileri baz alınarak yapılmıştır. Bu amaçla takip edilen yöntem sırasıyla aşağıda verilmiştir:

- Aşama 1: Saha çalışması ve elde edilen bilgiler çerçevesinde atık kabul tesisinde atık işleme analizi yapılmıştır. Atık işleme analizi başlıca iki atık (karışık atık solvent ve karışık atık yağ) için gerçekleştirilmiştir.
- Aşama 2: Atık işleme analizini, atıksu kütle dengesi, atık giriş çıkış döngüsü ve ham atık kütle dengesi diyagramlarının oluşturulması izlemiştir. Oluşturulan diyagramlar, tesisten alınan veriler ve ölçümlerle irdelenmiştir.
- Aşama 3: Kütle denge analizlerini takiben tesiste proseslerden kaynaklanan sera gazı emisyon hesabı yapılmış ve CO₂ eşdeğeri bulunmuştur. Tesiste elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyon hesabı hem IPCC verilerine hem de Türkiye’de üretilen birim enerji başına karbondioksit değerleri baz alınarak hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Saha aydınlatmalardan kaynaklı elektrik tüketimi limandaki elektrik tüketiminin 1/3’ü kadardır. Ham atık yağın atık kabul tesisinde işlenmesinden kaynaklanan elektrik tüketim sarfiyatı atık kabul tesisindeki elektrik tüketiminin 1/3’üdür. Atık yağın işlenmesinden kaynaklı elektrik tüketimi de ham atık yağ için harcanan enerjinin 2/3’üdür.

- Aşama 4: Şirket araçlarından, kazanlardaki yakıt sarfiyatından, vinç ve forkliftlerden, atık alım gemilerindeki yakıt tüketiminden ve su tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyon hesabı yapılmıştır.

- Aşama 5: Toplam sera gazı emisyon salımının hesaplanması ve birim atık işleme miktarı başına karbondioksit eşdeğeri bulunması işlemidir.

Özet olarak tesisten kaynaklanan sera gazı emisyon hesabı yapılarak karbon ayak izi (CO₂ eşdeğeri) belirlenmiş ve toplanan birim atık başına karbon emisyon değeri bulunmuştur.

5.2 Kütle Dengeleri

5.2.1 Atık Kütle Dengesi

2013 yılında gemilerden 203.528 m³ atık toplanmıştır. Toplanan atığın yaklaşık %10'u ham atık, geri kalan %90'luk kısmı atıksudur. Çizelge 5.1'de proses sonucu çıkan atıkların yoğunluk farkları dikkate alınarak hesaplamalar yapılmış ve 2013 yılındaki verim oranı %10,87 bulunmuştur. Gemilerden alınan çöp ve pisu direkt olarak belediyeye ve belediyenin biyolojik atıksu arıtma tesisine verildiğinden dolayı kütle denge ve verim analizine katılmamıştır. Atıklara ait kütle denge ve verim(%) analizi bağıntısı aşağıdaki şekildedir.

Çizelge 5.1 : Atık kütle denge ve verim analizi (2013).

		2012 Yılı Stok Atık Miktarı (m ³)	Alınan Atık Miktarı (m ³)	İşlenen ve Gönderilen atık miktarı (ton)*	2014 Yılına Devreden Atık Miktarı (m ³)	Yoğunluk Farklarından kaynaklanan Dönüşümler (kg/m ³)	İşlenen ve Gönderilen Atık Miktarı (m ³)*
GİRİŞ	Slop	2527,88	198.648,2		2.081,290		
	Sintine Suyu	85,971	2.397,6		130,560		
	Atık Yağ	-	158,8				
	Slaç	-	2.323,4				
ÇIKIŞ*	Karışık Solvent			6.063,00		0,780	7.773,08
	Atık Yağ			11.600,70		0,900	12.889,66
	Sintine Yağı			234,350		0,920	254,728
	Slaç			965,650		0,910	1.061,15
	Tank Dibi Çamuru			185,700		0,950	195,473
VERİM	%10,87						

*Atıkların yoğunluk farkları dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır.

**Atıkların yoğunluk değerleri Tübitak analiz raporlarından alınmıştır.

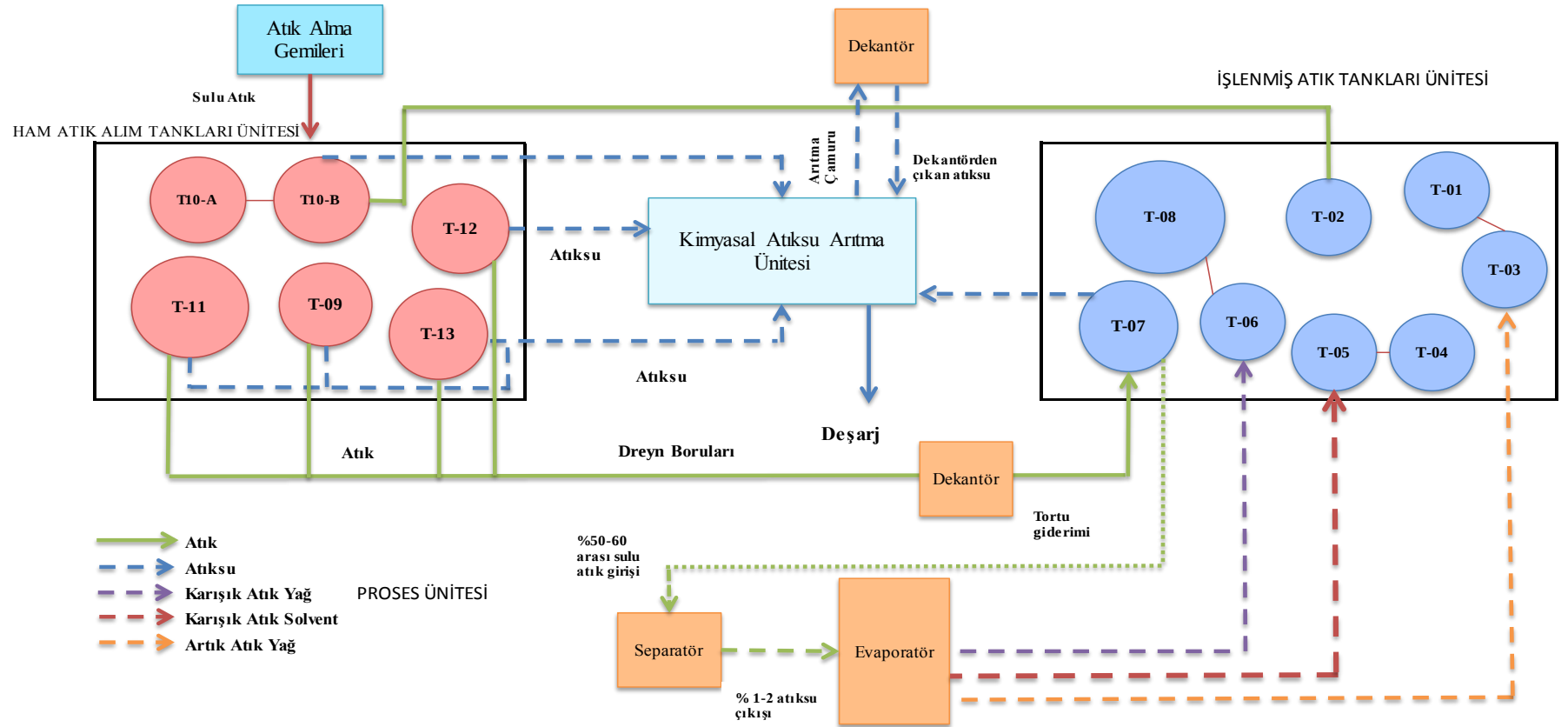
$$\text{Stok Atık} + \text{Atık Girişi} - \text{Atık Çıkışı} = \text{Bir Sonraki Yıla Devir} \quad (5.1)$$

$$\text{Verim(\%)} = \frac{\text{Bertaraf veya Geri Kazanıma Giden Atık Miktarı (ton) / d(kg / m}^3\text{)}}{\text{Stok Atık Miktarı(m}^3\text{)} + \text{Alınan Atık Miktarı(m}^3\text{)} - \text{Devreden Atık Miktarı(m}^3\text{)}} \quad (5.2)$$

2013 yılında kimyasal atıksu arıtma ünitesinde 181.755,9 m³ atıksu arıtılmıştır. Prosese giren atık miktarı tam olarak hesaplanamadığından kayıplar ihmal edilmiştir.

5.2.2 Atıksu Kütle Dengesi

2013 yılında açıkta bekleyen gemilerden 203.528 m³ atık toplanmış olup, alınan atıklardan kaynaklanan atıksu arıtım miktarı 181.755,9 m³'dür. Atıksu akım şeması Şekil 5.1'de verilmiştir. Atıklardan kaynaklı atıksular kimyasal atıksu arıtma ünitesinde SKKY Tablo 19 kriterlerine göre arıtılmaktadır. Tanklara alınan sulu atıklardan fiziksel ayrışma ve tankların ısıtılması ile ayrılan atıksular dren borularıyla kimyasal atıksu arıtma ünitelerine gönderilmektedir. Kimyasal atıksu arıtma ünitesi kapasitesi 100 m³/sa, çalışma süresi 8 sa/gün olup, sistem kesikli çalışmaktadır. 15 gün veya 1 aylık dönemlerde limana yanaşan atık alım gemileri atıklarını tesise vermekte, buradan ayrılan atıksular kimyasal atıksu arıtma ünitesine gönderilmektedir.



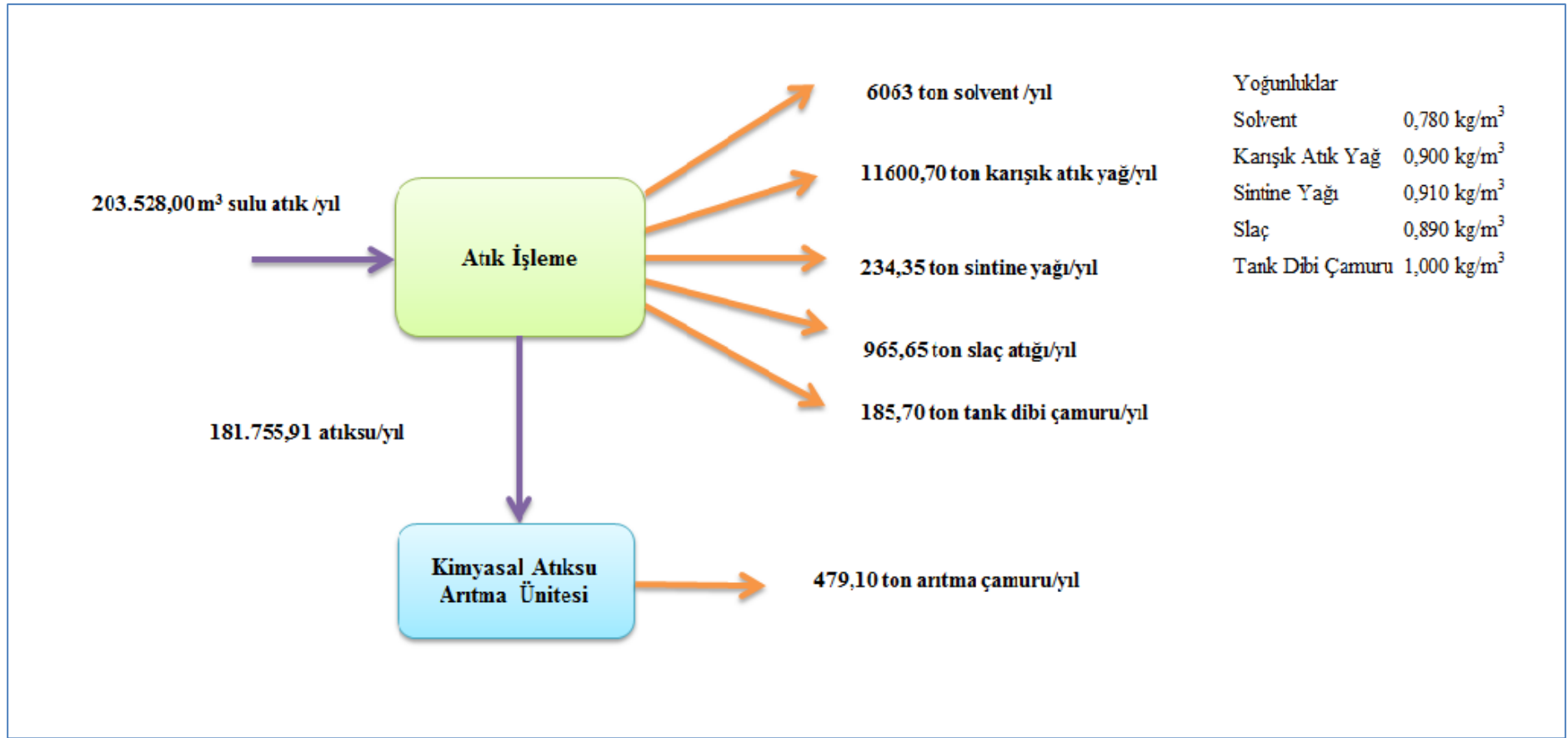
Şekil 5.1 : Atıksu kütle dengesi.

