

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İLİ TIBBİ ATIK BERTARAF
YÖNTEMLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hilal YILDIRIM

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Aliye Suna
ERSES YAY

Şubat 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İLİ TIBBİ ATIK BERTARAF
YÖNTEMLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hilal YILDIRIM

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 04/02/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Dr. Öğr. Üyesi
Aliye Suna ERSES YAY
Jüri Başkanı



Dr. Öğr. Üyesi
Berna KIRIL MERT
Üye



Doç. Dr.
Ömer Hulisi DEDE
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hilal YILDIRIM

04.02.2020

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaőan, kendisine ne zaman danıősam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek adına elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaőadıęımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düőündüęüm kıymetli danıőman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aliye Suna Erses Yay'a çok teşekkür ediyorum.

Bu alıőma için her türlü veri ihtiyacını bizlere sunan bütün İSTAÇ yetkililerine çok teşekkür ederim.

Teőekkürlerin az kalacağı diğer niversite hocalarıma da bana yüksek lisans eğitimim boyunca kazandırdıkları her Őey için ve beni gelecekte söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teőekkürlerimi sunuyorum.

Beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek Şekilde yetiőtirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük Őansım olan aileme sonsuz teőekkürler.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ÖZETİ	1
2.1. Sağlık Kuruluşları Tarafından Üretilen Atıkların Sınıflandırılması	1
2.1.1. Evsel nitelikli atıklar.....	1
2.1.2. Tıbbi atıklar	2
2.1.2.1. Patolojik atıklar	2
2.1.2.2. Kesici–delici atıklar	3
2.1.2.3. Enfeksiyon yapıcı atıklar.....	3
2.1.3. Tehlikeli atıklar	3
2.1.4. Radyoaktif atıklar	4
2.1.5. Hastane atık karakterizasyon çalışmaları	5
2.2. Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemleri.....	5
2.2.1. Yakma	5
2.2.1.1. Çift odalı yakma fırını (hava kontrollü yakma)	7
2.2.1.2. Çok odalı yakma fırınları	8

2.2.1.3. Döner fırın kullanılan yakma tesisleri.....	8
2.2.2. Kimyasal dezenfeksiyon.....	9
2.2.3. Buhar ile sterilizasyon	10
2.2.4. Kuru ısı işlem	13
2.2.5. Mikrodalga ile ışınlama.....	14
2.3. Türkiye’de Uygulanan Tıbbi Atık Yönetimi.....	15
2.3.1. Tıbbi atıkların ayrılması, toplanması ve depolanması.....	16
2.3.2. Tıbbi atıkların bertaraf tesislerine taşınması	17
2.3.3. Tıbbi atıkların işlenmesi	17
2.3.3.1. Enfeksiyon yapıcı atıkların sterilizasyonu	17
2.3.3.2. Tıbbi atıkların yakılması	17
2.4. Yaşam Döngüsü Analizi.....	18
2.4.1. Yaşam döngüsü analizi’nin tarihçesi	19
2.4.2. Yaşam döngüsü analizi metodolojisi	20
2.4.2.1. Amaç ve kapsam tanımı	20
2.4.2.2. Envanter analizi.....	22
2.4.2.3. Etki analizi	22
2.4.2.4. Yorum.....	25
2.4.3. Yaşam döngüsü analizi’nde kullanılan yazılımlar	25
2.5. Yaşam Döngüsü Analizi ve Tıbbi Atık Yönetimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	27

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1. Amaç ve Kapsam Tanımı.....	35
3.1.1. Amaç.....	35
3.1.2. Kapsam	35
3.2. Envanter Analizi	36
3.2.1. Sterilizasyon yöntemi ile bertaraf.....	37
3.2.2. Yakma yöntemi ile bertaraf.....	40
3.2.3. Atık toplama ve taşıma	44
3.3. Etki Analizi	44

3.4. Yorum	45
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI	46
4.1. Sterilizasyon Tesisi	46
4.2. Yakma Tesisi	53
4.3. Sterilizasyon ve Yakma Tesislerinin Yaşam Döngüsü Analizlerinin Karşılaştırılması.....	58
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	65
KAYNAKLAR.....	67
EKLER.....	71
ÖZGEÇMİŞ	81

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
EAF	: Elektrik Ark Fırını
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu
İMÇK	: İstanbul İl Mahalli Çevre Kurulu
İSTAÇ	: İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş.
LAWMA	: Lagos Atık Yönetimi Kurumu
LNG	: Likit Doğal Gaz
MJ	: Megajoule
N	: Azot
SBÜ	: Sağlık Bilimleri Üniversitesi
YDA	: Yaşam Döngüsü Analizi
YDEA	: Yaşam Döngüsü Etki Analizi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Sağlık kuruluşlarındaki tipik atık kompozisyonları.....	1
Şekil 2.2. Tanner üçgeni.....	6
Şekil 2.3. Yakma tesisi akış şeması	7
Şekil 2.4. Yakma tesisi akış şeması	9
Şekil 2.5. Mikrodalga ile ışınlama teknolojisinin basitleştirilmiş şeması.....	15
Şekil 2.6. YDA'nın uygulama alanlarına göre kullanım sıklığı.....	19
Şekil 2.7. YDA metodolojisi	20
Şekil 3.1. Sistem sınırı	36
Şekil 3.2. İSTAÇ A.Ş. Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi.....	38
Şekil 3.3. İSTAÇ A.Ş. Sterilizasyon tesisi iş akım şeması	39
Şekil 3.4. İSTAÇ A.Ş. Tıbbi Atık Yakma Tesisi.....	41
Şekil 3.5. İSTAÇ A.Ş. Yakma tesisi iş akım şeması (a)	42
Şekil 3.6. İSTAÇ A.Ş. Yakma tesisi iş akım şeması (b).....	43
Şekil 4.1. Sterilizasyon Tesisi (Karakterizasyonu)	50
Şekil 4.2. Sterilizasyon Tesisi (Normalizasyonu)	52
Şekil 4.3. Yakma Tesisi (Karakterizasyonu)	55
Şekil 4.4. Yakma Tesisi (Normalizasyonu)	57
Şekil 4.5. Sterilizasyon, Yakma ve Taşıma Proseslerinin Yaşam Döngüsü Analizlerinin Karşılaştırılması (Karakterizasyon).....	60
Şekil 4.6. Sterilizasyon, Yakma ve Taşıma Proseslerinin Yaşam Döngüsü Analizlerinin Karşılaştırılması (Normalizasyon).....	62
Şekil 4.7. Duyarlılık analizi için farklı etki değerlendirmesinin karakterizasyon sonuçları	64

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Farklı ülkelerdeki genel hastane atıklarının bileşiminin yüzdeleri.....	5
Tablo 3.1. Tıbbi atık karakterizasyon çalışması.....	37
Tablo 3.2. 2017 yılı atık bertaraf tesisine gönderilen tıbbi atık araçlarının yıl boyunca aldıkları toplam yol	44
Tablo 4.1. Sterilizasyon yöntemi normalizasyon sayısal verileri	51
Tablo 4.2. Yakma yöntemi normalizasyon sayısal verileri.....	56
Tablo 4.3. Sterilizasyon ve yakma tesislerinin yaşam döngüsü analizlerinin karşılaştırılmalı normalizasyon sayısal verileri	61

ÖZET

Anahtar kelimeler: Tıbbi atık, tıbbi atık yönetimi, yaşam döngüsü analizi

Sağlık hizmeti veren bir kuruluşun faaliyetleri esnasında ortaya çıkan tıbbi atıklar, atık yönetiminde yönetilmesi zor olan atıklar olup, ülkemizde sterilizasyon ve yakma yöntemi ile bertaraf edilmektedir. İnsan ve çevre sağlığını tehdit edecek şekilde artan tıbbi atık miktarı ve bertarafı sırasında oluşabilecek çevresel boyutlarının belirsizliği günümüzün en büyük problemlerinden biridir. Tıbbi atık bertaraf yöntemlerinin çevresel etkilerinin yaşam döngüsü analizi ile belirlenmesi bu çalışmanın ana amacıdır. Fonksiyonel birim olarak İstanbul ilinde 2017 yılında toplanan tıbbi atıklar ele alınmıştır. Sistem sınırları; tıbbi atıkların toplanması ve bertaraf tesisine taşınması, tıbbi atık araçlarının dezenfeksiyonu, toplanan tıbbi atıkların sterilizasyon ve yakma yöntemleri ile bertarafıdır. Yaşam döngüsü analizi için Simapro 8.4 programı ve CML-IA etki kategorisi kullanılmıştır. Bu yöntemin etki grupları abiyotik tükenme, abiyotik fosil kaynakların tükenmesi, küresel ısınma, ozon tabakasının incelmeye, insan toksisitesi, tatlı su ekotoksitesisi, deniz ekotoksitesisi, karasal ekotoksitesisi, fotokimyasal oksidasyon, asidifikasyon ve ötrofikasyondur. Sterilizasyon ve yakma tesisleri ile tesise atık taşıma kısmının karşılaştırılmalı YDA'sı yapıldığında altı kategori hariç diğer kategorilerde en yüksek etkinin yakma tesisinden geldiği görülmektedir. Yakma tesisi, abiyotik kaynakların tükenmesi ve abiyotik fosil kaynakların tükenmesi kategorilerindeki elektrik kazanımından ötürü bu iki kategori için sterilizasyon tesisinden daha çevrecidir. Küresel ısınma, ozon tabakasının incelmeye, insan toksisitesi, fotokimyasal oksidasyon ve asidifikasyon kategorilerinde yakma tesisi en yüksek etkiye sahiptir. Tatlı su ekotoksitesisi, deniz ekotoksitesisi, karasal ekotoksitesisi ve ötrofikasyon kategorilerinde ise sterilizasyon tesisi en yüksek etkiye sahiptir. Bütün çevresel etki potansiyellerinin birbirleriyle kıyaslanarak en yüksek etkinin belirlendiği normalizasyon aşamasında, en yüksek etkinin insan toksitesisi kategorisinden, yakma tesisi tarafından geldiği görülmüştür. Ardından deniz ekotoksitesisi kategorisi için ise en yüksek etkinin sterilizasyon tesisinden geldiği görülmektedir. Yakma tesisinden kaynaklı SO_x, NO_x, CO, dioksin gibi baca gazı emisyonları insan toksitesisine ve deniz ekotoksitesisine sebep olmaktadır.

EVALUATION OF MEDICAL WASTE DISPOSAL METHODS IN ISTANBUL BY LIFE CYCLE ANALYSIS

SUMMARY

Keywords: Medical waste, medical waste management, life cycle analysis

Medical wastes generated during the activities of healthcare organizations are difficult to manage in waste management and are disposed of by sterilization and incineration in our country. The amount of medical waste increasing in a way to threaten human and environmental health and uncertainty of its environmental dimensions that may occur during its disposal are one of the biggest problems today. The primary purpose of this study is to determine the environmental impacts of medical waste disposal methods by life cycle analysis (LCA). As the functional unit, medical wastes collected in the city of Istanbul in 2017 were taken into consideration. The system boundaries are the collection of medical waste and transportation to a disposal facility, disinfection of medical waste vehicles, and disposal of collected medical waste by sterilization and incineration methods. For life cycle analysis, SimaPro 8.4 software and the CML-IA impact category were employed. The impact groups of this method are abiotic depletion, depletion of abiotic fossil resources, global warming, ozone layer depletion, human toxicity, freshwater ecotoxicity, marine ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, photochemical oxidation, acidification, and eutrophication. When the comparative life cycle analysis of the sterilization and incineration plants including their transportation phases was made, it was seen that the incineration plant created the highest effect on the other categories except for the six categories. The incineration plant, due to the electricity gain in the categories of abiotic depletion and depletion of abiotic fossil resources, is more environmentally friendly than the sterilization facility for these two categories. The incineration plant has the highest impact on the categories of global warming, ozone layer depletion, human toxicity, photochemical oxidation, and acidification. The sterilization facility has the highest impact in the freshwater ecotoxicity, marine ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, and eutrophication categories. In the normalization phase, where the highest impact is found out by comparing all environmental impact potentials with each other, it was observed that the highest impact was produced in the human toxicity category by the incineration plant. Then, for the marine ecotoxicity category, it was found that the highest impact arose from the sterilization facility. Flue gas emissions such as SO_x, NO_x, CO, and dioxin originating from incineration plants cause human toxicity and marine ecotoxicity.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Nüfusun artması, teknoloji ve sanayinin hızla gelişme göstermesi, yaşam kalitesinin artması sağlık sektöründe de büyük bir gelişme sağlamıştır. Bu nedenle de sağlık kuruluşlarında üretilen atıklarda hızlı bir şekilde artış söz konusu olmuştur. Tıbbi atıklar, sağlık kuruluşları tarafından üretilen, insan ve çevre sağlığı bakımından tehdit oluşturan içinde kesici-delici, patolojik ve enfekte maddelerden oluşan atık türleridir. Tıbbi atıkların uygun yönetilememesi durumunda önemli sorunlar açığa çıkmaktadır. Çünkü bu atıklar yüksek derecede enfeksiyon riski taşımakta ve içinde bulaşıcı olan hastalıkları ihtiva etmektedir. Bu nedenle tıbbi atıklar, evsel atıklardan ayrı toplanmakta ve ülkemizde 25.01.2017 tarihli 29959 sayılı Resmî Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile yönetilmektedir.

Tıbbi atık bertarafında çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en önde gelenler yakma, sterilizasyon ve kimyasal dezenfeksiyondur. Tıbbi atık yakma tesislerinin zararlı etkileri ortaya çıkmadan önce yakma tesisleri, dünyada çok kullanılan bir yöntemdi. Ancak son yıllarda yakma tesislerinde oluşan zararlı emisyonların önemli çevre kirliliğine neden olabileceği ortaya çıktığından beri seçilen bertaraf yöntemlerinin uygulanabilirliği üzerine çalışmalara daha çok önem verilmiştir ve alternatif bertaraf yöntemleri araştırılmıştır. Bu bertaraf yöntemlerinden biri de sterilizasyondur.

Atık bertaraf yöntemlerinin belirlenmesinde, çevre ve insan sağlığına en az etkide bulunan sistemi seçmek için çeşitli karar verme yöntemleri bulunmaktadır.

Bunlardan birisi ve bu çalışmada da karar verme yöntemi olarak kullanılacak olan yöntem Yaşam Döngüsü Analizi (YDA)'dir. Yaşam Döngüsü Analizi, bütün bu atık

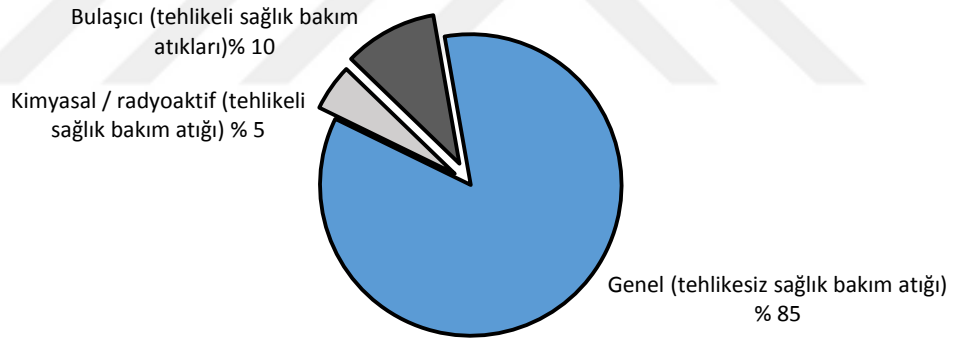
bertaraf yöntemlerinin çevreye olan etkilerini niceliksel olarak tanımlayan bir programdır. Bir yaşam döngüsü analizi, hammaddenin ilk toplanmasından, tüm atıklar toprağa geri dönene kadar olan herhangi bir etkinlikle ilişkili çevresel etkinin değerlendirildiği bir sistemdir (Vigon ve ark., 1993).

Bu çalışma kapsamında 2017 yılı için İstanbul ilindeki tıbbi atık bertaraf yöntemleri ele alınmış olup, uygulanan yöntemlerin Yaşam Döngüsü Analizi aracılığıyla çevresel etkileri araştırılmıştır. İstanbul ilinde uygulanan tıbbi atık bertaraf yöntemlerinin abiyotik kaynakların tükenmesi, abiyotik fosil kaynakların tükenmesi, küresel ısınma, ozon tabakasının incilmesi, insan toksisitesi, tatlısu ekotoksisitesi, deniz ekotoksisitesi, karasal ekotoksisite, fotokimyasal oksidasyon, asidifikasyon ve ötrofikasyon olmak üzere toplam on bir etki kategorisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu analiz sayesinde hangi bertaraf yönteminin çevresel etkisinin daha düşük olduğu araştırılmıştır.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Sağlık Kuruluşları Tarafından Üretilen Atıkların Sınıflandırılması

Sağlık kuruluşları tarafından üretilen atıkların %75-%90'ı evsel atıklarla karşılaştırıldığında genel olarak "tehlikeli olmayan" ya da "genel sağlık atıkları" olarak tanımlanmaktadır. Bu atıklar genellikle sağlık kuruluşlarındaki idari alanlar, mutfak ve odaların temizliği sırasında üretilmektedir (Şekil 2.1). Sağlık kuruluşlarından çıkan atıkların geri kalan %10-25'lik kısmı "tehlikeli tıbbi atık" olarak kabul edilmektedir (Prüss ve ark., 2014).



Şekil 2.1. Sağlık kuruluşlarındaki tipik atık kompozisyonları (Prüss ve ark., 2014)

Sağlık kuruluşlarından çıkan atıklar evsel, tıbbi, tehlikeli ve radyoaktif atıklar olmak üzere genellikle 4'e ayrılmaktadır.

2.1.1. Evsel nitelikli atıklar

Evsel nitelikli atıklar kendi içinde genel atıklar ve ambalaj atıkları olarak ayrılmaktadır. İçerisinde tıbbi, tehlikeli ve radyoaktif atık içermeyen atık türleridir.

2.1.2. Tıbbi atıklar

25.01.2017 tarih ve 29959 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ne göre tıbbi atık; enfeksiyon yapıcı, patolojik ve kesici-delici atıkları kapsamaktadır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nin Ek 1’inde verilmiş olan üniversite hastaneleri ve klinikleri, sağlık kuruluşları, araştırma merkezleri, eczaneler, laboratuvar atıkları, evde yapılan bakım hizmetleri, diyaliz merkezleri atıkları ve ambulans hizmetleri esnasında üretilen atıklar da tıbbi atık olarak tanımlanmaktadır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Tıbbi atıklar diğer atık çeşitlerine göre daha çok önem arz etmektedir. Çünkü tıbbi atıklar yüksek derecede enfeksiyon riski taşır. İçinde bulaşıcı olan hastalıkları ihtiva eder. Tıbbi atıkların iyi yönetilmemesi durumunda insan sağlığı ve çevre sağlığı büyük bir tehdit altındadır. Bu nedenle sağlık kuruluşlarında çalışan bütün personellerin bu konuda gerekli eğitimi almış olması gereklidir.

2.1.2.1. Patolojik atıklar

Patolojik atıklar; cerrahi girişimler neticesinde ortaya çıkan her türlü insan dokuları, organları, fetüsü ve vücut sıvılarını kapsamaktadır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Patolojik atıkların bertarafı yakma yöntemiyle gerçekleşir. Yakma sonucu ortaya çıkan küller düzenli depolamaya gönderilir. Ülkemizde gözle ayırt edilebilir durumda olan insan uzuvları, fetüsler ve enfeksiyon riski taşımayan patolojik atıklar defnedilebilmektedir. Defin işleminin yapılabilmesi için sağlık kuruluşlarından gerekli belgeler alınmalıdır.

2.1.2.2. Kesici–delici atıklar

Tıbbi müdahale sonucu oluşan bir diğer atık çeşidi olan kesici ve delici atıklar, enjektör ve diğer tüm tıbbi girişim iğneleri, bisturi gibi batma, delme ve yaralanmalara yol açabilecek türden atıkları içermektedir (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Kesici ve delici atıklar, ülkemizde diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak toplanmaktadır. Çünkü enfekte olan bu atıklar yönetmelikte belirtilen kutularda taşınmazsa görevli personelleri yaralar ve sağlığını tehdit eder (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Kesici ve delici atıklar sterilizasyon işlemi ile zararlı zararsız bütün mikro-organizmalardan uzaklaştırılır ve ardından II. Sınıf düzenli depolama alanlarına gönderilerek nihai bertarafı sağlanır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.1.2.3. Enfeksiyon yapıcı atıklar

Enfeksiyon yapıcı ajanların, çevreye ve insanlara karşı bir tehdit oluşturmaması adına taşınması ve bertarafı özel muamele gerektiren atık türleridir. Mikrobiyolojik laboratuvar atıkları, diyaliz atıkları bu atık türüne verilmiş birkaç örnektir (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.1.3. Tehlikeli atıklar

Tehlikeli atıklar, fiziksel ya da kimyasal işlemlerden ötürü veya yasal nedenlerden ötürü özel muamele gerektiren atık türleridir. Tehlikeli atıkların başlıca çeşitleri amalgam, farmasötik, sitotoksik gibi atıklardır (Resmî Gazete 22.07.2005 tarih ve 25883 sayı)

2.1.4. Radyoaktif atıklar

Radyoaktif atıklar ülkemizde Türkiye Atom Enerji Kurumu'nun çıkarmış olduğu 28582 sayılı resmî gazetede 09.03.2013 tarihinde yayımlanan Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin hükümlerine göre yönetilmektedir.

Sağlık kuruluşlarında meydana gelen radyoaktif atıklar; radyoaktif elementler aracılığıyla yapılan tedavi ve teşhis aşamalarında ortaya çıkan atıklardır (Prüss ve ark., 2014).

Sağlık kuruluşlarında kullanılan radyonükleitler “açık” ya da “kapalı” olarak bulunur. Açık kaynaklar genellikle doğrudan uygulanan sıvılardır yani kullanıldıkları anda etrafında onu çevreleyen bir kapsül yoktur. Kapalı kaynaklar ise ekipmanın parçalarında bulunan, tohum veya iğneler gibi kırılmaz veya geçirimsiz nesnelere kapsüllenmiş radyoaktif maddelerdir (Prüss ve ark., 2014).

Radyonükleitlerin ve ilgili ekipmanın bakım ve depolanmasını içeren sağlık bakımı ve araştırma faaliyetleri tarafından üretilen atıklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Prüss ve ark., 2014):

- Kapalı kaynaklar
- Kullanılmış radyonüklid jeneratörleri
- Düşük seviyeli katı atık (örneğin emici kağıt, bezler, cam eşyalar, şırıngalar, flakonlar)
- Radyoaktif madde gönderilerinden ve tanı veya tedavi amaçlı kullanım için istenmeyen radyonüklid çözeltilerinden gelen artıklar
- Sıvı sintilasyon sayımı gibi suyla karışmaz sıvı
- Radyoimmunolojik yöntem kullanılan artıklar ve kontamine pompa yağı
- Dökülen atıklar ve radyoaktif dökülmelerin zararlı maddelerden arınımından;
- Görünmeyen radyonüklidlerle tedavi edilen veya test edilen hastalardan meydana gelen atılım;
- Düşük seviyeli sıvı atık (örneğin yıkama aparatından)

2.1.5. Hastane atık karakterizasyon çalışmaları

Hastanelerden çıkan atıkların karakterizasyon çalışması ile miktarı ve niteliği belirlenerek atıkların ne şekilde yönetileceği, nasıl bertaraf edileceği ve seçilen bertaraf yöntemlerinde kurulacak olan tesislerin kapasitelerine dair kararlar verilebilir. Tablo 2.1.'de farklı ülkelerdeki genel hastane atıklarının bileşiminin yüzdeleri görülmektedir. Buradaki her atık bileşiminin ülkelere göre farklılık göstermesinin sebepleri; hastanelerin büyüklüğü, ülkelerin nüfusu, ekonomik, sosyal ve kültürel özellikler, atık yönetimi uygulamaları, yeniden kullanılabilir öğelerin uygulanması gibi faktörlerdir.

Tablo 2.1. Farklı ülkelerdeki genel hastane atıklarının bileşiminin yüzdeleri (Alwabr ve ark, 2016)

Ülkeler	Cam %	Plastik %	Kâğıt& Karton %	Metal %	Yiyecek %	Diğer %	Referans
Kuveyt	5	24	31	---	26	14	(Alhumoud JM, Alhumoud HM, 2007)
İran	4	23	13	1	31	28	(Taghipour ve Mosaferi, 2009)
Libya	8	24	20	1	38	9	(Sawalem ve ark, 2009)
Mauritius adası	3,5	22	25	---	14	35,5	(Mohee, 2005)
Türkiye	7	41	21	1	17	13	(Altin ve Cerit, 2003)
Yemen	11	22	22	10	27	8	(Alwabr ve ark, 2016)

2.2. Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemleri

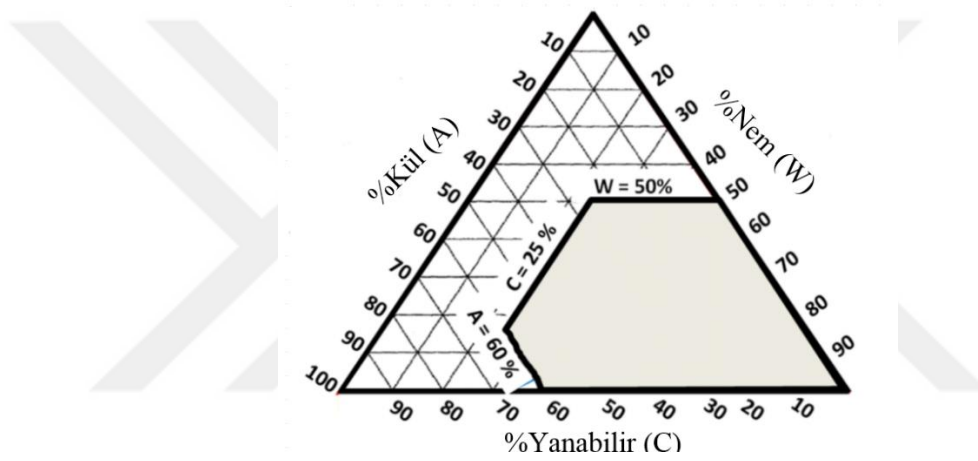
Tıbbi atıkların nihai olarak bertaraf edilmesindeki temel maksat insan ve çevre sağlığını korumaktır. Aynı zamanda bertaraf ederken çevreye olan zararını en aza indirmektir. Bu nedenle de çok çeşitli bertaraf yöntemleri geliştirilmiştir.