Şekil 5.1, atık alım gemilerinin limana yanaşmasından itibaren, atıkların önce ham atık alım tankları ünitesine, buradan da işlenmiş atık tankları ünitesine, ardından atıkların işlenerek geri kazanım ve bertaraf firmalarına gönderimindeki süreci kapsayan atıksu kayıplarını, oluşan ürünleri ve atıksu kütle dengesini göstermektedir. Proseste sulu atık dekantör ünitesine maksimum %60-70 oranında su girmekte ve su içeriği %20-30 seviyelerine kadar azalmaktadır. Buradan da seperatör ünitesine gönderilen sulu atıktaki su yüzdesi %2-5 oranına kadar düşürülerek en son ünite olan evaporasyon ünitesine iletilmektedir. Proseste atıksu kütle dengesi Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Fiziksel ayırma ve işlemler sonucunda ayrılan atıksu kimyasal atıksu arıtma ünitesine gönderilmektedir.



Şekil 5.2 : Proses atıksu kütle dengesi.

Soğutma suyu kapalı devre olduğundan, su denizden bir defaya mahsus alındığı için yukarıda verilen işlemlere katılmamıştır. Tüketilen su buhar kazanında hem ısınma amaçlı, hem de tanklardaki serpantinlerde atıkları ısıtmak amacıyla, buhar kazanı tankları ısıtmak amacıyla kullanılmaktadır. Atık kabul tesisinde ısınma amaçlı kullanılan kazanlardan çıkan atıksular rögara verilmekte olup, buradan da belediyenin vidanjörü ile çekilmektedir. Şekil 5.3, 2013 yılında Marpol 73/78 Ek I, Ek IV ve Ek V kapsamında alınan atıklara ait kütle dengesini değerlerini göstermektedir.



Şekil 5.3 : Atık giriş çıkış döngüsü.

5.3 Sera Gazı Envanteri ve Hesaplama Yöntemleri

Sera gazı envanteri, bir şirket veya kuruluş bünyesinde doğrudan ve dolaylı oluşan tüm emisyonların saptanması esasına dayanır. Sera gazı emisyon envanteri, emisyon kaynaklarından salınan sera gazı emisyon miktarları ile sera gazı yutaklarını da içerir. Tesisteki sera gazı emisyon hesabı yapılırken IPCC 2006 Kılavuzu hesaplama metotları kullanılmıştır. Hesaplama metotları aşağıdaki gibidir.

- Tier-1 (Basit Yöntem)

$$\text{Emisyon} = \text{Yakıt Tüketimi} \times \text{Emisyon Faktörü} \times \text{Oksidasyon Faktörü} \quad (5.3)$$

Emisyon : Yakıt Türüne Bağlı Sera Gazı Miktarı (kg Sera Gazı)

Yakıt Tüketimi : Tüketilen Yakıt Miktarı (kg, lt)

Emisyon Faktörü : Yakıt Türüne Bağlı Varsayılan SG Emisyon Faktörü (kg gaz/TJ)

IPCC’de oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmektedir.

- Tier-2 (Aktivite Verisi, Ülkeye Özel Emisyon Faktörü)

$$\text{Emisyon} = \text{Yakıt Tüketimi} \times \text{Isıl Değer} \times \text{Karbon İçeriği} \times \text{Oksidasyon Faktörü} \times \frac{MW_{CO_2}}{MW_C} \times C \quad (5.4)$$

Emisyon : Yakıt Türüne Bağlı Sera Gazı Miktarı (kg Sera Gazı)

Yakıt Tüketimi : Tüketilen Yakıt Miktarı (kg, lt)

Isıl Değer : Yakıtın alt ısı değeri (kcal)

MW : CO₂ ve C molekül ağırlığı (g/mol).

C : Yakıt Karbon Yüzdesi (%).

- Tier-3 (Daha detaylı Tesis Bazlı Ülkeye Özel Yöntemler)

Tier 3 metodunda tesise ait bilinmesi gereken veriler bulunmaktadır. Yanma koşulları, yanma teknolojisinin büyüklüğü ve tipi, bakım, işletme koşulları, emisyon kontrol teknolojisi ve yakıt karakterizasyonudur.

5.4 Tesisten Kaynaklanan Karbon Ayakızının Belirlenmesi

5.4.1 Türkiye’ de birim elektrik tüketim başına CO₂ emisyon hesabı

Elektrik tüketiminden kaynaklı CO₂ hesabı, Türkiye’deki elektrik tüketiminden kaynaklı CO₂ hesabı ve IPCC verileri karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Türkiye’de

elektrik üretim, tüketim, enerji kaynağı, ısıl değer, iletim ve dağıtım kaybı vb. verileri TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) istatistik sayfasından ulaşılmış ve bilgileri kullanılarak birim elektrik tüketim başına emisyon miktarı (kWh elektrik tüketim başına karbon emisyon) hesaplanmıştır. Çizelge 5.2’de üretilen enerjinin birincil kaynaklara dağılımına bağlı üretim yüzdesine ait durum gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 : Üretilen enerjinin birincil kaynaklara dağılımı [30].

Dönem	2013		
Birim	gWh		
Kaynaklar	Üretim	Türkiye Tük. Sun. Katkı%	Türkiye Ür. Sun. Katkı %
TERMİK	Fuel-oil + Nafta + Asfaltit	1.924,2	0,8
	Motorin	546,3	0,2
	Taşkömür + Linyit	33.600,6	13,6
	İthal kömür	29.453,7	11,9
	Doğalgaz	105.116,3	42,5
	LNG	0	0
	LPG	0	0
	Yenilenebilir+Atık+Diğerleri	1.171,2	0,5
	Termik Toplam	171.812,5	69,4
	Rüzgar Toplam	7.557,5	3,1
Jeotermal Toplam		1.363,5	0,6
	Barajlı	44.849,1	18,1
Doğalgöl ve Akarsu		14.571,4	5,9
	Hidro Elektrik Toplam	59.420,5	24,0
Türkiye Üretim Toplamı		240.154,0	97
Dış Alım		7.429,4	3
Toplam Tüketime Sunulan		247.583,4	100
Dış Satım		1.226,7	0,5
Türkiye Tüketim Toplamı		246.356,6	99,5

Türkiye’de 2013 yılında termik santrallerden 171.812,5 gWh, rüzgar santrallerinden 7.557,5 gWh, jeotermal enerjiden 1.363,5 gWh ve hidroelektrik enerjiden 59.420,5 gWh elektrik üretilmiştir. Toplam elektrik üretimi 240.154,0 gWh’dir. Türkiye, 7.429,4 gWh elektrik enerjisini ithal etmiş, 1226,7 gWh elektrik enerjisini de ihraç etmiştir. Türkiye’de 2013 yılında toplam elektrik tüketimi 246.356,6 gWh’dır. Türkiye’de üretilen elektriğin %69,4’ü termik santrallerden sağlanmıştır. Termik santraller diğer enerji santrallerine göre daha fazla karbon emisyon salımı oluşturmaktadır. Türkiye’de termik santraller değerlendirilirken fuel oil, nafta, asfaltit, motorin, taşkömür, linyit, ithal kömür, doğalgaz, yenilenebilir enerji, atık

grubu aynı gruplarda ele alınmıştır. Türkiye’de termik santral verimliliklerine dair bir araştırma yapılmış olup, termik santrallerde kullanılan yakıtların ortalama verim değerleri kullanılarak birim enerji üretim başına CO₂ miktarı hesaplanmıştır. Birim kWh’lık elektrik üretimine karşılık ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarı 5.3 bağıntısına göre aşağıda hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

$$\text{kgCO}_2 / \text{kWh} = \frac{\frac{860\text{kcal}}{\text{kWh}} \times \text{Verim} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{C}} \times \text{Yakıt Karbon Yüzdesi}}{\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} \quad (5.5)$$

Çizelge 5.3 : Türkiye’de termik santrallerde birim enerji üretimi başına CO₂ miktarı (2012) [31].

Termik Santral Yakıt Türü	Verim	C	kcal/kg	kcal/kWh	CO₂/C	kg CO₂/kWh
TaşKömürü+Asfaltit+İthal Kömür	0.36	0.73	6000	860	3.666	1.06
Linyit Yüksek Kalite	0.34	0.60	4000	860	3.666	1.39
Linyit Orta Kalite	0.32	0.45	2500	860	3.666	1.77
Linyit Düşük Kalite	0.30	0.30	1250	860	3.666	2.52
Doğalgaz	0.45	0.75	8250	860	3.666	0.64
Fuel Oil	0.30	0.80	9600	860	3.666	0.88
Motorin	0.30	0.76	10200	860	3.666	0.78

Çizelge 5.3’de, Türkiye’de termik santrallerde kullanılan her bir yakıtı ait veriler baz alınıp 5.3’deki bağıntı kullanılarak her bir yakıt türüne ait elektrik enerjisi üretim yoğunluğu başına karbon emisyon hesabı yapılmıştır. Çizelge 5.4’de, termik santrallerde yakıtların üretim yüzdeleri baz alınarak birim enerji üretim başına CO₂ emisyonları hesaplanmıştır.

Termik santrallerde taş kömürü, asfaltit ve ithal kömürünün kullanımından kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı aşağıda hesaplanmıştır.

Taş kömürü , asfaltit ve ithal kömür için;

$$\text{kgCO}_2 / \text{kWh} = \frac{\frac{860\text{kcal}}{\text{kWh}} \times \frac{1}{0,36} \times 3,666 \times 0,73}{6000 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 1,06\text{kgCO}_2 / \text{kWh} \text{ bulunur.}$$

Çizelge 5.4 : Enerji kaynağına bağlı olarak birim kWh elektrik üretmek için açığa çıkan CO₂ miktarı (2013) [31].

Enerji Kaynağı	Üretim %	kg CO ₂ /kWh	(Üretim %*kg CO ₂ /kWh)/100
Taş Kömürü+Asfaltit+İthal Kömür	13,00	1.06	0,138
Linyit Yüksek Kalite*	4,00	1.39	0,055
Linyit Orta Kalite*	4,00	1.77	0.070
Linyit Düşük kalite*	4,00	2.52	0.100
Doğalgaz	45.00	0.64	0.288
Fuel Oil	1,00	0.88	0.008
Motorin	0,00	0.78	0.000
Hidrolik	25,00	0	0,000
Atık	0,00	0	0,000
Jeotermal	1,00	0	0,000
Rüzgar	3,00	0	0,000
Toplam			0,659

*Toplam Linyit Yüzdesi 3 eşit parçaya bölünmüştür.

Çizelge 5.4’de, termik santrallerde üretilen yakıt yüzdesi başına karbon emisyon hesabı yapılmıştır. Buna ek olarak iletim ve dağıtım kayıpları da eklenerek Türkiye’de kWh elektrik enerjisi üretim başına sera gazı emisyon değeri (kg CO₂) bulunur. 2013 yılında iletim kaybı %2,5 olarak gerçekleşmiştir. Dağıtım kaybı da 2011 yılından alınmış olup %12,7’dir.

İletim ve dağıtım kayıplarının da birim üretime dahil edilmesi gerektiğinden birim elektrik tüketim başına karbon emisyonu;

$$0,0251 + 0,127 = 0,152$$

0,659 + 0,152 = 0,811 kg CO₂/kWh olarak hesaplanmıştır.

5.4.2 Tesis Elektrik Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı

2013 yılında elektrik tüketimine bağlı sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Elektrik tüketiminden kaynaklı kg CO₂/kWh hesabı iki farklı metot için karşılaştırılmıştır. İşletmede liman ve atık kabul tesisine ait elektrik tüketimi bilgileri Çizelge 5.5’de verilmektedir. Liman ve atık kabul tesisi için toplam elektrik tüketimi 2.147.119,8 kWh/yıl olup saha aydınlatmalarından kaynaklanan enerji tüketimi, atık kabul tesisi için kimyasal atıksu arıtma ünitesinden kaynaklanan enerji tüketimi, ham atığın işlenmesinden kaynaklı proses enerji tüketimi ve kazan dairesi enerji tüketimi oluşturmaktadır.

Çizelge 5.5 : Atık kabul tesisi ve liman elektrik tüketimi (kWh).

Aylar	Liman	Atık Kabul Tesisi
Ocak	76.297,44	188.356,56
Şubat	45.484,80	134.087,70
Mart	42.978,72	114.557,94
Nisan	45.219,84	130.448,64
Mayıs	45.153,60	116.778,36
Haziran	33.120,00	122.977,32
Temmuz	50.405,88	122.314,92
Ağustos	38.648,28	128.349,66
Eylül	34.574,52	166.670,72
Ekim	50.960,64	150.174,36
Kasım	44.976,96	143.975,40
Aralık	28.212,72	92.364,78
Toplam	536.033,4	1.611.086,36

2.147.119,8 kWh/yıl'ı megawatt birimine çevirirsek 2.147,1 mWh/yıl elde edilmektedir. Çizelge 5.6'da işletmeye ait elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonlarının CO₂ hesabı yapılmıştır. Hesaplamalardaki emisyon faktörleri IPCC'den alınmıştır.

Çizelge 5.6 : Elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesabı.

	Emisyon Faktörü (ton/mWh)	Dönüşüm Oranı	Toplam CO ₂ Eşdeğeri (ton/yıl)
CO ₂	0,584	1	1253,92
CH ₄	0,00001135	21	0,51
N ₂ O	0,00000628	310	4,41
Toplam			1258,84

Çizelge 5.6'daki hesaplamalar Tier-1 (basit hesaplama metodu) metoduna göre yapılmıştır (Bağıntı 5.4). Elektrik tüketimi kaynaklı toplam sera gazı emisyonu (CO₂ eşdeğeri) 1259 ton CO₂/yıl'dır. Elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyon hesabında F gazlarının ve dolaylı sera gazlarının katkısı ihmal edilmiştir. Çizelge 5.4 ve 5.5'deki birim enerji üretim başına oluşan karbon emisyonları dikkate alındığında işletmedeki elektrik tüketimine bağlı sera gazı emisyon miktarı 5.5 bağıntısına göre 1741,3 tonCO₂/yıl bulunmaktadır (Tier-2, ülkeye özel). Bu aradaki farkın nedeni dolaylı sera gazlarının ve F (hidroflorokarbonlar, perflorokarbonlar ve kükürt hekzaflorür) gazlarının ihmal edilmesinden kaynaklanmaktadır.

$$\text{Emisyon}_{\text{SG,yakıt}} = \text{Yakıt Tüketimi}_{\text{yakıt}} \times \text{Emisyon Faktörü}_{\text{SG,yakıt}} \quad (\text{IPCC,2006}) \quad (5.6)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu} = \text{Yakıt} \times \text{Isıl Değer} \times \text{Karbon içeriği} \times \text{Oksidasyon Faktörü} \times \frac{\text{MW}_{\text{CO}_2}}{\text{MW}_c} \times C \quad (5.7)$$

Tüketim Miktarı : 2147,1 mWh/yıl

CO₂ emisyonu : 0,811 kg CO₂/kWh

=1.741,3 ton CO₂/yıl

5.4.3 Şirket Araçlarından Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı

Limanda görevli personelin kullandıkları şirket araçlarının hepsi dizel araç olup, motorin yakıt kullanılmaktadır. Toplam 8 adet şirket aracından kaynaklanan yakıt sarfiyatları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 : Şirket araçlarında kullanılan akaryakıt miktarı (2013).

Aylar	Motorin Tüketimi (Litre)
Ocak	1859,26
Şubat	1629,42
Mart	717,02
Nisan	2038,08
Mayıs	2153,49
Haziran	2049,63
Temmuz	2181,37
Ağustos	1866,76
Eylül	1892,00
Ekim	1678,96
Kasım	1843,94
Aralık	2239,91
Toplam	22.185,84

Motorin yoğunluğu 820-845 kg/m³ (Tüpraş, 2013)

Ortalama yoğunluk değeri, $\frac{820 + 845}{2} = 832,5$ alınır.

Karbon ayakizi hesabı 5.6 bağıntısına göre hesaplanır.

Tier -1 Metoduna göre;

$$\text{Emisyon Değeri} = \sum_a [\text{Yakıt}_a * \text{EF}_a] \quad (5.8)$$

Yakıt : Tüketilen Yakıt Miktarı (lt)

EF: Emisyon Faktörü (kg/lt)

Bütün hesaplamalarda karbondioksit oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmiştir.

Şirket araçlarından kaynaklı CO₂ emisyon değeri Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8 : Şirket araçlarından kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı [32].

	Emisyon Faktörü (g/kg yakıt)	Dönüşüm Oranı	Toplam CO ₂ Eşdeğeri (ton/yıl)
CO ₂	3140	1	57,99
CH ₄	0,08	21	0,031
N ₂ O	0,2	310	1,145
Toplam			59,166

5.4.4 Kazanlardaki Yakıt Sarfıyatından Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı

2013 yılında tesiste ısınma amaçlı ve tankların ısıtılmasını sağlayan sıcak su, kızgın yağ ve buhar kazanlarında akaryakıt istasyonlarından alınan kalorifer yakıtı (fuel oil-4) kullanılmaktadır. Çizelge 5.9’da kalorifer yakıt sarfiyatları verilmiştir.

Çizelge 5.9 : Kalorifer yakıt sarfiyatları (lt) (2013).

Aylar	Kazan Dairesi Fuel Oil-4 Tüketimi
Ocak	13250
Şubat	11800
Mart	-
Nisan	12600
Mayıs	13750
Haziran	-
Temmuz	7800
Ağustos	-
Eylül	13440
Ekim	-
Kasım	1150
Aralık	-
Toplam	73.790

Kalorifer yakıtının yoğunluk ve kalorifik değerleri baz alınarak sera gazı emisyon hesapları yapılmıştır. Sabit yanma sistemlerinden kaynaklı emisyon hesaplama yöntemi aşağıdaki gibidir.

Kalorifer Yakıtı (Fuel Oil 4) : 950 kg/m³ (Tüpraş, 2012)

Kalorifer Yakıtı Alt Isıl Değeri : 9700 kcal/kg

Tier -2 Metoduna göre;

$$\text{Emisyon} = \sum_a [\text{Yakıt}_a * \text{EF}_a * \text{Isıl Değer}] \quad (5.9)$$

Kazanlarda kullanılan kalorifer yakıtından kaynaklı karbon ayakizi hesabı yakıtların ısı değerleri dikkate alınarak Tier-2 metoduna göre hesaplanmıştır. Bu kapsamda

kazanların ısıtma ve enerji üretim amacıyla kullanılmasından kaynaklı sera gazı emisyon miktarı 221 ton CO₂ eşdeğer/yıl'dır.

Çizelge 5.10 : Kalorifer yakıtı kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı [32].

Kalorifer Yakıtı (Fuel Oil- 4)	Emisyon Faktör (kg/TJ)	Dönüşüm Oranları	Toplam CO ₂ Eşdeğeri (ton/yıl)
CO ₂	77.400,00	1	220,351
CH ₄	3,00	21	0,180
N ₂ O	0,60	310	0,530
Toplam			221,061

5.4.5 Vinç ve Forkliftlerden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı

Liman ve atık kabul tesisinde saha çalışmalarında 1 adet forklift, 1 adet bobcat ve 2 adet vinç kullanılmaktadır. Bunların motorları dizel olup 2013 yılı içerisinde sarfettikleri yakıt (motorin) miktarı 600 litre'dir. Vinç ve forkliftlerden kaynaklı CO₂ miktarı Tier-1 metodu baz alınarak hesaplanmıştır.

Motorin yoğunluğu 820-845 kg/m³ (Tüpraş, 2013)

Ortalama yoğunluk değeri, $\frac{820 + 845}{2} = 832,5$ alınır.

Çizelge 5.11 incelendiğinde vinç ve forkliftlerden kaynaklanan sera gazı emisyon miktarı 1,6 ton CO₂ eşdeğer/yıl olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.11 : Vinç ve forkliftlerden kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı.

Motorin	Emisyon Faktör (g/kg fuel)	Dönüşüm Oranları	Toplam CO ₂ Eşdeğeri (ton/yıl)
CO ₂	3140,00	1	1,56
CH ₄	0,08	21	0,0008
N ₂ O	0,2	310	0,03
Toplam			1,5908

5.4.6 Atık Alım Gemilerinden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı

Açıktaki bekleyen gemilerden atık toplamak için kullanılan 4 adet atık alım gemisinin 2013 yılında deniz seferlerinden kaynaklı motorin tüketim miktarı 551,3 m³/yıl'dır. Gemilerin kullandığı yakıtlara karşılık gelen emisyon faktörleri (Çizelge 5.12) baz

alınarak sera gazı emisyon hesabı yapılmıştır. Atık alım gemilerinden kaynaklı CO₂ miktarı Tier-1 metodu dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.12 : Gemilerde kullanılan yakıtların emisyon faktörleri [33].

Emisyon	Emisyon faktör (kg/ton yakıt)	Kılavuz Referansı
CO	7,4	CORINAIR
NM VOC	2,4	CORINAIR
CH ₄	0,3	IPCC 2006 CORINAIR
N ₂ O	0,08	IPCC 2006 CORINAIR
CO ₂	Artık Yakıt 3130 Denizcilik Yakıtı 3190	IPCC 2006 IPCC 2006
SO ₂	Artık Yakıt (%2,7 S) 54 Denizcilik Yakıtı(%0,5 S) 10	CORINAIR CORINAIR
	Yavaş Devirli Dizel Motorlar 90/78(85*)	-
NO _x	Yüksek Devirli Dizel Motorlar 60/51(56*)	-
	Kazanalar 7	-
PM ₁₀	Artık Yakıt 6,7 Denizcilik Yakıtı 1,1	CORINAIR CORINAIR

Motorin yoğunluğu 820-845 kg/m³ (Tüpraş, 2013)

Ortalama yoğunluk değeri, $\frac{820 + 845}{2} = 832,5$ alınır.

Çizelge 5.13 : Atık alım gemilerinden kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesabı.

	Emisyon Faktör (g/kg fuel)	Dönüşüm Oranı	Toplam CO ₂ Eşdeğeri (ton/yıl)
CO ₂	3190	1	1464,198
CH ₄	0,3	21	2,898
N ₂ O	0,08	310	11,47
Toplam			1478,566

Çizelge 5.13’de atık alım gemilerinden kaynaklı seragazı emisyon miktarı 1479 ton CO₂ eşdeğer/yıl’dır. Atık alım gemileri denizlerde 7/24 hizmet verdiğiinden dolayı yakıt tüketimleri oldukça fazladır.

5.4.7 Su Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı

Su tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyon hesabı yapılırken Çizelge 5.14’deki su döngüsü enerji yoğunluk oranları dikkate alınmıştır.

Çizelge 5.14 : Su döngüsü enerji yoğunluk oranları [34].

Su Döngüsü Bileşenleri	Enerji Yoğunluğu Oranı (kWh/MG)	
	Düşük	Yüksek
Su Temini ve Nakli	0	14000
Su Arıtma	100	16000
Su Dağıtım	250	1200
Atıksu Toplama ve Arıtma	700	4600
Atıksu Deşarj	0	400
Toplam	1050	36200

*MG Milyon Galon'u ifade etmekte olup 1 galon 3,78 litreye eşdeğerdir.

Liman ve atık kabul tesisinde toplam su tüketimi 2013 yılında 46,8 m³'dür. Bu, hem genel kullanım, hem de gemilerin talebi doğrultusunda gemilere verilen temiz suyun toplamıdır. Çizelge 5.15 liman ve atık kabul tesisinde 2013 yılı ay bazında toplam su tüketimlerini vermektedir.

Çizelge 5.15 : Liman ve Atık Kabul Tesisi su tüketimi (2013, m³).