2.2.1. Yakma

İlk yakma fırınları 19. Yüzyılın son kısmında Birleşik Krallık'ta kurulmuştur. Bu ihtiyacın sebebi olarak da atıkların sağlıklı bir şekilde yönetilebilmesi ve aynı zamanda endüstrilerde enerji arzı için geliştirilmiş olmasıdır. Bir müddet devam eden atık ve kömürün birlikte yakma denemeleri akabinde, 1876'da Manchester'da ilk kentsel katı atık yakma tesisi inşa edilmiştir (Hulgaard ve Vehlow, 2011). İlerleyen zamanlarda ise

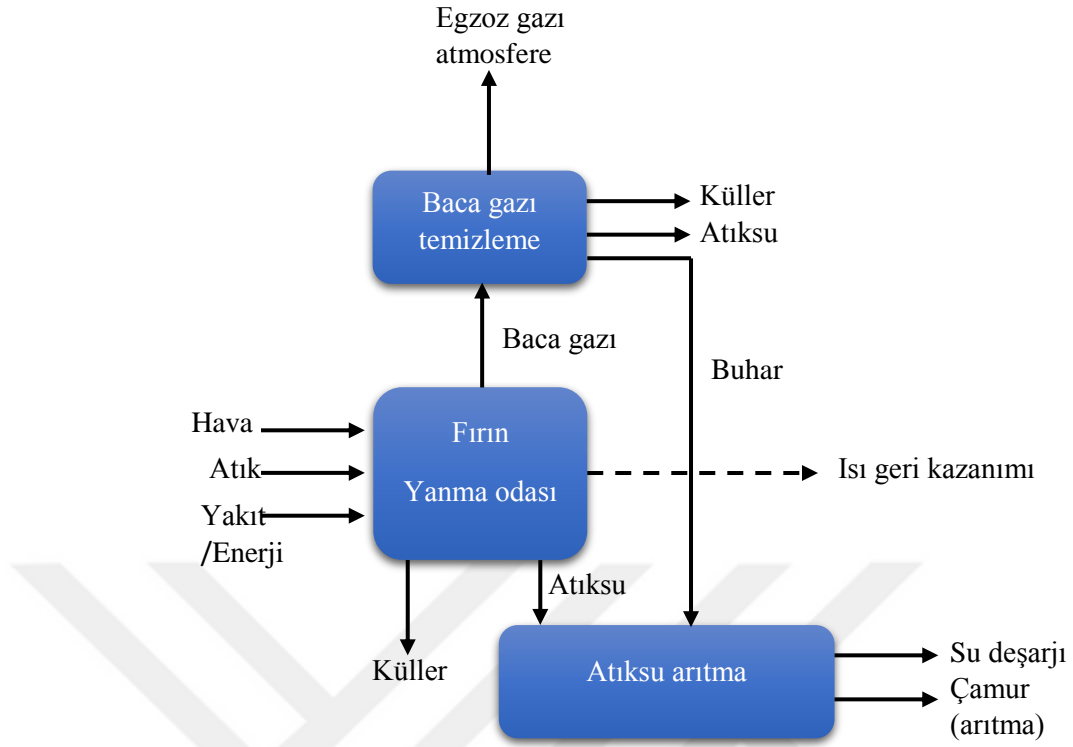
tıbbi atığın evsel atıklarla beraber yakılmaması gerektiğine karar verilmiş ve tıbbi atıklar için yakma fırınları geliştirilmiştir.

Atık yakılırken ek yakıt kullanılmadan yakılıp yakılamayacağına Tanner diyagramı ile karar verilir. Bir atığın nem içeriği (W), kül içeriği (inorganik) (A) ve yanabilir (organik) katıları (C) hesaplanarak ek yakıt ihtiyacı olup olmadığına karar verilir. Veriler, Şekil 2.2.'de görüldüğü üzere taralı alan içinde kalıyorsa ($W < 50\%$, $A < 60\%$, $C > 25\%$) atık yanarken ek yakıt ihtiyacı olmadığı anlamına gelir (Hulgaard ve Vehlow, 2011).



Şekil 2.2. Tanner üçgeni (Hulgaard ve Vehlow, 2011)

Yüksek ısıda termal işlemler yaklaşık 200°C 'den 1000°C 'ye kadar olan sıcaklıklara çıkmaktadır. Organik materyalin yanma, piroliz veya gazlaştırma işlemleri ile kimyasal ve fiziksel olarak parçalanmasını içerir. Şekil 2.3.'de görüldüğü gibi bu teknolojilerin dezavantajlarından biri yanma yan ürünlerinin atmosfere salınımı ve artık kül oluşumudur. Yakma teknolojisi; tıbbi atıkların yakılması, buhar, karbondioksit, nitrojen oksitler, bir dizi uçucu madde (örneğin metaller, halojenik asitler, tamamlanmamış yanma ürünleri) ve partikül madde ve ayrıca küller şeklinde katı kalıntılar dahil olmak üzere temel olarak gaz emisyonları üretmektedir (Prüss ve ark., 2014).



Şekil 2.3. Yakma tesisi akış şeması (Prüss ve ark., 2014).

Tıbbi atıkların bertarafı için üç tür yakma teknolojisi kullanılmaktadır (Prüss ve ark., 2014):

- Çift odalı (hava kontrollü) pirolitik yakma fırınları,
- Çok odalı yakma fırınları
- Döner fırınlar.

2.2.1.1. Çift odalı yakma fırını (hava kontrollü yakma)

Tıbbi atıkların yakılması için kullanılan yöntemlerden biridir. Tıbbi atıkların çift odalı yakma fırınlarda yakılması esasına dayanır. Bu yakma yöntemi hava kontrollü yakma ve pirolitik yakma olarak da adlandırılmaktadır.

Çift odalı yakma fırını, iki adet yakma odasından oluşmaktadır. Atıklar öncelikle ek yakıt kullanılarak ortalama 800-900°C sıcaklıkta oksijeni az olan bir ortamda birinci yakma odasında yakılır. Yakma sonucunda küller ve gazlar ortaya çıkar. İlk yakma

odasından çıkan gazlar ise sıcaklığı 900-1200°C ve oksijeni daha fazla olan ikinci yakma odasında yakılır. İkinci yakma odasından çıkan duman ve gazlar daha aza inmektedir. İlk odada oksijenin az kullanılmasıyla baca gazının partikül madde ve materyallerini aza indirmek amaçlanmıştır (Çetinbaş, 2017).

Çift odalı yakma fırınlarının en önemli avantajı tıbbi atıklardaki bütün patojenleri yok etmesidir. Dezavantajları ise muhakkak gaz temizleme sistemlerinin gerekli olması, ekipmanın satın alımı, kullanımı ve bakımı nedeniyle yüksek fiyatların ortaya çıkması ve tesiste görevlendirilmek üzere yüksek düzeyde kalifiye personel bulundurulmasıdır (Morcillo ve Fernandez, 2010).

2.2.1.2. Çok odalı yakma fırınları

Çok odalı yakma tesislerinin iki türü vardır: Sıralı yakma fırınları ve imbikli yakma fırınları. Sıralı yakma fırınları dikdörtgen şeklinde bir tasarıma sahiptir. Birincil odada hareketli bir ızgara vardır. Baca gazının içerisindeki uçucu organik bileşiklerini yakmak için ikincil bir odaya sahiptir. Aynı zamanda partikül halindeki maddelerin giderimi için gazı farklı yönlerde dönmeye zorlayan ek haznelere sahiptir. İmbikli yakma fırınları “U” şeklinde inşa edilmiş birincil ve ikincil odaya sahiptir. Her iki yakma türü de aşırı hava modunda çalışmaktadır. Yaklaşık olarak 800-1000°C sıcaklığa ulaşabilmek için ilave yakıt kullanılmaktadır. Bu tür yakma fırınları, yüksek hacimli hava emisyonları nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır (Prüss ve ark., 2014).

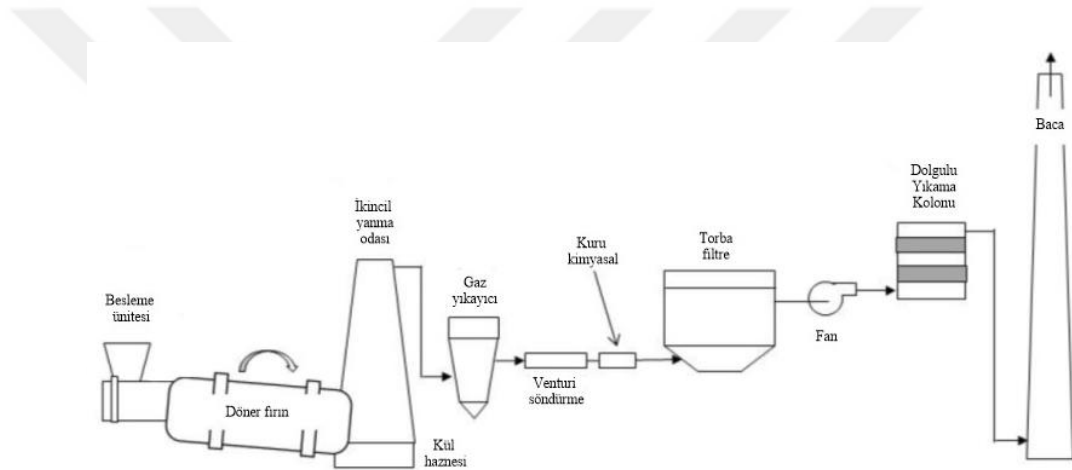
2.2.1.3. Döner fırın kullanılan yakma tesisleri

Bir döner fırın, Şekil 2.4.'de görüldüğü üzere döner bir fırın ve yanma odasından oluşmaktadır. Kimyasal atıkları yakmak için özel olarak tasarlanırlar. Eğer uygun sıcaklıklar ve yıkama (baca gazı temizleme) ekipmanı kullanılıyorsa, büyük ölçekli bölgesel sağlık bakım atığı yakma fırını olarak da kullanılabilirler. Döner fırınların ana özellikleri şunlardır (Prüss ve ark., 2014):

- Yakma sıcaklıkları 900 ila 1200 °C arasındadır,

- Saatte 10 tona kadar yakma kapasitesi mevcuttur,
- Enerji tüketimi gibi ilave ekipman ve işletme maliyetleri yüksektir.
- Sistem ayrıca iyi eğitilmiş personel gerektirir.

Bir döner fırın eksenini yatayla (%3-5 eğim) hafif bir açıyla eğimlidir. Fırın bir dakikada 2 ila 5 kez arasında dönmekte ve üst kısmından atık ile doldurulmaktadır. Çıkan küller daha sonra alt kısımdan boşaltılmaktadır. Fırın içinde üretilen gazlar, yanma odasındaki gaz halindeki organik bileşikler için yüksek sıcaklıklara ısıtılır ve yaklaşık iki veya daha fazla saniyelik bir bekleme süresine sahiptir (Prüss ve ark., 2014).



Şekil 2.4. Yakma tesisi akış şeması (Prüss ve ark., 2014).

2.2.2. Kimyasal dezenfeksiyon

Hastalık yapma özelliği bulunan mikropların, belirli kimyasal maddelerle muamelesi sonucunda etkisiz hale getirilmesine veya tamamen ortadan kaldırılması işlemine dezenfeksiyon denir. Sağlık kuruluşları, yeniden kullanılabilir tıbbi ekipmanları ve çalışma alanlarının dezenfeksiyonu için uzun yıllardır kullanılan kimyasal maddeleri artık tıbbi atıkların bertarafı için de kullanmaktadırlar (Morcillo ve Fernandez, 2010).

Kimyasal dezenfeksiyon, kan, idrar vb. sıvı atıkların işlenmesi için en elverişli yöntemdir. Tıbbi atıklar, aşağıdaki sınırlamalar ile kimyasal olarak dezenfekte edilebilmektedir (Prüss ve ark., 2014):

- Kimyasal maddelerin atığa nüfus edebilmesi için dezenfeksiyon işleminden önce atıkların parçalanması veya öğütülmesi gereklidir. Fakat parçalayıcıların genellikle mekanik olarak arızalanmasından ötürü dezenfeksiyon işleminin en zayıf halkasını oluşturmaktadır.
- Güçlü dezenfektanlar, iyi eğitilmiş ve yeterli bir şekilde korunan personel tarafından kullanılmalıdır.
- Dezenfeksiyonun verimliliği, prosesteki çalışma koşullarıyla ilişkilidir.

Tıbbi atıklara uygulanan kimyasal dezenfeksiyonun ne kadar başarılı olduğu birtakım testler yapılarak anlaşılmaktadır. Kimyasal dezenfeksiyon işlemi görmüş tıbbi atıklar, herhangi bir risk teşkil etmezler. Fakat bu işlem sırasında kullanılan kimyasal dezenfektanlar sızıntı yoluyla yeraltı suyuna karışabilir ve önemli çevresel problemlere yol açabilir. Günümüzde ise tıbbi atıkların kimyasal dezenfeksiyonla bertarafı sınırlıdır (Kuzu, 2010).

2.2.3. Buhar ile sterilizasyon

Sterilizasyon, tüm mikrobiyal yaşamın yıkımı olarak tanımlanır. Tüm mikroorganizmaların tamamen yok olması zor olacağından dolayı, tıbbi ve cerrahi aletlerin sterilizasyonu genellikle $6\log_{10}$ azalma (yani % 99.9999 azalma) veya tedavi sürecine karşı yüksek dirençli olan belirli bir mikroorganizma olarak ifade edilir (Prüss ve ark., 2014).

Sağlık kuruluşlarında kullanılan tıbbi aletlerin, tekrar kullanabilmek adına buhar dezenfeksiyonu ile sterilize edilmesi işlemi tıbbi atıkların bertarafı içinde uyarlanmıştır.

Sterilizasyon işleminde en az 100°C 'nin üzerinde sıcaklık sağlanmaktadır. Bu sayede; basınçlı su buharının taşıdığı yüksek enerji ile mikroorganizmaların proteinlerini parçalanmakta ve sterilize olmaktadır. Sterilizasyon işlemi, otoklav adı verilen kazanlar sayesinde gerçekleşir (Karadağ, 2005).

Otoklavda sterilizasyonun etkinliğini; uygulanan sıcaklık, basınç, nem, işlem süresi gibi parametreler gösterir (Karadağ, 2005). Otoklav içindeki hava, buhar ile sterilizasyonun etkinliğini belirlemede etkili bir yalıtıcı ve bir ana faktördür. Otoklavdan havanın çıkarılması, ısının atıklara nüfuz etmesini sağlamak için gereklidir. Alet sterilizasyonun aksine, atıkların bertarafı için kullanılan otoklavlar, patojenik aerosollerin salınmasını önlemek için sterilizasyona başlamadan önce çıkan hava filtre edilmelidir. Bu genellikle havayı buharla işleyerek veya serbest bırakılmadan önce yüksek verimli partikül hava (HEPA) filtresinden geçirerek yapılır. Otoklavların içerisindeki hava üç şekilde uzaklaştırılabilir (Prüss ve ark., 2014):

- Yer çekimli otoklav
- Ön vakum veya yüksek vakumlu otoklav
- Basınçlı otoklav

Bir yerçekimli otoklav, buharın havadan daha hafif olması gerçeğinden yararlanır. Otoklava doymuş buhar verildiğinde, buhar ile hava yer değiştirmektedir. Bu sayede otoklavın içerisindeki hava uzaklaştırılmış olmaktadır (Karadağ, 2005). Buhar, haznenin içine basınç altında sokulur, böylece havanın aşağı doğru, haznenin bir çıkış deliğine doğru ulaşması sağlanır (Prüss ve ark., 2014).

Ön vakumlu otoklavda ise ilk olarak vakumla hava alınmaktadır. Ardından otoklava doymuş buhar verilmektedir. Otoklav içindeki havanın buhar ile giderilmesi çok steril görülmediğinden buhar verilmeden önce bir vakum aracılığıyla havanın çekilmesi daha güvenlidir. Ayrıca az da olsa tıbbi atık poşetlerinde kalan havanın otoklavdan giderilmesi gerekmektedir. Bunun için de otoklavda yer alan ısı termostatlı musluk kullanılmaktadır. Bu musluk, otoklavın içine sıcak doymuş buhar gelene kadar açık bırakılmaktadır. Sıcaklık istenilen seviyeye geldiğinde musluk kapatılmaktadır. Sıcaklığın düştüğü durumlarda musluk tekrar açılmaktadır. Bu sayede poşetlerin içerisinde kalan hava giderilmektedir. Sterilizasyon işleminin bitmesine yakın, otoklavdaki buharın giderilmesi için ilk olarak kabin duvarı ısıtılmaktadır. Eğer ısıtılmazsa buharın giderilmesi sırasında sıcaklığın düşmesinden ötürü buhar suya dönüşmekte ve steril olmuş tıbbi atıkların ıslanmasına neden olmaktadır. Buharın,

vakumla giderimi sağlanır. Ardından önceden filtre edilmiş hava otoklav içine aktarılmaktadır. Otoklavın içindeki sıcaklık 80°C'nin altına düştüğü takdirde kapak açılmaktadır (Karadağ, 2005).

Basıncılı otoklavlar ise otoklav içindeki havayı dışarı çıkarmak için basınç kuvvetini kullanır. Basıncılı sistemlerin üç türü vardır. Bunlar basınç yerçekimi, vakum darbe ve basınç vakumdur. Basıncılı yer çekimi (veya buharlı yıkama), basıncın önceden belirlenmiş bir seviyeye ulaşmasından sonra buharın tekrar tekrar serbest bırakılmasını ve basıncın atmosfer basıncına indirilmesini ve sonra da buharın eklenmesiyle yeniden basınç oluşturulmasını sağlar. Vakum darbesi, işlemin başlangıcında iki veya daha fazla vakum döngüsünün kullanılması haricinde, yüksek vakumlu çalışmaya benzemektedir. Basıncı-vakum sistemleri, basınç oluşturarak ve daha sonra bir vakum bırakarak çalışır ve arıtma sırasında bu işlemi birkaç kez tekrar eder. Bu basınç türleri, buharın atıklara hızlı nüfuz etmesini sağlamak için kullanılır. Genel olarak bakıldığında ise basıncılı vakum sistemleri, etkili dezenfeksiyon seviyelerine ulaşmak için en kısa sürede etki eden sistemdir (Prüss ve ark., 2014).

Sterilizasyon tesislerinde atıkların parçalanması için parçalama ünitesi yer almaktadır. Parçalama aşaması, sterilizasyon işleminden önce ya da sonra gerçekleştirilebilmektedir. Parçalama ünitesinin, sterilizasyon ünitesinden önce yer alması durumunda, parçalayıcının sterilize edilmesi gerekmektedir (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı). Parçalanmış atıkların hacmi %60-80 oranında azalır (Prüss ve ark., 2014). Otoklavdan sterilize edilmiş olarak çıkan atıklar eğer parçalayıcı ünitesi sonda ise parçalayıcı ünitesine gönderilir. Burada parçalandıktan sonra ise evsel atık niteliği kazandığı için düzenli depolama ile nihai bertarafı sağlanır.

Sterilizasyon işlemine tabi tutulan atıkların tamamen sterilize edilip edilmediği, kimyasal ve biyolojik indikatörler vasıtasıyla anlaşılmaktadır. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kimyasal indikatörler, her sterilizasyon işleminde kullanılmalıdır. Sterilizasyon işlemi bittiğinde, atıklarla birlikte otoklava konulan kimyasal indikatörde renk değişikliği gözlenmelidir. Sonuç olumsuz çıkması durumunda tıbbi atıklara, biyolojik indikatör eklenerek yeniden sterilizasyon işlemi

gerçekleştirilmektedir. Biyolojik indikatör testlerinin sonuçları çıkana kadar, bu atıklar tıbbi atık geçici deposunda bekletilmelidir. Biyolojik indikatör sonucu olumlu çıksa da bu atıklar için yeniden sterilizasyon işlemi uygulanmaktadır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.2.4. Kuru ısı işlem

Yeniden kullanılabilir tıbbi aletlerin sterilize edilmesi için sirkülasyonlu sıcak hava fırınları kullanıldığı gibi tıbbi atıkların bertaraf edilmesinde de kuru ısı dezenfeksiyonu kavramı uygulanmıştır. Kuru ısı işleminde buhar veya su kullanılmadan sadece ısı kullanılarak dezenfeksiyon sağlanır. Atıklar iletim, doğal veya zorunlu konveksiyon ve / veya termal radyasyon ile ısıtılır. Konveksiyon ile ısıtılmada, rezistans ısıtıcıları veya doğal gazla ısıtılan hava, haznede atık etrafında dolaştırılır. Bazı teknolojilerde ise atıklar, haznenin sıcak duvarları aracılığıyla ısı iletimi ve doğal konveksiyon yoluyla ısıtılır. Kuru ısı işlemler, buhar bazlı süreçlerle kıyaslanacak olursa kuru ısı işlemlerde daha yüksek sıcaklıklar kullanır ve daha kısa sürede etki sağlanır. Fakat etki süresi ve sıcaklık işlenen atıkların özelliklerine ve boyutlarına bağlıdır (Emmanuel, 2004).

Kuru ısı işleminde işlenen atık türleri otoklav veya mikrodalgalarda bertaraf edilenlere benzemektedir. Bunlar; kültürler ve stoklar, kesikler, kan ve vücut sıvıları ile kirlenmiş maddeler, izolasyon ve cerrahi atıklar, kimyasal olmayan laboratuvarlardan çıkan atıklar ve gazlı bez, bandajlar, perdeler, önlükler, yatak takımları vb.'dir. Ayrıca, kan ve vücut sıvıları gibi sıvılar da üniteye işlenebilir. İnsan anatomik atıklarını işlemek teknik olarak mümkündür, ancak etik, yasal, kültürel ve diğer hususlar bu teknolojiye bertarafını engellemektedir (Emmanuel, 2004).

Kuru ısı işlemin avantajları şu şekildedir (Emmanuel, 2004):

- Tehlikeli atıkların, diğer atıklardan ayrımı iyi yapılırsa bu sistemde emisyonlar minimum düzeyde olur.

- Teknoloji, kan ve vücut sıvıları dahil değişen nem içeriğine sahip atıkları işleyebilmektedir.
- Sistemdeki iç parçalayıcı ve işlem sonrasındaki sıkıştırıcı atık hacmini yaklaşık %80 oranında azaltır.
- Teknoloji, otomatik ve bir adet operatör gerektiren kullanımı kolay bir sistemdir.
- İşlenmiş atık kuru, tanınmaz ve sıkıştırılmış bir şekildedir.
- HEPA, karbon filtreler ve venturi temizleyiciler aracılığıyla oluşan kokular giderilir.

Dezavantajları ise (Emmanuel, 2004):

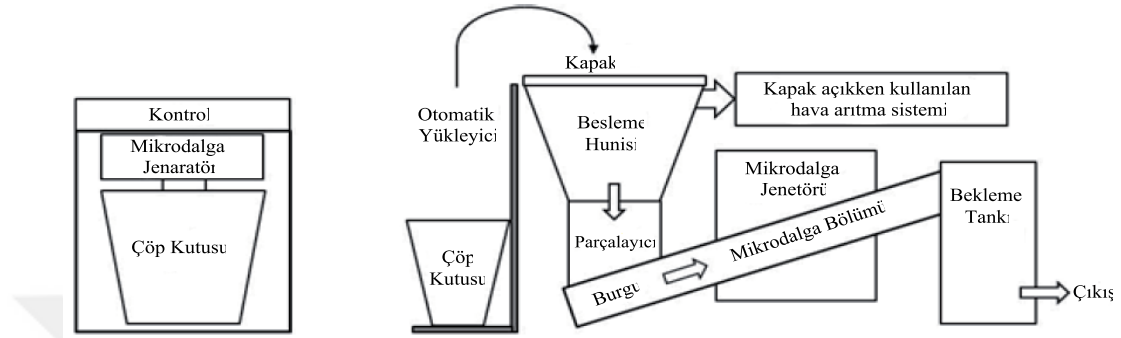
- İşlenecek olan atıkta tehlikeli kimyasallar bulunuyorsa havaya salınmış olur veya işlenen atık üzerinde kalır.
- Kompaktörün yanında bazı kokular oluşabilir.
- Sert cisimler parçalayıcı kısmına zarar verebilir.

2.2.5. Mikrodalga ile ışınlama

Mikrodalga ile dezenfeksiyon, mikrodalga enerjisi ile ısıtılan buhar ile gerçekleştirilmektedir. Mikrodalgalar elektromanyetik spektrumda dalga boyu çok kısa olan dalgalardır. Radyo frekans bandında, televizyonda ve kızılötesi aralığın altında kullanılan ultra yüksek frekansın (UHF) üzerinde yer alırlar. Yüksek voltajlı elektrik enerjisini mikrodalga enerjisine dönüştürmek için bir magnetron kullanılır. Ardından bu enerji frekans yönlendirici aracılığıyla metal kanala aktarılır (Emmanuel, 2001).

Mikrodalgalar, çok yüksek frekansta pozitif ve negatif arasında ve saniyede 2,45 milyar kez hızla dönmektedir. Bu sayede, atıktaki su ve diğer moleküllerin, hızla değişen elektromanyetik alana kendilerini hizalamaya çalıştıkça hızla titreşmelerine neden olur. Yoğun titreşim sonucu sürtünme oluşur. Bu sürtünme sayesinde su ısınarak buhar haline gelir. Isı, mikrobiyal hücreler içindeki proteinleri denatüre eder, böylece

patojenleri etkisiz hale getirerek dezenfeksiyon sağlanır. Bu teknolojiye su kullanılmadan bazı çalışmalar denenmiştir. Bu çalışmalarda su kullanılmadığında, atıklar üzerinde mikrodalgaların öldürücü etkilerinin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir (Emmanuel, 2001).



Şekil 2.5. Mikrodalga ile ışınlama teknolojisinin basitleştirilmiş şeması (Prüss ve ark., 2014).

Şekil 2.5. 'de görüldüğü üzere mikrodalga teknolojisi; otomatik şarj sistemi, hazne, parçalayıcı, konveyör, buhar jeneratörü, mikrodalga jeneratörü, boşaltma ünitesi, ikincil parçalayıcı ve kontrollerden oluşur. Atık torbaları, hazne içine yüklenir. Havadaki patojenlerin salınmasını önlemek için, atık torbalar yüklendikçe bir HEPA filtresi sayesinde hava çekilir. Hazne kapağı kapatıldıktan sonra atık önce parçalayıcıdan geçer. Atık partikülleri, bir konveyör aracılığıyla taşınır. Daha sonra atıklar buhara maruz bırakılır ve dört veya altı mikrodalga jeneratörü ile 100 °C'ye ısıtılır. Eğer atıklar daha ince parçalama işlemi gerektiriyorsa ikincil bir parçalayıcı kullanılabilir. Büyük ölçekli bir mikrodalga ünitesi yaklaşık saatte 250 kg atık işleme kapasitesine sahiptir (Prüss ve ark., 2014).

2.3. Türkiye'de Uygulanan Tıbbi Atık Yönetimi

Ülkemizde tıbbi atıklar, ilk olarak 1993 yılında yayımlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile diğer atıklardan ayrı olarak yönetilmeye başlanmıştır. Günümüzde ise 2017 yılında Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile yönetilmektedir. Bu yönetmelikte, tıbbi atıkların bertaraf edilme şekilleri sterilizasyon, yakma ve düzenli depolama olarak tanımlanmıştır. Tıbbi atıkların hiçbir işlem görmeden direk düzenli

depolamaya gönderilmesi 2010 yılında yayımlanan Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik ile yasaklanmıştır.

2.3.1. Tıbbi atıkların ayrılması, toplanması ve depolanması

Tıbbi atıklar, sağlık çalışanları tarafından atıklar üretildikleri an ayrıştırılmalıdır. Örneğin; iğne enjektörü kesici-delici atık kabına, patolojik atıklar bununla ilgili kaplara vb. konulmalıdır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Tıbbi atıklar; orta yoğunluklu polietilen maddeden yapılan yırtılmaya, delinmeye ve sızdırmaya karşı dayanıklı torbalarla toplanmalıdır. Tıbbi atık torbalarının üzerinde siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ve “DİKKAT! TIBBİ ATIK” yazısı vardır. Bu torbalar kırmızı renktedir ve dörtte bir kısmı boş bırakılmalıdır. Tıbbi atık torbaları kesinlikle sıkıştırılmamalı, açılmamalı, içerisindeki atıklar herhangi bir şeye boşaltılmamalıdır. Bu torbalar, biriktirme sürecinde turuncu renkli plastik atık kapları içinde muhafaza edilmelidir (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Patolojik atıklar, diğer atık türlerinden ayrı toplanmaktadır. Bu atıklar, son derece dayanıklı olan kırmızı renkli kaplarda biriktirilmektedir. Bu kapların, kesinlikle açılması yasaktır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Kesici-delici özellikte olan tıbbi atıklar diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak toplanmaktadır. Bu atıklar, su geçirmeyen aynı zamanda sızdırmayan, delinme, kırılma ve çatlamaya karşı dayanıklı ve açılması imkansız olan plastik kaplar içinde toplanmaktadır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

Sağlık kuruluşlarında üretilen tıbbi atıklar bertaraf tesislerine götürülmeden önce 48 saati geçmemek üzere tıbbi atık geçici deposunda ya da konteynerinde bekletilebilmektedir. Konteynerlerin dış yüzeyi turuncu renkli olmalıdır ve üzerinde siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile “DİKKAT! TIBBİ ATIK” yazısı bulunmalıdır. Konteynerlerden atıklar boşalıktan sonra dezenfeksiyonu sağlanmalıdır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.3.2. Tıbbi atıkların bertaraf tesislerine taşınması

Tıbbi atıkların taşınmasında, diğer atıklar için kullanılan aktarma istasyonları kullanılmaz. Tesise her atık boşaltımında taşıma araçları dezenfekte edilmelidir. Tıbbi atık taşıma araçlarının dış yüzeylerinin turuncu renkli olması, sağ, sol ve arka yüzeylerinde görülebilecek uygun büyüklükte ve siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile siyah renkli “DİKKAT! TIBBİ ATIK” ibaresinin bulunması zorunludur (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.3.3. Tıbbi atıkların işlenmesi

Beratarf tesisine gelen atıklar, tesis girişinde içinde radyoaktif madde kontrolü için radyasyon panelinden geçirilir. Tesiste, tıbbi atıkların geçici olarak depolanabilmesi için +4°C’de soğutulan ve en az bir haftada oluşacak tıbbi atığı kaldırabilecek kapasitede olan tıbbi atık geçici deposu yer alması zorunludur. Tıbbi atıkların bu depoda bekleme süreleri en fazla bir haftadır (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.3.3.1. Enfeksiyon yapıcı atıkların sterilizasyonu

Sterilizasyon yöntemi ile bertarafı sağlanacak tıbbi atıklar; enfeksiyon etkisi olan ve kesici-delici olan atıklardır. Herhangi bir kimyasal bulaşmış patolojik atıklar, genotoksik atıklar, radyoaktif atıklar ve basınçlı kaplar içeren atıklar sterilizasyon yöntemi ile bertaraf edilemez (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.3.3.2. Tıbbi atıkların yakılması

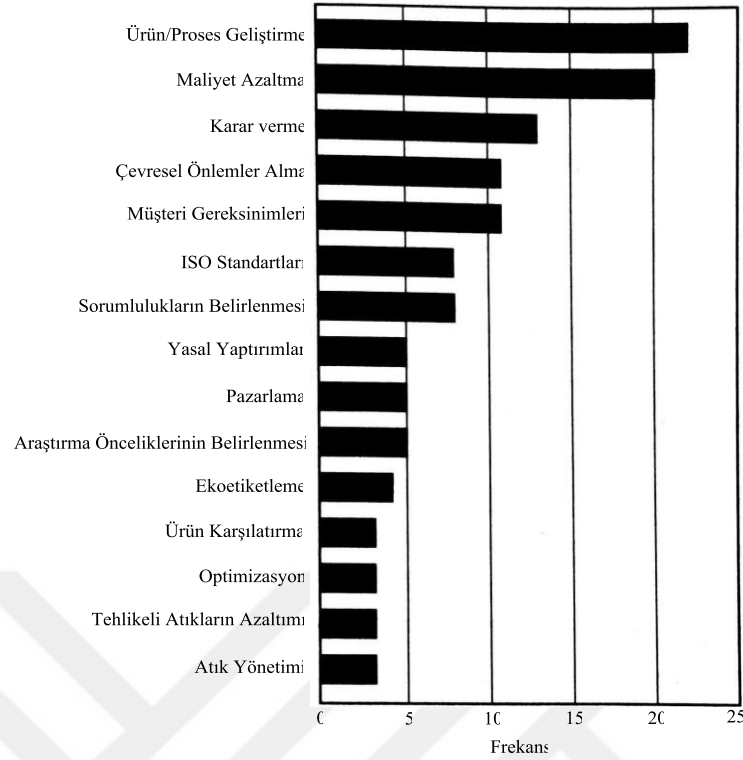
Tıbbi atıklar, yakılarak da bertaraf edilebilmektedir. Herhangi bir kimyasalla temas etmiş patolojik atıkların yakılarak bertaraf edilmesi kesinlikle zorunludur. Tıbbi atıkların yakılarak bertaraf edilmesinde Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik esasları geçerlidir (Resmî Gazete 25.01.2017 tarih ve 29959 sayı).

2.4. Yaşam Döngüsü Analizi

Yaşam döngüsü analizi (YDA), hammaddenin ilk oluşumundan, tamamen bertarafına kadar olan süreçteki herhangi bir etkinlikle ilişkili çevresel etkinin değerlendirildiği bir sistemdir (Vigon ve ark., 1993). Bu değerlendirme, hammaddelerin (enerji dahil) üretiminden, ürünün kullanımı ve nihai bertarafına kadar aynı zamanda ürünün kendisinin işlenmesinden havaya, suya ve toprağa giden tüm yan ürünleri içeren kapsamlı bir analizdir (Bishop, 2000).

YDA ile bir prosesin ya da ürünün, tüm yaşam aşamalarındaki etkileri incelenir. İki olası seçenek varsa bunlar karşılaştırılır ve çevresel etkileri kıyaslanmış olur. Örneğin, floresan ve akkor ampullerden hangisinin daha çevreci olduğunun karşılaştırılması sonucunda, yalnızca enerji kullanımı açısından floresan ampullerinin daha az enerji kullandığı ve dolayısı ile daha çevreci olduğu gözükmemektedir. Fakat, floresan ampuller zehirli cıva içerdiği için YDA ile karşılaştırıldığında aslında çevreci olmadığı ortaya çıkar. Örnekten de anlaşıldığı üzere YDA, tüm çevresel etkilerin dikkate alındığı, ürünlerin kıyaslanarak hangisinin kullanılması gerektiği konusunda yönlendiren ve karar verme sürecine yardımcı olan kapsamlı bir analizdir (Bishop, 2000).

Şekil 2.6.'da YDA'nın kullanım amaçları ve bu amaçlara göre kullanım miktarları verilmiştir. Şekle göre, ilk sırada ürün/proses geliştirme, ardından maliyet azaltımı ve karar verme gelmektedir (Bishop 2000).



Şekil 2.6. YDA'nın uygulama alanlarına göre kullanım sıklığı (Foust ve Gish, 1996; Bishop, 2000)

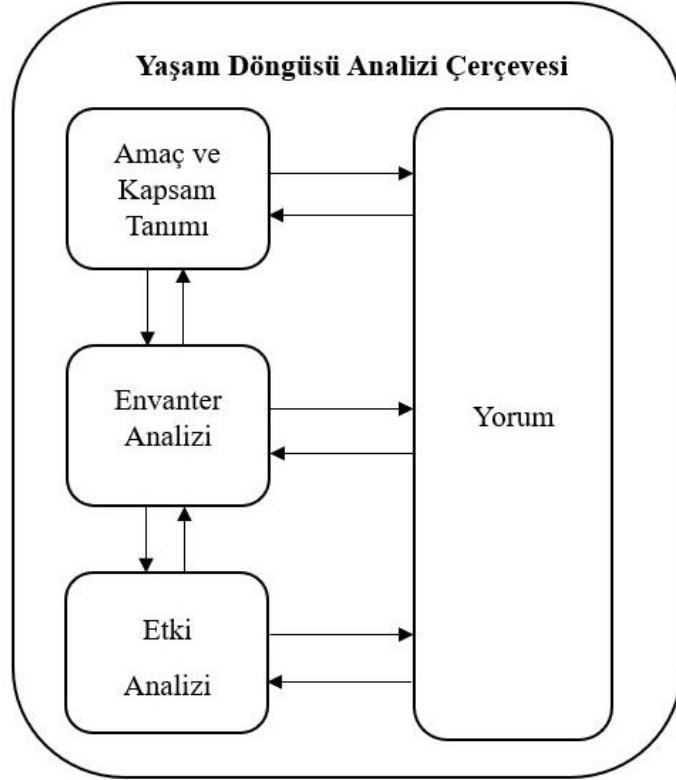
2.4.1. Yaşam döngüsü analizi'nin tarihçesi

YDA olarak düşünülebilecek ilk çalışma, 1960-1970'lerde enerji sistemleri alanında gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Amerika Birleşik Devletleri Midwest Araştırma Enstitüsü'nde kullanılmıştır (Klöpffer, 1997).

1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol ihtiyacı ve enerji krizi daha yoğun endüstriyel enerji analizi araştırmalarına yol açtı (Bishop, 2000). ABD'nden kısa süre sonra Avrupa'da yapılan YDA benzeri çalışmalar; Almanya'da Frankfurt'ta, İngiltere'deki Open University'de, İsviçre'de EMPA'da ve İsveç'te Sundström'de başlamıştır (Klöpffer, 1997).

2.4.2. Yaşam döngüsü analizi metodolojisi

ISO 14040 YDA standartına göre, Şekil 2.7. de gösterildiği gibi YDA dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; sırasıyla amaç ve kapsam tanımı, envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorum'dur (ISO, 2006).



Şekil 2.7. YDA metodolojisi (ISO, 2006)

2.4.2.1. Amaç ve kapsam tanımı

Amaç ve kapsam tanımı kısmında, çalışmanın amacı ve bu çalışmaya nelerin dahil edilip edilmeyeceği kapsam kısmında belirlenmektedir.

Amaç tanımında birtakım hususların belirlenmesi gerekir (Ripaldi, 2015):

- Bir YDA çalışmasının amaçlanan uygulaması
- Bir YDA çalışmasının amacı
- Bir YDA raporunun hedef kitlesi

- Karşılaştırmalı analiz kullanımı

Kapsam tanımında ise (Ripaldi, 2015):

- Fonksiyonel birim
- Çalışılacak ilgili sistem
- Sistem sınırları
- Sistemin gerektirdiği verilerin kalitesi
- Etki kategorileri ve etki değerlendirme yöntemi belirlenmelidir.

Fonksiyonel birim incelenen sistemin birim fonksiyonunu ifade etmektedir. Anlaşılır, detaylı ve sistemin temel işlevini yansıtacak şekilde ifade edilmesi gereklidir (Mammadov ve Cılız, 2017). Fonksiyonel birim, ürün karşılaştırmalarında çok önemlidir. Örneğin, bir süt kutusu sadece bir kere kullanılabilirken, iade edilebilen bir süt şişesi ise on veya daha fazla kullanılabilir. Burada, YDA yapılacaksa sütlerin paketlenmesi üzerinden bir karşılaştırılma yapılması mümkün değildir. Çünkü bir süt kutusu ile bir şişe karşılaştırılmaz. YDA, iki paketlenme yönteminin karşılaştırılması ve 1000 litre süt verilmesi üzerinden yapılmalıdır. Böylece 1000 süt kartonu ile yaklaşık 100 şişe ve 900 yıkama karşılaştırılması yapılmış olur (SimaPro Database Manual, 2018).

Sistem sınırları, prosesleri/işlemleri (örneğin üretim, nakliye ve atık yönetimi süreçleri) ve YDA'da kullanılacak girdi ve çıktıları tanımlar. Girdi, bir üretime ait genel girdi olabilir, aynı zamanda tek bir işleme ait bir girdide olabilir. Aynı durum çıktı için de geçerlidir (EEA,1997). Sistem sınırlarının belirlenebilmesi için, öncelikle ürünün ya da bir prosesin yaşam döngüsüne ait hangi aşamalarının yer alacağı, hangilerinin yer almayacağına karar verilir. Ayrıca bu analizde, çalışmanın yapılacağı bölge, buradaki uygulanan atık yönetimi ve çalışmanın zamansal sınırları hakkında bilgi verilmelidir (Mammadov ve Cılız, 2017). Çalışmanın sistem sınırlarını gösteren bir şekil oluşturulmalıdır.

2.4.2.2. Envanter analizi

ISO 14040 standartına göre YDA'nın ikinci aşaması envanter analizidir. Envanter analizi, bir ürünün veya bir sürecin ham madde alımı ve işlenmesini, enerji gereksinimlerini, ürünün taşımacılığını, satışını, kullanımını, depolanmasını, geri dönüşümünü, son elden çıkarılmasını, ortaya koyan kapsamlı bir araştırmadır (Demirer, 2017; Ruxuan, 2011). Hammadde, enerji, taşıma ve yardımcı ürünler girdi olarak kabul edilmektedir. Çıktılar ise hava, su ve toprak emisyonları, atık ısı ve katı atıklardır (Klopffer, 1997).

Envanter analizi aşamasında, YDA çalışması için gerekli olan veriler toplanır. Toplanan tüm veriler fonksiyonel birim dikkate alınarak tekrar düzenlenir. Verilerin kalitesi ve doğruluğu, YDA çalışmasının diğer aşamalarında etkilemektedir (Demirer, 2017).

2.4.2.3. Etki analizi

YDA'nın üçüncü aşaması etki analizidir. Etki analizi, envanter analizi sonuçlarını değerlendirerek çevre üzerindeki etkilerini ortaya koyan kısımdır. Ortaya çıkan çevresel etkiler, incelenen ürün veya süreçlerin genel bir değerlendirmesine ulaşmak için birbirleriyle karşılaştırılmalıdır (Demirer, 2017; UNEP, 1996).

Etki analizi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (USEPA, 2006):

- Etki kategorilerinin seçilmesi ve tanımlanması
- Sınıflandırma
- Karakterizasyon
- Normalizasyon
- Gruplandırma
- Ağırlıklandırma
- YDEA sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanması

Etki kategorilerinin seçilmesi: Etki analizinde öncelikle etki kategorileri belirlenmektedir. Bu aşama, amaç ve kapsam tanımlama ile veri toplama sürecini yönlendirmek için tamamlanması önemlidir. Bir yaşam döngüsü etki analizi (YDEA) için etki kategorileri, bir sistemin çevre ve dünyada yaşayan canlılar için için ileri ki zamanlarda yeterli olabilmesi üzerindeki nedenlerini ortaya koyar. YDA'ler üç ana potansiyel etki kategorisine ayrılır: İnsan sağlığı, ekolojik sağlık, kaynakların tükenmesi (USEPA, 2006).

Sınıflandırma: Sınıflandırma aşamasında, birbirinden ayrı bulunan envanter ögeleri, ilgili çevresel etki kategorilerine yerleştirilir. Örneğin; CO₂, CH₄ ve N₂O emisyonları "Küresel ısınma" kategorisine, asitler ve asit oluşturucu gazlar (örneğin NH₃) "asidifikasyon" kategorisine yerleştirilmesi gibi (Klopffer, 1997; Mammadov ve Cılız, 2017). Etki kategorileri, üç farklı alan grubuna yerleştirilebilir: Küresel etkiler, bölgesel etkiler ve yerel etkiler. Etki kategorileri genellikle doğrudan etkilenme ile alakalıdır. Örneğin küresel olarak etkilenme küresel etkilerle ilişkilendirilir (EEA, 1997).

Karakterizasyon: Karakterizasyon aşamasında, aynı çevresel soruna neden olan envanter ögeleri, belirlenen katsayılarla çarpılıp ortak birim üzerinden ifade edilerek her çevresel etki kategorisi için kümelenmiş toplam etkinin hesaplanmasını sağlar (Mammadov ve Cılız, 2017). YDA sonuçları, karakterizasyon sayesinde doğrudan karşılaştırılabilir. Başka bir deyişle karakterizasyon faktörleri çeşitli envanter girdilerini doğrudan karşılaştırılabilen etki göstergelerine (indikatörlerine) çevirir. Örneğin kurşun, krom ve çinkonun sebep olduğu karasal zehirliliğin karakterizasyon sayesinde tahmin edilmesine olanak sağlar. Etki göstergeleri aşağıdaki formül (Denklem 2.1) aracılığı ile karakterize edilebilir (USEPA, 2006):

$$\text{EnvEnvanter verisi} * \text{Karakterizasyon Faktörü} = \text{Etki Göstergesi} \quad (2.1)$$

Örneğin küresel ısınmaya yol açan CO₂, CH₄, N₂O emisyonlarının envanter sonuçları ile CO₂ karakterizasyon faktörüyle çarpılması sonucu etki göstergesi, CO₂ eşdeğeri

cinsinden ifade edilmiş olur. Ardından aynı birime çevrilmiş etki göstergeleri toplanarak küresel ısınma potansiyeli hesaplanır (USEPA, 2006).

Normalizasyon: Normalizasyon aşamasında, bütün çevresel etki potansiyelleri birbiriyle kıyaslanarak hangisinin daha yüksek olduğu belirlenir. Kıyaslanma ise kabul görmüş normalizasyon yöntemleri kullanılıp ortak referans sistemine göre birimsiz hale getirilerek yapılır (Mammadov ve Cılız, 2017). Yani çevresel etki potansiyelleri sonuçları seçilen bir referans değerine bölünerek normalizasyon sağlanır (USEPA, 2006).

Referans değeri seçmenin aşağıdaki örneklerde olduğu gibi pek çok yöntemi vardır (USEPA, 2006):

- Belirli bir alan (küresel, bölgesel ya da yerel) için toplam emisyon veya kaynak kullanımı
- Belirli bir alan için kişi başına düşen toplam emisyon veya kaynak kullanımı
- Bir alternatifin diğerine oranı
- Tüm seçenekler arasında en yüksek değer

Gruplandırma: Elde edilen sonuçlar ile etki kategorilerini, belirli ilgi alanları için daha iyi yorumlayabilmek adına bir ya da daha fazla başlıkta gruplandırılması sağlanır. Genellikle gruplandırma, sınıflandırma veya sıralama göstergelerinden oluşur (USEPA, 2006). Etki analizi verilerini gruplandırmanın iki olası yolu vardır (ISO, 1998):

- Göstergelerin özelliklerine (havaya, suya olan emisyon gibi) ya da bulunduğu alana göre (küresel, bölgesel, yerel) sınıflandırılması
- Göstergelerin yüksek, düşük ya da orta gibi öncelik sistemine göre sınıflandırılması

Ağırlıklandırma: Ağırlıklandırma aşaması, normalizasyon sonuçları ağırlıklandırma yöntemlerinden biri seçilip ilgili katsayılarla çarpılarak, hangi çevresel etki potansiyelinin daha önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Mammadov ve Cılız, 2017).

YDEA sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanması: Seçilen her çevresel etki kategorisinin etki potansiyelleri hesaplandıktan sonra bu verilerin doğruluğunun kanıtlanması gerekmektedir. Verilerin doğruluğu YDA çalışmasının en başında belirlenen amaç ve kapsam bölümünü desteklemek için yeterli seviyede olmalıdır. YDEA sonuçlarını belgeledirirken, analizde kullanılan yöntem, seçilen sistem sınırları, envanter analizini gerçekleştirirken kabul edilen tüm varsayımlar da belgeledirilmelidir (USEPA, 2006).

2.4.2.4. Yorum

YDA'nın son basamağı olan yorum aşaması, envanter analizi ve etki analizindeki çalışmalara bakılarak yorumlamaların yapıldığı kısımdır. Bu aşamada çalışmanın amaç ve kapsamı doğrultusunda tutarlı sonuçlara ulaşan, sınırlamaları açıklayan ve tavsiyelerde bulunulan açıklamalara yer verilmelidir. YDA'nın yorum kısmı aracılığıyla çalışmanın sonuçlarının, kolayca anlaşılabilir ve eksiksiz olarak birbiriyle çelişmeyen şekilde ortaya konulması sağlanır (ISO, 2006).

2.4.3. Yaşam döngüsü analizi'nde kullanılan yazılımlar

Yaşam döngüsü analizi için kullanılan dünyaca ünlü pek çok yazılım mevcuttur. Bunlardan bazıları şunlardır: SimaPro, GaBi, Quantis Suite, Earth Smart, Enviance System, Open LCA, Sustainable Minds, Umberto.

SimaPro: Hollanda menşeli PRè Consultants firmasına ait SimaPro, 80'den fazla ülkede endüstri ve akademi konusunda 25 yıllık deneyime sahip YDA yazılım paketidir (<https://simapro.com/>).

GaBi: Bir ürünün veya sistemin her bir ögesini yaşam döngüsü perspektifinden modelleyerek işletmelere herhangi bir ürünün üretimi ve yaşam döngüsü hakkında en iyi kararları vermelerini sağlayan bir yazılımdır (<http://www.gabi-software.com/turkey/index/>).

Quantis Suite: 2006 yılında İsviçre kampüsündeki bir laboratuarda birkaç kadın ve erkeğin yaşam döngüsü değerlendirmesini iş için uygun hale getirmek için çalışmaya başlamalarıyla oluşmuştur. İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü Lozan (EPFL) ekibi, mühendislik okulu Polytechnique Montréal merkezli ürünlerin, süreç ve hizmetlerin Yaşam Döngüsü için Uluslararası referans merkezi olan Kanada'nın CIRAIG danışmanlık ekibi ile birleşerek Quantis, Quantis Zürih'i kuran İsviçre Federal Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Laboratuvarları olan EMPA'nın YDA araştırma ekibini entegre etti (<https://quantis-intl.com/about/our-story/whowhatwhere/>).

Earth Smart: 2013 yılında Kanada'da kurulmuştur. EarthSmart, bir ürünün veya hizmetin, tüm yaşam döngüsü boyunca hammaddelerden itibaren bertaraf ve geri dönüşümüne kadar çevresel etkilerini değerlendiren web tabanlı bir araçtır. Yerleşik parametrik modelleme ve ortak materyalleri, prosesleri ve enerji girişlerini kapsayan 8.000'in üzerinde uluslararası doğrulanmış veri setleri sunar. Bunlar dışında YDA sürecini başlatmak için hızlı prototipler oluşturan eğitim programları ve modelleride bulunmaktadır (<https://www.earthshiftglobal.com/software/earthsmart-lca-software>).

Enviance System: Kaliforniya'da bulut tabanlı bir yazılım olan Enviance System, dünyanın önde gelen kuruluşları ve hükümetleri tarafından dağıtılan şirketin çözümleri, kurumların kritik görevdeki çevre, sağlık ve güvenlik verilerini daha iyi ölçmelerini, yönetmelerini ve raporlamalarını sağlar (<https://www.enviance.com>).

Open LCA: 2006 yılında Andreas Ciroth, Michael Srocka ve Jutta Hildenbrand'in bir araya gelmesi ile meydana çıkmıştır. Open LCA açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Bu yazılım herhangi bir lisans ücreti olmadan tamamen ücretsizdir (<http://www.openlca.org/open-source/>).

Sustainable Minds: Kullanımı kolay, bulut tabanlı bir yazılımdır. Üreticilerin, büyük ve küçük değer zincirinde, ürünlerin çevresel performansını analiz ederek değerlendirmesini, karşılaştırmasını ve geliştirmesini mümkün kılar (<https://www.sustainableminds.com/software>).

Umberto: Bu yazılım aracılığıyla bir ürünün veya hizmetin; karbon ayak izi, yaşam döngüsü değerlendirmesi, yaşam döngüsü maliyetlemesi, çevresel ürün beyanı hesaplanabilir (<https://www.ifu.com/en/umberto/lca-software/>).

2.5. Yaşam Döngüsü Analizi ve Tıbbi Atık Yönetimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Tıbbi atık yönetimi ve yaşam döngüsü analizi metodolojisi ile gerçekleştirilmiş tıbbi atık yönetimi konularında literatürde daha önceden yapılmış çalışmalar incelendiğinde;

Altın ve ark. (2002) yaptıkları çalışma ile, Sivas'da seçilen dört hastanenin atıklarının fiziksel ve elementer bileşimini analiz ederek, bu atıkların en uygun yöntem ile bertaraf edilmesini ve seçilen bertaraf yönteminin tasarlanabilmesini sağlamayı amaçlamışlardır. Bertaraf yöntemi seçiminde ve tasarımında dört hastanenin atığı karıştırılıp fiziksel ve kimyasal karakterizasyonuna bakılarak karar verilmiştir. Karışım atığın %92'si yanıcı atık oluştururken %8'i yanıcı olmayan atıklardan meydana gelmektedir. Atığın yanıcı oranı yüksek olduğu için yakma, bertaraf yöntemi olarak uygun görülmüştür.

Zhao ve ark. (2008) tıbbi atıklar için yakma teknolojisi ile otoklavda sterilizasyon ve sonrasında düzenli depolamada bertaraf yöntemlerini yaşam döngüsü analizi ile incelemişlerdir. Araştırmalarında karşılaştırmalı yaşam döngüsü analizi kullanarak, %0, %15, %30 enerji verimliliğine sahip yakma ile %0 ve %10 enerji verimliliğine sahip sterilizasyon-düzenli depolamayı çalışmışlardır. YDA sonucunda yakma ve düzenli depolama küresel ısınma ve tatlı su ekotoksitesinde etkili iken, sterilizasyon ötrofikasyon da etkilidir. Çevresel etkiler açısından enerji geri kazanımlı yakma prosesi, düzenli depolamadan daha olumlu etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır.