Aylar	Liman	Atık Kabul Tesisi
Ocak	2680	412
Şubat	3896	1568
Mart	4257	2234
Nisan	2110	946
Mayıs	3293	1580
Haziran	2915	2200
Temmuz	3001	250
Ağustos	2942	108
Eylül	2379	290
Ekim	3750	244
Kasım	1353	60
Aralık	4360	-
Toplam	36936	9892

Su temininden kaynaklı sera gazı emisyon hesabı yapılırken enerji yoğunluğu alt ve üst sınır değerlerin ortalaması alınmıştır (Çizelge 5.14). Su temininden kaynaklı sera gazı emisyon hesabı CO₂ eşdeğeri Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16 : Su temininden kaynaklı CO₂ hesabı.

	m ³	(kWh/MG)	m ³	kWh	ton CO ₂ /yıl
Su Temini	46.828				
1MG			3780		
Enerji Yoğunluğu		7000			
Elektrik Tüketimi				336.585,01	
Karbon Emisyonu					197,341

5.4.8 Atık Ürün Başına Sera Gazı Emisyonlarının Hesabı

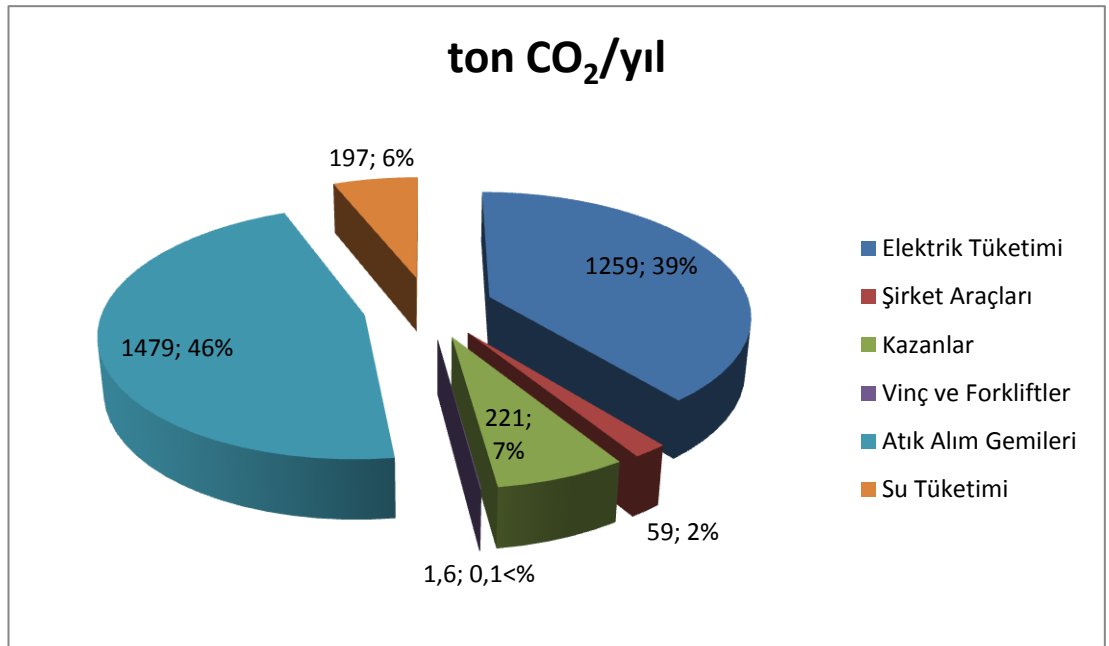
Limanda, gemilerden atıkların alınması, depolanması ve işlenmesi sürecindeki emisyonlar dikkate alınmış olup, herbir kategoriye ait emisyonlar Çizelge 5.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.17 : İşletmeden kaynaklanan toplam karbon emisyonları (tonCO₂/yıl eşdeğeri, 2013)

Kategoriler	Emisyon Miktarı (ton CO ₂)
Elektrik Tüketimi	1.259
Şirket Araçları	59
Kazanlar	221
Vinç ve Forkliftler	1,6
Atık Alım Gemileri	1.479
Su Tüketimi	197
Toplam	3.217

**Rakamlar yuvarlanmıştır.*

2013 yılında atık alım gemileri ile açıkta bekleyen limana yanaşan gemilerden 203.528,00 m³ atık alınmıştır. 2013 yılında liman ve atık kabul tesisine bağlı olarak işletmeden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu 3.217 ton CO₂/yıl eşdeğeri’dir. Birim atık başına oluşan karbon emisyonu 15,80 kg CO₂/m³ atık’dır. İşletmeden kaynaklı emisyonların yüzdeleri Şekil 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.4 : İşletmeden kaynaklanan emisyonlar.

6. SERA GAZI EMİSYONLARINI AZALTMAK İÇİN ÖNGÖRÜLEN SENARYOLAR ve MALİYET ANALİZLERİ

6.1 Emisyon Azaltımı Senaryoları

İşletmeden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmak için çeşitli senaryolar öngörülmüş ve bu senaryolara ait maliyet analizleri yapılmıştır. Halihazırda Türkiye'nin mevcut durum itibarı ile herhangi bir protokole taraf olmaması nedeniyle sera gazı emisyonlarını azaltmak yükümlülüğü yoktur. Bununla birlikte karbon ayak izini oluşturan sera gazı emisyonlarını azaltılması, kurumların sürdürülebilirliğini sağlayabilmesi açısından önemlidir.

İşletmede 2013 yılında faaliyetlerine bağlı olarak oluşan toplam emisyonların %46'sını atık alım gemilerinde kullanılan yakıtlar, %39'unu elektrik tüketimi, %7'sini kazanlarda kullanılan fuel oil tüketimi, %6'lık kısmını su tüketimi, %2'sini şirket araçlarında kullanılan yakıt tüketimi ve çok küçük bir kısmı da işletme sahası içinde kullanılan vinç ve forkliftlerin yakıt tüketiminden kaynaklanmaktadır. Mevcut emisyonların, herhangi bir çalışma yapılmaması halinde, ileriki yıllardaki kapasite artışına bağlı olarak artabileceği göz önüne alındığında, aşağıda öngörülen senaryolar işletmeye kullanabilecekleri emisyon azaltma önlemleri açısından faydalar sağlayacaktır.

Öngörülen senaryolar:

- Gemilerden toplanan petrol türevli atıklardan piroliz yöntemiyle denizcilik yakıtı üretmek, üretilen yakıtı hem işletmenin kendi atık alım gemilerinde kullanmak, hem de boğazdan geçen diğer gemilerin yakıt ihtiyacını karşılamak, böylece atıktan enerji üreterek karbon salımındaki katkıyı nötrlemek,
- Kimyasal atıksu arıtma ünitesine DAF (dissolved air flotation) ünitesi ve takiben membran filtrasyon ünitesi eklenerek atıksu arıtımındaki verimi arttırmak ve atıksu içindeki çözünmüş yağları yüksek oranda geri kazanmak.

Membrandan oluşacak konsantre su, piroliz ünitesinden çıkan atık ısı kullanılarak evaporasyon ünitesinde yakılacak, membran çıkışından elde edilen temiz suyun bir kısmı analiz sonuçlarına göre lavabolarda ve pisuvarlarda kullanılıp su tüketimini %50 oranında azaltıp dolaylı olarak karbon emisyonlarını düşürmek,

- Daha temiz ve verimli yakıt olan doğalgaza geçerek kazanlardan kaynaklı emisyonları %50 azaltmak,
- İşletmede saha aydınlanmasında kullanılan lambaları led lambalarla değiştirip aydınlanmadan kaynaklı elektrik tüketimini % 50 azaltmak,
- Şirket araçlarında uygun oranlarda biyodizel yakıtını dizel yakıt ile birlikte kullanarak veya ilerleyen yıllarda mevcut araçları elektrikli araçlar ile değiştirerek şirket araçlarından kaynaklı emisyonu minimize veya nötr hale getirmek,
- İşletmeden kaynaklanan emisyonların belli kısmını öngörülen senaryolarla azaltmak, geri kalanını ise Türkiye’de yürütülen gönüllü karbon projelerinden karbon kredisi satın alarak sera gazı emisyonlarını nötr hale getirmek (dengelemek) ve bu alanda karbon nötr atık kabul tesisi ünvanına sahibi olmak,
- İşletmeden kaynaklanan emisyonları ağaçlandırma yöntemiyle nötr hale getirmek,

şeklindedir.

Karbon-nötr olmak isteyen işletmeler, faaliyetleri çerçevesinde oluşturdukları atmosfere salımını gerçekleştirdikleri sera gazlarını (karbon ayakizlerini) hesaplayarak bu emisyonlarını önce azaltmaya çalışıp, azaltamadığını dengelemek/nötrlemek için emisyon azaltımı sağlayan projelerden (Gold Standard Projeleri) karbon kredileri satın alarak bu salımlarını dengelerler. Bu da işletmelere küresel ölçekte bir değer katmaktadır. İşletmede öngörülen senaryolara göre maliyet analizleri aşağıda yapılmış ve teknoloji iyileştirilmesinden sonraki nihai sera gazı emisyonları hesaplanmıştır.

6.2 Senaryolar için Maliyet Analizleri

6.2.1 Atıklardan Piroliz Yöntemiyle Denizcilik Yakıtı Üretmek

Gemilerden kaynaklanan petrol türevli atıklar prosesteki işlemler sonucunda sınıflarına ayrılıp geri kazanım tesislerine gönderilmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda hem atık içeriği, hem de ilave teknoloji kullanılarak piroliz yöntemi ile denizcilik yakıtı üretilmesi değerlendirilmiştir. Böylece ortaya çıkan ürün, hem işletmeye ait atık alım gemilerinde kullanılacak, hem de kalan kısmı EPDK'dan alınacak izinle boğazdan geçen gemilere yakıt hizmeti olarak verilecektir. İşletme boğazdan geçen gemilerden atıklarını toplarken, bir yandan da yakıt ihtiyaçlarını karşılayacak konuma gelecektir. Bu çalışma ile atıktan enerji elde edilecek olup, ortaya çıkan ürün atık alım gemilerinde kullanarak atık alım gemilerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını nötrleyecektir. Atık alım gemilerinde kullanılacak ve diğer gemilere yakıt olarak sağlanacak denizcilik yakıtı ürünü işletmeye karbon kredisi de kazandıracaktır. Bu hem çevre açısından hem de ekonomik açıdan işletmeye yurtiçi ve yurtdışında nominal değerler sağlayacaktır. 2013 yılı verileri baz alınarak yapılan hesaplamalarda işletmede 2013 yılında toplanan petrol türevli atık miktarları 203.528,00 m³'dür. Toplanan atıklardaki verim %10,87 olarak hesaplanmıştır. Kayıplarla birlikte bu oran %10 olarak düşünülürse 20352,8 m³ yağlı atık oluşmaktadır. Yağlı atığın 1/3'lük kısmı evaporatör prosesinde işlenerek atık solvent elde edilmektedir. Geriye kalan 2/3'lük kısmı ise 13575 m³ yağlı atık'dır. Yağlı atık farklı atık türlerinden oluştuğu için içindeki safsızlıkların giderilmesi gerekmektedir. Piroliz ünitesinde yağlı atık, katalizör yardımıyla 500-600 °C'lere çıkılarak piroliz reaktörüyle denizcilik yakıtı elde edilmesi öngörülmektedir. Laboratuarda yapılan çalışmalar sonucunda piroliz ünitesine 100 kg atık yağ besleme sonucunda bazı yan ürünler oluşmaktadır:

- %6,1 karbon siyahı,
- %18,6 singaz piroliz enerji ihtiyacı,
- %12,4 singaz atıksu evaporatör enerji ihtiyacı,
- %60 denizcilik yakıtı,
- %2,9'u kayıp ısıdır.

Yan ürünlerden oluşan %6,1 oranında karbon siyahı piyasa analizi yapılarak satılacaktır. %18,6'lık singaz piroliz için enerji ihtiyacı geri kazanılmış olacaktır.

%12,4'lük singaz atıksu evaporatör enerji ihtiyacı, entegre yapılacak membran sistemindeki konsantre suyun buharlaştırılması için gerekli enerji ihtiyacında kullanılacaktır. Piroliz sisteminden oluşacak denizcilik yakıtı ürünün CST 180 olacağı ve bu üründen elde edilecek ekonomik gelirin mevcut durumdan çok daha iyi olduğu ön görülmüştür. Bu öngörüler dikkate alındığında 13575 m³ yağlı atığın yaklaşık %60'ı denizcilik yakıtı olduğundan 8145 m³ CST 180 denizcilik yakıtı elde edilecektir. Toplam 4 adet atık alım gemisinin 2013 yılında açıkta bekleyen gemilerden atık toplamak için deniz seferlerinden kaynaklı yakıt tüketim miktarı 551,3 m³/yıl'dır. Piroliz ünitesinden elde edilecek yakıt, atık alım gemilerinde kullanılan yakıt miktarının yaklaşık 15 katıdır. Üretilen denizcilik yakıtı atık alım gemilerinde kullanılacak, geri kalan kısmı boğazdan geçen gemilerin yakıt ihtiyacını karşılayacaktır. Bu durum atık alım gemilerinden kaynaklı yakıt maliyetini nötrleyecektir.