Dehghani ve ark. (2008) yaptığı çalışmada Tahran Üniversitesi Tıp Bilimleri Fakültesi'ndeki 12 eğitim hastanesinde tıbbi atık yönetimini incelemişlerdir. Yapılan çalışma ile hastanelerde ortaya çıkan katı atıkları karakterize etmek, tıbbi atık yönetiminin mevcut durumunu rapor etmek ve bu atıkların hastanelerde güvenli yönetimi için bir çerçeve sağlamak amaçlanmıştır. Bu çalışma, bir miktar tehlikeli atığın evsel atıklarla aynı kaplarda depolandığını ve bu atıkların yönetimi için gerekli önlemlerin alınmadığını ortaya koymuştur. Tehlikeli atıkların bertarafı ve teknik yönleri için kapsamlı atık bertaraf planlarının eksikliğini, patolojik ve bulaşıcı atıkların bertarafı için yakma veya otoklav gibi arıtma tesislerinin olmadığını, hastanelerde çalışanlar arasında bulaşıcı, tehlikeli atık ve çevresel potansiyel riskinin sonuçları hakkında bilgi ve farkındalık eksikliği olduğunu göstermiştir. Tıbbi atıkların ayrılması, toplanması ve zararsız hale getirilerek bertarafının sağlanması için gerekli kurallar, mevzuat, yönetmelik ve talimatların eksikliğini, sıvı atıkların herhangi bir işlem görmeden belediye kanalizasyon sistemine atıldığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak tıbbi atık yönetimi için kaynaktaki atık miktarını olabildiğince azaltmayı ve geri dönüştürmeyi, hastane personellerinin tıbbi atık yönetimi konusunda farkındalığını arttırmayı ve hastane tıbbi atık yönetiminde bütün personellerin bu konuda istekli iş birliğinin ve katılımının sağlanarak başarılı olabileceği vurgulanmıştır.

Birpınar ve ark. (2008) yaptıkları çalışma ile İstanbul'daki tıbbi atık yönetiminin mevcut durumunu araştırmışlardır. Tıbbi atıkların miktarı, nasıl toplandığı ve nasıl geçici depolandığı hakkında bir anket hazırlayarak 192 hastane ile görüşme sağlamışlardır. Yapılan anketler sonucunda hastanelerden gelen tıbbi atığın miktarı yaklaşık 22 ton/gün ve ortalama üretim oranı 0,63 kg/yatak-gün olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Hastanelerin yaklaşık % 77'sinin tıbbi atık toplama personeli için uygun ekipman kullandığı, geçici depolama depolarına sahip hastanelerin % 63 olduğu ve geri dönüştürülebilir malzemelerin % 83 oranında ayrı olarak toplandığı yapılan anketler aracılığıyla tespit edilmiştir.

Shinee ve ark (2008) yaptıkları çalışmada Moğolistan'ın başkenti olan Ulaanbaatar'daki sağlık atıklarının yönetiminin mevcut değerlendirmesini yapmışlar ve bu atıkların karakterizasyonunu incelemişlerdir. Ulaanbaatar'da yer alan 56 adet

hastane bu çalışma için seçilmiştir. Hastanelerde atıklar genellikle; kesici-delici atıklar, bulaşıcı atıklar, patolojik atıklar ve farmasötik atıklar olarak kategorize edilmiştir. Ulusal düzenleme ile belirlenmiş olan atık kaplarının/torbalarının renk kodlaması ya da etiketleme sisteminin kabul edilmiş olmasına rağmen Ulaanbaatar'daki hastanelerin kurallara uymadığı ve bazı hastanelerde ise tehlikeli atıkların uzaklaştırılması ve bertarafı için yeterli olmayan plastik ve kâğıt torbalar veya karton kutular kullanıldığı görülmüştür. Süresi dolan ilaçlar hastaneler tarafından elden çıkarılmıştır. Üretilen radyoaktif atıklar ise uygun depolama ve işleme için Atom Enerjisi Komisyonu personeli tarafından toplanmaktadır. Şehirde tıbbi atıkların taşınması için özel bir hizmet olmadığı için bazı hastaneler atıklarını kendi araçları ile taşımaktadırlar. Ulaanbaatar'da her gün toplam 2.65 ton sağlık atığı üretilmektedir. Hastanelerin %11,5'i tıbbi atıklarını, kendi bünyesinde düşük sıcaklıkta, küçük ölçekli yakma tesislerinde bertaraf etmektedirler. %79,4'ü tıbbi atıklarını yakmak için bertaraf tesisleri ile sözleşme yapmıştır. Geriye kalan %9,1 ise atık sahasına boşaltılmıştır. Birkaç tesisin bulaşıcı atıkların bertarafı için otoklav kullandığı görülmüştür. Shinee ve arkadaşları Ulaanbaatar kentindeki mevcut olan sağlık atık yönetimini yeterli bulmamış, geliştirilmesi gerektiğini ve acil dikkat ve iyileştirme için ciddi bir ihtiyaç içinde olduklarını belirtmişlerdir.

Soares ve ark. (2012) yaptıkları çalışma ile en çevresel tıbbi atık bertaraf yöntemini seçmek için mikrodalga, otoklav ve kireç ile bertaraf yöntemlerini yaşam döngüsü analizi yaparak çevresel etkilerini karşılaştırmışlardır. Toplanan veriler SimaPro 7.1.3 yazılımına girilmiştir. Recipe Endpoint H/A yöntemi kullanılarak yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yapılmıştır. Mikrodalga yöntemindeki en büyük çevresel etki iklim değişikliği (insan sağlığı) ve iklim değişikliği ekosistemleri kategorilerinde çıkmıştır. Bunun nedeni elektrik kullanımınıdır. Otoklav yönteminde, elektrik kullanımını nedeniyle iklim değişikliği (insan sağlığı) ve fosil yakıtların tükenmesi için yüksek değerler görülmektedir. Aynı şekilde bu kategoriler kireçleme yönteminde de yüksek çıktığı görülmüştür. Bunun sebebi kireç üretim aşamasından kaynaklanmaktadır. Kireç üretim aşaması, en önemli kısım olarak görülmüştür. Bu durumda, çevresel etkileri en aza indirmek için olası bir çözüm, daha çevre dostu olan diğer kireç kaynaklarını bulmak olduğu önerisinde bulunulmuştur. Kireçlerin taşınması için fosil yakıt

yanmasına ihtiyaç duyulduğu için fosil tükenme kategorisinde yüksek bir değer çıkmıştır. Mikrodalga ve otoklav yöntemlerinde elektrik tüketimi, en önemli nokta olarak ortaya çıktığı görülmüştür. Çevresel etkiyi en aza indirmek için olası bir çözüm olarak, çevreyi daha az etkileyen kaynaklardan elektrik kullanmak gerektiği önerisinde bulunulmuştur. Sonuç olarak YDA'ya göre en iyi çevresel performans sunan yöntem mikrodalgalar kullanılarak yapılan bertaraf yöntemi ve en kötü çevresel performans sunan yöntem ise kireç yöntemi olduğu görülmüştür.

Campion ve ark. (2015) yaptıkları çalışma ile 12 ABD hastanesinden, 2 Tayland hastanesinden ve 1 kar amacı gütmeyen tıbbi tedarik organizasyonundan vajinal doğum için hazırlanan tek kullanımlık özel paketler olarak YDA aracılığıyla çevresel etkilerini analiz etmişlerdir. İki senaryo oluşturmuşlardır. İlk senaryoda özel paketlerden çıkan tüm ürünlerin bir kez açılıp kullanıldığı varsayılarak, % 100 belediye katı atığı olarak bertaraf edilmesidir. İkinci senaryo ise pamuklu havluları yıkama ve diğer hastane bölümlerinde yeniden kullanmak için ayırırken, paketteki diğer ürünlerin geri kalan kısmının belediye katı atığı olarak bertaraf edilmesidir. Özel paketlerin üretimi, kullanımı ve elden çıkarılmasından kaynaklanan çevresel etkiler, sera gazı emisyonları ve ötrofikasyon bakımından incelenmiştir. Sonuç olarak, pamuklu havluların yıkanarak (hastane temizliği alanında) tekrar kullanımının sağlanması ile toplam çevresel etkinin azalacağı sonucuna varılmıştır.

Awodele ve ark. (2016) yaptıkları çalışma ile Nijerya'nın Lagos Eyaletindeki hastanelerde tıbbi atık yönetim uygulamalarını incelemişlerdir. İki halk ve beş tane özel olmak üzere toplamda yedi hastane ile anket, saha ziyareti ve derinleme görüşme yapılarak elde edilen veriler SPSS 20 programına yüklenmiştir. Lagos Atık Yönetimi Kurumu (LAWMA)'nın girişimleri ile hastane çalışanları arasında uygun olan atık yönetimine dair farkındalık oluşturulmuştur. Yedi hastaneden sadece bir tanesinin belediye ve tehlikeli atıkları karıştırdığı görülmüştür. Ankete yanıt verenlerin yaklaşık %69,5'i kâğıt, yiyecek, plastik ve şişeleri genel atık olarak sınıflandırdıkları görülmüştür. Katılımcıların mesleği ile kâğıt, yiyecek, plastik gibi atıkların sınıflandırılmasında anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde katılımcıların %69,5'i kirlenmiş pamuk ve türevleri ile eldivenleri bulaşıcı atık olarak

sınıflandırmışlardır. Ankete katılanların çoğunluğu ise vücut kısımları ve sıvıları ile fetüsleri patolojik atık olarak sınıflandırmışlardır. Tıbbi atıklar LAWMA tarafından hidroklav kullanılarak bertaraf edilmektedir. Bu çalışma ile ülkenin tamamında uygulanabilecek olan tek tip ve uygun atık yönetimini gerçekleştirebilmek için politika ve kılavuz formülasyonlarına ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.

Ali ve ark. (2016) yaptıkları çalışma ile Pakistan'ın büyük bir şehrindeki en büyük hastanesinde bir anket çalışması yaparak hastane atıklarının yaşam döngüsü analizi ile çevresel etkilerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışmanın fonksiyonel birimi 1 ton hastane atığı (genel atık ve tıbbi atık) olarak seçilmiştir. Sistem sınırları ise atıkların taşınması, depolanması, yakma, kompostlama ve malzeme geri dönüşüm yöntemleriyle bertaraf edilmesi olarak belirlenmiştir. Bertaraf yöntemleri sera gazı emisyonlarına göre değerlendirilmiştir. Düzenli depolama ve yakma en kötü bertaraf yöntemleri olarak ortaya çıkarken, kompostlama, yakma ve malzeme geri dönüşümü yapılarak entegre yönetim sistemi uygulandığında çıkan emisyonların daha düşük olduğu ortaya koyulmuştur.

Ghodrat ve ark. (2017), Elektrik Ark Fırını (EAF) çelik üretiminde karbon kaynağı olarak kok kömürü kullanımının kısmen değiştirilmesi için çalışmalar yapmışlardır. Tek kullanımlık atık şırıngalar ile kok kömürü karışımının yakılması ve atık şırınga eklemekten saf metalürjik kok kömürü kullanılarak yakmanın YDA ile çevresel etkilerini karşılaştırarak analiz etmişlerdir. Kullanılan tekniğin çevresel sürdürülebilirliğini ve EAF'de kok kömürü için alternatif olarak atık şırıngaların kullanılmasının uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada GaBi yazılımı kullanılmış olup ve ReCiPe 2009 etki kategorisi seçilmiştir. Sonuç olarak cürufun metalürjik kok ile etkileşiminden kaynaklanan emisyonlar, atık şırınga-kok kömürü karışımlarından elde edilenlere kıyasla daha yüksek bir büyüme göstermiştir. Bu çalışma ile atık şırınga kok kömürü karışımı diğer yöntemle kıyasla tüm etki kategorilerinde ve özellikle iklim değişikliği kategorisinde daha düşük çevresel etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Özel ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada Sağlık Bilimleri Üniversitesi (SBÜ) Zekai Tahir Burak Kadın Sağlığı, Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi'nin 2013-2017 yılları arasındaki tıbbi ve patolojik atıklarının yönetimini inceleyerek ve maliyet analizini yaparak, maliyeti düşürebilecek seçeneklerin kullanılmasını amaçlamışlardır. Bu beş yıllık süreçteki toplam doğum sayısı 86792 olduğu ve çıkan kesici-delici, enfeksiyöz, patolojik vb. tıbbi atığın 939506 kg olduğu hesaplanmıştır. Tıbbi atık bertarafı için özel sektöre ödenen ücret 2.489.863 TL'dir. Patolojik Atık (plasenta, fetus, doku vb.) miktarı 91.772 kg'dir. Patolojik atıkların bertarafı için sektöre ödenen ücret ise 237.951 TL'dir. Özel ve ark. bu maliyeti düşürmek adına; belediyelerin tahsis edeceği alanlara tıbbi atık içerisindeki patolojik atıkları gömerek bertaraf tesislerine ödenen ücreti ortadan kaldırıp, hastanenin 47000 TL tasarruf edebileceğini önermişlerdir. 2017 yılında Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde yapılan değişiklik sonrasında hastanın isteği üzerine kol, bacak, fetus gibi tanınabilir nitelikte olan ve enfeksiyon riski taşımayan patolojik atıklar, hasta ya da hasta yakınlarına teslim edilebilmektedir. Teslim alan kişiler defin işlemlerini kendileri gerçekleştirmektedir. Böylece hastanenin, atık bertaraf ücretinden tasarruf etmiş olacağı sonucuna varmışlardır.

Afolabi ve ark. (2018) yaptıkları çalışma ile Nijerya'nın Osun kentinde yer alan 24 tane özel sağlık kuruluşundaki tıbbi atık yönetimini ve sağlık çalışanlarının risk algısını anketler aracılığıyla incelemişlerdir. Anketlerin birinci bölümü sağlık kuruluşlarının özelliklerini değerlendirirken, ikinci bölüm tıbbi atık yönetimi uygulamalarını değerlendirmiştir. Üçüncü bölüm ise anketleri cevaplayanların risk algısı düzeyini 1'den 10'a kadar Likert ölçeğinde değerlendirmiş ve düşük riskli (1-4), ortalama riskli (5-6) ve yüksek riskli (7-10) olarak derecelendirmişlerdir. İncelenen sağlık kuruluşlarında ortalama 500 g/gün atık üretildiği görülmüştür. Seçilen sağlık kuruluşlarından %62,5'i atıkları ayırırken, %25'i renk kodlu olarak ayırmıştır. Fakat sağlık kuruluşlarından hiçbiri renkler ile atık kategorilerini doğru bir şekilde eşleştirmemiş görülmüştür. Sağlık kuruluşlarının %79,2'si atıkları çöp kutularına koyduğu ve %75'inin yakılarak bertarafı sağlanırken %20,8'inin gömülerek bertarafı sağlandığı tespit edilmiştir. Ankete katılan sağlık çalışanlarının %38'i kendilerinin atıklar konusunda ortalama risk altında olduğunu düşünmektedir. Açık yakma yöntemi

bu tür atıklar için bertaraf yöntemi olmaya devam etmekte ve sağlık çalışanları kendilerini bu atıklardan ötürü yüksek risk altında görmemektedir. Afolabi ve ark. sağlık çalışanlarının, atıkların ayrıştırılması, renk kodlaması, tehlikelerden korunma, risk algılarını artırma ve atık yönetimi konusunda eğitilmeleri gerektiğini önermişlerdir.

Ahmad ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada Pakistan'ın Swath Bölgesi'ndeki 7 devlet ve 5 özel hastane olmak üzere toplam 12 hastanenin atık yönetimi uygulamalarının çevresel etkilerini Yaşam Döngüsü Analizi ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sırasında hastane ile yapılan görüşmelerde atıkların toplanmasına dair hiçbir düzenlemenin ve önerilen uygulamaların dikkate alınmadığı gözlemlenmiştir. Atıkların ayrı bir toplama sistemine sahip olmayan çöp kutularına atıldığı ve bulaşıcı atıkların diğer atıklardan ayrılmadığı görülmüştür. Anketlerin yapıldığı hastanelerin %25'inde iğne, şırınga gibi kesici atıklar genellikle ayrılmış ve sert, delinmez konteynırlara koyulmuştur. Geriye kalan %75'i ise karton kutular kullanmıştır. Tıbbi faaliyetlerden kaynaklanan sıvı atıklar, bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışılan hastanelerde radyoaktif kaynaklar kullanılmamıştır. Çalışmada, yaşam döngüsü analizi için OpenLCA yazılımı (sürüm 1.7.2) ve veri tabanı olarak Ecoinvent 2010 (sürüm 2.2) kullanılmıştır. Üç adet senaryo oluşturulmuştur: Senaryo A, B ve C. Senaryo A ve B mevcut bertaraf yöntemlerini, Senaryo C alternatif bertaraf yöntemlerini ifade etmektedir. Senaryo A, yakma ve ardından çıkan külleri depolamayı ifade etmektedir. Senaryo B, hiçbir işlem görmeden doğrudan depolamayı ifade etmektedir. Senaryo C ise piroliz ve kimyasal dezenfeksiyonu ifade etmektedir. Her senaryonun çevresel etkilerini belirlemek için yaşam döngüsü etki analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan etki değerlendirme yöntemi CML'dir. Bu yöntem, sekiz etki kategorisi içerir. Normalizasyon için ise "world 2000" kullanılmıştır. Fonksiyonel birim ise 1 ton/gün olarak seçilmiştir. Senaryo A'da yani yakma ile bertaraf yönteminde en yüksek etki insan toksisitesinde çıkmıştır. Bunu deniz suyu ekotoksitesitesi, tatlı su ekotoksitesitesi, karasal ekotoksitesite, iklim değişikliği, asitlenme potansiyeli, ötrofikasyon ve fotokimyasal oksidasyon takip etmektedir. Senaryo B'de yani depolama yönteminde deniz suyu ekotoksitesitesinin en yüksek etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ardından iklim değişikliği, fotokimyasal oksidasyon, ötrofikasyon, insan toksisitesi, asitlenme

potansiyeli, tatlı su ekotoksitesitesi ve karasal ekotoksitesite izlemektedir. Senaryo C’de piroliz yöntemi için en yüksek etki deniz suyu ekotoksitesitesinde ortaya çıkmıştır. Ardından insan toksitesitesi, asitlenme potansiyeli, iklim değışikliği, tatlı su ekotoksitesitesi, ötrofikasyon potansiyeli, fotokimyasal oksidasyon ve karasal ekotoksitesite izlemektedir. Senaryo C’de kimyasal dezenfeksiyon yöntemi için en yüksek etki asitlenme potansiyelinde görölmüşür. Ardından insan toksitesitesi, ötrofikasyon potansiyeli, iklim değışikliği, tatlı su ekotoksitesitesi, deniz suyu ekotoksitesitesi, fotokimyasal oksidasyon ve karasal ekotoksitesite gelir. Her bir etki kategorisine göre çevreyi en çok etkileyen bertaraf yöntemini belirlemek amacıyla normalizasyon yapıldığında, en yüksek etkinin yakma, ardından piroliz ve depolama yöntemlerinin geldiği görölür. Yapılan çalışmada kimyasal dezenfeksiyon işleminden sonra kesici-delici atıkların %78’inin geri kazanılabileceği ve genel atık kısmında üretilen plastik ve kâğıdın %41’nin geri dönüştürülebileceği sonucuna varılmışır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

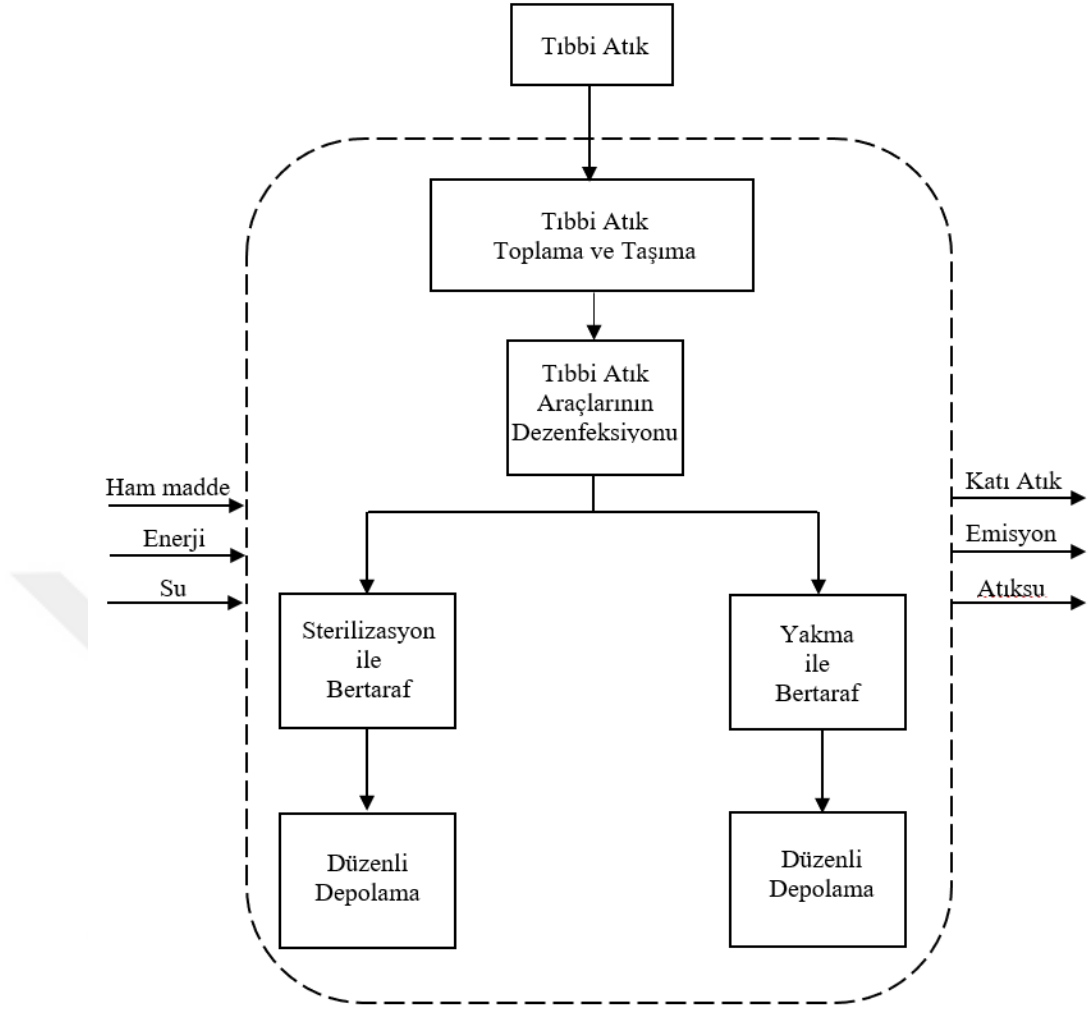
3.1. Amaç ve Kapsam Tanımı

3.1.1. Amaç

Çalışmamızın ana amacı, İstanbul ilinde toplanan tıbbi atıkların, sterilizasyon ve yakma yöntemi ile bertarafı sonucunda oluşacak çevresel etkilerin yaşam döngüsü analizi aracılığıyla incelenerek çevreye daha az zarar veren yöntemin saptanmasıdır. Yaşam döngüsü analizi için dünyada da yaygın olarak kullanılan Hollanda menşeli PRè Consultants firmasına ait SimaPro 8.4. yazılımı kullanılmıştır. Etki kategorisi olarak CML-IA seçilmiştir.

3.1.2. Kapsam

Çalışmanın fonksiyonel birimi, 2017 yılında İstanbul ilinde toplanan tıbbi atıklardır. Bu çalışmanın sistem sınırları Şekil 3.1.'de gösterildiği üzere tıbbi atıkların bertaraf tesisine taşınması, tıbbi atık toplama araçlarının dezenfeksiyonu, taşınan tıbbi atığın bir kısmının sterilizasyon tesisinde diğer kısmının yakma tesisinde bertarafını kapsamaktadır.



Şekil 3.1. Sistem sınırı

3.2. Envanter Analizi

Yaşam döngüsü analizinde envanter verileri, İstanbul ilinin tıbbi atık yönetimini sağlayan İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş. (İSTAÇ) ile iletişime geçilerek, literatür taraması yapılarak ve SimaPro 8.4. yazılımının veritabanından alınarak oluşturulmuştur. Yönetmelikte tıbbi atıklar tehlikeli olarak sınıflandırılmış ve tıbbi atık poşetlerinin açılması yasaklandığı için İstanbul'un atık karakterizasyonu verilerine ulaşamamıştır. Bu nedenle bu çalışmada literatürde yapılan çalışmalardan biri seçilerek tıbbi atık karakterizasyon verileri (Tablo 3.1.) kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Tıbbi atık karakterizasyon çalışması (Zhao ve ark., 2008)

Karakterizasyon	Oran
Karton	%10
Tahta	%5
Tekstil	%30
Karışık Plastik	%45
Kauçuk	%5
İnert metal	%2,5
Cam	%2,5

İstaç, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin Katı Atık Projesi kapsamında 1994 yılında kurulmuştur. 2010 yılından itibaren ise çevre yönetim şirketi olarak kentlerin çevre sorunlarına çözüm üreten, danışmanlık ve eğitim hizmeti sunan, projeler üreten kurum haline dönüştürülmüştür (<https://www.istac.istanbul>).

İstanbul'da bulunan, 304 adet 20 yatak ve üzeri, 7800 adet 20 yatak altındaki sağlık kuruluşundan yılda yaklaşık 26400 ton tıbbi atık toplanarak bertaraf edilmektedir. Bertaraf işlemi, Avrupa ve Asya yakalarında bulunan ekipler tarafından toplanarak İstanbul Odayeri'nde yer alan Sterilizasyon ve Yakma tesislerine gönderilerek sağlanmaktadır (<https://www.istac.istanbul>).

3.2.1. Sterilizasyon yöntemi ile bertaraf

İstanbul Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi 2013 yılında faaliyete geçmiştir. Toplanan tıbbi atıkların büyük çoğunluğunun bertarafı, 108 ton/gün kapasiteye sahip olan Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi'nde sağlanmaktadır. Sterilizasyon tesisi kapalı alan üzerine 3000 m² üzerine kuruludur. Tesis haftanın yedi günü çalışmaktadır (<https://www.istac.istanbul>).

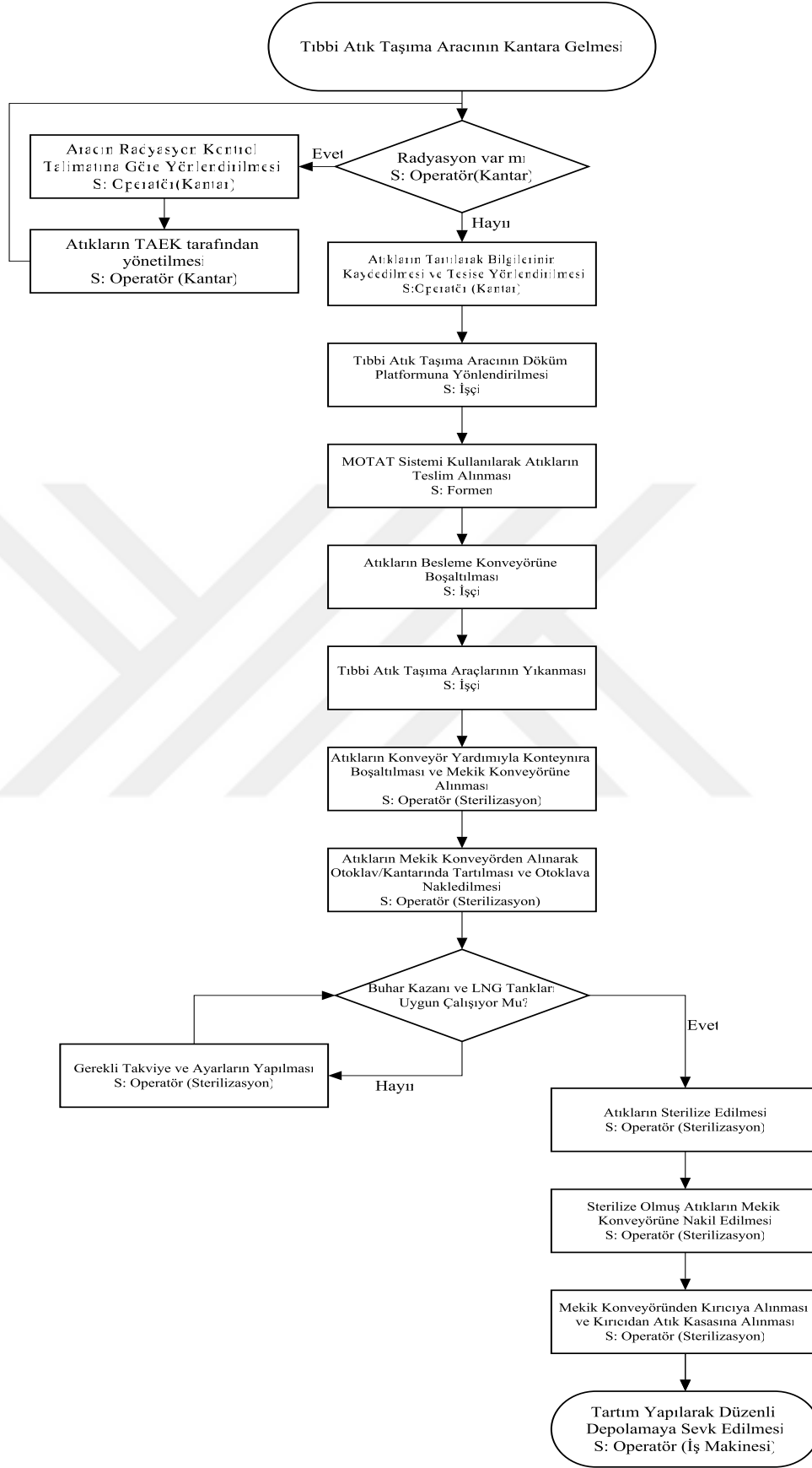
Tesise gelen tıbbi atıklar önce konveyöre boşaltılır. Sonra otomatik atık yükleme ve otomatik atık taşıma sistemleri ile otoklava yüklenir. Otomatik atık yüklemede yaklaşık 0,80 kW/sa, otomatik atık taşımada ise 5,2 kW/sa elektrik harcanmaktadır. Şekil 3.2.'de görüldüğü üzere tesiste 3 adet otoklav yer almaktadır. Bu otoklavların her birinin kapasitesi 1,5 ton'dur. Bir otoklavın elektrik tüketimi yaklaşık 1,25 kW/sa'dır. Otoklavlara yüklenen atıkların 3 bar basınçlı buhar ile 145°C sıcaklıkta yaklaşık 45 dakika sterilizasyonu gerçekleştirildikten sonra parçalayıcı ünitesine geçiş

yapılmaktadır. Tesiste parçalama ünitesi 2 adet olup sonda yer almaktadır. Burada parçalanan atıklar evsel atık niteliği kazandığı için II. sınıf düzenli depolama sahasına gönderilerek nihai bertarafı sağlanmaktadır. İSTAÇ A.Ş.'ye ait sterilizasyon tesisi iş akım şeması Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Sterilize edilmiş ve parçalanmış atık düzenli depolamaya taşınırken hafta içi 4 araçla, hafta sonu 2 araç ile taşınmaktadır. Bu araçların kapasitesi taklaşık 20 tondur. Sterilizasyon tesisinden, düzenli depolamaya yaklaşık 105 km yol almaktadır (<https://www.istac.istanbul>).

Tıbbi atık araçları gün içerisinde yaptıkları her seferden sonra dezenfekte edilmektedir. Gün içerisinde birden fazla sefer yapan araçlar olduğu gibi tek sefer yapan araçlarda bulunmaktadır. Günde ortalama 32 adet araç dezenfekte edilmektedir. Bir aracın dezenfekte edilmesinde günlük 4,50 kW elektrik, 0,35 m³ su ve 0,1 litre kimyasal (ClO₂) tüketimi gerçekleştirilmektedir (<https://www.istac.istanbul>).



Şekil 3.2. İSTAÇ A.Ş. Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi



Şekil 3.3. İSTAÇ A.Ş. Sterilizasyon tesisi iş akım şeması

3.2.2. Yakma yöntemi ile bertaraf

1995 yılında Tıbbi Atık Yakma Tesisi, Türkiye'nin ilk tıbbi atık yakma tesisi olarak faaliyete geçmiştir. Tesis kapalı alan üzerine 1800 m² üzerine kuruludur ve haftanın 7 günü çalışmaktadır. Tıbbi atık toplama araçları ile tesise gelen tıbbi atıklar, hiçbir şekilde el değmeden bunkerlere dökülmekte ve ardından titreşim sayesinde besleme konveyörüne aktarılarak döner fırına yüklenmektedir. Titreşimli konveyörler 47 kW/sa elektrik tüketmektedir. Şekil 3.4.'de tesise ait döner fırın gösterilmektedir. Tesiste bir adet döner fırın bulunmaktadır. Dönme hızı 0-12 devir/sa'dır. Fırının hacmi 27,5 m³, uzunluğu 7,5 m, çapı 2,73 m, ağırlığı 14 ton, kapasitesi ise 1 ton/sa'dır. Döner fırın içinde asgari alıkonma süresi 1 saattir. Döner fırın 1,5 kW/sa elektrik tüketmektedir. Günde yaklaşık 20 ton atık yakılmaktadır. Burada atıklar 850°C ile 1100°C arasında yaklaşık 1 saat yanmakta ve yanma sonucunda hacimsel olarak %95, kütleli olarak ise %75 oranında azalmaktadır. Tıbbi atığın yakılması ile ortaya çıkan küller I. Yanma odası altındaki su dolu bir havuzun içine alınarak soğutulmaktadır. Daha sonra paslanmaz çelikten imal edilmiş konveyör ile dışarıda yer alan taban külü toplama haznesine aktararak toplanmaktadır (<https://www.istac.istanbul>).

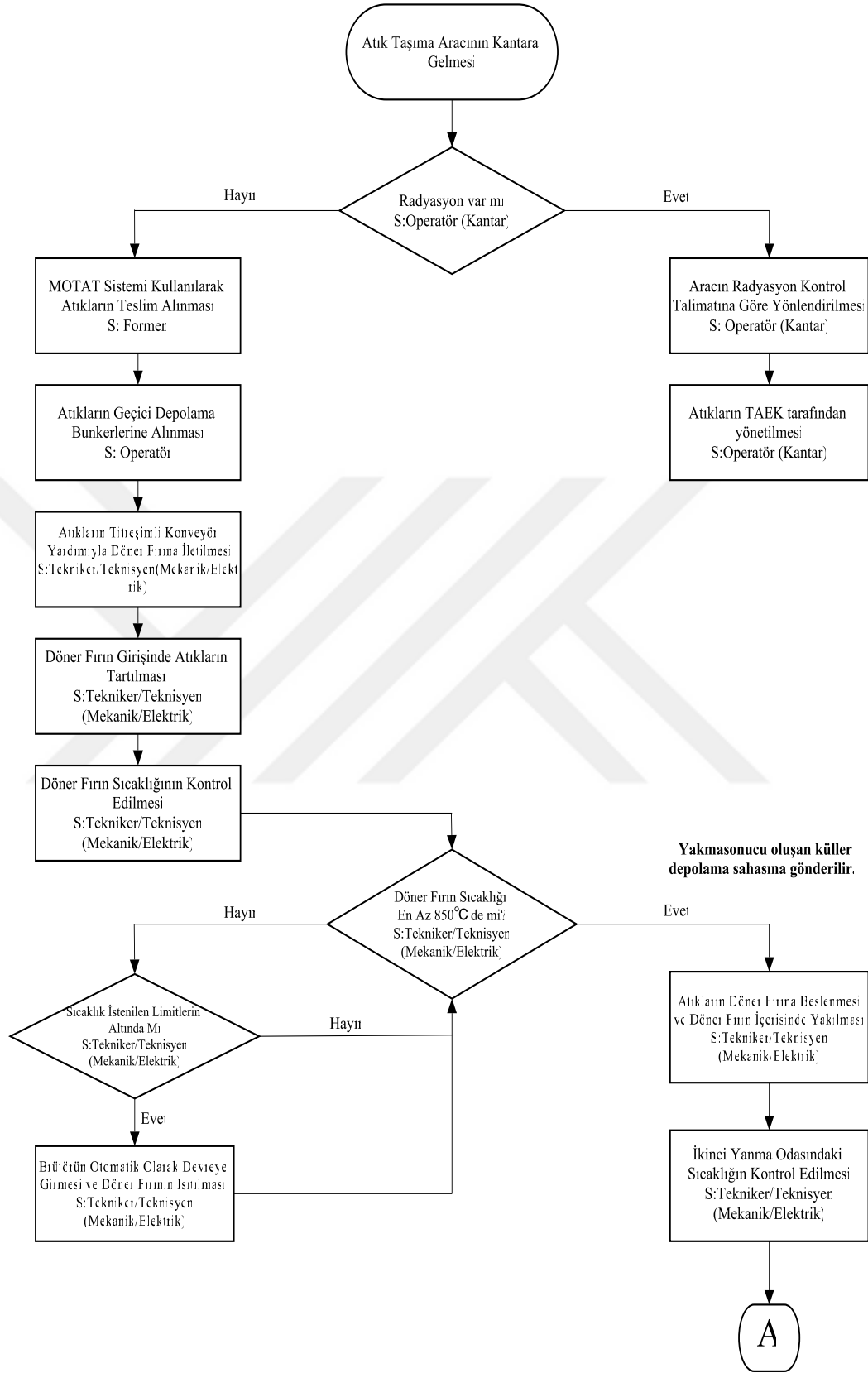
Tıbbi atığın yanması sırasında çıkan gazlar, 1100-1200°C sıcaklıkta II. Yanma odasında tekrar yakılır. II. Yanma odası sıcaklığı 1100°C üzerinde tutan brülör ile donatılmıştır. Bu ünite, tehlikeli gazlar 2 saniye kalarak buhar üretim sistemine geçişi sağlanmaktadır. Buhar üretim sistemlerinde elektrik sarfiyatı bulunmamaktadır. Su sarfiyatı ise yaklaşık 30 ton/yıl'dır (<https://www.istac.istanbul>).

1100-1200°C sıcaklığa ulaşan atık gazlar; buhar kazanı, kızdırıcı, ekonomizer ve su püskürtme kulesinden geçerek yaklaşık 120°C sıcaklığa düşmektedir. Bu üniteler sayesinde ısı enerjisinden yararlanılarak buhar türbini aracılığıyla elektrik üretimi için gerekli buhar üretilmektedir. Bu buhar ile tıbbi atık yakma tesisi, yaklaşık olarak 500 kW elektrik üretebilecek kapasiteye sahiptir. Üretilen elektrik ile hem tesis bünyesinin hem de çevredeki idari binaların elektrik ihtiyacı karşılanmaktadır (<https://www.istac.istanbul>).

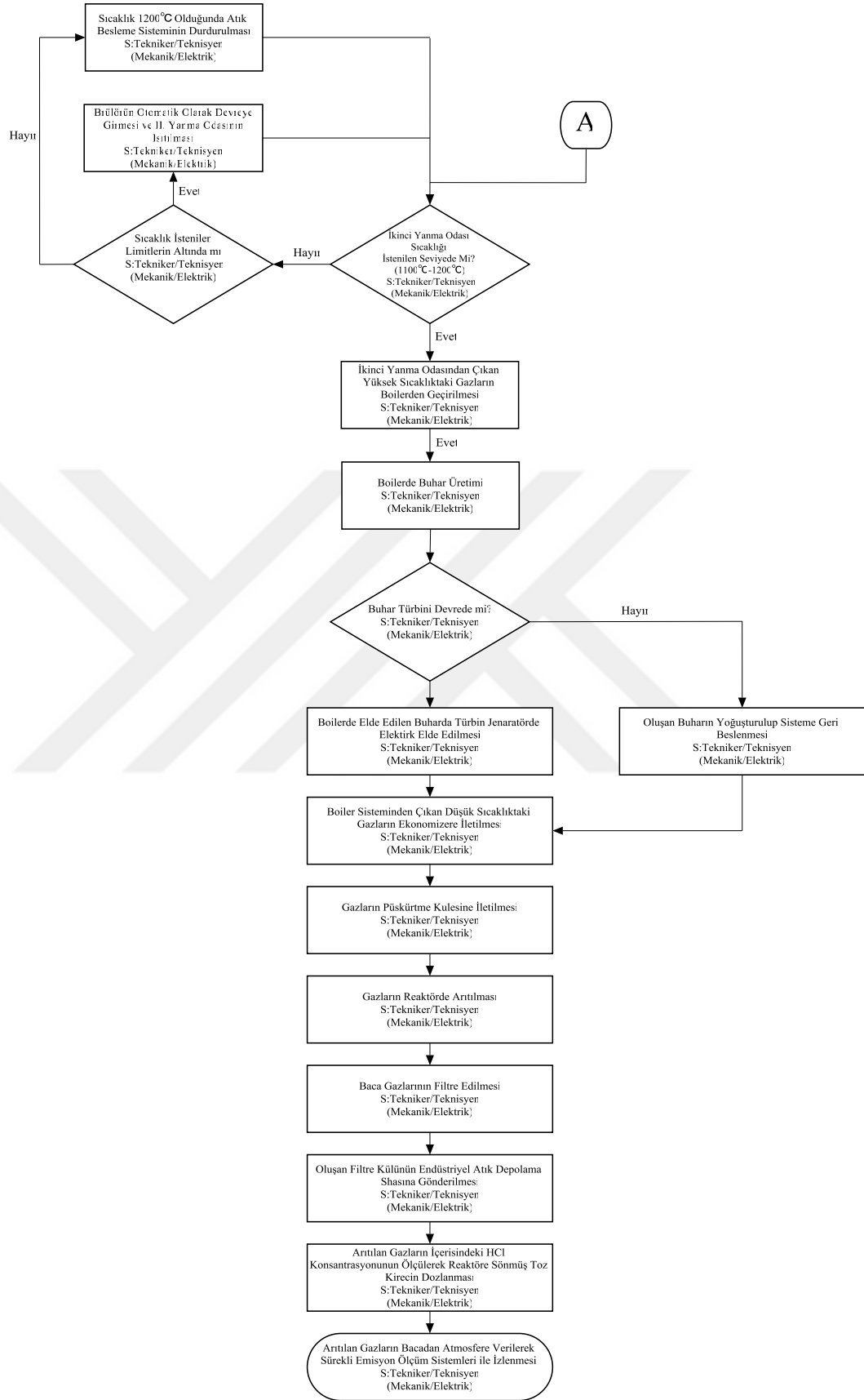
Buhar üretim sisteminden geçen atık gazlar, daha sonra arıtma ünitelerine gönderilmektedir. Atık gazların arıtımı için yaklaşık olarak saatte 45 kg kireç, 0,5 kg aktif karbon kullanılmaktadır. Kireç ünitesi elektrik sarfiyatı 8,12 kW/saat, aktif karbon ünitesi ise 0,25 kW/saat' tır. Bu kimyasallar havalı (pnömatik) taşıma sistemi ile reaktöre dozlanmaktadır. Atık gazların arıtımından arta kalan reaksiyon kalıntıları ve uçucu küller, membran kaplı torbalı filtreler aracılığıyla tutulmaktadır. Toplamda 210 adet filtre kullanılmaktadır. Bu filtrelerin ömürleri ortalama 5 yıldır. Filtrelerden sıyrılan partiküllerin bertarafı solidifikasyon ve stabilizasyon tesisine gönderilerek sağlanır. Arıtılmış atık gazlar ise 50 metre yüksekliğindeki bacadan atmosfere verilmektedir. Baca üzerinde bulunan emisyon ölçüm sistemi ile sürekli izlenim sağlanmaktadır. Tıbbi atık yakma tesisine ait iş akım şeması Şekil 3.5. ve 3.6'da gösterilmiştir. (<https://www.istac.istanbul>).



Şekil 3.4. İSTAC A.Ş. Tıbbi Atık Yakma Tesisi



Şekil 3.5. İSTAÇ A.Ş. Yakma tesisi iş akım şeması (a)



Şekil 3.6. İSTAÇ A.Ş. Yakma tesisi iş akım şeması (b)

3.2.3. Atık toplama ve taşıma

Asya ve Avrupa yakasında bulunan sağlık kuruluşlarından toplanan tıbbi atıklar, İSTAÇ Odayeri Atık Bertaraf tesisine getirilerek bertarafı gerçekleştirilmektedir. Asya ve Avrupa yakaları için 2017 yılı akaryakıt gider ve km başına düşen atık miktarı tablosu EK-1 ve EK-2’de yer almaktadır. Tablo 3.2.’de ise atık bertaraf tesisine gönderilen tıbbi atık araçlarının yıl boyunca aldıkları toplam yol görülmektedir.

Tablo 3.2. 2017 yılı atık bertaraf tesisine gönderilen tıbbi atık araçlarının yıl boyunca aldıkları toplam yol

	ASYA YAKASI	AVRUPA YAKASI
Tesise Gidilen Yol Uzunluğu (Km)	819837	927791
Toplam Gidilen Yol (Km)	1747628	

3.3. Etki Analizi

Bu çalışmada CML-IA etki kategorisi olarak seçilmiştir ve etki grupları:

- Abiyotik kaynakların tükenmesi
- İklim değişikliği
- Stratosferik Ozon tükenmesi
- İnsan toksisitesi
- Tatlı su sucul ekotoksitesitesi
- Deniz ekotoksitesitesi
- Karasal ekotoksitesite
- Foto-oksidan oluşumu
- Asidifikasyon
- Ötrofikasyon’dur.

Etki analizi neticesinde elde edilen değerlendirme sonuçlarına Bölüm 4’de yer verilmiştir.

3.4. Yorum

Bu aşamada, sonuçların hassasiyetini ve güvenilirliğini teyit etmek amacıyla duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve etki değerlendirme yöntemi değiştirilmiştir. Mevcut çalışmada CML-IA yöntemi kullanılırken, duyarlılık analizi için IMPACT 2002 kullanılmıştır.



BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sterilizasyon Tesisi

Sterilizasyon tesisi içindeki proseslerin yüzdeler olarak zarar sınıflarına olan etkisi Şekil 4.1.'de görülmektedir. Bu proseslerden parçalayıcı, konveyör ve otoklavda sterilizasyon işleminin hemen hemen bütün zarar sınıflarındaki etkisinin yüksek olduğu görülmektedir. Küresel ısınma, ozon tabakasının incilmesi, fotokimyasal oksidasyon da en fazla etki otoklavdaki sterilizasyondan kaynaklı olduğu anlaşılmıştır. Bu zarar sınıflarının fazla çıkmasının nedeni olarak elektrik, su ve LNG tüketimini gösterebiliriz. Abiyotik kaynakların tükenmesi, abiyotik fosil kaynakların tükenmesi, insan toksisitesi, tatlı su sucul ekotoksisite, deniz su ekotoksisitesi, asidifikasyon ve ötrofikasyonda ki konveyörden kaynaklanan etkinin sebebi elektrik kullanımımızdır.

Şekil 4.1.'de ilk kategori olan abiyotik kaynakların tükenmesine baktığımızda hem minerallere hem de fosil yakıtlara bağlı olduğu görülmektedir. Bu kategori mineral/maden rezervleri ile ilgili olup, her bir mineral ve fosil yakıt için kg antimoni eş değeri/ kg ekstraksiyonu olarak konsantrasyon rezervlerine ve de birikim oranına göre belirlenir. İkincisi ise yenilemeyen fosil yakıtların kullanılması ile ilgilidir ve birimi MJ dur. Abiyotik kaynakların tükenmesi kategorisi, insan sağlığı, insan refahı ve ekosistem sağlığının korunması hakkında bilgiler içerir (SimaPro Database Manual, 2018). Abiyotik kaynakların tükenmesi kategorisini en fazla etkileyen proses %37,9 ile konveyördür, ardından ise parçalayıcı gelmektedir. Abiyotik tüketime bir bütün olarak baktığımızda proseslerdeki elektrik tüketimi ve LNG kullanımının olumsuz etkilere sebep olduğu görülmüştür.

Küresel ısınma, atmosferde sera gazlarının birikmesiyle oluşan iklim değişikliklerini ifade eden bir kavramdır. Küresel ısınmaya en fazla neden olan durumlar petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil kaynakların yakılmasıdır. Bunların yakılması ile açığa çıkan

karbondioksit (CO₂) başlıca sera gazı kaynağıdır. CO₂, fosil kaynaklı ve biyojenik kaynaklı olmak üzere iki çeşittir. Biyojenik kaynaklı olan CO₂'in anaerobik bozulması neticesinde açığa çıkan metan gazı (CH₄), CO₂'e göre küresel ısınmaya çok daha etki eden bir sera gazıdır. YDA çalışmalarında küresel ısınma, kg CO₂ eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir (<https://epdturkey.org>; Houschild, M. Z. ve Barlaz, M. A. 2011). Şekil 4.1.'e baktığımızda küresel ısınma üzerindeki en büyük etkinin %71,3 ile otoklavdaki sterilizasyon aşamasında kullanılan LNG'den kaynaklandığı görülür. Analizi daha da detaylandırdığımızda havaya verilen CO₂ ve ardından CH₄'ün sterilizasyon aşamasında en yüksek çıkan iki değer olduğu görülmüştür.

Ozon tabakasının incelenmesi, ham petrol üretimi, petrol ve doğalgazın bir sonucu olan metan bromotrifloro halon 1301'den kaynaklanır (Erses Yay, 2017). Şekil 4.1.'e baktığımızda ozon tabakasının incelenmesine sebep olan en büyük etkinin %56 oranında otoklavdaki sterilizasyon aşamasından geldiğini görmekteyiz. Bunun nedeni otoklavdaki sterilizasyon aşamasında buhar üretimi için kullanılan LNG'dir. Ardından gelen diğer büyük etki ise %33,9 oranında araç dezenfeksiyonundan gelmektedir.

İnsan toksisitesi kategorisi toksik maddelerin insan çevresi üzerindeki etkileri ile alakalıdır. Bu toksik etkiler solunum yaparken hava ile, yediğimiz içtiğimiz besinlerin yutulması ile ve dışarıdan cilde nüfus etmesi ile insanlar üzerine etki eder. (Houschild, M. Z. ve Barlaz, M. A. 2011). Şekil 4.1.'e bakıldığında insan toksisitesine olan en fazla etkinin sırasıyla konveyör, parçalayıcı, araç dezenfeksiyonu ve sterilizasyondan geldiği görülmektedir.

Tatlı su, deniz ve karasal ekotoksosite, toksik maddelerin havaya, suya ve toprağa salınmasının sonucunda ekosistemler üzerindeki etkisini ifade eder (SimaPro Database Manual, 2018). Şekil 4.1.'e bakıldığında tatlı su ve deniz ekotoksitesine en fazla etkinin konveyör ve parçalayıcıdan geldiğini görmekteyiz. Karasal ekotoksitede en fazla etkinin %50,3 ile otoklavdaki sterilizasyon aşamasından geldiği görülmektedir. Proseslerdeki elektrik kullanımından kaynaklı baryum, vanadyum gibi kirleticilerde bu etki kategorilerine katkıda bulunurlar (Hauschild ve Wenzel, 1998).