Çizelge 6.1 incelendiğinde prosesde atık yağ işlenmesi ve denizcilik yakıtı arasındaki maliyet farkları daha belirgin ortaya çıkarılmıştır. Piroliz reaktörü ile denizcilik yakıtı üretimi durumunda ortaya çıkan yan ürünlerin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Ham atık yağın piroliz reaktöründen işlenmesinden oluşan yan ürün olan %18'lik enerji ihtiyacı piroliz ünitesinin bütün enerji ihtiyacını karşılaması öngörülmektedir. Piroliz reaktörünün başlangıçta yüksek sıcaklıklarla ulaşması için gereken enerji bir defalığına mahsus doğalgazdan karşılanacaktır. Bu da ihmal edilmektedir. Entegre olarak kurulacak membran sisteminden oluşacak konsantre suyun yakılmasındaki enerji ihtiyacını piroliz reaktöründen oluşacak yan ürün olan enerjiden karşılanacaktır. Hacimsel olarak 13575 m³ yağlı atıktan 8145 m³ denizcilik yakıtı, 1357,5 m³ karbon siyahı, 1629 m³ singaz atıksu için evaporatör enerji ihtiyacı, 2443,5 m³ singaz piroliz enerji ihtiyacı elde edilmektedir. Piroliz ünitesinde ham atık yağ işlendiğinde elde edilecek enerjinin %18'i piroliz sisteminin bütün enerji ihtiyacını karşılamaktadır. 2 ton/sa'lik piroliz reaktörü için 1.225.000 \$ maliyet çıkarılmıştır. İşletme ve bakım maliyetleri de hesaba katıldığında yaklaşık olarak maliyet 1.500.000 \$'ı bulmaktadır. Atık yağ birim satış fiyatı 678 TL (294 \$/ton) dir. Piroliz sisteminden elde edilecek denizcilik yakıt ürün birim fiyatı 600 \$/ton'dur.

Çizelge 6.1 : Atık yağ ve denizcilik yakıtı maliyet analizi.

	Piroliz Reaktörü Yatırım Maliyeti	İşletme Bakım ve Taşıma Maliyetleri	Atık Miktarı (m ³)	Ürün Miktarı (%60) (m ³)	Satış Bedeli (\$/ton)	Ürün Miktarı (%60) (m ³)	Satış Bedeli (\$/ton)	Yıl Sonunda Elde Edilen Gelir (\$/Yıl)
Atık Yağ	-	250.000\$	13575	-	294	-	294	3.991.050
Denizcilik Yakıtı	1.225.000\$	275.000\$	-	8145	600	8145	600	4.887.000

*\$=2,30 TL.

Atık yağ ve denizcilik yakıtı arasında bir karşılaştırma yapıldığında elde edilecek ekonomik gelir, piroliz ünitesinin yatırım maliyetinden kaynaklanan farkın yakıt satışlarından elde edilecek gelir ile 1-2 senede karşılanacağı görülmektedir. Çizelge 6.2’de atık yağ ve denizcilik yakıtındaki enerji dönüşümleri ve karşılaştırılmaları gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 : Atık yağ ve denizcilik yakıtı enerji hesabı.

	Atık Yağ	Denizcilik Yakıtı	Piroliz Ünitesi
Toplam Miktar (m ³)	13.575,50	8145,30	
Atık Yağ Yoğunluğu (kg/m ³)	900,00		
Toplam Kapasite (ton, ton/sa)	12.217,95		2,00
Toplam Çalışma Süresi (sa/yıl)			6.108,97
Günlük çalışma süresi (sa/gün)			16,73
Enerji Değeri (MJ/kg)	41,00		82.000,00
Atık Nem Oranı (%)	1,00		
Enerji – (Enerji*Nem) (MJ)			81.180,00
Oluşacak Ürünler			
Karbon Siyahı (MJ/sa)			4.951,98
Singaz Piroliz Enerji İhtiyacı (MJ/sa)			15.099,48
Singaz Atıksu Evaporatörü Enerji İhtiyacı (MJ/sa)			10.066,32
Denizcilik Yakıtı (MJ/sa)			48.708,00
Kayıp Enerji (MJ/sa)			2.354,22
Toplam Enerji (MJ/sa)			81.180,00

*MJ : Megajoule. 1MJ:239 kcal.

** Bu değerler 2 ton /sa lik beslemeye göre alınmıştır.

***Atık yağın kalorifik değeri 9800 kcal/kg’dır.

Atık yağın proseste işlenmesinden kaynaklı enerji tüketiminin atık kabul tesisinde tüketilen enerjinin 1/3’ü olduğu varsayılmıştır. Atık kabul tesisinde 2013 yılında

elektrik tüketimi 1611 mWh/yıl, atık yağın (solventi alınmamış kısım) işlenmesinden kaynaklı proses elektrik tüketimi ise 531,7 mWh/yıl'dır. Bunun da %30'u solvent 159,5 mWh/yıl (evaporatör enerji ihtiyacı), geri kalan 372,2 mWh/yıl enerji tüketimi de atık yağın işlenmesinden kaynaklanmaktadır. Piroliz sisteminin kapasitesi 2 ton/sa'dır. Sisteme beslenecek olan atık yağın nem içeriği %1'dir (m/m). Petrol türevli atık yağın enerji değeri 41 MJ/kg'dır. 2 ton/sa'lik besleme için oluşacak enerji 82000 MJ/ton'dur. Nem içeriği de hesaba katıldığında sisteme 81180 MJ/sa enerji verilmektedir. Bu enerjinin %6,1'ini karbon siyahı, %18,6'sını singaz piroliz enerji ihtiyacı, %12,4'ünü singaz atıksu evaporatör enerji ihtiyacı, %60'ını denizcilik yakıtı ve %2,9'unu da kayıp enerji oluşturmaktadır. 10066,3 MJ singaz atıksu için evaporatör enerji ihtiyacı membran sisteminden oluşan konsantre suyun evaporatör sisteminde yakılması için kullanılacaktır. Piroliz reaktöründe ham atık yağın ısıtılması için doğalgaz kullanılacaktır. İlk tüketim ihmal edilip sistemden oluşacak singaz (sentetik gaz) sistemin bütün enerji tüketimini karşılayacaktır. Sistemde elektrik yerine doğalgaz kullanılacağından doğalgazın kalorifik değeri de 8700 kcal/nm³ olduğundan sistem için gerekli enerjinin doğalgaz eşdeğerine ulaşıp karbon emisyonları çıkarılacaktır. Çizelge 6.3'de atık yağ ve denizcilik yakıtından kaynaklanan sera gazı emisyonları gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 : Atık yağ ve denizcilik yakıtından kaynaklanan sera gazı emisyonları.

	Atık Yağ İşlenmesi	Denizcilik Yakıt Üretimi
Üretim Miktarları (m ³)*	13.575,50	
Proses Enerji Geri Kazanımı (MJ)****	-	15.099,48
Proses Enerji Tüketimi (mWh/yıl)	372,155	-
Proses Doğalgaz Tüketimi (m ³)	-	-
Geri Kazanımdan Kaynaklanan Enerjinin Doğalgaz Eşdeğeri (m ³)	-	2.534.012
Enerji Geri Kazanımına Bağlı Karbon Emisyonları (ton CO ₂ /yıl)	218,43	-5.183
Toplam Sera Gazı Emisyon Toplamı (ton CO ₂ /yıl)	218,43	-5.183

*Atık yağdan kaynaklanan VOC kayıpları ihmal edilmiştir.

** Proses bazlı bir çalışma yapılmış sadece enerji tüketimleri ve enerji geri kazanımları dikkate alınmıştır.

*** Atık yağın ve denizcilik yakıtın enerji değerleri hesaba katılmamıştır.

**** Piroliz sistemindeki enerji geri kazanımı singaz piroliz enerji ihtiyacı + singaz atıksu evaporatör enerji ihtiyacının toplamıdır. Ancak singaz atıksu evaporatör enerji ihtiyacı membran sisteminden kaynaklanan konsantre suyun buharlaştırılmasında kullanılacağından hesaba katılmamıştır.

***** 1MJ = 239kcal

6.2.2 Kimyasal Atıksu Arıtma Ünitesine İlave Sistemler Eklenmesi

Kimyasal atıksu arıtma ünitesine DAF (dissolved air flotation) ünitesi ve NF-UF membran filtrasyon ünitesi kurularak atıksu arıtımındaki verimin %99'a çıkarılması düşünülmektedir. İşletme, atıksu içindeki çözünmüş yağları geri kazanmak, enerjiyi geri kazanıp evaporasyon ünitesinde kullanmak ve membrandan geçirilen suyu da lavabolarda ve pisuvarlarda kullanıp işletmeden kaynaklı su tüketimini %50 oranında azaltıp dolaylı olarak karbon emisyonlarını düşürmeyi hedeflemektedir.

Kimyasal atıksu arıtma sistemi ile ilgili yapılacak çalışmalar DAF (Çözünmüş Hava Flotasyonu) ve polimerik membran filtrelerden oluşmaktadır. DAF ünitesi yağ ayırıcısı olarak sistemin ilk aşamasını oluşturacak olup, girişte su içerisinde bulunan ve bekletme gibi fiziksel olaylarla uzaklaştırılamayan yağ ihtivasının, su içerisine enjekte edilecek mikro ölçekli hava kabarcıkları ile ayrıştırılmasının sağlayacağı ünitedir. İkinci aşamada ise düşünülen kısım NF-UF filtrasyon sistemidir. Burada herhangi bir kimyasal işlem uygulanmaksızın atıksuyun kimyasal atıksu arıtma ünitesine tabi tutulmadan membrandan geçirilerek arıtılması ve denize deşarj edilmesi öngörülmektedir. Membranda oluşacak konsantre suyun evaporasyon sisteminde kullanılması, evaporasyon ile damıtılması için gerekli enerji maliyetlerini düşürmesi hedeflenmektedir. Kimyasal atıksu arıtma ünitesinde 2013 yılında 181755,9 m³ atıksu arıtılmıştır.

Atıksuya bağlı olarak enerji hesabı yapılırsa;

1 kg KOI 10.000 kcal ısı değerine eşittir. İşletmeden kaynaklı atıksu KOI miktarı ortalama 1000 mg KOI/l'tir.

1000 mg KOI/l'tir 1kg KOI/m³'dür.

Arıtma debisi 100 m³/sa ve günlük çalışma süresi 8 sa alınır;

Günlük çalışma süresi t : 8 sa

$$V = Q \times t = 800 \text{ m}^3 \quad (6.1)$$

$$\text{Günlük KOI yükü :} \quad (6.2)$$

$$800 \text{ m}^3 \times \frac{1 \text{ kg KOI}}{\text{m}^3} = 800 \text{ kg KOI}$$

$$\text{Oluşabilecek enerji yükü : } 800 \text{ kg KOI} \times \frac{10000 \text{ kcal}}{1 \text{ kg KOI}} = 8.000.000 \text{ kcal}$$

1 m³ doğalgazın kalorifik değeri 8700 kcal/nm³ olarak alındığında atıksu KOI enerji yoğunluğu 919,5 m³ doğalgaza eşittir. Bu rakam ortalama günlük arıtma miktarı 800 m³ atıksu ele alındığında elde edilen rakamdır. Toplam atıksu arıtımı hesaplandığında 208.917 m³ doğalgaza eşdeğerdir. Bu doğalgaz yükü de 427,4 ton CO₂/yıl sera gazı emisyonuna karşılık gelmektedir. Atıksu arıtma sisteminden kaynaklı pompalardan, koagülasyon ve flokülasyon tanklarından, dalgıç pompalardan kaynaklı elektrik tüketimi atık kabul tesisi toplam elektrik tüketiminin ¼'üdür. NF-UF filtrasyon yöntemi enerji tüketim maliyetlerini düşürecek ve arıtma çamuru oluşumunu azaltacaktır. Ayrıca piroliz ünitesi ile entegre olması, NF-UF sisteminden oluşan konsantre suyun enerji maliyeti olmaksızın bertarafını sağlayacaktır. NF-UF sisteminde 30 bar basınç altında 4 çeşit ters osmoz membranı kullanılacaktır. NF 90, NF 200, NF 270 ve BW030 membran çeşitleri laboratuvar çalışmalarında denenmiştir. Bunlardan en uygun olanı N90 kullanılan diğer ters osmoz membranlara göre işletme maliyeti açısından daha avantajlı olması ve daha yüksek akı değerlerine sahip olması nedeniyle arıtmada kullanılacak membran olarak seçilmiştir. Polimerik bazlı membranlar 5 yıl ömürlü olarak satılmaktadır. Ancak pratikte kullanım ömürleri 2-3 yıldır. Çizelge 6.4, mevcut sisteme ilave olarak yapılması öngörülen sistemin maliyet analizlerini ortaya koymaktadır.

Çizelge 6.4 : DAF ve NF-UF membran sistemi maliyet analizi.

	Mevcut Arıtma Sistemi	Kimyasal Ünitesi + DAF 100m ³ /sa	Mevcut Arıtma Sistemi	Kimyasal Ünitesi + NF-UF Filtrasyon 100 m ³ /sa
Yatırım Maliyeti (\$)		350.000		1.000.000
İşletme Bakım-İşçilik (\$/yıl)		50.000		70.000,00
Kimyasal Sarfıyat (\$/yıl)		75.000		-
Membran Değişimi (\$/yıl)		-		116.666,67
Arıtma Çamuru (ton)		600 ton		-
Atık Kütle Miktarı (m ³)		-		18.179
Arıtma Çamuru Bertaraf Maliyeti (\$)		75.000		-
Evaporasyon için Üretilen Enerji Maliyeti (\$/yıl)		-		491.741,95
Yıllık İşletme Giderleri (\$/yıl)		125.000,00		608.408,62

*Evaporasyon sistemi mevcut olduğundan yatırım maliyetlerine dahil değildir.

** Atık kütle NF-UF için arıtılamayan yoğun kirli su olup %10 olarak bildirilmiştir.

*** UF-NF membrandan çıkan atık kütle evaporasyon enerji ihtiyacında kullanıldığı için bertaraf maliyeti oluşmamaktadır.

NF-UF sisteminden çıkan 18179 m³ konsantre atıksuyu evaporatör sisteminde kullanmak için gerekli enerji ihtiyacı, piroliz ünitesinden oluşacak singaz evaporatör enerji ihtiyacından karşılanacaktır. 1 m³ suyun vakum altında buharlaştırılması için gerekli enerji ihtiyacı:

Q_T : Toplam Enerji Miktarı

Q_1 : Suyun buharlaşma sıcaklığına kadar ısıtılması için gereken enerji.

Q_2 : Doyma ısısına ulaşmış suyun buharlaşması için gereken enerji.

T_1 : Suyun ilk sıcaklığı (15 °C)

T_2 : Suyun buharlaşma sıcaklığı (70 °C)

P : Evaporatör vakum basıncı (30 kPa)

U_{fg} : 2178,5 kJ/kg suyun buharlaşma enerjisi

C : Suyun özgül ısısı 4,18 kJ/kg

Q_d : 8700 kcal/m³ Doğalgaz ısı değeri

Ev. V. : %0,85 Evaporasyon Çalışma Verimi

$$Q_1 = M.C. \quad (6.3)$$

$$Q_1 = 1000 \text{ kg} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (70-15)$$

$$Q_1 = 229.900 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = M \times U_{fg} \quad (6.4)$$

$$Q_2 = 1000 \text{ kg} \times 2178,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_2 = 2.178.500 \text{ kJ}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad (6.5)$$

$$Q_T = 2.408.400 \text{ kJ/m}^3 \text{ su} = 575.236,46 \text{ kcal}$$

575.236 kcal 1 m³ suyun ideal şartlarda buharlaştırılması için gereken enerji miktarıdır. Bu enerji miktarı doğalgaz enerji miktarına çevrilirse 1 m³ suyu buharlaştırmak için gerekli doğalgaz tüketim miktarı elde edilir.

$$Q_T \frac{Q_d}{\text{Ev.V.}} \quad (6.6)$$

$$575.236,46 \text{ kcal} / 8700 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3} / 0,85 = 77,8 \text{ m}^3$$

Doğalgaz Birim Fiyatı : 0,80 TL/m³ alındığında;

$$0,80 \times 77,8 \text{ m}^3 = 62,2 \text{ TL/m}^3 \text{ su}$$

1 m³ suyu buharlaştırmak için ortaya çıkan maliyet 62,2 TL'dir. Kur değerleri dikkate alındığında bu bedel 27,1 \$/m³ su maliyeti ortaya çıkarmaktadır (1 \$ = 2,30 TL). Membrandan çıkan konsantre suyun evaporasyon sisteminde piroliz reaktöründen çıkan atık ısı ile uçurulması sağlanacaktır. Membrandan çıkan atık

kütle miktarı 18179 m³ konsantre atıksudur. Bu kadar suyu buharlaştırmak için yaklaşık olarak 1.413.962,6 m³ doğalgaz kullanılması gerekmektedir. Piroliz ünitesinden oluşan atıksu için evaporatör enerji ihtiyacı 10.066 MJ/sa'dır. Sistemin çalışma süresi 6108,9 sa olduğundan gerekli enerji ihtiyacı 14,70 x10⁹ kcal'dir. Piroliz ünitesinden oluşacak yan ürün singaz, atıksu evaporatör enerji ihtiyacının doğalgaz eşdeğeri 1.689.341,2 m³'dür. Buradan oluşan enerji, membran sisteminden oluşacak konsantre suyun buharlaştırılması için gerekli enerji ihtiyacını karşılamaktadır.

Çizelge 6.5 : DAF ve NF-UF Membran Sistemi sera gazı emisyonlarının hesabı.

	Mevcut Kimyasal Arıtma Ünitesi + DAF Sistemi 100m ³ /sa	Mevcut Kimyasal Arıtma Ünitesi + NF-UF Filtrasyon 100 m ³ /sa
Atıksu Arıtım Miktarları (m ³)	181.755,91	181.755,91
Proses Enerji Tüketimi (mWh/yıl)	402,77	79,97
Atık Kütle	600 ton Arıtma Çamuru	18.179,00 konsantre atıksu
Atık Kütlede Oluşacak Karbon Emisyonu (ton CO ₂ /yıl)	-	-
Enerji Tüketimine Bağlı Karbon Emisyonları (ton CO ₂ /yıl)	314,71	62,48
Toplam Sera Gazı Emisyonları (ton CO ₂ /yıl)	314,71	62,48

*Arıtma suyunun tamamının NF-UF sisteminden geçirildiği varsayılmıştır.

**Atık kütlenin uçurulması için gerekli enerji ihtiyacı piroliz ünitesinden oluşacak enerji tarafından karşılanacaktır.

***Membran sisteminde 4 adet LOWARA marka pompa kullanılmaktadır. 25m³/sa için elektrik tüketimi 11kw'dır.

NF-UF membran sisteminden %90 temiz su, %10 konsantre atıksu oluşmaktadır (Çizelge 6.5). Temiz suyun bir kısmı işletmede lavabolarda ve pisuvarlarda kullanılacak olup, su tüketiminin %50'sini karşılayacaktır. Bu da su tüketimine bağlı olarak karbon emisyonlarını azaltacaktır.

6.2.3 Kazanlardaki Yakıt Değişimi

İşletmedeki mevcut kazanlarda kalorifer yakıtı (fuel oil) kullanılmaktadır. İşletmede kalorifer yakıtı yerine daha temiz yakıt olan doğalgaza geçilmesi öngörülmüştür. Doğalgazlı sistemlerde yanma hassas olarak kontrol edilebildiği için yakıt kaybı

oldukça azdır. Doğalgaz diğer yakıtlardan çok daha ucuz ve çevreye duyarlıdır. Yandığı zaman çevreye zararlı olan kül, yanmamış hidrokarbonlar, kükürt oksitler gibi atık maddeler meydana getirmemektedir. Zararlı karbonmonoksit ve azotoksit emisyonları diğer yakıt türlerine göre daha düşüktür. Yanma veriminin kalorifer yakıtı olarak kullanılan fuel oil'e göre daha yüksek olması, doğalgaz kullanımını ekonomik kılmaktadır. Doğalgaza geçişte mevcut kazan sistemi kullanılacaktır. İşletmenin bulunduğu bölgede hiçbir işletme veya konut doğalgaz kullanmadığından dolayı, meskun mahale en yakın yer 1 km uzaklıktadır. Bu şartlardan dolayı 1 km doğalgaz boru hattı maliyetini işletme karşılayacaktır. Bu maliyet yaklaşık olarak 600.000 TL'dir. Kalorifer yakıtına göre eşdeğer enerji hesabı baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Doğalgazın kalorifik değeri : 8700 kcal/nm³

Kalorifer Yakıtı Kalorifik Değeri : 9700 kcal/kg

Kalorifer Yakıtı Yoğunluğu : 0,950 kg/lt

Kalorifer Yakıtı Tüketim Miktarı : 73790 lt

$$V = M/d \quad (6.7)$$

$$M = 70.100 \text{ kg}$$

$$\text{Elde edilen Enerji } E = 70.100 \text{ kg} \times 9700 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 679.970.000 \text{ kcal} \quad (6.8)$$

$$\text{Aynı enerjiyi elde etmek için } 679.970.000 \text{ kcal} = 8700 \frac{\text{kcal}}{\text{nm}^3} \times V \quad (6.9)$$

$$V = 78157 \text{ nm}^3 \text{ doğalgaz}$$

Doğalgazdan kaynaklanan sera gazı emisyon miktarı Tier-2 metoduna göre hesaplanmıştır. Çizelge 6.6 sabit yanma sistemlerinde doğalgazdan kaynaklı sera gazı emisyon hesabını göstermektedir.

Çizelge 6.6 : Doğalgaz sera gazı emisyon hesabı.

	Emisyon Faktör (kg/TJ)	Dönüşüm Faktörü	Tüketim Miktarı (m ³ /yıl)	Kalorifik Değer (kcal/nm ³)	1 kcal	Emisyon Hesabı (ton CO ₂ /yıl)
CO ₂	56100	1	78157	8700	4,1868*10 ⁻⁹ TJ	159,71
CH ₄	1	21	78157	8700	4,1868*10 ⁻⁹ TJ	0,059
N ₂ O	0,1	310	78157	8700	4,1868*10 ⁻⁹ TJ	0,088
Toplam						159,87

Çizelge 6.6 incelendiğinde doğalgaz tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonları 159,9 ton CO₂/yıl'dır. Kazanlarda kalorifer yakıtı kullanıldığında oluşan sera gazı emisyon miktarı 221 ton CO₂ iken, doğalgaz kullanımında bu değer 159,9 ton CO₂/yıl'a azalmaktadır. Doğalgazdan kaynaklan sera gazı emisyonları kalorifer yakıtına göre %28 azalmıştır. Çizelge 6.7'de doğalgazın ve kalorifer yakıtının maliyet analizi ortaya konulmuştur.

Çizelge 6.7 : Doğalgaz ve kalorifer yakıtı maliyet analizi.

	Yatırım	Yıllık	Birim	Tüketim	Aylık	Sera Gazı
	Maliyeti	İşletme ve	Fiyat	Miktarları	Maliyet	Emisyonları
	(TL)	Bakım	(TL/lt)	(m3/yıl)	(TL)	(ton
		Maliyetleri				CO ₂ /yıl)
		TL*				
Doğalgaz	600.000	-	0,80	78157,00	5214,40	159,870
Kalorifer	-	1317,62	2,46	73,790	15.126,95	221,061
Yakıtı						
(Sıvı)						

*Çalışma süresi işletmede 3 vardiya olduğundan günlük 8 sa, 365 gün alınmıştır.

**Bakım işletim ücreti :4,88 TL

Çizelge 6.7 incelendiğinde doğalgazın kalorifer yakıtına göre daha az maliyetli olduğu görülmektedir. Doğalgazın yanma verimi %92 iken, kalorifer yakıtındaki yanma verimi %90'dır. Önümüzdeki yıllar düşünüldüğünde Türkiye'nin Kyoto protokolü yükümlülüğü altına girdiğinde işletmelerden kaynaklı emisyon miktarları oldukça önem kazanacağından, doğalgaza geçilmesi hem sera gazı emisyonları açısından hem de maliyet açısından faydalı olacaktır. Doğalgaz kullanımı kolay, ekonomik ve çevre dostudur. Eşdeğer enerji tüketimleri dikkate alındığında ulaşılan emisyon azaltım oranı %28'dir.

6.2.4 Saha Aydınlatmalarında Led Lambaların Kullanılması

İşletmede liman sahası, antrepolar, atık kabul tesisleri ve iskeleyi aydınlatmak için elektrik direklerinde standart projektörler kullanılmaktadır. İşletmede aydınlatmalardan kaynaklanan elektrik tüketimi, liman ve atık kabul tesisi sahası, ofis binaları, iskeleler de dahil olmak üzere toplam tüketimin 1/3'üdür. İşletmede toplam elektrik tüketimi 2147,1 mWh/yıl'dır.

Saha aydınlatmalarında kullanılan standart projektörlerden kaynaklı elektrik tüketimi 715,7 mWh/yıl'dır. Bu tüketim ise elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun 1/3'lük kısmını oluşturmaktadır. Bazı alanlarda ışığın gücünün fazla olması gerektiğinden projektörlerin güçleri farklılık göstermektedir. Alınan teklifler doğrultusunda işletme için;

- 25 adet 300 watt 05 ram Projektör
- 9 adet 400 watt 05 ram Projektör
- 29 adet 100 watt samsung projektör öngörülmektedir.

Öngörülen elektrik tüketiminin %50 azalacağı, projektör ömrünün ise standart projektörlere göre 5-6 kat artacağı düşünülmektedir.

Çizelge 6.8 : Saha aydınlatmalarındaki maliyet analizleri.

Aydınlatma	Led Projektörler	Standart Projektörler
İlk Maliyet (TL)	85.000 + KDV	25.000+KDV
Garanti Süresi	3 yıl	1 yıl
Öngörülen Enerji Tasarrufu	%50	-
Ömürleri (sa)	40000	6000
Öngörülen Elektrik Tüketimi	% 50daha az	-
Mevcut Elektrik Tüketimi	%25	-
Tasarrufu		
2013 yılı Elektrik Tüketimi	-	715,70 MW
2014 yılı *	536,78 MW	-
Elektrik Tüketiminden		
Kaynaklı Maliyet (TL)**	99.610,80	132.813,17
Karbon Emisyon Oranı	314,70	419,61

*LED Projektörler kullanılmaya başlandıktan sonraki ilk 3 ay esas alınıp yıl hesabı yapılmıştır.

**Fiyat farkları ve vergiler ihmal edilmiştir ihmal edilmiştir.

Çizelge 6.8 incelendiğinde led projektörler için öngörülen enerji tasarrufu karşılanmamasına rağmen led projektörlerin daha az elektrik tükettiği, hem de dolaylı olarak daha düşük karbon salımı oluşturduğu görülmektedir. Led projektörler hem garanti süreleri esas alındığında, hem de ömür süreleri baz alındığında ilk yatırım maliyetini standart projektörlere göre iki sene telafi etmektedir. Led projektörler standard projektörlere göre dolaylı olarak %25 daha az sera gazı emisyonu oluşturmaktadır.

6.2.5 Şirket Araçlarında Uygulanabilecek Alternatifler

Şirkete ait olan bütün araçlar dizel yakıt kullanmaktadır. Dizel yakıt kullanan araçlar hiçbir değişikliğe uğramaksızın aynı zamanda biyodizel kullanımına da uygundur. Ancak bu araçlar belirli oranlarda biyodizel (metil-ester) kullanabilmektedir. Biyodizel kullanımı oranlarına göre farklılık göstermekte olup, B5, B20, B50 ve B100 şeklinde sınıflandırılmaktadır.

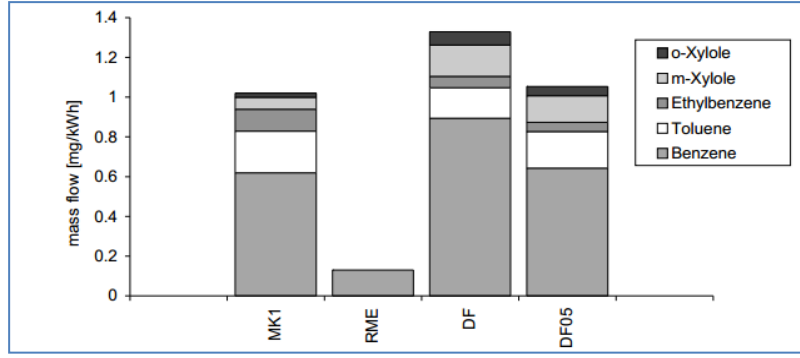
B5: %5 Biyodizel + %95 Dizel

B20: %20 Biyodizel + % 80 Dizel

B50: %50 Biyodizel + %50 Dizel

B100: %100 Biyodizel

Bu durumda önemli olan biyodizelin kalitesi ve yakıt sistemidir. Özellikle bosch marka yakıt sistemleri biyodizel için uygundur. Türkiye’de biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Biyodizelin alevlenme noktası dizelden daha yüksektir ($>110^{\circ}\text{C}$). Bu özellik biyodizelin kullanım, taşınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar. Biyodizel petrol kaynaklı dizel ile her oranda tam olarak karışabilmektedir. Bu özellik petrol kaynaklı dizelin kalitesini yükseltmektedir. Biyodizel yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerini düşürür, motordaki yağlanma derecesini artırır ve motor gücünü azaltan birikintileri çözer. Biyodizel çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtın depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları çözdüğü için filtrelerin tıkanmasına yönelik önlemler alınmalıdır. Biyodizel tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle fotosentez yolu ile karbondioksiti (CO_2) dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. Tüketilen biyodizelden atmosfere verilen CO_2 , biyodizel üretiminde kullanılacak yağ bitkisi tarafından en fazla bir yıl içinde geri alınmaktadır. Bu açıdan bakıldığında biyodizel üretimi, CO_2 emisyonları için doğal bir yutak olarak nitelendirilmektedir. Yapılan bir çalışmada biyodizelin 3 farklı dizel yakıtına göre CO, HC, NO_x ve PM emisyonları karşılaştırılmıştır. Karbonmonoksit emisyonlarında %50 daha az, NO_x emisyonlarının %10 daha fazla, PM emisyonları hemen hemen birbirine yakın ve hidrokarbon emisyonlarının ise %50-60 oranında az olduğu görülmüştür [35]. Şekil 6.1’de dizel ve biyodizeldeki bazı aromatik hidrokarbonların emisyon oranları gösterilmiştir.



Şekil 6.1 : Bazı aromatik hidrokarbonların emisyon oranları [35].

MK 1 : Düşük sülfürlü dizel yakıt

RME : Biyodizel (Rapeseed Oil MethylEster)

DF : Dizel Yakıt Fuel (Avrupa Standardına göre DIN EN 590, Hannover Germany)

DF05 : Dizel Yakıt (Röling System Logistic Service GmbH, Buchholz, Germany)

Biyodizel kullanımında dizele kıyasla CO₂ emisyonunda %80, yanmamış hidrokarbon emisyonunda %90, aromatik hidrokarbon emisyonunda %75-90 oranlarında azalma saptanmıştır. Bu bilgiler ışığında en uygun biyodizelin, sorunları en aza indirmesinden dolayı B20 ve B50 olduğu görülmüştür. 1 ton yağdan %98 verimlilikle 980 kg biyodizel elde edilir. Yoğunluk hesabı dikkate alındığında 980 kg biyodizel, hacimsel olarak yaklaşık 1125 lt'dir. Çizelge 6.9'da kanola yağından 1 ton biyodizel üretimi için maliyet hesabı yapılmıştır.

Çizelge 6.9 : 1 ton biyodizel üretim maliyet hesabı (2013).

	1 Ton Biyodizel Üretim Maliyeti
Biyodizel Yoğunluğu kg/lt	0,871
1 ton Yerli Yağ (Kanola) Fiyatı TL	1213,00
1 Ton Biyodizel İçin Gerekli Metil Alkol Miktarı (lt)	160
1 m ³ biyodizel için kanola maliyeti	1078,00
Metil Alkol Fiyatı (700\$/m ³)*	257,60
3 kg Kostik Maliyeti TL	9,00
Toplam Maliyet	1344,60
İşletme Giderleri %10	134,46
Kar %10	147,90
KDV (%18)	292,85
Toplam Maliyet	1919,81

*Kur Oranları 2013 yılına göre alınmıştır. \$ = 2,30 TL

Çizelge 6.9 incelendiğinde biyodizelin ton fiyatının 1919,8 TL olduğu görülmektedir. Yoğunluk farkı dikkate alınarak hesap yapıldığında litre fiyatı 2,2

TL'dir. 2013 yılı dizel fiyatlarıyla karşılaştırıldığında bu fiyatların rekabetçi olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 6.10 : Şirket araçlarında biyodizel kullanılması halinde maliyet analizi ve sera gazı emisyon hesabı.

	Dizel	(%80 Dizel + %20 Biyodizel B20)	(%50 Dizel + %50 Biyodizel B50)
Yakıt Tüketimi (lt)*	22.185,84	4437,17	11.092,92
Birim Fiyat (TL/lt)	4,46**	2,20**	2,20**
Maliyet (TL)	98.948,84	88.920,84	73.878,85
Karbon Emisyonları (ton CO ₂ /yıl)***	59,16	49,69	35.50

* Yoğunluk farkı esas alınmıştır.

**2013 yılına ait fiyatlar.

***CO₂ emisyonlarının %80 azalacağı öngörülerek hesaplamalar yapılmıştır.

Şirket araçlarında B50 biyodizelin kullanımı maliyeti %25 oranında düşürmekte olup, karbon emisyonlarını da %40 azaltmaktadır (Çizelge 6.10). Şirket araçlarında diğer bir alternatif olan elektrikli araçlar, küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarını önleme ve enerjinin verimli kullanılması açısından geleceğin taşımacılığını temsil etmektedir. Bilinen petrol rezervlerinin dünyanın ihtiyaçlarını ekonomik ve çevresel kriterlere uygun bir şekilde karşılama yeteneğini her geçen gün kaybetmesinden dolayı, elektrikli araçlar büyük önem kazanmıştır. Elektrikli araçlar içten yanmalı motorlu araçlara oranla %80'e varan enerji tasarrufu sağlarken, doğayı kirletmeyen, gürültü kirliliğine yol açmayan, çevreye duyarlı, sessiz ve ekonomik araçlar olarak görülmektedir. Elektrikli araçlar nispeten enerjinin daha ucuz olduğu saatlerde (gece, haftasonu vb) şarj edilme eğiliminde olacağından enerjinin kullanımını daha dengeli hale getirebileceklerdir. Normal araçlar 170 gr/km karbon emisyonuna neden olurken, elektrikli araçlar 0 gr/km emisyon değerine (şarj istasyonlarına bağlı olarak değişebilir) sahiptir. Bu durum çevre açısından önemli bir fayda sağlamaktadır. Ancak şarj için kullanılan enerjinin ne tip bir santralden üretildiği de oldukça önemlidir. Eğer enerji bir kömür santralinden geliyorsa, o zaman aracın emisyon değeri sıfır olmasına rağmen enerji üretiminde bir emisyon olduğu için yine bir kirlilik oluşacaktır. Eğer enerji yenilenebilir enerji kaynağından (rüzgar, güneş vb.) geliyor ise o zaman emisyonun tam olarak sıfır olduğu söylenilebilir. Çizelge 6.11'de mevcut araçlarla elektrikli araçların maliyet analizini ve oluşturacağı sera gazı emisyon miktarlarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Çizelge 6.11 : Mevcut araçlarla elektrikli araçların maliyet analizi ve oluşturduğu sera gazı emisyon miktarlarının karşılaştırılması.

	Mevcut Araçlar (8 Adet)	Twizy Tek Kişilik Elektrikli Araç (8 Adet)	Fluence Z.E. 4 Kişilik Elektrikli Araç (8 Adet)
Maliyet (TL)	240.000	****312.000	519.200
Tüketilen Yakıt (lt)	22.185,84	-	-
Tüketilen Elektrik*	-	74,30 MW	45,24MW
Tüketim Maliyetleri (TL)	98.948,85	13787,93	8395,23
Alınan Yol (km)**	348.000	348.000	348.000
Karbon Emisyonu (ton CO ₂ /yıl)	59.16	43,56	26,53

*Tüketilen elektriğin kömür santralinden üretildiği varsayılmıştır.

**Karbon emisyonu 170 gr/km alınmıştır.

*** Akü kapasitesi 6,1 kw/sa. Şarj süresi : 3,5 saat. Menzil 100 km.

**** Adet 14.400 Euro. Euro :2,71 TL

***** Maliyetlere elektrikli araçların pil kiralari dahil edilmemiştir.

*****Şirket araçlarında her bir araç binek araç olarak dikkate alınmıştır. Servis ve kamyonet ihmal edilmiştir.

Mevcut kullanılan şirket araçları yerine elektrikli araçlar düşünüldüğünde, ilk yatırım maliyeti oldukça yüksek olmasına rağmen 2-3 senede bu maliyeti elektrik tüketiminin çok düşük olmasından dolayı karşılamaktadır (Çizelge 6.11). Twizy araçlarda ilk yatırım maliyeti mevcut şirket araçlarındaki amortisman bedeline göre %30, fluence araçlarda ise %116 daha fazladır. Ancak yakıt ve elektrik tüketim bedelleri karşılaştırıldığında twizy araçlar 1 senede, fluence araçlar ise 3-4 senede ilk yatırım maliyetini karşılamaktadır. Karbon emisyonları ise twizy elektrikli araçlarda %27 azalırken, fluence elektrik araçlarda %55 azalmaktadır.

6.2.6. Karbon Kredisi Satın Alınması

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine ek olarak Kyoto Protokolü, 1997 yılında imzaya açılıp 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. BMİDÇS sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik eylem stratejileri ve yükümlülükler düzenlerken, Kyoto Protokolü bazı mekanizmalar aracılığıyla sera gazlarını azaltmayı hedeflemektedir. Sera gazının azaltılması hedefi doğrultusunda, Kyoto Protokolü çerçevesinde gündeme gelen mekanizmalardan biri de Emisyon Ticareti mekanizmasıdır. Diğer mekanizmalar ise Ortak Uygulama ve Temiz Kalkınma

Mekanizması'dır. Emisyon ticareti piyasa bazlı bir mekanizma iken, diğer mekanizmalar proje bazlı mekanizmalardır.

İşletmede mevcut sera gazı emisyonlarını azaltmak veya dengelemek için piyasada işlem gören şirketlerden karbon emisyon sertifikası alınması öngörülmüştür. Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM) tarafından yetkilendirilen Certified Emission Reductions (CERs) fiyatları 2008 yılında 20 \$/ton CO₂ iken, 2012 yılında 5 \$/ton CO₂'e kadar gerilemiştir. İşletmeden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonları 2013 yılında 3217 ton CO₂'dir. Bir ton karbon kredisinin bedeli 5 \$ olduğuna göre toplam karbon kredisi maliyeti 17217,5 \$'dır. 2013 yılı kur oranları dikkate alındığında 39600 TL gibi bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu rakam Türkiye'deki gönüllü karbon projelerinde 10,4 \$'dır. Toplam karbon kredisi maliyeti 33.456,8 \$'dır. 2013 yılı kur oranlarına göre bu maliyet 76950 TL'dir.

6.2.7 Ağaçlandırma

İşletmeden kaynaklanan emisyonları ağaçlandırma yöntemiyle nötr hale getirmek mümkündür. İşletmenin yıllık toplam karbon salımı 3217 ton CO₂/yıl'dır. Ağaçlar fotosentez yoluyla havadaki karbondioksiti yapraklarına absorbe ederek yaşamları için gereken besini oluşturur. Bu sayede ağaçlar yaşamları boyunca atmosferden karbondioksiti uzaklaştırmış olur. Kişiler ve kurumlar da arazi ormanlaştırma çalışmalarıyla emisyon azaltımı yapabilmektedir. Her ağacın türüne ve yaşına göre emisyon tutma miktarı farklıdır. Ancak bu farklılığın tespiti için özel bir çalışma gereklidir. Yaklaşık olarak ağaç başına yıllık emisyon azaltımı için 11kg CO₂ rakamı dikkate alınabilir [36]. Bu rakam dikkate alındığında karbon emisyonlarını nötrlemek için 292454 ağaç dikimi yapılması gerekmektedir. Bu rakam fidan başına 1 tl baz alındığında 292454 TL'dir. İlave olarak fidanları dikecek alanın da kiralanması gerekmektedir. Bu da maliyeti arttıracaktır.

6.2.8 Emisyonların Karşılaştırılması

Öngörülen senaryolar sonucunda seragazı emisyonlarında değişiklikler meydana gelecektir. Tesiste oluşan mevcut sera gazı emisyonları ile öngörülen senaryolar sonrası oluşacak emisyonlar Çizelge 6.12'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.12 : Sera gazı emisyonlarının öngörülen senaryolar sonucunda karşılaştırılması.

		Mevcut Emisyonlar (ton CO ₂ /yıl)	Senaryoların Uygulanması Sonucu Oluşacak Emisyonlar (ton CO ₂ /yıl)	Enerji Tüketimine Bağlı Azaltım Miktarı (ton CO ₂ /yıl)	Toplam Emisyonlarda Azaltım Miktarı (%)
1.Senaryo	Piroliz Ünitesi	3217,00	0,00	5.183,00	100
2.Senaryo	NF-UF Membran Sistemi	3217,00	2866,10	350,9	10
3.Senaryo	Kazanlardaki Yakıt Değişimi	3217,00	3155,80	61,2	2
4.Senaryo	Saha Aydınlatmaları	3217,00	3112,09	104,91	3,3
5.Senaryo	Şirket Araçlarındaki Değişim	3217,00	3184,37	32,63	1
6.Senaryo	Karbon Kredisi	3217,00	0,00	-	100
7.senaryo	Ağaçlandırma	3217,00	0,00	-	100

* 5.senaryoda emisyon azaltımı elektrikli araçlarda daha fazla olduğu için biyodizel kullanımı dikkate alınmamıştır.

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada gemi atıklarını alan bir atık kabul tesisi için karbon ayak izi belirlenmiştir. Tesiste gemilerden atık toplanması, atıkların tesiste işlenmesi ve bertarafı süreçlerinde meydana gelen sera gazı emisyon değerlerinin hesaplanmıştır. İşletmede 2013 yılına ait toplam sera gazı emisyonu 3217 ton CO₂'dir. Bu miktarın %46'sı atık alım gemilerinde kullanılan yakıttan, %39'u elektrik tüketiminden, %7'si kazanlarda kullanılan yakıt tüketiminden, %6'sı su tüketiminden, %2'si şirket araçlarında kullanılan yakıt tüketiminden ve çok küçük bir kısmı da sahada kullanılan vinç ve forkliftlerden ($\% < 0.1$) kaynaklanmaktadır.

Mevcut emisyonları ilerleyen yıllarda azaltmak için çeşitli senaryolar öngörülmüştür. Bu senaryolar atık yağın proseste işlenmesi yerine denizcilik yakıtı üretmek için piroliz ünitesi kurulması, kimyasal atıksu arıtma ünitesine DAF veya NF-UF membran sisteminin ilave edilmesi, kazanlarda kalorifer yakıtı yerine doğalgaz kullanımı, saha aydınlatmalarında led lambaların kullanılması, şirket araçlarının yakıtının veya şirket araçlarının elektrikli araçlarla değiştirilmesi, karbon kredisi satın alınması ve ağaçlandırmadır. Buna göre piroliz ünitesi kurulması halinde tesisten kaynaklanan toplam sera gazı emisyonları dolaylı olarak %100 oranında azalmaktadır. Kimyasal atıksu arıtma ünitesine NF-UF sistemi ilave edilmesi toplam sera gazı emisyonlarını %10, kazanlarda doğalgaz kullanımı %2, şirket araçlarının elektrikli araçlarla değişimi %1 oranında azalmaktadır. Karbon kredisi satın alınması ve ağaçlandırma yapılması tesisten kaynaklanan sera gazı emisyonlarını sıfırlayacaktır. Bu alternatifleri kullanarak tesisten kaynaklanan sera gazı emisyonlarının nötr hale gelmesi mümkündür.

Bu çalışmada ortaya koyulan senaryoların ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen, maliyetler 1-2 senede kendini amorti edebilecek olup, bu senaryolar uygulanabilir. Sonuç olarak öngörülen senaryolar neticesinde işletmenin nihai karbon ayak izinin nötrlenmesi mümkündür.. Bu sayede işletme kurumsal sürdürülebilirlik anlamında önemli aşama kaydedecektir. Sürdürülebilirlik sayesinde

gelecekteki ekonomik riskler kontrol edilebilir düzeyde olacaktır. Uluslararası platformda yatırımcılar yatırım kararı alırken şirketlerin sadece finansal performanslarına değil aynı zamanda sosyal ve çevresel performanslarına da bakmaktadır. Bundan dolayı işletmenin hem atık hizmeti vermesi hem de liman konumunda bulunması, enerji verilerini kontrol ederek yapılacak yatırımlarla karbon nötr olma durumuna gelmesi, hem çevre hemde kalite anlamında işletmeye marka değeri katacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Bekiroğlu, O.** Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı Karbon Ayak İzi.
- [2] **Url-1** <<http://www.iea.org/statistics>>, alındığı tarih 5.11.2014.
- [3] **İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı**, (2011).
- [4] **Enerji Raporu**, (2013). TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.
- [5] **Türkiye'nin CO₂ Salımları**, (2009). Açık Toplum Vakfı, İstanbul.
- [6] **National Greenhouse Inventory Report**, (TSİ, 1990-2012).
- [7] **OECD Environmental Outlook to 2050**, (2011).
- [8] **Pekin, M. A.** (2006). Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Seragazi Emisyonları Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- [9] **Baird, C.** (1999). Environmental Chemistry Part IV, The Greehouse Effect and Global Warming.
- [10] **Topçu, L.** (2008). Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- [11] **Çelik, S. vd.**, (2008). Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri, Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü.
- [12] **Url-2** <http://unfccc.int/national_reports/annex>, alındığı tarih 8.11.2014.
- [13] **Climate Change Synthesis Report**, 2014.
- [14] **Sağlam, N. E., Düzgüneş, E. ve Balık, İ.** (2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, Su Ürünleri Dergisi, Sayfa 89-94.
- [15] **UNFCCC** (2004). “To Understand Climate Change; For Beginners IPCC and Kyoto Protocol”, Bonn, Almanya.
- [16] **Yalçın, A. Z.** (2010). “Sürdürülebilir Kalkınma için Düşük Karbon Ekonomisinin Önemi ve Türkiye için Bir Değerlendirme” Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt 13 Sayı 24.
- [17] **World Bank**, (2010). World Development Report, Development and Climate Change, Washington DC.
- [18] **Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun**, 08.01.2011 Tarihli ve 27809 Sayılı Resmi Gazete.
- [19] **Özlem, B.** (2012) Seçilen Bir Kağıt Fabrikasında Karbon Ayak İzi Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- [20] **Meadows, D. H. ve Meadows, D.** (1972). Limits to growth, reports to the club of rome, New York: Universe Books, Milet, Dennis S. (1999) *Disasters*

by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States,
Joseph

- [21] **Yamanoğlu, G. Ç.** (2006). Türkiye’de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış İle Mücadelede İktisadi Araçların Rolü Yüksek Lisans Tezi, AÜ.
- [22] **T.C. Kalkınma Bakanlığı,** (2012). Rio’dan Rio’ya Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınmanın Mevcut Durumu.
- [23] **Seval, S.** (2011). Sürdürülebilir Çevre Yaklaşımında Karbon Yönetimi, Uluslararası Ekonomik Sorunlar.
- [24] **Sonn, C. L.** (1999). An Overview Greenhouse Gas Emissions Trading Pilot Schemes and Activities.
- [25] **Çevre ve Orman Bakanlığı İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı,** (2008). Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslararası Emisyon Ticareti Sistemleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu.
- [26] **Binboğa, G.** (2014). International Carbon Trade and Turkey, Journal of Yaşar University.
- [27] **Elitaş, C. ve Çetin, A. C.** (2011). Karbon Ticareti ve Karbon Bankacılığı.
- [28] **Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği,** 26.12.2004 Tarih ve 25682 Sayılı Resmi Gazete.
- [29] **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği,** 31.12.2004 Tarihli 25687 Sayılı Resmi Gazete.
- [30] **Url-3,** <<http://www.teias.gov.tr/FaaliyetRaporlari.aspx>>, alındığı tarih 11.11.2014
- [31] **Özil, E., Şişbot, S., Özpınar, A. ve Olgun, B.** (2012). Elektrik Enerjisi Teknolojileri ve Enerji Verimliliği.
- [32] **Url-4,** <http://www.ipcc nggip.iges.or.jp/EFDB>, alındığı tarih 17.11.2014.
- [33] **International Maritime Organization, IMO,** (2009). Second GHG Study.
- [34] **Griffiths, B., Sattenspiel ve Wilson, W.** (2009). Carbon footprint of Water, A River Network Report.
- [35] **Krahl, J., Munack, A., Schröder, O., Stein, H. ve Bünger, J.** (2001). Comparison of biodiesel with different diesel fuels regarding exhaust gas emissions and health effects, Krahl, J., Munack, A., Schröder, O., Stein, H., Bünger, J., University of Göttingen, Germany.
- [36] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,** <http://www.iklim.cob.gov.tr>.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Adnan Serkan Toröz
Doğum Yeri ve Tarihi : Üsküdar/İST, 11.10.1986
Adres : Maltepe/İST
E-Posta : serkantoro@gmail.com
Lisans : Atatürk Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi - Çevre Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim ve Ödüller: Çevre Mühendisi

Arse Çevre (01.01.2010- 30.11.2014) İstanbul

Staj – İşletme Stajı

Artı Çevre Laboratuvarı (01.07.2007-01.08.2007) İstanbul

Staj – Arıtma Tesisi ve Laboratuvar Stajı

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü (10.06.2006-10.07.2006) İstanbul

Staj – İşletme Stajı

İSKİ Kağıthane İçme Suyu Arıtma Tesisi (16.07.2007-10.08.2007) İstanbul