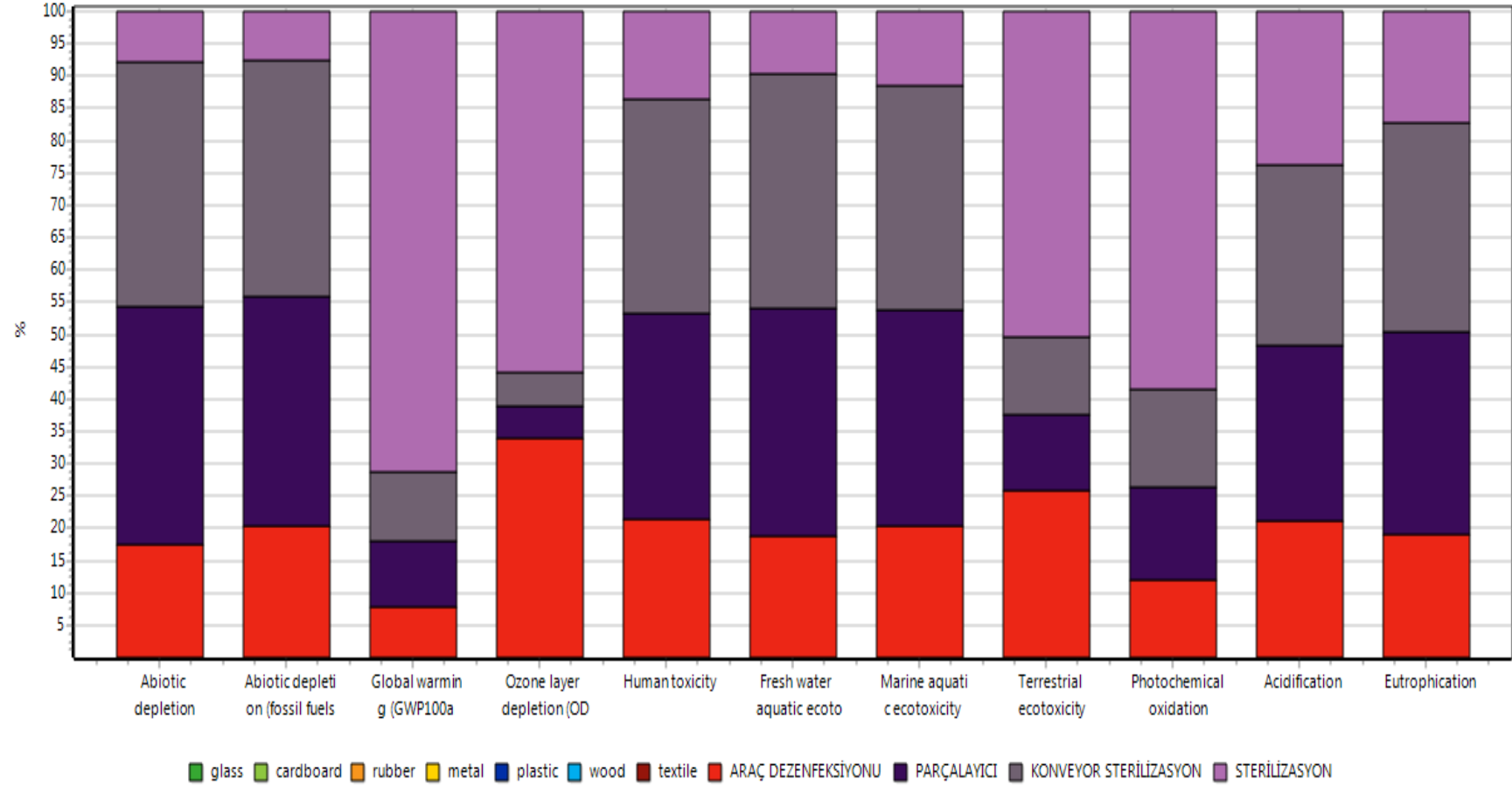
Güneş ışığının etkisi ile azot oksitler (NO_x), uçucu organik bileşikler (VOC) ve karbonmonoksitin kompleks fotokimyasal oksidasyona uğraması sonucu atmosferin en alt katmanı olan troposferde ozon oluşumu meydana gelir. Ozon oluşumu, fotokimyasal sis olarak nitelendirilen aşırı konsantrasyonlara sebep olabilir. Ozon ve reaksiyonlarda oluşan foto oksidan olarak adlandırılan diğer reaktif maddeler, organik maddelerle reaksiyona girerek tarımsal ürünlere, insanlarda solunum yolu rahatsızlıklarına ve ekosisteme zarar verir. Fotokimyasal oksidasyon YDA'da kg etilen (C_2H_4) eşdeğeri/kg emisyon cinsinden ifade edilmektedir (<https://epdturkey.org>; Houschild, M. Z. ve Barlaz, M. A. 2011; SimaPro Database Manual, 2018). Şekil 4.1.'e bakıldığında fotokimyasal oksidasyona olan en fazla etkinin otoklavdaki sterilizasyon aşamasından kaynaklandığı görülmüştür. Kullanılan yakıtlar, CO ve SO_x serbest fotokimyasal oksidasyon etkisi yaratır. Ethan, karbonmonooksit, metan, sülfürdioksit başlıca olmak üzere sterilizasyon aşamasında bu kategoriye etki eden bileşenlerdir. Proseslerde kullanılan elektrik tüketimininde fotokimyasal oksidasyona olumsuz bir etkisi söz konusudur (Erses Yay, 2017).

Asidifikasyon, bir kirleticinin H^+ iyonu oluşturmasıyla ilgili bir kavramdır. YDA'da asidifikasyon, kg SO_2 eşdeğeri başına üretilen H^+ iyonu sayısı olarak tanımlanmaktadır. SO_2 , NO_x , HCl ve NH_3 bu kategori için olan başlıca kirleticilerdir. Asitleştirici maddelerin toprak, yeraltı suyu, yüzey suyu, organizmalar, ekosistemler ve malzemeler üzerine toksik etkileri vardır. Aynı zamanda asidik gazlar, atmosferdeki su ile reaksiyona girerek asit yağmurlarını meydana getirmektedirler. Asit yağmurlarının oluşumu ise ekosistem içerisindeki çeşitliliğin azalmasına sebep olmaktadır. Şekil 4.1'e baktığımızda asidifikasyona olan etkiler büyüklük sırasıyla konveyör, parçalayıcı, sterilizasyon ve araç dezenfeksiyonudur. Bu etkilerin LNG kullanıma bağlı olarak açığa çıkan SO_2 ve NO_x emisyonlarından ve elektrik kullanımından kaynaklandığı görülür (Erses Yay, 2017; <https://epdturkey.org>).

Ötrofikasyon, atıklarda bulunan karbon, azot, fosfor gibi elementlerin yüzeysel sulara karışması olayıdır. Bu elementlerin ortama verilmesi sonucunda göller ve kıyıların alt bölgelerindeki tabakalarda oksijen seviyesinin düşmesine sebep olarak ve doğal ekosistemde gübre etkisi yaratarak bitki ve alglerin üremesinin artışına sebep

olmaktadır. Atık bertaraf sistemlerinden yakma ve ulaşım için kullanılan yakıt azot emisyonlarının ana kaynağı olan NO_x oluşturmaktadır. Ötrofikasyona en büyük etki, atıkların depolanması sırasında oluşan sızıntı sularının alıcı ortama ulaşması ile taşınan besi maddeleridir. Ötrofikasyon potansiyeli YDA'da genellikle PO_3 'ün eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir. Şekil 4.1'e baktığımızda konveyör ve parçalayıcının elektrik tüketiminden ötürü bir etkisi olduğu görülmektedir. Elektrik tüketiminin ötrofikasyona etkisi, kaynakların tüketiminden kaynaklanmaktadır. Atık taşıma işleminden kaynaklı NO_x oluşumu ile ötrofikasyona olan bir etki söz konusudur (Erses Yay, 2017; Houschild, M. Z. ve Barlaz, M. A. 2011).



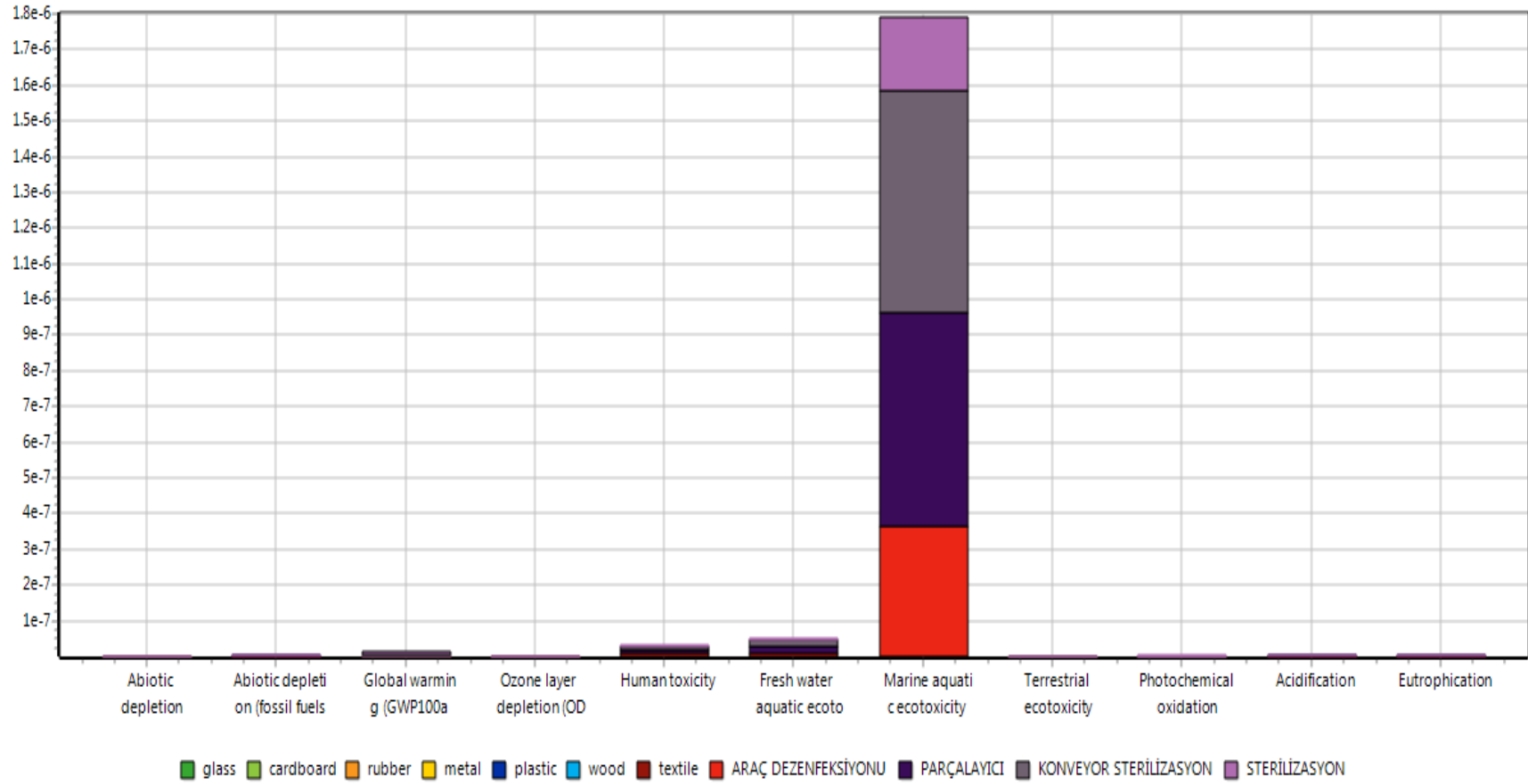


Şekil 4.1. Sterilizasyon Tesisi (Karakterizasyonu)

Şekil 4.2.'de Sterilizasyon tesisine ait YDA normalizasyonu görülmektedir. Normalizasyon verilerine ait nicel değerler ise Tablo 4.1.'de verilmiştir. Daha önce değindiğimiz gibi normalizasyon aşamasında, bütün çevresel etki potansiyelleri birbirleriyle kıyaslanarak hangi etkinin daha yüksek olduğu belirlenir. Burada deniz ekotoksitesindeki etkinin en yüksek olduğu görülmektedir. Genel olarak bakıldığında elektrik kullanımından kaynaklı baryum, vanadyum gibi kirleticiler bu etki kategorisine etki etmektedir (Hauschild ve Wenzel, 1998).

Tablo 4.1. Sterilizasyon yöntemi normalizasyon sayısal verileri

Etki Kategorisi	Araç dezenfeksiyonu	Parçalayıcı	Konveyör	Sterilizasyon
Abiyotik Kaynakların Tükenmesi	1.44E-11	3E-11	3.1E-11	6.46E-12
Abiyotik Fosil Kaynakların Tükenmesi	1.21E-9	2.08E-9	2.15E-9	4.54E-10
Küresel Isınma	1E-9	1.29E-9	1.34E-9	9.02E-9
Ozon Tabakasının İncelmesi	4.4E-12	6.45E-13	6.67E-13	7.26E-12
İnsan Toksikitesi	7.25E-9	1.08E-8	1.12E-8	4.64E-9
Tatlısu Ekotoksitesitesi	9.37E-9	1.76E-8	1.82E-8	4.83E-9
Deniz Ekotoksitesitesi	3.65E-7	5.99E-7	6.2E-7	2.06E-7
Karasal Ekotoksitesite	3.54E11	1.58E-11	1.64E-11	6.85E-11
Fotokimyasal Oksidasyon	3.14E-10	3.84E-10	3.97E-10	1.54E-9
Asidifikasyon	1.21E-9	1.54E-9	1.59E-9	1.36E-9
Ötrofikasyon	9.37E-10	1.55E-9	1.6E-9	8.47E-10



Şekil 4.2. Sterilizasyon Tesisi (Normalizasyonu)

4.2. Yakma Tesisi

Şekil 4.3.'de Yakma tesisine ait YDA karakterizasyonunu görmekteyiz. Şekle bakıldığında abiyotik kaynakların tükenmesi ve abiyotik fosil kaynakların tükenmesi kategorilerinde negatif değerler görülmektedir. Aslında bu olumsuz bir durum değildir. Aksine tesisdeki elektrik geri kazanımından ötürü burada olumlu bir durum söz konusudur. Genel olarak bakıldığında abiyotik kaynakların tükenmesi ve abiyotik fosil kaynakların tükenmesi kategorileri hariç diğer kategorilerde döner fırın ve temizleme ünitesinin en fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Küresel ısınma kategorisinde döner fırın ve temizleme ünitesinde motorin kullanımından kaynaklı CO₂ oluşumu bu kategoriye olumsuz etki etmektedir.

Ozon tabakasının incelmesi, ham petrol üretimi, petrol ve doğalgazın bir sonucu olan metan bromotrifloro halon 1301'den kaynaklanır (Erses Yay, 2017). Motorin ham petrolün damıtma ürünlerinden biridir. Şekil 4.3.'e bakıldığında ozon tabakasının incelmesi, döner fırın ve temizleme ünitesinde kullanılan motorinden kaynaklandığı ve olumsuz bir etki yarattığı görülmektedir.

Tıbbi atıklar, çoğunlukla plastik ve klorlu malzemeler içermektedirler. Bu malzemeler dioksin emisyonlarının ana kaynağı olarak tahmin edilmektedir (Zhao ve ark. 2008). Şekil 4.3.'e bakıldığında tıbbi atıkların yakılması ve kullanılan yakıttan kaynaklanan partiküllere maruz kalma, toksik metaller, dioksin ve furan gibi kalıcı organik kirleticilerin insan toksisitesi kategorisinde önemli etkileri olduğu görülmektedir (Houschild, M. Z. ve Barlaz, M. A. 2011).

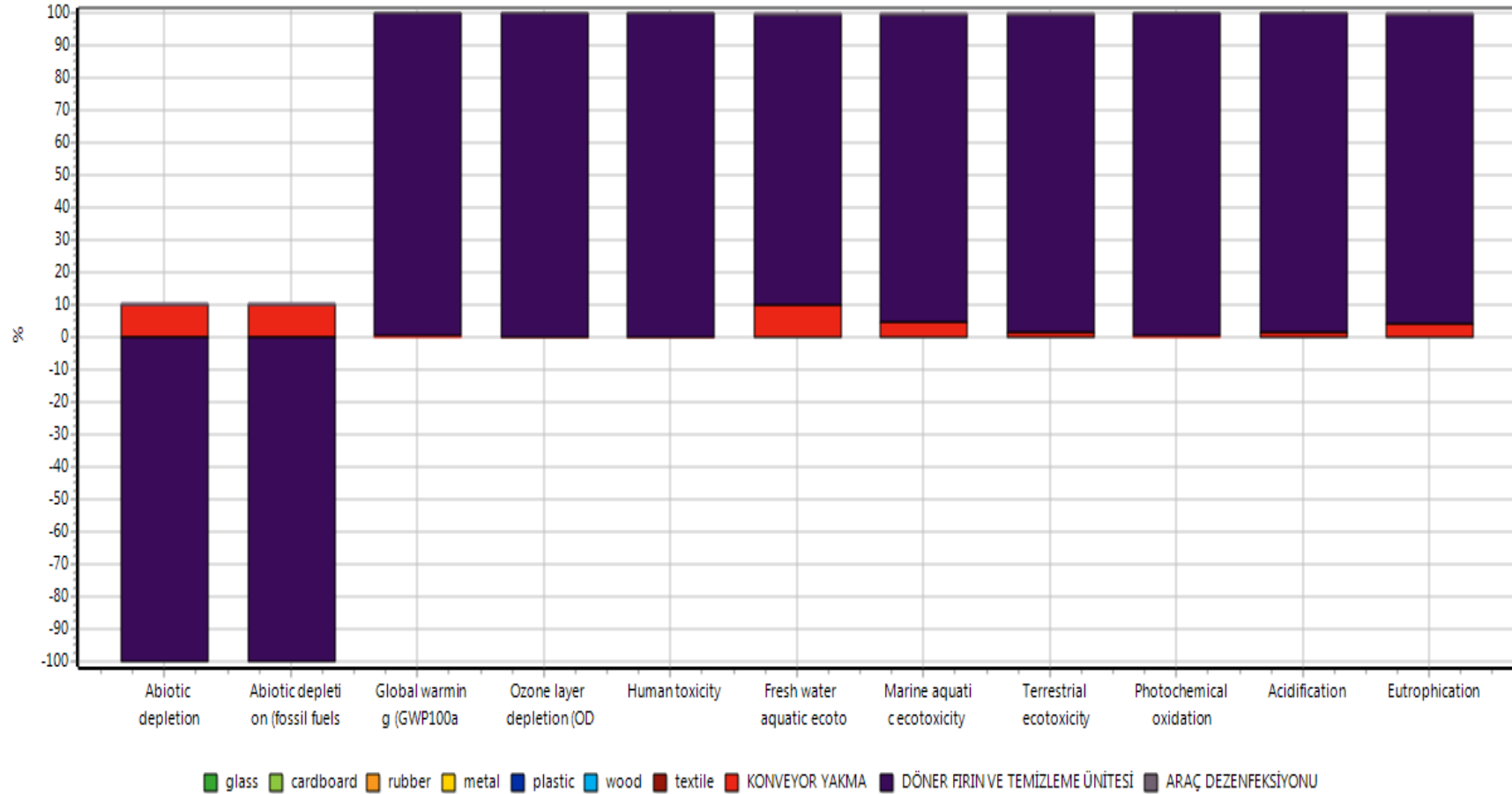
Tatlı su sucul ekotoksitede, en olumsuz etki döner fırın ve temizleme ünitesinden geldiği görülmektedir. Baryum, dioksin gibi kirleticilerin bu kategori için olumsuz etkileri söz konusudur. Deniz ekotoksitesinde yine en olumsuz etki döner fırın ve temizleme ünitesinden geldiği görülmektedir. Bu kategori için suya verilen baryum, havaya verilen hidrojen florür gibi kirleticilerin etkisi söz konusudur. Karasal

ekotoksistide ise en olumsuz etki döner fırın ve temizleme ünitesinden geldiği görülmektedir. Bu etkiye sebep olan kirleticiler başlıca dioksin ve kobaltdır.

Şekil 4.3.'de Fotokimyasal oksidasyonda en fazla etkinin, döner fırın ve temizleme ünitesinden geldiği görülmektedir. Bu proseslerde kullanılan yakıtlar ile elektrik kullanımı CO ve SO_x serbest fotokimyasal oksidasyon etkisi yaratmaktadır (Erses Yay, 2017).

Asidifikasyon etki kategorisi için SO₂, NO_x, HCl ve NH₃ başlıca kirleticilerdir. Şekil 4.3.'e bakıldığında yine en fazla etkinin döner fırın ve temizleme ünitesinden geldiği görülmektedir. Bu da yine kullanılan yakıtlardan ve tıbbi atıkların yakılmasından ötürüdür.

Döner fırın ve temizleme ünitesinde kullanılan yakıt ve tıbbi atıkların yanması sonucunda azot emisyonlarının ana kaynağı olan NO_x oluşturmaktadır. Bu da Şekil 4.3'de ötrofikasyona en fazla etki eden önemli bir faktördür. Şekle baktığımızda az da olsa konveyördeki elektrik tüketiminden ötürü ötrofikasyona bir etki olduğuda görülmektedir. Elektrik tüketiminin ötrofikasyona etkisi, kaynakların tüketiminden kaynaklanmaktadır (Erses Yay, 2017; Houschild, M. Z. ve Barlaz, M. A. 2011).



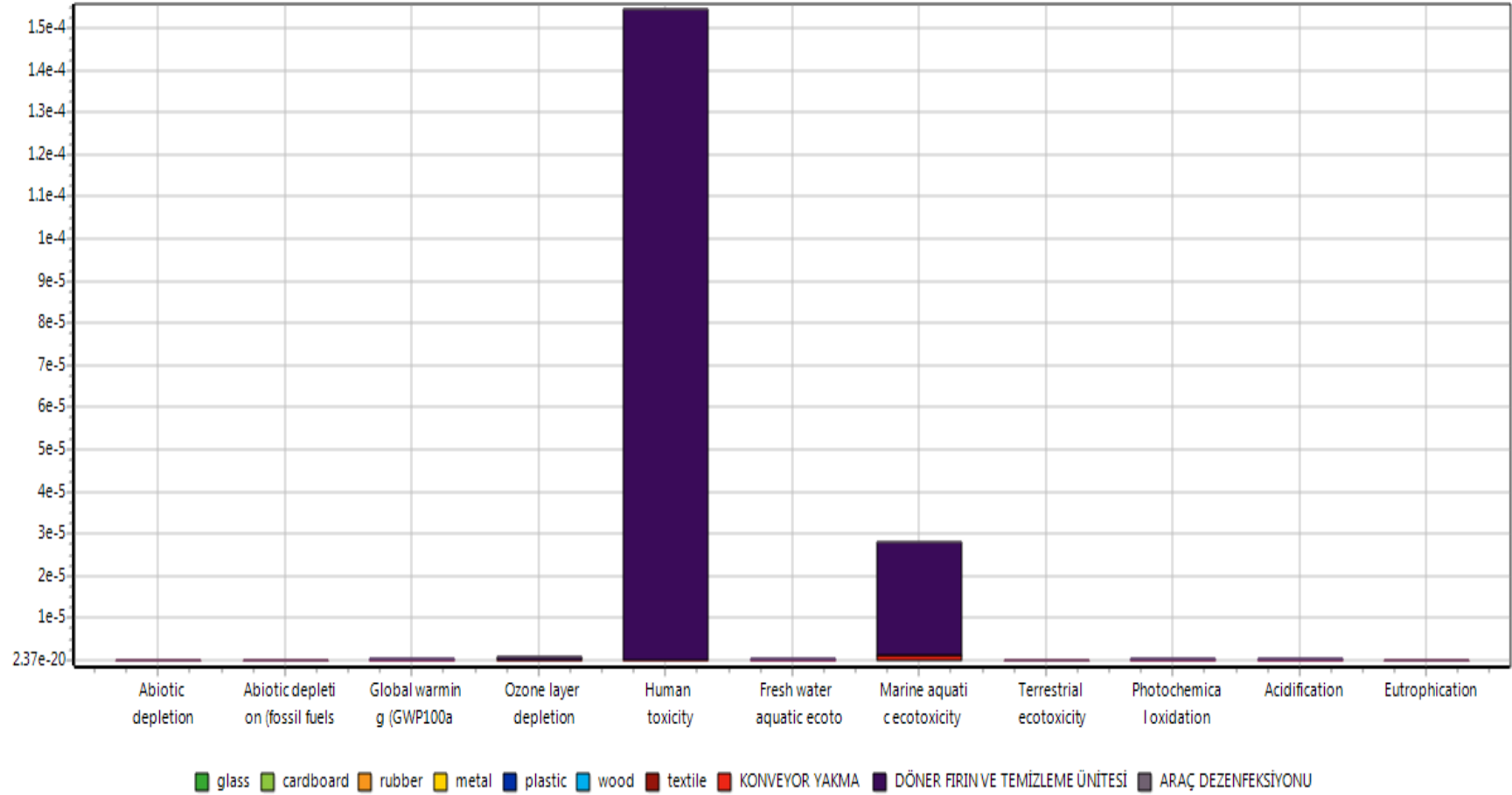
Method: CML-IA baseline V3.01 / World 2000 / Characterization
Analyzing 1 p 'Yakma';

Şekil 4.3. Yakma Tesisi (Karakterizasyonu)

Şekil 4.4.'de Yakma tesisine ait YDA normalizasyonu görülmektedir. Normalizasyon verilerine ait nicel değerler ise Tablo 4.2.'de verilmiştir. Bütün çevresel etki potansiyelleri birbirleriyle kıyaslanmış ve en yüksek etkinin insan toksisitesi ve ardından az da olsa deniz ekotoksitesine etki ettiği görülmüştür. Yakma tesisinde SO_x, NO_x, CO, dioksin gibi baca gazı emisyonları insan toksisitesine ve deniz toksisitesine sebep olmaktadır. Deniz ekotoksitesine olan bir başka etki ise elektrik kullanımından kaynaklı baryum, hidrojen florür gibi kirleticilerden kaynaklıdır.

Tablo 4.2. Yakma yöntemi normalizasyon sayısal verileri

Etki Kategorisi	Araç dezenfeksiyonu	Konveyör	Döner fırın ve temizleme ünitesi
Abiyotik Kaynakların Tükenmesi	3.1E-12	6.38E-11	-6.36E-10
Abiyotik Fosil Kaynakların Tükenmesi	2.6E-10	4.43E9	-4.37E-8
Küresel Isınma	2.16E-10	2.75E-9	5.37E-7
Ozon Tabakasının İncelmesi	9.47E-13	1.37E-12	8.48E-7
İnsan Toksikitesi	1.56E-9	2.3E-8	0.000154
Tatlısu Ekotoksitesisi	2.02E-9	3.75E-8	3.42E-7
Deniz Ekotoksitesisi	7.86E-8	1.28E-6	2.67E-5
Karasal Ekotoksitesite	7.61E-12	3.37E-11	2.29E-9
Fotokimyasal Oksidasyon	6.75E-11	8.17E-10	2.11E-7
Asidifikasyon	2.6E-10	3.28E-9	1.91E-7
Ötrofikasyon	2.02E-10	3.29E-9	7.14E-8



Method: CML-IA baseline V3.01 / World 2000 / Normalization
 Analyzing 1 p 'Yakma';

Şekil 4.4. Yakma Tesisi (Normalizasyonu)

4.3. Sterilizasyon ve Yakma Tesislerinin Yaşam Döngüsü Analizlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.5.'de sterilizasyon ve yakma tesislerinin yaşam döngüsü analizlerinin karşılaştırılmasına dair karakterizasyon grafiği görülmektedir. Burada abiyotik ve abiyotik fosil kaynakların tükenmesi kategorilerinde yakma tesisine ait negatif değerler görülmektedir. Bu negatif değerler aslında olumsuz bir durum değildir. Aksine tesisdeki elektrik geri kazanımından ötürü burada olumlu bir durum söz konusudur. Bir başka deyişle yakma tesisi, sterilizasyon tesisine göre abiyotik kaynakların tükenmesi ve abiyotik fosil kaynakların tükenmesi kategorilerinde daha çevrecidir.

Küresel ısınma ve ozon tabakasının incilmesi kategorilerinde yakma tesisinin etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yakma tesisindeki tehlikeli gaz salınımlarından kaynaklıdır. Bu gazlardan bazıları CO₂, N₂, CO, NO_x, HCl, HF, SO₂, CH₄, dioksin ve furandır. Bu gazların aynı zamanda insan toksisitesi kategorisine önemli derecede etkisi vardır. Şekil 4.5.'de de görüldüğü üzere insan toksisitesi kategorisine olan en fazla etki yakma tesisine aittir.

Şekil 4.5.'de tatlı su ekotoksitesinde, en fazla etkinin sterilizasyon tesisinden geldiğini görmekteyiz. Sterilizasyon tesisinden kaynaklı suya kobalt, baryum, berilyum gibi kirleticiler kirlilik etkisi yaratmaktadır. Yakma tesisinden suya verilen baryum, havaya verilen dioksin en önemli kirleticiler olmuştur.

Deniz ekotoksitesi kategorisinde en fazla etkinin sterilizasyon tesisinden geldiğini görmekteyiz. Sterilizasyon tesisinden kaynaklı suya verilen berilyum, baryum ve havaya verilen hidrojen florür başlıca kirleticiler olmuştur. Yakma tesisinden suya verilen baryum, havaya verilen hidrojen florür en önemli kirleticiler olmuştur.

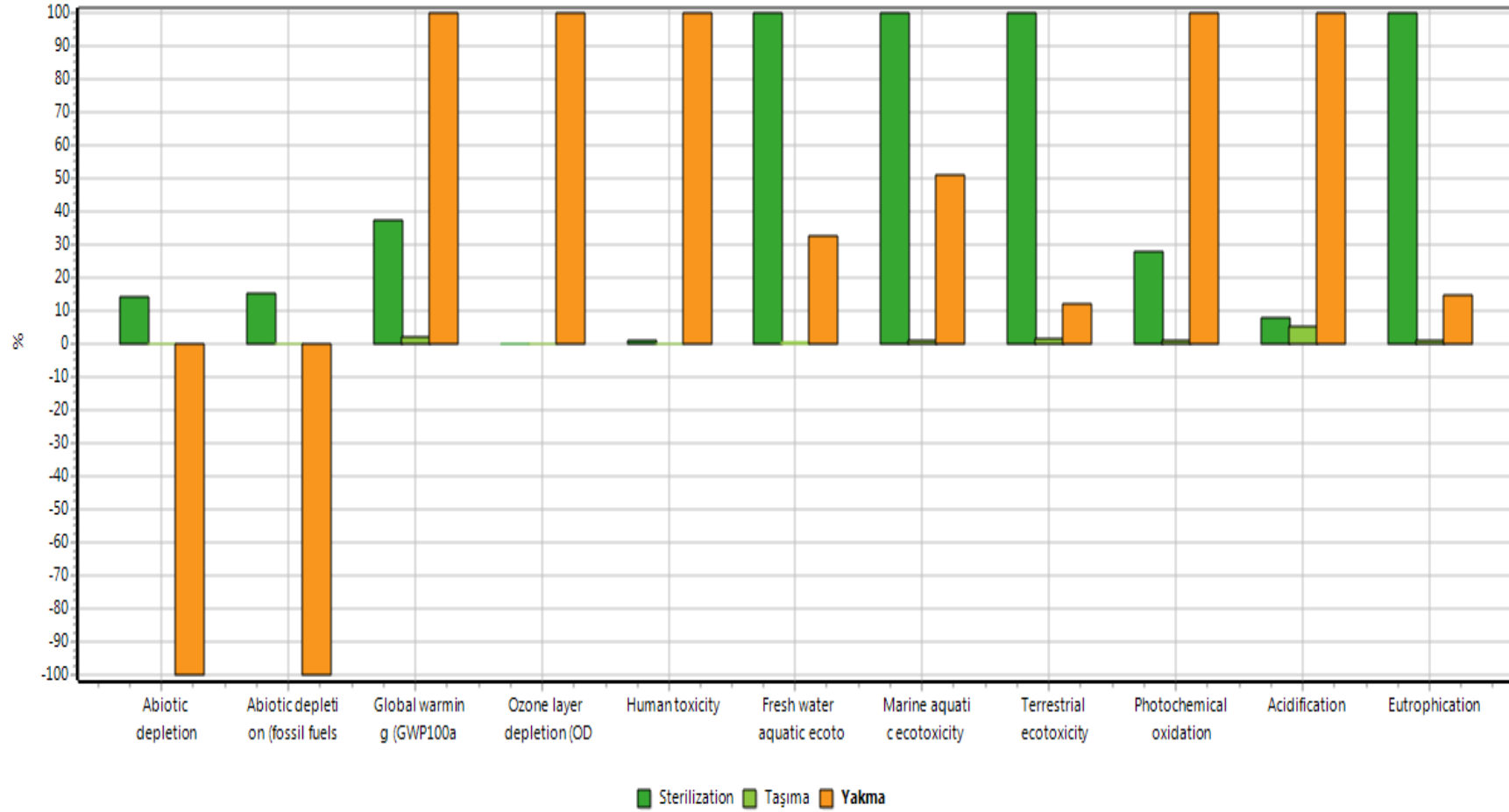
Karasal ekotoksite kategorisinde en fazla etkinin sterilizasyon tesisinden geldiğini görmekteyiz. Sterilizasyon tesisinden kaynaklı suya verilen cıva, toprağa verilen krom

VI ve baryum başlıca etki eden kirleticiler olmuştur. Yakma tesisinden havaya verilen dioksin, kobalt, selenyum en önemli kirleticiler olmuştur.

Şekil 4.5.'de fotokimyasal oksidasyon etki kategorisinde yakma tesisinin en fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Yakma tesisinin proseslerinde kullanılan yakıtlarda CO ve SO_x serbest fotokimyasal oksidasyon etkisi yaratmaktadır. Havaya verilen pentan, bütan, etilen, metan, karbonmonooksit, heksan bu kategori için başlıca etki eden kirleticiler olmuştur. Sterilizasyon tesisinden kaynaklı havaya verilen biyojenik metan bu kategori için etki göstermiştir.

Şekil 4.5.'de asidifikasyon kategorisi için en fazla etkinin yakma tesisinden geldiği görülmektedir. Bunun başlıca sebebi yakma tesisinde kullanılan yakıtlar ve tıbbi atıkların yakılması sonucu açığa çıkan tehlikeli baca gazı emisyonlarından olan NO_x, SO₂, HCl ve NH₃'tür.

Ötrofikasyon kategorisinde ise en fazla etkinin sterilizasyon tesisinden geldiği görülmektedir. Azot elementinin dönüşümündeki farktan ötürü sterilizasyon tesisinin etkisi, yakma tesisine göre daha fazla çıkmıştır.



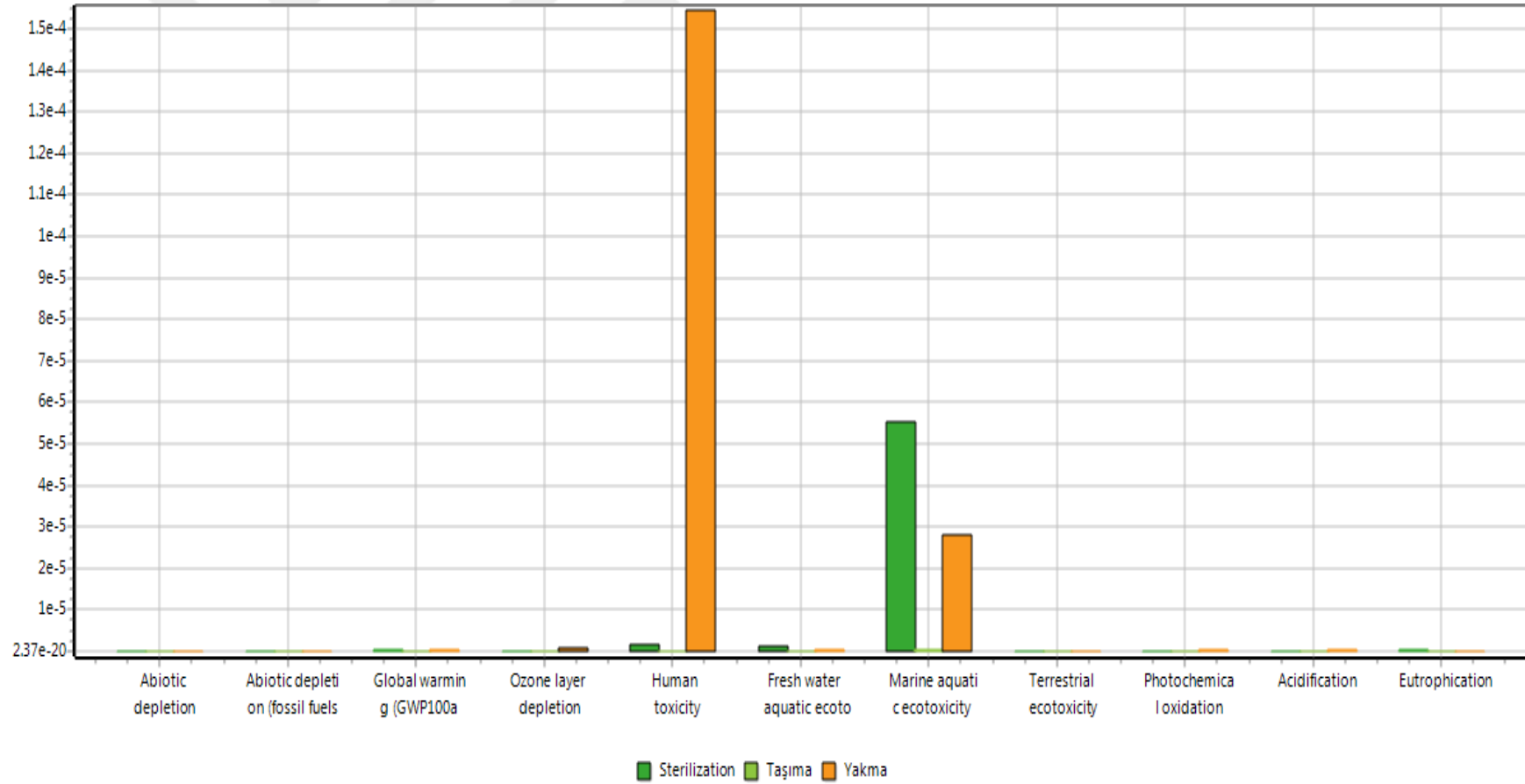
Method: CML-IA baseline V3.01 / World 2000 / Characterization
 Comparing 1 p 'Sterilization', 1 p 'Taşıma' and 1 p 'Yakma';

Şekil 4.5. Sterilizasyon, Yakma ve Taşıma Proseslerinin Yaşam Döngüsü Analizlerinin Karşılaştırılması (Karakterizasyon)

Şekil 4.6.'da sterilizasyon ve yakma tesislerinin yaşam döngüsü analizlerinin karşılaştırılmasına dair normalizasyon grafiği görülmektedir. Normalizasyon verilerine ait nicel değerler ise Tablo 4.3.'de verilmiştir. Bütün çevresel etki potansiyelleri birbirleriyle kıyaslanmış ve en yüksek etkinin insan toksisitesi kategorisinden yakma tesisi tarafından geldiği görülmüştür. Ardından deniz ekotoksitesisi kategorisi için ise en yüksek etkinin sterilizasyon tesisinden geldiği görülmektedir. İnsan toksisitesi kategorisinde en önemli kirleticinin dioksenden geldiğini görmekteyiz. Deniz ekotoksitesisi kategorisine etki eden en önemli kirleticiler suya verilen berilyum ve baryum ile havaya verilen hidrojen florürden kaynaklandığını görmekteyiz.

Tablo 4.3. Sterilizasyon ve yakma tesislerinin yaşam döngüsü analizlerinin karşılaştırılmalı normalizasyon sayısal verileri

Etki Kategorisi	Sterilizasyon	Taşıma	Yakma
Abiyotik Kaynakların Tükenmesi	8.18E-11	X	-5.7E-10
Abiyotik Fosil Kaynakların Tükenmesi	5.91E-9	1.56E-11	-3.9E-8
Küresel Isınma	2.03E-7	1.08E-8	5.4E-7
Ozon Tabakasının İncelmesi	3.31E-10	3.13E-10	8.48E7
İnsan Toksikitesi	1.64E-6	1.73E-8	0.000154
Tatlısu Ekotoksitesisi	1.16E-6	5.69E-9	3.82E-7
Deniz Ekotoksitesisi	5.51E-5	4.51E-7	2.81E-5
Karasal Ekotoksitesite	1.92E-8	2.53E-10	2.33E-9
Fotokimyasal Oksidasyon	5.89E-8	2.03E-9	2.12E-7
Asidifikasyon	1.53E-8	9.93E-9	1.94E-7
Ötrofikasyon	5.03E-7	4.07E-9	7.49E-8

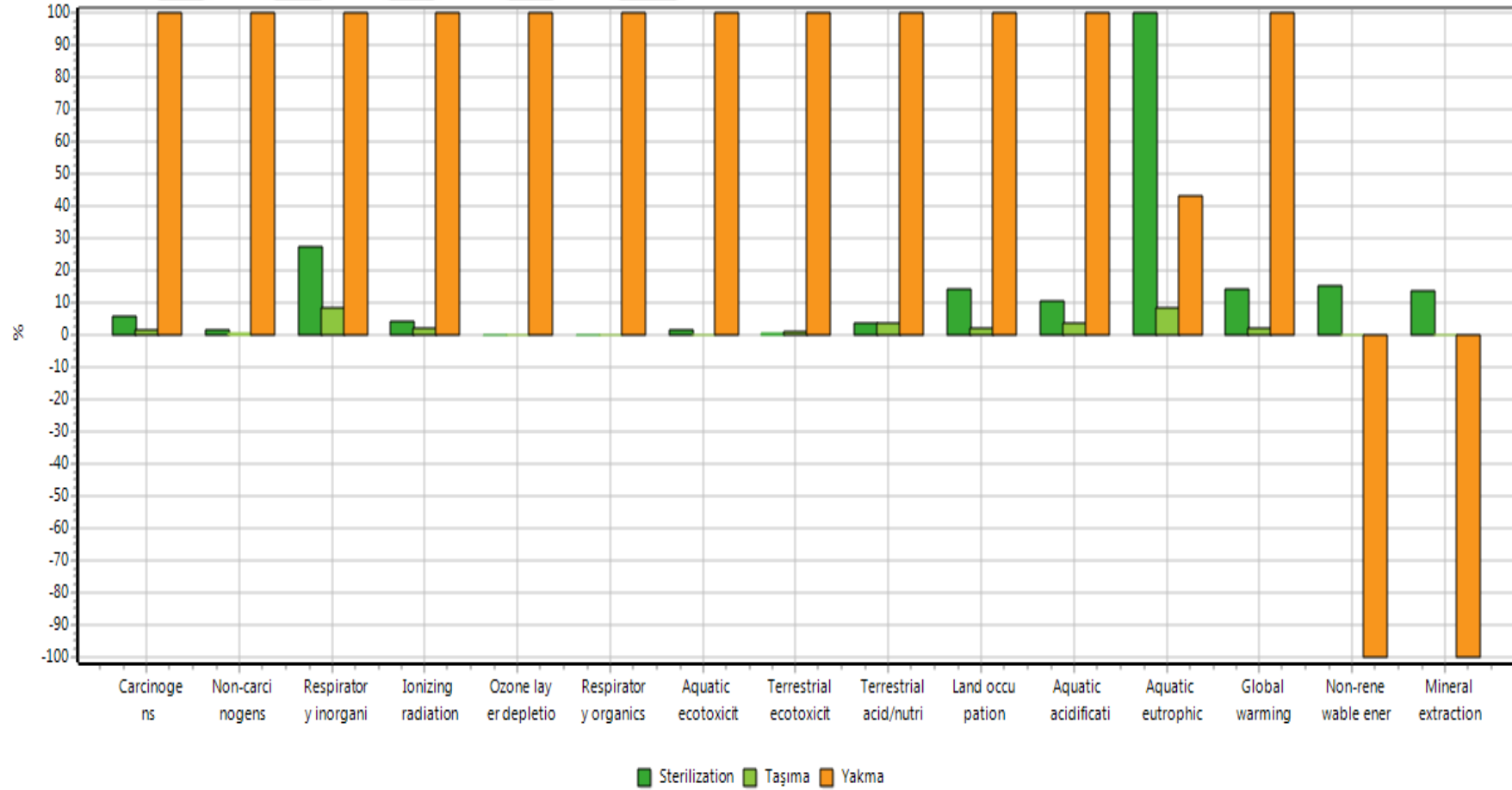


Method: CML-IA baseline V3.01 / World 2000 / Normalization
 Comparing 1 p 'Sterilization', 1 p 'Taşıma' and 1 p 'Yakma'

Şekil 4.6. Sterilizasyon, Yakma ve Taşıma Proseslerinin Yaşam Döngüsü Analizlerinin Karşılaştırılması (Normalizasyon)

Şekil 4.7. çalışmamızda kullanılan etki yöntemi dışında farklı etki yöntemi seçilerek yapılan duyarlılık analizi sonuçlarını göstermektedir. Şekilden görüldüğü üzere farklı etki yöntemleri seçilse bile sonuçların çevresel etkiler kategorilerinde benzerlik göstererek, duyarlılık analizi sonuçlarımızın güvenilir olduğunu göstermiştir.





Method: IMPACT 2002+ V2.11 / IMPACT 2002+ / Characterization
 Comparing 1 p 'Sterilization', 1 p 'Taşıma' and 1 p 'Yakma'

Şekil 4.7. Duyarlılık analizi için farklı etki değerlendirmesinin karakterizasyon sonuçları (Impact 2002)

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada 2017 yılı için İstanbul ilindeki tıbbi atık bertaraf yöntemleri ele alınmış olup, uygulanan yöntemlerin Yaşam Döngüsü Analizi aracılığıyla çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. İstanbul'da tıbbi atık bertarafı için iki yöntem söz konusudur. Bunlar, sterilizasyon ve yakmadır. YDA için SimaPro 8.4. yazılımı kullanılıp, etki kategorisi olarak CML-IA seçilmiştir.

Sterilizasyon tesisine bakıldığında bütün etki kategorileri için genel olarak en fazla etkinin elektrik kullanımından ve LNG kullanımından geldiği görülmektedir. Bütün çevresel etki potansiyelleri birbiriyle kıyaslanarak hangi etkinin daha yüksek olduğunu belirleyen normalizasyon aşamasında ise deniz ekotoksitesitesi en yüksek etkiye sahiptir. Soares ve ark.'nın 2012 yılında yaptıkları çalışmada ise otoklavda sterilizasyon aşamasında, elektrik kullanımı nedeniyle iklim değişikliği (insan sağlığı) ve fosil yakıtların tükenmesi kategorilerindeki etkiler ön plandadır.

Yakma tesisine bakıldığında abiyotik kaynakların tükenmesi ve abiyotik fosil kaynakların tükenmesi kategorilerinde tesisdeki elektrik geri kazanımından ötürü olumlu bir durum söz konusudur. Diğer etki kategorileri ise yakma tesisindeki konveyör ile döner fırın ve temizleme ünitesinden kaynaklı bir etkiye sahiptir. Tıbbi atıkların yakılması, kullanılan yakıt ve elektrik sarfiyatı diğer etki kategorileri üzerinde etkili olmuştur. Normalizasyon aşamasında ise en yüksek etki, insan toksisitesi ve ardından az da olsa deniz ekotoksitesitesinden gelmektedir. Çalışmamızın sonuçları literatür ile uyumlu olup Ahmad ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları çalışmada da yakma için en yüksek etkilerin insan toksisitesi ve ardından deniz ekotoksitesitesinde olduğunu bulmuşlardır. Yakma tesisinde SO_x, NO_x, CO, dioksin gibi baca gazı emisyonları insan toksisitesine ve deniz toksisitesine sebep olmaktadır. Deniz

ekotoksitesine olan bir başka etki ise elektrik kullanımından kaynaklı baryum, hidrojen florür gibi kirleticilerden kaynaklıdır.

Sterilizasyon ve yakma tesisleri ile tesise atık taşıma kısmının karşılaştırılmalı YDA'sı yapıldığında altı kategori hariç diğer kategorilerde en yüksek etkinin yakma tesisinden geldiği görülmektedir. Yakma tesisi, abiyotik kaynakların tükenmesi ve abiyotik fosil kaynakların tükenmesi kategorilerindeki elektrik kazanımından ötürü bu iki kategori için sterilizasyon tesisinden daha çevrecidir. Küresel ısınma, ozon tabakasının incelmeye, insan toksisitesi, fotokimyasal oksidasyon ve asidifikasyon kategorilerinde yakma tesisi en yüksek etkiye sahiptir. Tatlı su ekotoksitesini, deniz ekotoksitesini, karasal ekotoksitesini ve ötrofikasyon kategorilerinde ise sterilizasyon tesisi en yüksek etkiye sahiptir. Zhao ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada ise yakma tesisi, küresel ısınma ve tatlı su ekotoksitesinde en yüksek etkiye sahipken, sterilizasyon tesisinin ötrofikasyon kategorisinde en yüksek etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Çevresel etkiler bütünü açısından da enerji geri kazanımlı yakmanın, sterilizasyon tesisinden daha olumlu etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızda ise insan toksitesini kategorisi için en yüksek etkinin yakma tesisinden, ardından deniz ekotoksitesini kategorisi için ise en yüksek etkinin sterilizasyon tesisinden geldiği görülmektedir.

Bu çalışmada tıbbi atık bertaraf yöntemleri sadece çevresel etkiler açısından incelenmiş olup, bertaraf yöntemlerinin ekonomik ve sosyal etkilerini dikkate alan diğer karar verme araçları ile desteklenmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Afolabi, O., Aluko, O., Bolade Kehinde, A., Funmito, F. 2018. Healthcare waste management practices and risk perception of healthcare workers in private healthcare facilities in an urban community in Nigeria. 12:305-311.
- Ahmad, R., Liu, G., Santagata, R., Casazza, M., Xue, J., Khan, K., Nawab, J., Ulgiati, S., Lega, M. 2019. LCA of hospital solid waste treatment alternatives in a developing country: the case of district swat, Pakistan. Sustainability.
- Alhumoud, JM; Alhumoud, HM (2007). An analysis of trends related to hospital solid wastes management in Kuwait. Management of environmental quality international journal. 18 (5): 502-513.
- Ali, M., Wang, W., Chaudhry, N. 2016. Application of life cycle assessment for hospital solid waste management: A case study, Journal of the Air & Waste Management Association, 66 (10): 1012-1018.
- Altin, S., Altin, A., Eevli, B., Cerit, O. 2003. Determination of hospital waste composition and disposal methods: a case study. Polish Journal of Environmental Studies, 12: 251-255.
- Alwabr, G., Al-Mikhlaflafi, A., A Al-Hakimi, S., A Dughish, M. 2016. Determination of medical waste composition in hospitals of Sana'a city, Yemen, 343-347.
- Awodele, O., Adewoye, A., Cyril Oparah, A. 2016. Assessment of medical waste management in seven hospitals in Lagos, Nigeria. BMC Public Health.
- Birpinar, E., Bilgili, M., Erdoğan, T. 2008. Medical waste management in Turkey: A case study of Istanbul. Waste management (New York, N.Y.). 29. 445-8.
- Bishop, P.L. 2000. Pollution Prevention, Mc Graw Hill, Singapore.
- Campion, N., Thiel, C., Woods, N., Swanzy, L., E. Landis, A., Bilec, M. 2015. Sustainable healthcare and environmental life-cycle impacts of disposable supplies: A focus on disposable custom packs. Journal of Cleaner Production.
- Çetinbaş, M. 2017. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan tıbbi atıkların kütleli karakterizasyonu. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

- Dehghani, M. H., Azam, K., Changani, F., Dehghani, F. 2008. Assessment of medical waste management in educational hospitals of tehran university medical sciences. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 5(2): 131-136.
- Demirer, N. G. 2017. *Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları I, Yaşam Döngüsü Analizi*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Emmanuel, J. 2004. Non-incineration medical waste treatment technologies in Europe”, *Health Care Without Harm Europe*, Czech Republic.
- Erses Yay, S. 2017. Yaşam döngüsü analizinin ambalaj atıklarının yönetiminde kullanılması, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- European Environment Agency, *Life Cycle Assessment (LCA) A guide to approaches, experiences and information sources*. 1997. Environmental Issues Series, 6, United Kingdom.
- Foust, T. D., Gish, D. D. 1996. Future Perspective. In *Environmental Life-Cycle Assessment*, ed M. A. Curran. New York: McGraw-Hill, 18.1-18.16.
- Ghodrat, M., Rashidi, M., Samali, B. 2017. Life Cycle Assessments of Incineration Treatment for Sharp Medical Waste. In: Zhang L. et al. (eds) *Energy Technology 2017. The Minerals, Metals & Materials Series*. Springer, Cham.
- Houschild, M. Z. ve Barlaz, M. A. 2011. Atık Yönetiminde YDD: İlke ve Yöntemlerine Giriş. Demir, A., ve Akça, L. (eds), *Katı atık yönetimi ve teknolojileri*, Nobel Yayıncılık, Danimarka, 113-136.
- Hulgaard, T., ve Vehlow, J. 2011: *Yakma: Süreç ve Teknolojileri*. Christensen, T. H. (eds), *Katı atık yönetimi ve teknolojileri*. Nobel Yayıncılık, Danimarka, 365-420.
- International Standards Organization. 1998. *Life Cycle Assessment- Impact Assessment ISO 14042*.
- ISO (2006): *Environmental management – life cycle assessment – principles and framework*. ISO 14040. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Karadağ, A., 2005. “Otoklav ile Sterilizasyon”, 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 20-24 Nisan 2005, Samsun, 78–86.
- Klopffer, W. *Environ. Sci., Pollut. Res.* 1997. 4: 223.
- Kuzu, L. 2010: *Tıbbi Atıkların Bertaraf Sistemleri*. Eker, H. H., Dolunay, Ö. (eds), *Sağlık sektörü atık yönetimi*, İstanbul, 317-327.
- M.Hauschild, H.Wenzel. 1998. *Environmental Assessment of Products. Scientific Background*. vol.2. Chapman &Hall. UK.

- Mammadov A., Cılız N. 2017. Yaşam döngüsü analizi: tanımı, amacı, sürdürülebilirlik kavramlarıyla ilişkisi ve sanayideki yeri. *Anahtar dergisi*, 345:4-9.
- Millî Eğitim Bakanlığı 2016. Sağlık Hizmetleri/Tıbbi Atık. Ankara.
- Mohee, R (2005). Medical wastes characterisation in healthcare institutions in Mauritius. *Waste management*. 25 (6): 575 - 581.
- Morcillo, A. A., ve Fernandez, O. 2010: Enfeksiyon Tehlikesi Taşıyan Tıbbi Atıkların İşlenmesinde Uluslararası Geçerliliği Olan Sistemler. Eker, H. H., Dolunay, Ö. (eds), Sağlık sektörü atık yönetimi, İstanbul, 328-344.
- Özel, Ş., Tozlu, G., Ercan, N., Tatar, Z., Türkeri, İ., Ünkoç, E., & Engin Üstün, Y. 2018. Bir kadın doğum hastanesindeki tıbbi atık yönetim ve maliyet analizi. *Jinekoloji- Obstetrik ve Neonatoloji Tıp Dergisi*, 15(1).
- Prüss, A., Giroult E., Rushbrook, P., Stringer, R., Townend, W., Wilburn, S., Zghondi, R., 2014. Safe Management of Wastes From Healthcare Activities, 2. Baskı, World Health Organization, Malta.
- Ripaldi, G. 2015. Life cycle assessment of waste management system. The case of Avezano, Italy, Master of Science Thesis.
- Ruxuan, N., 2011. Life cycle assessment of solid waste collected from household in macau. Master of Science, Faculty of Science and Technology, University of Macau.
- Sawalem, M; Selic, E; Herbell, J. 2009. Hospital waste management in Libya: A case study. *Waste management*. 29 (4): 1370-1375.
- Shinee, E., Gombojav, E., Nishimura, A., Hamajima, N., Ito, K. 2008. Healthcare waste management in the capital city of Mongolia. *Waste management (New York, N.Y.)*. 28:435-41.
- SimaPro Database Manual, 2018. <https://www.pre-sustainability.com/download/manuals/DatabaseManualMethods.pdf>,. Erişim Tarihi: 23.11.2018.
- Soares, S. R., Finotti, A. R., da Silva, V. P., Alvarenga, R. A., 2012. Applications of Life Cycle Assessment and Cost Analysis in Health Care Waste. *Elsevier Waste Management*, 33:175-183.
- T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü (2006/7), Tıbbi Atıkların Sterilizasyonu, 31.03.2006.
- T.C. Resmî Gazete, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (27533), 26.10.2010.
- T.C. Resmî Gazete, Radyoaktif Madde Kullanımından Oluşan Atıklara İlişkin Yönetmelik (25571), 02.09.2004.

- T.C. Resmî Gazete, Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (25883), 22.07.2005.
- T.C. Resmî Gazete, Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (29959), 25.01.2017.
- Taghipour, H; Mosaferi, M. 2009. Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran. *Journal of science of the total environment*. 407 (5): 1527- 1535.
- Tekdemir, Ö. 2011. Sağlık kuruluşlarının tıbbi atıklar toplama, depolama ve bertaraf etme yöntemleri: Isparta örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2006. Life Cycle Assessment: Principles and Practice, EPA/600/R-06/060, May 2006, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, USA.
- United Nations Environment Programme (UNEP). 1996. Life Cycle Assessment: What it is and how to do it. France.
- Vigon, B. W., Tolle, D. A., Comaby, B. W., Latham, H. C., Harrison, C. L. Boguski, T. L, Hunt, R. G. and Sellers, J. D. 1993. Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles. EPA/600/R-92/245. Cincinnati, OH: U.S. EPA.
- Zhao, W., E. van der Voet, G. Huppel, and Y. Zhang. 2008. Comparative life cycle assessments of incineration and non-incineration treatments for medical waste. *Int. J. Life Cycle Assess.* 14:114–21.
- <https://www.earthshiftglobal.com/software/earthsmart-lca-software.>, Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- https://epdturkey.org/wp-content/uploads/creavit_vitrifiye_seramik_saglik_gerecleri_epd_turkey_tr.pdf., Erişim Tarihi: 31.10.2019.
- [https://www.ifu.com/en/umberto/lca-software/.](https://www.ifu.com/en/umberto/lca-software/), Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- https://quantis-suite.com/free_product.html., Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- <https://www.istac.istanbul>, Erişim Tarihi: 11.04.2018.
- <https://www.enviance.com/about.>, Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- <https://www.simapro.com>, Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- <https://www.sustainableminds.com/software.>, Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- [http://www.openlca.org/open-source/.](http://www.openlca.org/open-source/), Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- [http://www.gabi-software.com/turkey/index/.](http://www.gabi-software.com/turkey/index/), Erişim Tarihi: 26.08.2019.

EKLER

EK 1: 2017 Yılı Asya Yakası Akaryakıt Gider Ve Km Başına Düşen Atık Miktarı Tablosu

Araç No	O C A K				ŞUBAT				M A R T			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	137.650	9.857	14	2.001,2	126.350	8.690	15	2.315,6	144.100	9.922	15	2.462,9
2	114.900	10.080	11	2.049,8	102.450	9.362	11	2.228,8	109.750	10.043	11	2.336,3
3	20.050	4.555	4	643,4	15.500	2.329	7	556,8	26.100	3.316	8	770,2
4	37.450	4.582	8	818,3	30.450	3.588	8	784,1	43.900	5.161	9	1.146,6
5	104.400	8.608	12	2.033,4	101.950	8.365	12	2.327,9	14.900	1.112	13	342,1
6	19.300	2.678	7	506,9	14.550	1.892	8	531,2	19.600	2.664	7	633,2
7	5.650	3.127	2	394,2	4.850	2.293	2	501,9	4.250	4.052	1	482,6
8	17.150	2.924	6	302,5	14.750	2.768	5	476,9	17.150	3.312	5	573,6
9	70.000	5.425	13	1.083,1	79.600	5.787	14	1.407,2	122.900	8.384	15	1.969,1
10	12.250	1.835	7	321,0	7.850	1.179	7	452,3	12.650	1.995	6	449,6
11	95.100	7.178	13	1.603,2	64.200	4.716	14	1.151,6	69.500	4.555	15	1.208,6
12	127.650	9.112	14	2.051,9	114.600	7.871	15	1.956,8	96.450	6.365	15	1.507,5
13	7.850	1.594	5	343,2	11.100	1.587	7	413,4	19.500	2.287	9	548,4
14	6.550	1.803	4	337,8	7.850	1.835	4	323,5	12.500	2.192	6	480,7
15	9.150	2.696	3	287,2	9.350	2.649	4	311,5	9.850	2.998	3	432,3
16	8.150	1.766	5	104,7	8.350	1.738	5	278,2	6.900	1.835	4	272,5
GENEL TOPLAM	793.250	77.820	10	14.881,7	713.750	66.649	11	16.017,6	730.000	70.193	10	15.616,2

Araç No	NİSAN				MAYIS				HAZİRAN			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	137.800	9.693	14	2.486,9	133.950	9.118	15	2.305,2	128.591	9.017	14	2.103,3
2	98.987	9.451	10	2.162,9	96.200	9.956	10	2.277,0	69.342	6.389	11	1.567,7
3	29.588	3.057	10	714,6	19.550	2.407	8	619,5	18.050	2.466	7	544,6
4	36.650	4.340	8	949,5	31.900	3.903	8	888,0	18.900	2.437	8	516,4
5	81.838	6.673	12	1.828,9	113.350	1.365	83	361,3	89.391	6.968	13	1.936,5
6	27.887	2.879	10	764,3	15.850	2.126	7	547,3	10.050	1.199	8	343,6
7	1.050	2.251	0	383,6	4.750	3.581	1	579,8	7.200	2.736	3	456,2
8	13.850	2.892	5	535,3	16.150	2.984	5	498,6	8.400	2.276	4	354,0
9	119.300	7.679	16	1.778,4	118.900	8.656	14	2.064,0	112.643	7.164	16	1.680,1
10	14.250	1.929	7	441,4	11.950	1.597	7	511,9	7.850	1.227	6	277,1
11	61.450	4.348	14	1.031,0	88.150	6.110	14	1.514,9	93.442	5.550	17	1.426,3
12	90.850	5.504	17	1.438,7	96.100	6.583	15	1.532,1	98.741	5.421	18	1.403,5
13	23.600	1.820	13	462,1	13.250	1.789	7	410,4	11.700	1.623	7	414,7
14	11.250	1.777	6	354,7	8.000	1.793	4	443,9	8.150	1.768	5	340,9
15	6.600	2.627	3	359,4	9.650	2.825	3	413,7	7.000	2.544	3	387,6
16	4.200	1.496	3	252,3	10.950	2.106	5	334,2	5.550	1.638	3	229,0
GENEL TOPLAM	759.150	68.416	11	15.944,0	788.650	66.899	12	15.301,8	695.000	60.423	12	13.981,4

Araç No	TEMMUZ				AĞUSTOS				EYLÜL			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	137.850	9.919	14	2.455,8	131.950	9.030	15	2.327,8	126.100	9.364	13	2.164,3
2	79.150	8.270	10	1.866,1	89.050	8.497	10	1.981,8	80.850	8.654	9	1.923,9
3	32.283	2.014	16	542,3	23.575	1.446	16	295,3	24.350	2.417	10	668,7
4	18.100	2.756	7	570,8	24.200	2.745	9	727,6	28.900	1.922	15	406,4
5	98.050	8.890	11	2.327,9	93.675	6.831	14	1.963,4	85.600	8.060	11	2.081,0
6	11.650	1.737	7	462,8	10.350	1.708	6	508,5	13.650	1.750	8	397,3
7	5.300	3.258	2	565,1	4.250	3.093	1	541,3	3.250	2.765	1	417,6
8	10.450	2.556	4	396,8	14.550	2.573	6	521,6	12.800	2.312	6	447,6
9	81.017	3.370	24	750,7	103.950	5.631	18	1.564,4	111.850	7.876	14	1.496,1
10	8.150	1.210	7	366,2	12.100	1.628	7	476,2	15.950	1.757	9	434,2
11	82.200	6.366	13	1.432,2	90.400	5.874	15	1.415,2	82.100	5.914	14	1.411,7
12	114.050	7.337	16	1.756,7	85.300	4.873	18	1.144,9	66.900	3.640	18	853,9
13	12.400	1.664	7	363,3	7.650	667	11	158,4	4.550	842	5	148,9
14	6.000	1.518	4	324,4	8.700	1.944	4	337,6	8.550	1.809	5	385,4
15	7.300	2.784	3	350,1	8.600	2.537	3	382,8	6.400	2.166	3	318,7
16	6.700	1.727	4	312,8	5.150	1.704	3	243,8	7.150	1.882	4	269,2
GENEL TOPLAM	710.650	65.376	11	14.844,0	713.450	60.781	12	14.590,6	678.950	63.130	11	13.824,9

Araç No	EKİM				KASIM				ARALIK			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	137.050	10.046	14	2.349,6	142.350	10.008	14	2.467,4	177.000	9.836	18	2.485,0
2	100.550	9.998	10	2.263,5	98.950	9.497	10	2.189,5	102.000	9.266	11	2.343,3
3	13.450	2.300	6	512,3	13.300	2.480	5	649,2	14.150	2.047	7	522,3
4	15.350	2.504	6	543,3	16.100	2.632	6	633,6	13.450	1.894	7	451,0
5	109.900	9.749	11	2.574,2	110.900	9.622	12	2.580,7	105.000	8.292	13	2.361,3
6	14.000	1.831	8	437,4	14.100	1.822	8	437,3	20.550	1.875	11	491,0
7	6.600	3.559	2	613,3	5.000	3.845	1	564,3	6.750	2.854	2	538,4
8	12.400	2.592	5	452,1	11.250	2.776	4	412,7	9.750	2.181	4	383,2
9	100.900	6.697	15	1.621,5	120.800	9.260	13	2.252,5	112.650	7.344	15	1.983,9
10	10.650	1.364	8	457,9	13.250	1.713	8	414,0	10.700	1.443	7	454,8
11	99.400	6.911	14	1.754,1	76.600	5.810	13	1.420,7	105.150	6.935	15	1.927,8
12	117.300	8.386	14	1.962,6	121.250	8.797	14	2.159,3	123.700	8.531	15	2.201,9
13	8.200	1.465	6	395,3	17.900	837	21	163,4	12.250	1.469	8	384,4
14	8.450	1.755	5	391,7	9.750	2.023	5	376,8	7.850	1.736	5	405,5
15	9.250	3.063	3	444,2	8.200	2.831	3	431,0	9.300	2.875	3	424,5
16	9.100	1.736	5	259,2	6.800	2.120	3	258,3	6.250	1.543	4	329,5
GENEL TOPLAM	772.550	73.956	10	17.032,1	786.500	76.073	10	17.410,7	836.500	70.121	12	17.687,6

EK 2: 2017 Yılı Avrupa Yakası Akaryakıt Gider ve Km Başına Düşen Atık Miktarı Tablosu

Araç No	OCAK				ŞUBAT				MART			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	117.800	4.396	26,797	1115,05	91.550	3.069	29,83056	899,39	92.800	3.464	26,78	867,99
2	19.550	1.673	11,686	485,10	17.150	1.383	12,40058	440,35	18.350	1.726	10,63	404,5
3	13.550	3.048	4,4455	686,09	15.500	2.604	5,952381	642,16	18.100	3.211	5,63	817,37
4	148.500	6.329	23,463	1600,24	168.300	6.055	27,79521	1684,26	176.500	7.175	24,59	1.943,17
5	12.950	1.769	7,3205	393,57	13.500	1.813	7,446222	428,52	14.450	1.736	8,32	595,28
6	95.400	3.714	25,687	991,43	88.650	3.339	26,54987	917,04	107.050	4.240	25,24	1.015,72
7	119.850	4.811	24,912	1234,05	115.450	4.760	24,2542	1226,76	123.350	5.025	24,54	1.234,85
8	14.200	1.643	8,6427	343,78	15.000	1.735	8,645533	309,09	15.300	1.430	10,69	409,96
9	136.000	5.234	25,984	1374,61	115.500	4.671	24,72704	1111,37	113.750	4.535	25,08	1.198,66
10	21.550	2.213	9,7379	647,94	15.900	1.953	8,141321	476,53	18.650	2.479	7,52	728,82
11	20.000	1.949	10,262	456,59	19.800	1.684	11,75772	522,85	5.400	7.055	0,76	1.496,84
12	114.000	2.021	56,408	861,20	106.900	3.921	27,26345	875,09	125.400	4.120	30,43	1.043,31
13	118.400	3.961	29,891	924,26	87.400	2.919	29,94176	615,54	112.250	2.920	38,44	937,43
14	35.350	1.721	20,54	461,70	72.000	1.701	42,32804	553,04	40.700	2.600	15,65	555,41
15	169.850	3.926	43,263	1108,69	138.950	3.487	39,84801	916,46	167.300	3.739	44,74	1.031,04
16	127.400	3.816	33,386	947,93	110.550	3.112	35,52378	864,51	125.550	3.547	35,39	1.019,80
17	49.650	2.286	21,719	506,04	39.200	2.447	16,01962	518,72	111.000	5.739	19,34	872,31
18	41.750	2.491	16,76	560,90	52.150	2.084	25,02399	634,16	12.600	2.750	4,58	261,31
19	10.850	1.711	6,3413	227,76	9.250	1.632	5,667892	232,88	9.550	1.649	5,79	237,33
20	8.900	1.622	5,4871	232,21	8.100	1.835	4,414169	174,12	9.950	1.426	6,97	260,05
21	16.300	1.552	10,503	259,39	16.900	1.797	9,404563	259,92	19.100	1.900	10,05	349,08

22	12.700	1.571	8,084	222,61	13.450	1.995	6,741855	332,40	14.500	1.494	9,71	261,5
23	15.600	1.650	9,4545	206,31	13.100	1.539	8,512021	228,18	12.200	1.356	8,99	240,31
24	29.150	1.907	15,286	237,61	20.450	1.936	10,56302	287,93	14.500	1.276	11,36	206,98
25	-	-	-	-	6.450	1.155	5,584416	59,60	15.600	1.278	12,21	232,05
26	-	-	-	-	8.800	1.275	6,901961	70,93	25.150	1.616	15,56	351,8
27	-	-	-	-	3.450	1.084	3,182657	60,74	16.150	1.682	9,60	259,33
28	16.450	1.972	8,3418	309,30	7.450	1.800	4,138889	181,74	1.650	1.950	0,84	236,6
29	23.250	2.336	9,9529	440,75	12.700	1.678	7,568534	308,27	20.850	1.987	10,49	370,84
GENEL TOPLAM	1.508.950	71.322	474,354	16.835,11	1.403.550	70.463	476,1293	15.832,55	1.557.700	85.105	460,04	19.439,64

Araç No	NİSAN				MAYIS				HAZİRAN			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	113.700	4.004	28,40	1129,42	137.800	5.054	27,27	1308,38	115.250	4.449	25,90	1120,33
2	2.500	530	4,72	115,4	16.500	1.522	10,84	448,75	13.950	1.779	7,84	507,32
3	13.700	2.706	5,06	568,4	13.950	2.667	5,23	674,52	13.900	2.996	4,64	774,18
4	138.900	6.052	22,95	1638,03	191.500	7.403	25,87	2070,38	153.300	5.957	25,73	1580,28
5	12.150	1.682	7,22	370,35	13.400	1.481	9,05	417,33	10.150	1.357	7,48	371,44
6	94.850	3.648	26,00	878,94	106.500	3.917	27,19	1028,45	92.600	3.776	24,52	898,94
7	115.800	4.751	24,37	1264,81	97.650	3.947	24,74	970,09	86.150	3.502	24,60	913,54
8	14.700	1.442	10,19	317,78	17.600	1.655	10,63	388,87	15.400	1.412	10,91	339,08
9	94.750	3.936	24,07	1011,14	101.050	4.284	23,59	1040,73	94.400	3.739	25,25	977,26
10	14.600	2.194	6,65	579,32	14.300	1.998	7,16	548,79	14.700	2.000	7,35	491,64
11	-	1.239	0,00	384,32	-	1.746	0,00	1746,23	-	2.280	0,00	1153,63
12	132.550	4.471	29,65	1031,08	46.800	1.809	25,87	498,07	64.750	2.258	28,68	543,33
13	92.550	3.968	23,32	666,59	99.000	2.757	35,91	816,99	102.600	2.990	34,31	816,47

14	37.750	2.000	18,88	455,66	35.750	1.239	28,85	512,56	40.550	1.897	21,38	537,56
15	142.950	3.324	43,01	901,36	207.500	4.746	43,72	1263,28	195.700	4.424	44,24	1119,97
16	109.850	3.043	36,10	826,16	105.150	3.036	34,63	816,69	99.900	2.658	37,58	681,89
17	102.250	5.330	19,18	1028,93	108.500	5.717	18,98	1140,6	78.250	4.006	19,53	780,95
18	4.200	2.288	1,84	176,54	12.650	1.312	9,64	461,07	9.150	95	96,32	223,35
19	11.050	1.794	6,16	265,49	10.650	1.918	5,55	238,51	7.300	1.570	4,65	182,15
20	8.400	1.502	5,59	195,44	8.200	1.376	5,96	228,59	7.100	1.194	5,95	224,69
21	15.600	1.853	8,42	334,44	22.600	2.116	10,68	306,74	17.000	1.766	9,63	297,88
22	12.550	1.655	7,58	275,06	13.650	1.599	8,54	341,38	10.150	1.356	7,49	215,5
23	11.150	1.309	8,52	223,56	12.350	1.664	7,42	200,57	8.250	859	9,60	122,13
24	11.750	1.317	8,92	207,03	16.150	1.613	10,01	276,93	11.000	1.206	9,12	146,85
25	15.550	1.206	12,89	245,15	15.150	1.360	11,14	202,98	14.750	1.113	13,25	207,38
26	21.600	1.572	13,74	287,66	29.350	1.805	16,26	408,43	21.300	1.494	14,26	302,75
27	12.400	1.403	8,84	257,44	17.600	1.665	10,57	321,58	13.800	1.587	8,70	289,58
28	--	950	0,00	198,67	-	1.380	0,00	147,1	-	1.120	0,00	205,4
29	25.750	1.041	24,74	357,77	26.400	3.410	7,74	433,75	20.350	1.849	11,01	395,32
GENEL TOPLAM	1.383.550	72.210	437,02	16.191,94	1.497.700	76.196	463,05	19.258,34	1.331.700	66.689	539,91	16.420,79

Araç No	TEMMUZ				AĞUSTOS				EYLÜL			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	86150	3.670	23,47	986,01	109.450	4.531	24,16	1123,93	120.000	4.406	27,24	1140,58
2	12750	1.677	7,60	521,01	10.650	1.481	7,19	340,53	9.800	1.168	8,39	399,65
3	11600	2.831	4,10	726,09	17.250	3.185	5,42	771,39	17.250	2.733	6,31	702,01
4	152200	6.272	24,27	1705,21	165.150	6.327	26,10	1749,46	165.950	6.760	24,55	1571,63
5	12850	1.617	7,95	440,27	13.250	1.483	8,93	418,18	14.600	1.610	9,07	420,82
6	77800	2.964	26,25	765,77	95.000	3.685	25,78	999,28	80.150	3.000	26,72	847,94
7	93250	3.429	27,19	955,21	85.200	3.259	26,14	836,19	81.700	3.037	26,90	840,88
8	15250	1.546	9,86	409,86	18.550	1.567	11,84	439,52	16.650	1.472	11,31	340,41
9	124900	5.062	24,67	1241,18	102.800	4.304	23,88	1221,5	108.550	4.574	23,73	1095,05
10	15400	2.069	7,44	606,03	15.850	2.242	7,07	545,73	21.100	2.137	9,87	659,41
11	-	2.900	0,00	901,6	-	2.480	0,00	702,58	-	2.840	0,00	378,16
12	119700	4.143	28,89	980,01	102.000	3.585	28,45	842,44	90.150	3.652	24,69	797,28
13	92900	3.067	30,29	654,22	105.850	3.568	29,67	912,43	37.100	1.477	25,12	393,15
14	33500	2.054	16,31	359,81	18.650	1.660	11,23	187,77	21.800	758	28,76	251,61
15	167600	4.068	41,20	1005,16	130.450	3.064	42,58	894,63	154.900	3.698	41,89	957,46
16	99700	3.112	32,04	770,33	101.650	2.934	34,65	827,51	96.150	2.856	33,67	746,8
17	80000	4.532	17,65	788,46	92.650	5.397	17,17	1045,4	94.200	4.804	19,61	923,77
18	9300	1.537	6,05	370,45	20.400	1.998	10,21	446,08	9.150	1.336	6,85	316,26
19	8400	1.632	5,15	217,65	8.900	1.428	6,23	241,69	7.650	1.564	4,89	182,17
20	7500	1.346	5,57	256,86	5.850	1.635	3,58	181,42	6.100	1.478	4,13	184,34
21	21850	1.871	11,68	402,23	16.700	1.917	8,71	396,55	16.250	1.564	10,39	270,55
22	11050	1.636	6,75	233,06	11.300	1.588	7,12	280,49	9.300	1.500	6,20	223,94
23	11950	1.366	8,75	233,4	11.800	1.377	8,57	178,17	10.100	1.113	9,07	181,14
24	11250	1.391	8,09	213,37	15.350	1.158	13,26	193,26	9.950	1.541	6,46	199,94

25	18350	1.197	15,33	269,53	24.950	1.396	17,87	295,5	18.400	1.384	13,29	186,18
26	37650	2.120	17,76	466,28	24.600	1.794	13,71	338,89	20.500	1.175	17,45	244,38
27	12350	1.129	10,94	237,67	20.700	1.676	12,35	332,06	12.450	1.427	8,72	206,04
28	-	2.601	0,00	69,79	-	1.124	0,00	104,42	-	1.825	0,00	49,32
29	25.900	2.363	10,96	390,33	19.150	1.608	11,91	307	3.650	862	4,23	34,4
GENEL TOPLAM	1.371.100	75.202	436,22	17.176,85	1.364.100	73.451	443,77	17.154,00	1.253.550	67.751	439,50	14.745,27

Araç No	EKİM				KASIM				ARALIK			
	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)	Toplanan Tıbbi Atık (Kantar Verileri)	Yapılan Km.	Km Başına Toplanan Atık Mikt. (kg/km)	Tüketilen Mazot (lt)
1	129.300	4.205	30,75	1145,61	155.750	5.228	29,79	1377,16	158.600	5.184	30,59414	1381,83
2	27.150	2.303	11,79	551,54	15.150	1.643	9,22	515,75	13.150	1.927	6,824079	404,68
3	16.550	2.900	5,71	760,46	18.250	3.010	6,06	771,27	14.350	2.989	4,800937	714,12
4	186.000	7.470	24,90	2019,68	168.450	7.150	23,56	1770,68	80.300	4.354	18,44281	859,88
5	16.200	1.693	9,57	418,68	15.650	1.898	8,25	488,31	18.400	1.524	12,07349	602,02
6	101.050	3.527	28,65	973,09	92.500	3.417	27,07	830,19	65.250	2.376	27,46212	614,59
7	117.600	4.258	27,62	1128,64	81.050	3.048	26,59	777,79	139.350	4.537	30,71413	1262,51
8	20.550	1.663	12,36	402,15	20.800	1.947	10,68	427,75	33.950	1.879	18,06812	573,37
9	99.350	4.328	22,96	1066,24	179.500	6.488	27,67	1680,91	145.250	5.237	27,73534	1348,71
10	19.250	2.077	9,27	541,21	22.600	2.284	9,89	606,58	18.700	2.240	8,348214	561,53
11	-	4.390	0,00	625,06	-	3.990	0,00	359,7	-	4.880	0	-
12	116.250	3.882	29,95	962,39	112.700	4.243	26,56	1059,49	145.600	5.795	25,12511	1390,01
13	73.800	2.854	25,86	673,43	114.800	3.900	29,44	966,42	125.150	3.719	33,65152	1090,72
14	27.800	1.421	19,56	389,53	38.450	1.905	20,18	500,39	49.250	2.390	20,60669	634,18
15	164.200	3.816	43,03	1025,93	126.950	3.794	33,46	972,27	108.500	4.002	27,11144	1075,46
16	123.600	3.332	37,09	958,71	84.250	2.444	34,47	689,52	116.550	3.039	38,35143	905,91

17	109.450	5.103	21,45	1066,22	85.050	3.981	21,36	825,75	127.000	5.593	22,70696	1220,07
18	14.100	1.767	7,98	405,89	11.400	1.702	6,70	403,85	16.550	1.715	9,650146	330,28
19	9.500	1.856	5,12	251,54	9.550	1.970	4,85	238,15	9.500	1.659	5,726341	245,72
20	8.400	1.561	5,38	293,93	9.250	1.720	5,38	217,16	9.350	1.401	6,673804	215,14
21	18.850	1.703	11,07	272,84	24.350	2.548	9,56	458,71	21.350	1.849	11,54678	346,11
22	12.700	1.535	8,27	283,35	13.150	1.015	12,96	219,37	14.150	1.760	8,039773	287,56
23	13.200	1.670	7,90	254,52	14.350	1.735	8,27	318,03	11.150	1.355	8,228782	214,61
24	15.300	1.594	9,60	226,93	14.300	1.379	10,37	219,92	13.950	1.358	10,27246	187,19
25	20.000	1.558	12,84	266,47	27.650	2.073	13,34	387,89	22.150	1.370	16,16788	291,91
26	27.400	1.549	17,69	373,43	33.400	2.377	14,05	396,4	37.250	16.777	2,220302	380,54
27	10.550	1.447	7,29	280,93	31.750	2.796	11,36	438,27	22.100	15.896	1,390287	350,83
28	-	1.270	0,00	137,74	-	1.530	0,00	329,14	-	1.570	0	234,69
29	7.600	1.090	6,97	108,09	27.900	975	28,62	418,84	29.600	1.015	29,16256	469,09
GENEL TOPLAM	1.505.700	77.822	460,62	17.864,23	1.548.950	82.190	469,70	18.665,66	1.566.450	109.390	461,70	18.193,26

ÖZGEÇMİŞ

Hilal Yıldırım, 28.10.1994'te İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2012 yılında Asiye Ağaoğlu Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2012 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2016 yılında bitirdi. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı.