



TALLINN TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Bölümü

BELEDİYE KATI ATIKLARININ YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ ESTONYA'DA ATIK ARITMA SEÇENEKLERİ

OLMEJÄÄTMETE KÄITLEMISVIISIDE OLELUSRINGI HINDAMİN EESTI NÄITEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrenci: Mahmud Nuh

Öğrenci kodu: 194399EABM

Denetmen: Viktoria Voronova, Kıdemli Öğretim Görevlisi

Tallinn 2021

(Başlık sayfasının arka tarafında)

YAZARIN BEYANI

Bu tezi bağımsız olarak yazdığımı beyan ederim.

Bu materyale dayalı olarak herhangi bir akademik derece için başvuruda bulunulmamıştır. Tüm eserler, ana

Bu tezde kullanılan diğer yazarların görüş ve verileri referans alınmıştır.

23.07.2021

Yazar: Mahmoud Magdy Nough

/imza/



Tez şartlara ve gereksinimlere uygundur

23.07.2021

Süpervizör: Viktoria Voronova

/imza/

Savunma için kabul edildi

23.07.2021

Tez savunma komisyonu başkanı: Prof. Karin Pachel

/ imza/

Mezuniyet tezlerinin yayınlanması ve çoğaltılması için münhasır olmayan lisans¹

Ben, Mahmud Magdy Nuh (doğum tarihi: 22.09.1989),

1. Tallinn Teknoloji Üniversitesi'ne (TalTech) tezim için münhasır olmayan bir lisans verin

BELEDİYE KATI ATIK ARITMA SEÇENEKLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ
ESTONYA,

tarafından denetlenen

Kıdemli Öğretim Görevlisi Viktoria Voronova,

1.1 Telif hakkı süresi sona erene kadar TalTech kütüphanesinin dijital koleksiyonuna dahil edilmek üzere muhafaza ve elektronik yayımlama amaçlarıyla çoğaltılamaz.

1.2 TalTech web sitesi üzerinden yayınlanmak üzere, TalTech kütüphanesinin dijital koleksiyonunda telif hakkı süresi dolana kadar saklanmak üzere.

1.3 Yazarın bu lisansın 1. maddesinde belirtilen hakları da saklı tuttuğunu biliyorum.

2. Verilen münhasır olmayan lisansın üçüncü kişilerin fikri mülkiyet haklarını, Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'ndan veya diğer mevzuattan doğan haklarını ihlal etmediğini teyit ederim.

¹Lisansüstü tezlerin yayımlanması ve çoğaltılması için verilen münhasır olmayan lisans, üniversitenin hakkı hariç olmak üzere, erişim kısıtlamasının geçerlilik süresi boyunca geçerli değildir. çoğaltmak tezin yalnızca korunması amacıyla saklanması.

(imza)



23.07.2021

İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Bölümü

TEZ GÖREVİ

Öğrenci: Mahmoud Magdy Nouh, 194399EABM

Çalışma programı, EABM, Çevre Mühendisliği ve Yönetimi

Danışman(lar): Kıdemli öğretim görevlisi, Viktoria Voronova,

Tez konusu:

(İngilizce) BELEDİYE KATI ATIK ARITIMININ YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

ESTONYA'DAKİ SEÇENEKLER

(Estonca)OLMEJÄÄTMETE KÄITLEMISVIISIDE OLELUSRINGI HINDAMINE EESTI NÄITEL

Tezin temel hedefleri:

1. Belediye katı atıklarının en uygun şekilde arıtılması için en uygun seçenekleri belirlemek
Estonya'da mevcut uygulamalar esas alınmıştır.
2. Belediye katı atık arıtımının çevresel etkisini değerlendirmek
yaşam döngüsü değerlendirme tekniğini kullanan seçenekler
3. En uygun belediye katı atık arıtımını önermek
çevresel bakış açısı

Tez görevleri ve zaman çizelgesi:

HAYIR	Görev tanımı	Son teslim tarihi
1.	Literatür taraması ve araştırma tanıtımı	14.06.2021
2.	Farklı durum senaryolarının açık LCA analizi	05.07.2021
3.	Sonuçlar, çıkarımlar ve öneriler	15.07.2021

Dil:İngilizce**Tez teslimi için son tarih:**20.07.2021

Öğrenci:Mahmud Magdi Nuh.

23.07.2021

/imza/

Denetmen:Viktoria Voronova.

23.07.2021

/imza/

Program Başkanı:Karin Pachel.

23.07.2021

/imza/

*Tezin kapalı savunma ve/veya sınırlı erişim koşullarının formüle edilmesi
ters tarafta*

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	6
1. GİRİŞ	7
2. TEORİK ARKA PLAN	8
2.1. AB mevzuatı ve dairesel ekonomi hedefleri.....	8
2.2. Estonya'da belediye atık yönetimi	10
2.2.1. Geri Dönüşüm	12
2.2.2. Yakma	14
2.2.3. Depolama	17
2.3. MSW için çevresel etkilerin özeti yönetim.....	20
3. YÖNTEM	22
3.1. Yaşam döngüsü değerlendirmesi	23
3.1.1. Tahsis.....	24
3.1.2. İşlevsel Birim	24
3.1.3. Sınırlamalar ve varsayımlar.....	24
3.2. Atık Yönetimi Senaryoları	26
3.3. İşlem haritaları ve sistem sınırları.....	27
3.3.1. Atık yakma işlemi.....	28
3.3.2. Malzeme geri kazanım tesisi.....	29
3.3.3. Depolama	30
4. SONUÇLAR	31
4.1. Senaryo sonuçları	31
4.2. Sonuçların yorumlanması	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
ÖZET.....	43
Referanslar	45

RAKAMLAR LİSTESİ

Şekil (1)	Estonya geri dönüşüm oranları ve AB Hedefleri	9
Şekil (2)	Modern Atık Hiyerarşisi	10
Şekil (3)	Belediye atıklarının geri dönüşümü ve önemli politika girişimleri	11
Şekil (4)	Estonya'da belediye katı atıklarının geri dönüşümü, 2001-2014, yüzde ve ton	11
Şekil (5)	Estonya'da Karma MSW Bileşimi	13
Şekil (6)	Estonya'daki atık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları	13
Şekil (7)	Iru enerji santrali Şematik diyagramı	14
Şekil (8)	Estonya'da her yıl çöp sahasına giden atık miktarı	18
Şekil (9)	Tipik bir Çöp Depolama sahasının çizimi	18
Şekil (10)	Yaşam döngüsü değerlendirmesinin ana aşamaları	22
Şekil (11)	Atık arıtma proses haritası ve sistem sınırları	26
Şekil (12)	Temel Senaryo ve Senaryo 1 model grafiği	31
Şekil (13)	Senaryo 2 model grafiği	32
Şekil (14)	İklim değişikliği Etki kategorisi farklı MSW yönetim senaryoları	35
Şekil (15)	Farklı MSW yönetim senaryolarının İnsan Toksikite Etkisi kategorisi	36
Şekil (16)	Farklı MSW yönetim senaryolarının Deniz Ekotoksikite Etki kategorisi	36
Şekil (17)	Fosil tükenmesi Farklı MSW yönetim senaryolarının etki kategorisi	37
Şekil (18)	Tarım ve Kentsel arazi işgali Farklı MSW yönetim senaryolarının Etki kategorisi	37
Şekil (19)	MSW arıtma senaryoları için ekosistem kalitesi etki kategorisi	38
Şekil (20)	MSW arıtma senaryoları için insan sağlığı etki kategorisi	39
Şekil (21)	MSW tedavi senaryoları için kaynak etki kategorisi	39

1. GİRİŞ

Belediye katı atıkları (MSW) ve belediye katı atık yönetimi büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Son zamanlardaki zorluklar. Üretilen belediye katı atıklarının çoğu (tahmini Avrupa'da yaklaşık 190 milyon ton [1] hala sürdürülemez yollarla atılıyor Yarısından fazlasının ya çöplüğe ya da yakmaya gittiği yöntemler [2].

Estonya'da 2019 yılında atık bildirim sistemine göre toplam 465,14 bin tonlarca belediye katı atığı (MSW) üretildi (ayrıca toplananlar hariç) (ambalaj atıkları) bunların yaklaşık %71'i hala karışık atık olarak toplanıyor ve işleniyor. Aynı ayrı toplanan kağıt ve karton akışları %8,7'dir, biyolojik olarak parçalanabilir Evsel ve bahçe atıklarının %5,1'i, hacimli atıkların %3'ü ve cam, tekstil ve %1'lik birleşik metaller [3].

Aynı toplanan ambalaj atığı akışlarının toplamda şu rakama ulaştığı bildirildi: 2018 yılında aynı toplama akışlarında %13 artışla 217,17 bin ton bir önceki yıla göre ve son 10 yılda neredeyse iki katına çıktı. Büyük kesirler şu anda ambalaj atıklarında toplananların %14,3'ü Cam ambalaj, %14,3'ü Plastik ambalajdır. %14,5, Ahşap ambalaj %26,1, Metal ambalaj %5, Kağıt ve karton ambalaj %22,4 ve karışık ambalaj malzemelerinin %16,6'sı [3].

Belediye katı atık ve atık yönetim sistemlerine ilişkin temel endişeler ekosistem ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz çevresel etkiler, örneğin Etkiler atık toplama, arıtma ve bertarafı ile bağlantılıdır.

Atık üretimindeki sürekli artışla birlikte, bununla ilişkili çevresel etkiler de artmaktadır. atık yönetim sisteminin daha da kötüleşmesi bekleniyor Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve uyum sağlamak için uygun bir mevzuat stratejisi Çevre açısından en verimli atık yönetimi seçeneği.

Avrupa politikasına [4] uymak için ulusal, bölgesel ve yerel politika yapıcılar ve paydaşların önümüzdeki birkaç yıl içinde önemli kararlar alması gerekiyor Belediye katı atıklarının sürdürülebilir yönetimi ve belirlenen hedeflere nasıl ulaşılacağı geri dönüşüm ve atık hiyerarşisinde yükselme

Mevcut tezin araştırma amacı, MSW yönetim tedavisini değerlendirmektir

Estonya'da yaşam döngüsü değerlendirmesini kullanarak seçenekler Araştırma, yaşam döngüsü değerlendirmesini belirlemeye odaklanmıştır

Mevcut uygulamalara dayanarak Estonya için en uygun MSW arıtma seçenekleri, çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve en önemli konularda öneriler sunulması Çevresel açıdan uygun tedavi seçenekleri.

2. TEORİK ARKA PLAN

2.1.AB mevzuatı ve dairesel ekonomi hedefleri

Avrupa Birliği Konseyi her zaman çevre konusunda itici bir güç olmuştur uluslararası ve bölgesel düzeylerde koruma ve sürdürülebilir kalkınma. Sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmak için belirlenen hedefler konseyin rehberiydi ve ayrıca AB üye ülkelerine yardımcı olacak bir yasa yapma eylemi yapma yönündeki itici güç Çevre yönetim sistemlerinde ekonomik ve önemli değişiklikler yapmak Çevrenin korunması ve yaşatılmasını yasal olarak sağlamak.

Genel olarak atık yönetimi ve özellikle belediye katı atık yönetimi AB'de sağlıklı çöp sahalarına olan büyük bağımlılık göz önüne alındığında büyük bir zorluk geçmiş ve bununla ilişkili çevresel etkiler. Avrupa Konseyi Birlik, atık yönetiminin iyileştirilmesi konusunda harekete geçmeye karar verdi uyarlayarak sürdürülebilir bir malzeme yönetim sistemine dönüştürmek Atık yönetiminin önemini vurgulayan modern atık yönetimi hiyerarşisi Çevre kalitesini iyileştirmek, insan sağlığını korumak ve ekosistemin doğal kaynakların verimli ve akılcı bir şekilde kullanılmasını sağlarken dairesel ekonomi kavramı aracılığıyla.

Sürdürülebilir bir ekonomiye ulaşmak için ek önlemlerin alınması gerekiyor sürdürülebilir üretim ve tüketime odaklanarak, tüm yaşam döngüsüne odaklanarak

[4] Bu tür bir kapsam değişikliği, üretimin nasıl daha iyi bir şekilde yansıtılacağına dair daha iyi bir görüntü sağlayacaktır ve atık yönetimi gerçekten çevreyi etkiler ve değerlendirmeye yardımcı olur farklı alternatifler ve potansiyel iyileştirmeler.

İlk hedefler Avrupa Birliği Konseyi tarafından belirlenmiş ve aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

Atık Çerçeve Direktifi WFD (2008/98/EC) dairesel bir ekonomiye uygulamaya koymak için tüm üye devletlerde ilke. İlk hedefler yeni bir Yönerge ile değiştirildi

(2018/851) Üye devletlerin gerçek bir yansımayı garanti altına alabilmeleri için daha yüksek bir çıta belirlenmesi Avrupa Birliği'nin dairesel ekonomiye doğru ilerleme hedeflerinden [5].

Konseyin belirlediği hedeflere ulaşmak için tüm üye devletlerin ekonomik araçlar ve depolama ücretleri, ödeme yaptıkça atma planı gibi diğer önlemler, ve genişletilmiş üretici sorumluluk planı, gerekli ek düzenlemelerle birlikte Atık hiyerarşisinin uygulanmasını ve belirlenen kurallara uyulmasını sağlamak için önlemler hedefler. [4]

Avrupa Parlamentosu ve AB Konseyi farkı kabul ediyor

üye devletler arasında çevresel hedefler açısından. Buna göre, konsey

2013 yılına kadar yeniden kullanım ve geri dönüşüm için hazırlık yapmış olan tüm üye devletlere baskı yapmaktır

%20'nin altında oranlar veya MSW'lerinin %60'ından fazlasının çöp sahalarında depolanması - daha sıkı önlemlerin uygulanması

Çevre politikaları ve geri dönüşüm kapasitelerini artırarak hedeflerine ulaşmalarını sağlamak

2025, 2030 ve 2035 [4].

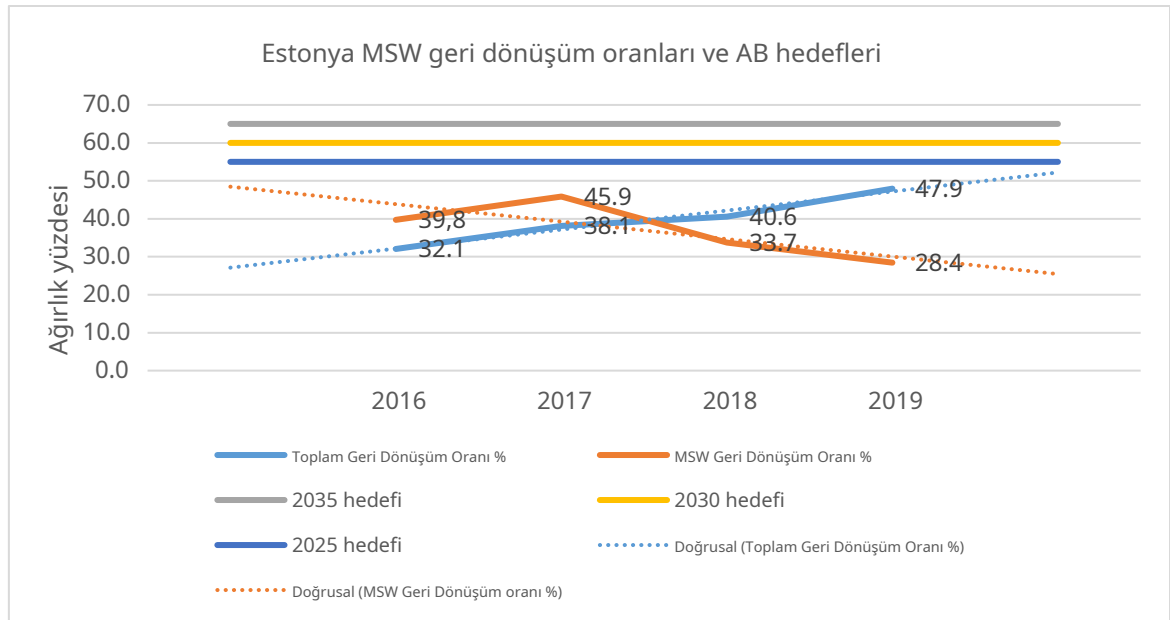
Belediye atıklarının yeniden kullanıma ve geri dönüştürülmeye hazırlanmasına yönelik hedefler belirlendi

2025 yılı sonunda ağırlıkça en az %55, 2030 yılına kadar %60 ve 2035 yılına kadar %65 ve

Orijinal hedefin en az %5'inin ertelenmesi durumunda başarıya ulaşılması gerekir [4].

Kişi başına düşen gıda israfı miktarının azaltılmasına ilişkin hedef %30 olarak belirlendi.

2025'e kadar %50, 2030'a kadar ise %50.



Şekil (1) - Estonya geri dönüşüm oranları ve AB Hedefleri. [3] [4]

Son yıllarda atık geri dönüşüm oranlarında belirgin bir artış olmasına rağmen, MSW geri dönüşüm oranları

bazı faktörler nedeniyle düşüşe geçmiştir. Karma MSW'nin nispeten düşük maliyetleri

ayrı toplama pimlerinin kirasıyla karşılaştırıldığında toplama [6], daha düşük maliyetler

atık yakma işlemi ve geri dönüşüm işleminden elde edilen düşük kâr.

Tüm üye ülkelerin ayrı bir koleksiyon oluşturması hedefleri yürürlüğe konuldu

1. Kağıt, metal, plastik, cam, tekstil ve belediye tehlikeli atıkları için

Ocak 2025.

Avrupa Komisyonu, ilerlemeyi yeniden değerlendirip,

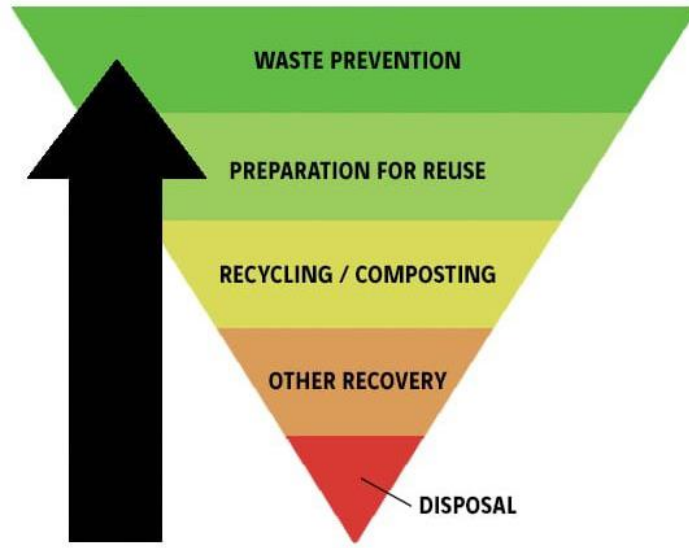
Üye devlet uyumuna uygun hedefler belirleyin ve sonuna kadar yeni hedefler belirleyin

2024 yılı.

2.2. Estonya'da belediye atık yönetimi

Estonya Atık Yasası, atıkların hangi yasal dayanaklara dayandığını ortaya koymuştur. Estonya'da önemli politikaların uygulanmasıyla yönetim planları geliştirildi ve Atık işleme sisteminin çerçevesinin, devletin hedeflerini yansıtacak şekilde belirlenmesi Sürdürülebilir atık yönetiminin sağlanması ve AB hedeflerine uyum sağlanması.

Estonya'daki atık yönetim sistemi, modern atık hiyerarşisini benimser:
Atık yönetiminde atık önleme seçeneklerine daha fazla öncelik verilmesi, ardından malzeme geri dönüşümü (Şekil 2).

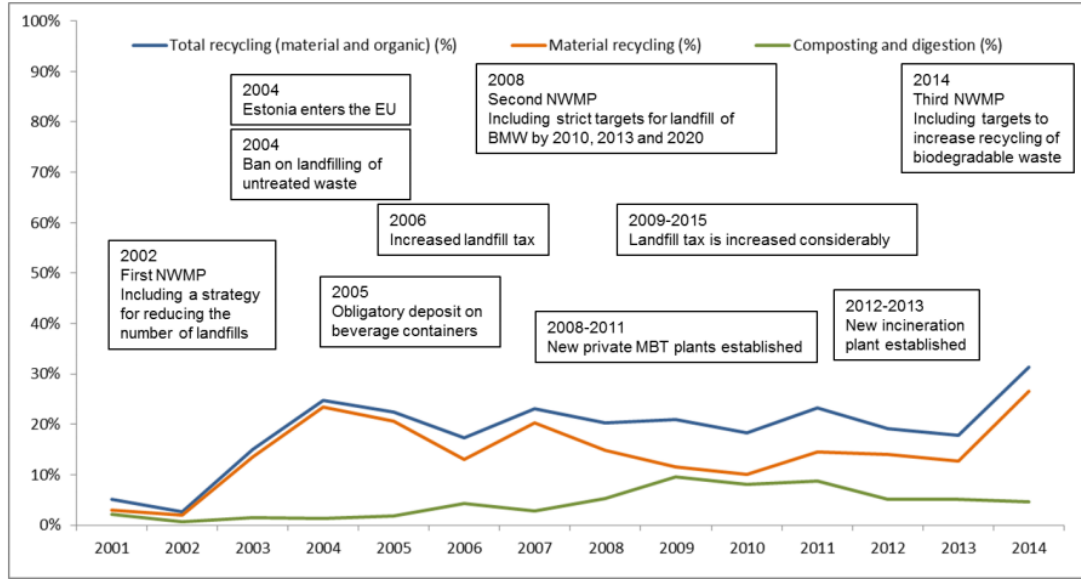


Şekil (2) – Modern atık Hiyerarşisi. [4] [6]

Estonya atık yönetim sistemi son 2 yılda tamamen özelleştirildi on yıllardır yönetim sorumlulukları yerel belediyelere aittir Her alana uygun atık bertarafını organize edin ve tanımlayın.

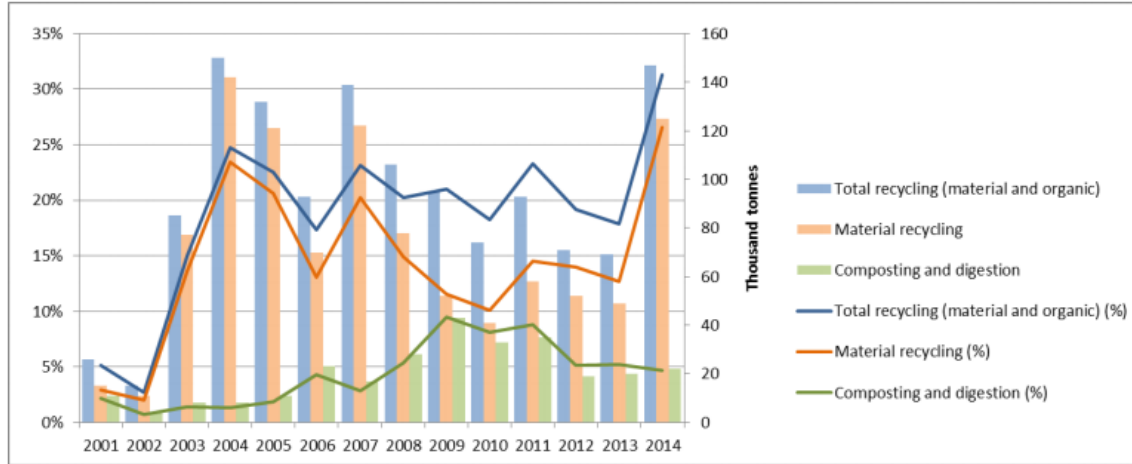
Bu araştırmada belediye katı atıkları Estonya Atık Yasası'na göre tanımlanmaktadır ve Avrupa Birliği atık çerçeve direktifi (2008/98/EC) ve buna uygun olarak Değişiklik Yönergesi (2018/851) evsel ve diğer atıkların aynı bileşim ve yapıda atık üreten diğer hizmetler hanehalkı atık [7].

Şekil 3'te görüldüğü gibi, malzemelerin geri dönüşümündeki artan eğilim, Estonya hükümetinin AB'ye katılmasından bu yana attığı başlıca yasal adımlardan bazıları şunlardır: 2004 yılında AB.



Şekil (3) – Belediye atıklarının geri dönüşümü ve önemli politika girişimleri [8]

Atık Yasası, atıkların hem kaynağında hem de atık bertaraf tesislerinde ayrıştırılmasını zorunlu kılan açık bir mevzuatı benimsedi. ve toplama sonrasında ayrı toplama süreçlerini kolaylaştırarak ve yasaklayarak Sınıflandırılmamış atıkların çöp sahalarına atılması, bu tür politikalar Estonya'daki olumlu eğilimi yansıtıyor atık yönetimi, geri dönüşüm ve malzeme geri kazanımı.



Şekil (4) - Estonya'da belediye katı atıklarının geri dönüşümü, 2001–2014, yüzde ve ton [8]

2.2.1. Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm, atıkların çevresel etkilerini azaltmada temel unsurlardan biridir emisyonların önlenmesiyle modern atık hiyerarşisinde yönetimin yerini alması Ham madde çıkarımı. AB mevzuatı [4], yaptırım konusunda daha da katılıyor Politika yapıcıların daha yüksek performans elde etmek için atık yönetim sistemlerinde net bir değişiklik yapmaları gerekiyor karbon ayak izini düşürmeye ve çevreye daha az etki etmeye katkıda bulunacak geri dönüşüm oranları Çevre.

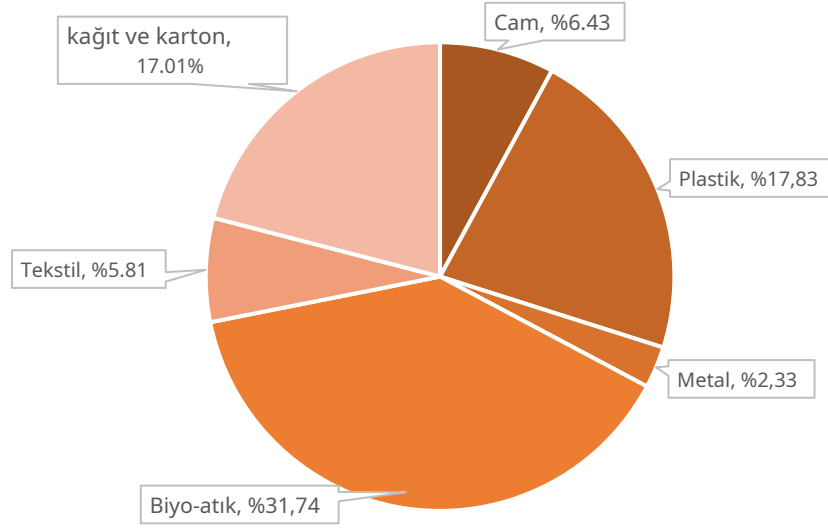
Estonya, genişletilmiş üretici sorumluluğunu getirerek net bir değişiklik yaptı 2004 yılında ambalaj atıkları için depozito iadesi sistemini başlatan bir mevzuat yürürlüğe girdi. [9] Ambalaj atıkları şirketlerden ve perakendecilerden toplanır ve evsel atıklar için ambalaj atıkları çoğunlukla toplama noktası ağı aracılığıyla toplanıyor ve içecek ambalajlarının (cam, alüminyum ve plastik) ambalajlanması için depozito iadesi (kaplar). Ambalaj koleksiyonunun yanı sıra, cam, kağıt için ayrı bir koleksiyon ve karton, tekstil ve biyolojik atık uygulanır. [9] [10]

Paket kurtarma sistemi çok etkili ve kurtarmada oldukça başarılı oldu içecek ambalajı iadelerinin %85'inden fazlasına ulaşan ambalaj atıkları ve ambalajlama Atıkların ayrı toplanması, tüm belediye atık toplama işlemlerinin üçte birine ulaşıyor ve Belediye atıklarının %50'sini bertaraf etme hedefine ulaşmak için daha da büyüme potansiyeline sahip ayrı toplama yoluyla geri dönüştürülmektedir [10].

Ayrı toplama işlemiyle birlikte toplanan karışık atıklar aşağıdaki işlemlerden geçer: ayırma ve malzeme geri kazanım süreci. Estonya'da birçok mekanik Geri dönüştürülmüş atıkların ayrıştırılması ve hazırlanması için ayırma ve malzeme geri kazanım tesisleri pazar kullanımına yönelik malzeme.

Mekanik ayırma tesisleri, karışık atıkları atıklardan ayırmaktan sorumludur. Akış, yakın zamanda yapılan bir çalışma [11], geri kazanılabilir malzemelerin bileşimini gösterdi karışık atıklar:

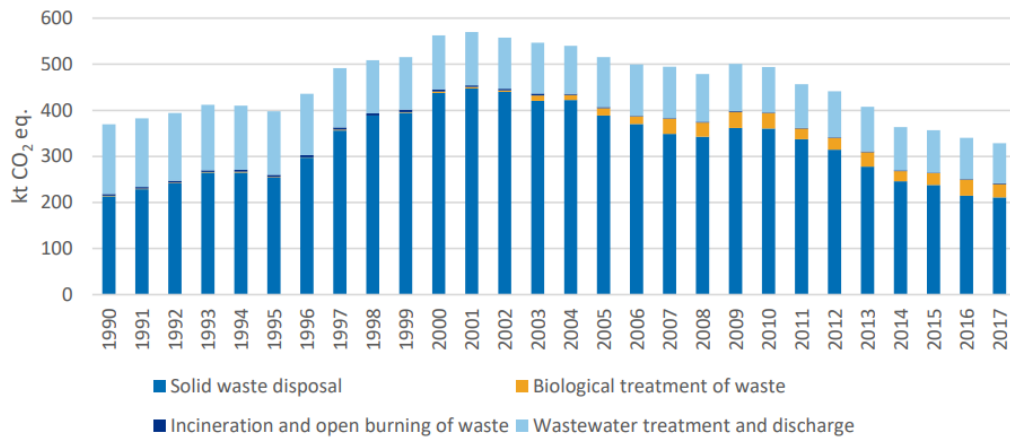
Karışık belediye atık bileşimi



Şekil (5) – Estonya'daki karma MSW bileşimi. [11]

Atık ayırma sürecinden ayrı olarak toplanan ve elde edilen biyolojik atıklar; kompost oluşturmak için anaerobik sindirim süreçleriyle bahçe atıklarıyla geri dönüştürülür. Enerji üretiminde kullanılmak üzere biyogaz elde edilmesiyle elde edilen materyal.

Atık geri dönüşümü, aşağıdakilerin neden olduğu çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir faktördür: daha az enerji ve doğal kaynakla sonuçlanan ham madde çıkarımı. Ayrıca, atık geri dönüşümü atık bertarafından kaynaklanan emisyonları sınırlar. Çöplüklerde ve atık yakmada.



Şekil (6) – Estonya'daki atık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları. [12]

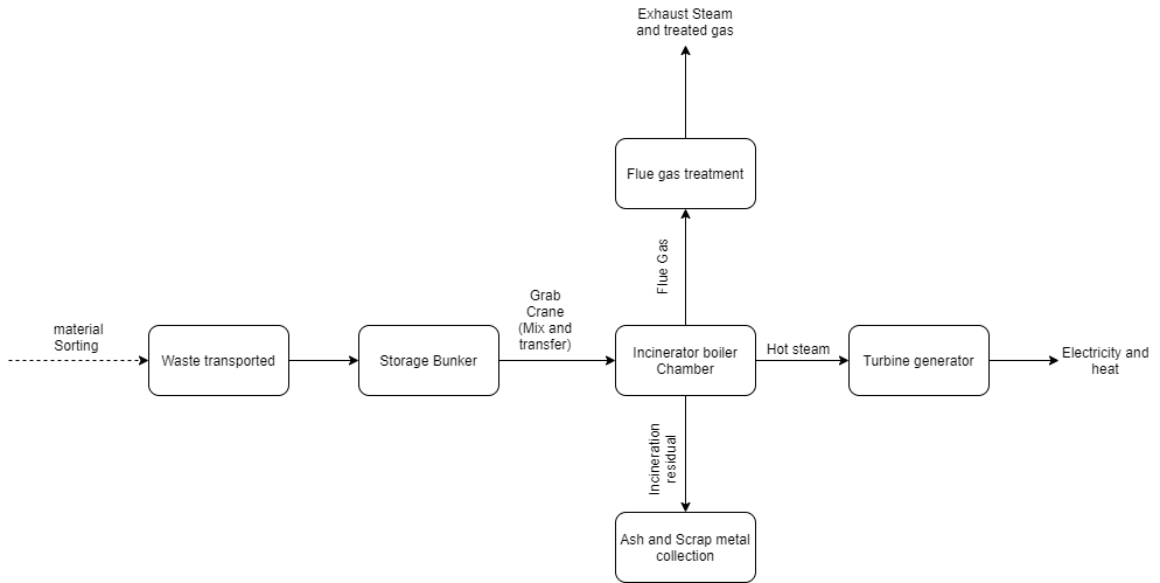
2.2.2. Yakma

Atık yakma, “Atıktan Enerjiye” WtE dönüşüm yöntemlerinden biridir daha iyi enerji üretimi ve sürdürülebilirliğini sağlayabilecek ekonomik olarak verimli bir araç sağlamak daha avantajlı ölçeklenebilir belediye atık arıtma seçenekleri sunmak.

Estonya, çöp sahalarından atık yakmaya doğru net bir dönüşüm gerçekleştirdi 2013 yılında Iru enerji santralinde atık yakma tesisinin inşaatı ve başlatılması ve şimdi her yıl 260.000 tona kadar belediye atığını işleyerek toplam atık miktarının %50'sini aşmaktadır. Estonya'da üretilen ve 50 MW ısı ve 17 MW elektrik üreten belediye atığı elektrik [13] ve tesis ısıtma ve enerjide daha çevre dostu bir alternatif sunuyor baskın enerji üretim yöntemi olan petrol şistinin yakılmasından daha fazla elektrik üretimi Estonya'da kullanılan yöntem.

Atık yakma, atık yönetimi için en tartışmalı seçeneklerden biridir. birçok farklı açıdan hem güçlü avantajlara hem de dezavantajlara sahip ekonomik ve çevresel.

Atık yakma işlemi aşağıdakiler gibi çeşitli çevresel sorunlara yol açmaktadır: partikül madde, cıva gibi ağır metaller içeren artık kül ve baca gazı, dioksinler, furan, kükürt dioksit, karbondioksit ve hidroklorik asit [14] [15].

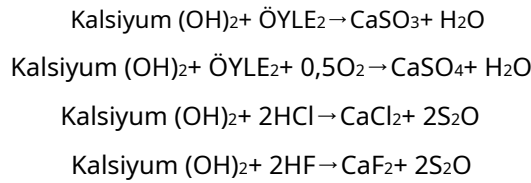


Şekil (7) – Iru enerji santrali şematik diyagramı. [13]

Yakma tesisleri tüm organik ve bazı inorganik atıkları yeterince parçalayacak şekilde tasarlanmıştır havadaki ve atıklardaki oksijen ve nitrojenle reaksiyona girmelerine olanak tanıyan moleküller Akış kalorifik değeri farklı atık bileşimlerine ve farklı atık türlerine bağlı olarak değişir. Sabit bir enerji üretiminin sürdürülmesi için izlendi [16].

Iru santralinde baca gazı, kireç kullanılarak temizleme döngüleri yoluyla arıtılır. filtrelemeden önce toksinleri nötralize edin ve baca gazını sadece buhar ve kalan karbondioksit [13].

Kireç yıkama tekniği, kükürt gibi toksinleri nötralize etmek ve uzaklaştırmak için kullanılır oksitler SO_x, hidrojen klorür HCl ve hidrojen florür HF. Sönmüş Kireç havaya püskürtülür ve egzoz kanalına enjekte edilir, SO_x ve HF'nin uzaklaştırılması %95'e ulaşabilir ve HCl'nin uzaklaştırılması %99'un üzerine çıkabilir [15]. Nötralizasyon tepkime şu şekilde gerçekleşir.



Atıklar Iru santralinde kapalı bir alanda depolanıyor, böylece koku oluşmuyor komşu alanlar. Tesis her yıl yaklaşık 720 ton [13] karışık atığı yakmaktadır gün. Ayrıca, yakma işleminden sonra alt küldeki hurda metal tamamen geri dönüştürülüyor [13].

Yanma sonucu oluşan uçucu kül ve taban külünün yönetimi ve geri dönüşümü süreç, bir ürünün tam çevresel etkisini belirlemede temel faktörlerden biridir yakma tesisi. Birçok geri dönüşüm yolu, tam olarak yararlanmak için projelendiriliyor yakma işleminin etkilerini en aza indirmek için yakma külü.

Farklı çalışmalar [17] [18] [19] [20], çevresel etkileri değerlendirdi çimento gibi hammaddelerin yerine farklı ürünlerde kül kullanımı üretim ve seramik, farklı yaklaşımlar kullanmanın faydalarını değerlendirirken kaldırım tabakası gibi inşaat süreçlerinde uçucu kül. Tam ömrün olmamasına rağmen Atık yakma külünün farklı kullanım durumlarına ilişkin çevrim değerlendirme çalışmaları, Çevresel etki değerlendirme çalışmaları, kullanımında iyi bir potansiyel olduğunu göstermiştir. [17]

Yakma işleminden daha yüksek geri dönüşüm ve enerji geri kazanım oranlarıyla, sera gazı emisyonunda beklenen azalma net bir sonuç olarak [21]. Ortaya çıkan

Uygun işlemiden sonra yakma işleminden kaynaklanan karbon emisyonu bir miktar azalır 35 özel ev kazanından çıkan emisyonu eşdeğer [13].

Atık yakma konusunda endişelerden biri, atıkların yakılmasının teşvik edilmemesidir. Enerjide ekonomik bir avantaj sunarak atık hiyerarşisinin ilkelerini atık yakma işleminden geri kazanım ve daha az ayrıştırılmış atık üretiminin teşvik edilmesi atık [2]. Yakmanın etkisi diğerlerine kıyasla hala tartışmalı olsa da geri dönüşüm ve malzeme geri kazanım seçenekleri, yakma seçeneği daha az esneklik sunar ekonomik olarak çünkü başlamadan önce büyük bir fon gerektiriyor ve bir yeni ortaya çıkan çevresel çözümlerin geliştirilmesi ve uyarlanması engel teşkil eden Diğer ülkelere kıyasla, yalnızca geri dönüşüme dayalı stratejiler zamanla daha da kötüleşti [22].

2.2.3. Çöp sahasına atma

Çöp sahalarına atma, bilinen en geleneksel ve en eski atık yönetim yöntemidir. atık yönetim sistemlerinde kullanılır. Geleneksel olarak depolama alanları açıldı şehir dışında atık bertarafı için sadece çöplükler. Çözümün rahatlığı ve nüfusun hızla artmasıyla birlikte atık üretimi de arttı çöp sahası sayılarının daha da artmasına ve atık bertarafının ana yöntemi haline gelmesine neden oldu her yerde yönetim.

Açık çöplüklerle ilgili en önemli çevresel etki, depolama sahası gazıdır. emisyonu, esas olarak metandan oluşan ve ana katkılardan biri olan sera gazları. Başka bir çevresel etki sızıntı suyuyla ilişkilidir Çoğu organik kirletici, patojen mikroorganizma ve yüksek konsantrasyonda amonyak, yağmur suyuyla birlikte çöplük katmanlarından sızıyor yeraltı suyu seviyeleri ve içme suyu döngüsüne ulaşılması çok sayıda sağlık sorununa neden oluyor ekosistem üzerinde riskler ve çevresel tehlikeler oluşturmaktadır.

AB tarafından uygulanan mevzuat (çöp sahası direktifi ve atık direktifi) Üye ülkelerdeki çöp sahası politikalarında büyük bir değişiklik yaparak zorunlu depolama gazı yönetimi ve sızıntı suyu kontrolüne sahip sıhhi depolama sahaları Çöp sahalarından kaynaklanan çevresel etkileri azaltmak.

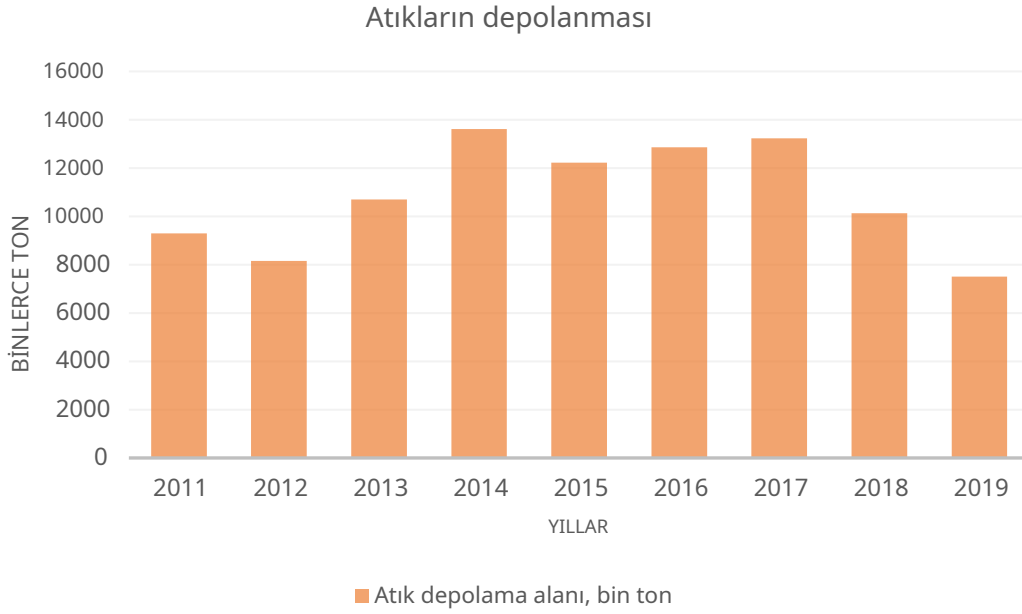
Estonya'da 1990'dan önce 200'den fazla sağlıklı çöp sahası vardı depolama vergisi, atıkların depolama alanlarına yönlendirilmesini teşvik etmek için gerekli teşviki sağladı daha sürdürülebilir seçenekler. Günümüzde sağlıklı depolama alanları kapatılıyor ve 5 hijyenik tehlikesiz çöp sahasıyla değiştirildi [9] Yeni atık ışığında Estonya hükümeti tarafından kabul edilen yönetim planı ve atıkların etkileri Belediye atıklarının %10'undan daha azının çöp sahalarına gitmesini öngören bir yasa tasarısı.

Estonya, biyolojik olarak parçalanabilir atıkların çöp sahalarına gönderilmesine ilişkin hedeflerine ulaşmayı başardı 2012 yılına kadar 2020 yılına kadar ve çöp sahalarına atılan atık miktarını önemli ölçüde azaltmak. [10].

Atıkların depolanması son 10 yıldır istikrarlı bir şekilde azalıyor ve

Şekil 8, en düşük seviyedeki depolama alanlarına ulaşan atık miktarındaki dalgalanmaları göstermektedir.

Son yıllarda kaydedilen miktar

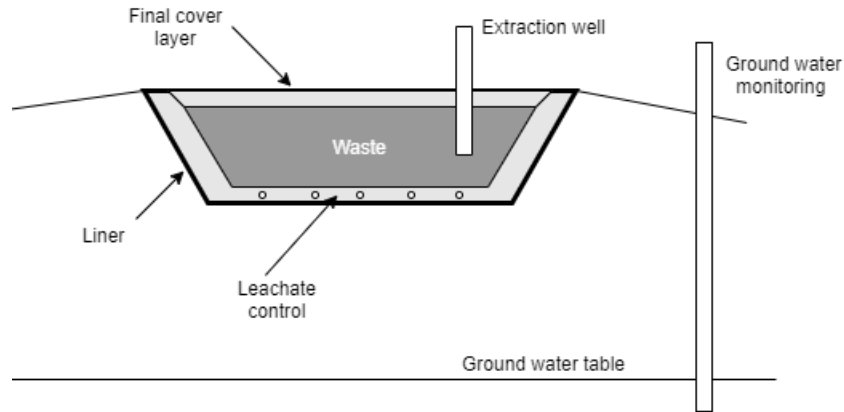


Şekil (8) – Estonya'da her yıl çöp sahasına giden atık miktarı [23]

Çöp sahalarında son bulan atıklar, çok uzun bir süre çevresel etkilere neden olmaya devam edecektir.

uzun bir zaman ve bir çöp sahasının uygun seçenekleri seçmek için uygun bir değerlendirmeye ihtiyacı var

Çöp gazının toplanması ve kullanımı ile sızıntı suyunun önlenmesi ve arıtımı.



Şekil (9) – Tipik bir Çöp Depolama alanının çizimi. [24]

Depolama sahası sızıntısı, boşaltılmadan önce uygun bir ön arıtma işlemine ihtiyaç duyar ve

daha önce farklı depolama sahalarında çeşitli arıtma yöntemleri değerlendirildi

Estonya'da sızıntı bileşimi ve miktarı büyük ölçüde yaşa bağlıdır

depolama sahasının ve depolama sahasına ulaşan atıkların bileşiminin atık ayırma tesislerinin performansı ile bağlantılıdır [24].

Genellikle sızıntı miktarının, bir havzadaki yağış miktarının belirli bir yüzdesi olduğu varsayılır. mevsimindedir ve amonyak, humus gibi organik ve inorganik kirleticiler içerir asitler, ağır metaller ve inorganik tuzlar [24].

Organik atıkların anaerobik koşullar altında ayrışması, aşağıdakilerin oluşumuna neden olur: metan CH_4 ve karbondioksit CO_2 azot oksitlerin oluşumuyla birlikte Depolama gazı yönetimini zorlaştıran NO_x ve diğer uçucu organik bileşikler büyük önem taşıyan çöplüklerde.

Estonya'daki operasyonel depolama sahalarına gaz toplama ve yakma sistemi kuruldu tüm depolama sahalarında ve depolama gazı çıkarma kuyuları aracılığıyla çıkarılır Estonya'da en yaygın kullanılan tipler J  el  htme'de kullanılan dikey kuyulardır V   tsa ve Uikala'daki gibi depolama sahası ve yatay boru toplama [24].

2.3.MSW yönetimi için çevresel etkilerin özeti

Estonya'daki atık yönetim sistemi büyük ölçüde atık yakmaya dayanmaktadır.

Toplanan atıkların ayrıştırılması tesisleri ile birlikte ana atık arıtma yöntemi karışık atık. Son toplama veri istatistiklerine göre [1] [23] yarısından fazlası Estonya'da toplanan karışık atıkların % 100'ü yakılıyor ve geri kalanı geri dönüştürülüyor ve çöplüklere atıldı.

Çöp sahalarına ulaşan toplam miktar azalıyor ve bu durum iyi sinyaller veriyor. Estonya'nın çöp sahalarına ilişkin hedeflerine ulaşılması ancak farklı bir ekonomik yön önerilmesi Geçtiğimiz yıllardaki çöp sahalarına yapılan aşırı yatırım [24] ve olası Gelecekte depolama alanlarının kullanımının artırılması ve depolama atıklarının azaltılması bekleniyor.

Uygun depolama yönetimiyle çevresel etkiler en aza indirilir ve Depolama gazının enerji üretiminde kullanımı, depolamanın çevresel etkileri daha da azaltmak ancak uzun vadeli depolama sahası yönetimi ve saha kapatma Her bir depolama sahası vakasını değerlendirmek için daha özel çalışmalarla ele alınması gerekiyor ve koşullarına uygun uygun yönetim.

Yakma, Estonya'da benimsenen ana MSW arıtma yöntemidir. Başlıca Atık yakma ünitesine atfedilen zorluk, sera gazı emisyonlarıdır baca gazı ve yakma külünün yan ürün olarak işlenmesi ve kullanılması da benzer şekilde Yakma işleminden sonra toplanan hurda metallere.

Farklı kaynaklardan gelen sera gazı emisyonunu belirlemek için yapılan önceki bir çalışmada [21] Estonya'daki MSW arıtma durum senaryolarında, uygun depolama alanıyla bile yönetim ve yüksek depolama gazı toplama oranları nedeniyle, önemli bir azalma oldu daha yüksek geri dönüşüm ve yakma oranları için sera gazı emisyonları çöplük.

Aynı çalışmada [21] toplama ile ilgili başka bir çevresel etki ele alınmaktadır ve atıkların taşınması, atıkların çoğunun birden fazla sefere çıkması nedeniyle toplama kaynağı, ayırma tesisleri, ithalat, ihracat ve işleme ve taşıma Mesafe sera gazı emisyonlarının miktarında önemli bir rol oynayabilir.

Yakılan atıktaki biyokütle içeriğini belirlemek için ayrı bir özel çalışmada [25] IRU santralindeki MSW ve 1 yıllık analizin sonucunda şu bulundu: Yakma tesisine gönderilen MSW ağırlığının yaklaşık yarısının biyokütle payı ve yıllık ortalama CO ile sonuçlanır emisyonu yaklaşık 429 kg olarak gerçekleşti.

MSW geri dönüşümü ve yakma arasında MSW üzerinde karşılaştırmalı bir çalışma [26] yapılmıştır. Danimarka'da yapılan çalışma, etki kategorilerinin çoğunda net bir avantaj gösterdi. geri dönüşüm için neredeyse tüm malzeme fraksiyonları. Ancak, çalışma, kömür bazlı yakma yerine enerji geri kazanımıyla birleştirildiğinde yakmanın etkisi enerji kaynağı ve uçucu kül ve hurda metalin geri dönüşümü karton ve plastik fraksiyonların yakma işleminden çevresel fayda sağlama potansiyeli olduğu gösterildi işlem.

Atık yakma işleminden elde edilen hurda metalin geri dönüşümü için bir yaşam döngüsü değerlendirme modeli İsviçre [27], doğrudan geri dönüşümün daha büyük faydaları olmasına rağmen, Atıkların büyük bir kısmının yakıldığı bazı ülkeler var.

Yakma işleminin hava kirliliği üzerindeki etkilerini değerlendirirken bir çalışma [14] Uygun enerji geri kazanımı ile yakmanın uygulanabilir bir seçenek olduğu bulundu. Yeşil enerji üretimi için ve kapsamlı hava kirliliği kontrolü ile hiçbir şey olmayacak. Atık yakma tesisinin, üretilen enerjiye kıyasla önemli etkileri Fosil yakıt.

3. YÖNTEM

Belediye atıklarının tam çevresel etkilerinin belirlenmesi yöntemi olarak

Yaşam döngüsü değerlendirme yaklaşımının yaşam sonu aşamasında en iyi yaklaşım olduğu bulundu

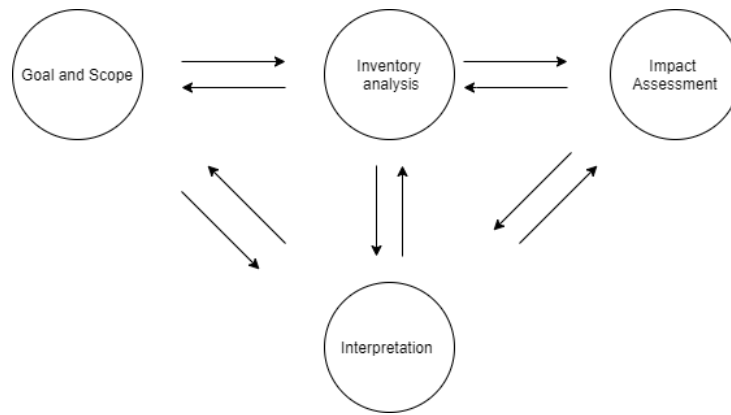
Bu tür etkileri kategorize edebilecek ve en uygun çözümleri bulmaya yardımcı olabilecek bir yaklaşım ve belirlenen hedeflere ulaşmak için farklı alternatiflerin değerlendirilmesi.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi, çevresel etkilerin değerlendirilmesinde temel araçlardan biridir

ve ürünlerin tüm yaşam döngüsünü göz önünde bulundurarak karar alma sürecine destek sağlamak

ve büyük çevresel etkileri ortadan kaldıracabilecek temel unsurları hedefleyerek. Ve

4 ana aşamadan oluşmaktadır.



Şekil (10) – Yaşam döngüsü değerlendirmesinin ana aşamaları [28]

Avrupa Birliği sürdürülebilirliğe ve dögüsel ekonomiye doğru dönüşmeyi hedefliyor ve yaşam döngüsü düşünme uygulamalarının bir parçası olarak uygulanmasının yardımıyla Ürünün kullanım ömrü sonu işlemini de kapsayacak şekilde çevresel değerlendirme değerlendirme.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi ISO standartlarına göre en iyi uygulamaya dayanmaktadır 14040, Green Delta OpenLCA yazılımı V1.10.3, Ecoinvent Veritabanı 3.7.1 kullanılarak ve Orta Nokta ve Bitiş Noktası etki kategorileri için Tarif etki yöntemleri.

Araştırma, belediye atık yönetim sisteminin vaka çalışmasına dayanmaktadır

Estonya'da belediye atık yönetiminin mevcut uygulamalarının değerlendirilmesiyle

Mevcut çevre performansını belirlemek için tedavi seçenekleri

yaşam döngüsü değerlendirme yoluyla uygulamaları incelemek ve en iyi uygulamalar hakkında önerilerde bulunmak

Yerel koşullara uygun tedavi seçeneklerinin yolunun belirlenmesi.

3.1.Yaşam döngüsü değeriendirmesi

Atık arıtma seçeneklerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi yöntemi olarak yaşam sonu yönetimi için bir kapıdan mezara yaşam döngüsü değeriendirme modeli

Tedavi seçenekleri, tedavinin çevresel sonuçlarını sunmak için yapıldı

Estonya'da incelenen senaryolarda aşağıdaki hususlar dikkate alınarak benimsenen seçenekler:

- Estonya'da atık yönetimine olan büyük bağımlılık sosyo-ekonomik nedenlerden kaynaklanmaktadır atıkların hem yakılması hem de geri dönüştürülmesi yoluyla enerjiye dönüştürülmesiyle ilgilidir mekanik ve biyolojik arıtma.
- AB'nin geri dönüşüm hedeflerine uyum sağlamak için geri dönüşümde potansiyel artış malzeme geri kazanımı.
- daha yüksek geri dönüşüm ve malzeme ile birlikte çöp sahalarında potansiyel azalma iyileşme oranları.
- Hükümetin biyolojik atıkların yakılmasının genişletilmesine yönelik son izni parçalanabilir atık
- Biyolojik atıkların ayrı toplanması ve biyolojik atıkların sindirimi konusunda genişleme planları kompost üretmek.
- Atık yönetimi arıtımıyla ilgili çevresel etkiler seçenekler büyük ölçüde atıkların bileşimine ve hacimlerine bağılıdır Üretildi.
- Atık üretimindeki artan eğilim ve olası riskler göz önünde bulundurulduğunda; israfın önlenmesi için tüketimin dengelenmesine yönelik yaklaşımlar.

3.1.1. Tahsis

Yakma işleminden toplanan kül ve hurda metal geri dönüştürülüyor ve Bu araştırmada yakma işleminin yan ürünleri olarak ele alınacaktır. ısı ve elektrikle. Toplama ve taşımadan kaynaklanan emisyonlar yan ürünler sistem genişlemesiyle tahsis edilecektir.

3.1.2. Fonksiyonel Birim

Fonksiyonel birim, 2019 yılı için katı atık toplama verilerine dayanarak hesaplanmıştır. [3] 465141 bin ton olduğu bildirilen bu miktarın 333620 bin tonu 216720 bin tonluk ek ayrı katı atıkla karışık MSW olarak toplanmaktadır toplanan ambalaj atığı ve 68181 veya ayrı olarak toplanan geri dönüştürülmüş malzeme. Atık arıtma teknolojisi yüzdesi konusunda farklı durum senaryoları değerlendirilecektir.

3.1.3. Sınırlamalar ve varsayımlar

MSW yönetiminin farklı durum senaryolarını değerlendirmek için araştırmanın amacı bazı sınırlamalar tarafından engellenmiş.

Çalışmanın kapsamı öncelikle MSW'ye odaklanmıştır, dolayısıyla Belediye'nin diğer farklı türleri de mevcuttur. Hesaplamalar sırasında atıklar ihmal edilmiştir.

Atık Sürücü Yakıtının belirli miktarları hakkında mevcut verilerde eksiklik vardı Kunda Çimento fabrikası tarafından üretilen miktarlar hakkında herhangi bir veri bulunmamaktadır Her yıl Tallinn Geri Dönüşüm Merkezi veya Ragen tarafından satılmaktadır.

Atık raporlama sistemine [3] göre, MSW'nin yaklaşık %10'u belirtilmemiş elleçleme ve yaklaşık %5'i ihraç ediliyor, dolayısıyla hesaplanması gereken tüm miktarlar Değerlendirme senaryoları farkı hesaba katacak şekilde değiştirilecektir.

Atık bildirim sisteminde 2020 yılı için herhangi bir veri mevcut değildi ve istatistikler hiçbir mevcut veritabanında yer almamaktadır, belirtildiği gibi en son veriler kullanılmıştır 2017'den eski.

Yeniden kullanıma hazırlık ve geri dönüştürülmüş malzeme hazırlama süreçleri dikkate alınır
Her yolculuk için 21 km'lik ulaşım mesafesi olan Tallinn geri dönüşüm merkezinde olun ve
atık yakma işleminin yalnızca IRU Power Planet'te gerçekleştiği düşünülüyor

Tallinn şehir merkezinden yolculuk başına 12,5 km mesafe. Tüm mesafeler aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir
Geleneksel kamyon rotalarının ölçülmesi.

Tüm atık ve geri dönüştürülmüş malzemeler, sıradan bir çöp kamyonu ile taşınır.
21 ton kapasiteli.

Analizde ve openLCA modelinde sağlanan veriler esas olarak Estonya verilerine dayanmaktadır
Mevcut olduğunda ve Avrupa verileriyle (AB-27) değiştirildiğinde küresel verilerle (GLO) değiştirilir.

3.2.Atık Yönetimi Senaryoları

MSW yönetiminin etkisinin değerlendirilmesi için üç farklı durum senaryosu vardır:

Bu araştırmada değerlendirilmiştir.

Değerlendirilen atık yönetimi için temel senaryo, aşağıdakileri temsil etmektedir:

Mevcut atık yönetim yöntemleri ve kullanım ömrü sonuna kadar mevcut yüzdeleri

2019 yılı için mevcut son istatistiksel verilere göre Estonya'daki seçenekler [1] [3] [23].

İlk değerlendirilen durum senaryosu Estonya hükümetinin

Önümüzdeki dönemde en az %60 geri dönüşüm oranına ulaşmak için AB mevzuatına uyum sağlanması on yıl [4]. İkinci senaryo, potansiyeli artırmanın değerlendirilmesi olacaktır.

AB hedefleri tarafından belirlenen istenilen oranlara geri dönüşüm oranının düşürülmesi daha fazla Mekanik ve biyolojik arıtma ve Atık tahrik yakıt üretimi

İkinci varsayımsal senaryo, ayrı toplamadaki artışı değerlendirecektir.

biyolojik atık ve MSW geri dönüşüm oranlarının yalnızca AB hedeflerine uymakla kalmayıp aynı zamanda büyük ölçüde atık geri dönüşümüne güvenmek için bunu aşmak. Bu senaryo,

atık yakma yerine yalnızca atık geri dönüşümüne güvenmenin ve

çöplüklere atılan atıklardan kurtulun. MSW ayrı geri dönüştürülmüş malzeme olarak toplanacaktır yeniden kullanıma ve geri dönüşüm tesisine hazırlanması için doğrudan nakliye ile akarsular, çöpler yakılmak üzere gönderilecekti.

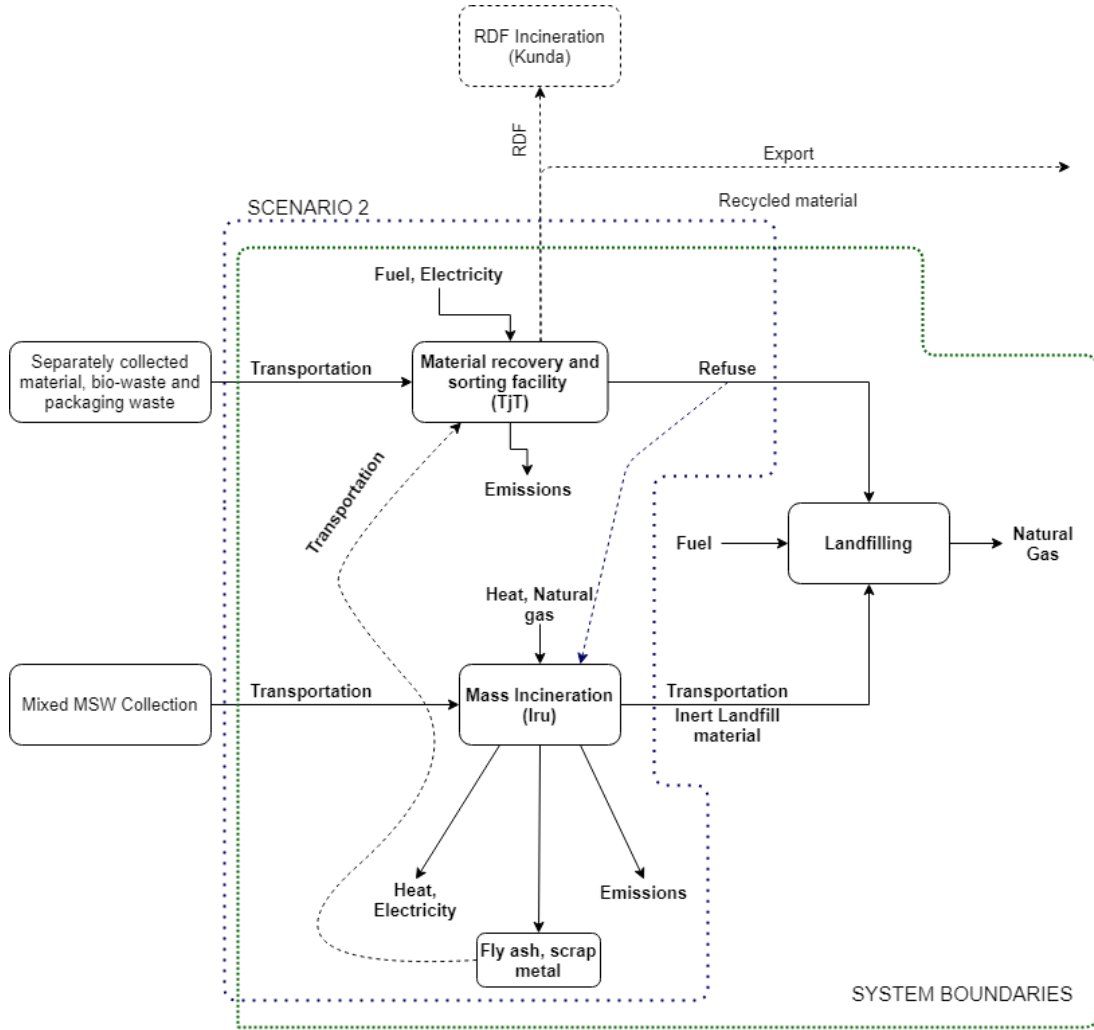
Tablo(1) – Araştırma vaka senaryoları

Yöntem	Yakma ile hurda metal geri dönüşüm	Geri dönüşüm ve malzeme geri kazanımı tesis	Çöplük alanı ile çöp gazı iyileşmek
Temel senaryo	%45	%28	%14
Senaryo 1	%35	%60	%5
Senaryo 2	%10	%90	-

3.3.Süreç haritaları ve sistem sınırları

Yaşam döngüsü değerlendirme modelinin dayanacağı süreç haritası odaklanmaktadır yaşam sonu tedavi seçenekleri hakkında. Sistem sınırları, netleştirmek için çizildi Atık toplama aşamasından kaynaklanan etkilerin hariç tutularak belirtilen kapsamın dışına çıkılması ve Tedavi süreçlerinin etkilerine ve ulaşımına daha fazla odaklanıyoruz farklı süreçler.

Aşağıdaki şema Estonya'da katı atık arıtımının temel durumunu açıklamaktadır.



Şekil (11) – Atık arıtma süreci haritası ve sistem sınırları

3.3.1. Atık yakma işlemi

Geri dönüştürülebilir atıklar çıkarıldıktan sonra ayırma ve depolama tesisinden toplanan atıklar Malzeme fraksiyonları kamyonlarla düzenli bir beslemeyle yakma fırınına gönderiliyor.

Atık yakma işlemi, atığın tesise taşınmasıyla başlar.

depolama tesisi, atık alanlarının sürekli karıştırılmasıyla tutarlı kalorifik değer elde edilmesini sağlar Yakılan atıkların değeri.

Atık depolama bunkerinde 4 ila 5 güne kadar atık yükü tutulabilir - yaklaşık 3500 tonlarca atık ve teslim edilen atıkların çoğu önümüzdeki birkaç gün içinde yakılacak ve Depolama bunkerinde atık kokusu sorununu sınırlamak için kapatılmıştır [13].

Atıklar ızgaralar üzerinden yakma kazanı odasına taşınır ve yakılır.

1100 ila 1200 derece arasındaki bir sıcaklıkta ızgara atıkla birlikte hareket eder

Tümünün tam olarak yakılmasını sağlamak için en az 2 saat boyunca yakma fırınından kütle geçirilmelidir. atık [13].

Kül, hareketli ızgara kenarlarından düşer ve su ile yıkanır ve

daha fazla kullanım için toplanır. Yakma işleminden kalan hurda metal

Yakma işleminin sonunda toplama işlemi yapılmaktadır.

Yakma kazanı odası, elektrik üretmek için türbinlere bağlanır ve

bir ısıtma boruları ağı. Yakma işleminden çıkan baca gazı transfer edilir ve

tüm partikülleri yakalamak için filtrelemeden geçmeden önce kireç yıkama ile işlenir maddeyi buharlaştırır ve kalan buharı havaya bırakır.

3.3.2. Malzeme geri kazanım tesisi

Toplama işleminin ardından toplanan atıklar ve ambalaj atıkları ayrıştırılır.

Pazar kullanımına hazır hale getirilmek üzere kamyonlarla malzeme geri kazanım tesisine taşınır.

Malzeme geri kazanım tesisi farklı atık akışlarını işler ve bunların işlenmesinden sorumludur. daha ileri atık ayırma işlemi.

Biyolojik atık fraksiyonu ayrılır ve biyolojik sindirim işlemi için taşınır.

kompost üretir ve geri kalan atıklardan yakıt elde edilir (çoğunlukla plastiklerden oluşur)

(ahşap, kağıt ve karton gibi biyolojik olarak parçalanabilir atıklar)

yakma işlemi.

Tesise taşınan geri dönüştürülmüş malzeme depolanır ve konveyöre aktarılır.

geri dönüştürülemez ve tehlikeli olabilecek her türlü atığı ayırmak için bir tarama sürecinden geçen bantlar yamayı bozabilecek veya işleme sırasında güvenlik riski oluşturabilecek malzeme.

Farklı atık türlerinin ayrılması farklı tekniklerle yapılır: metaller

elektromanyetik tarama ile ayrılan plastikler, kızılötesi tarama kullanılarak ayrılır

farklı plastik sınıflarını ayırmak için kağıt ve kartonlar ayrıştırılır

mekanik işleme. [29] [30]

Ayırma işleminden sonra, farklı akış türleri farklı hazırlıklara tabi tutulur

işlemler: cam akışları kırılarak cam kırıklarına dönüştürülecek ve nakliye için paketlenilecek,

plastik daha küçük granüllere parçalanacak ve işleme tabi tutulduktan sonra geri dönüştürülecek

Malzeme akışları paketlenir ve nakliye için hazırlanır. [29] [30]

Atık toplamanın doğası gereği, malzeme geri kazanım tesisi aşağıdakilerle çalışmaktadır:

esas olarak toplama kaynağında ve daha sonra ayrılan temiz akarsular

Ayırma işlemleri geri dönüştürülmüş malzemeden daha iyi bir ekonomik değer sağlar

akarsular.

3.3.3. Çöp sahasına atma

Depolama süreci, atıkların mekanik ve endüstriyel atık depolama alanlarından taşınmasıyla başlar. biyolojik arıtma tesisleri ve yakılmayan atık kalıntıları yakma işlemi.

Atıklar katmanlar halinde yayılır ve sahadan gelen kokuları tutmak için toprakla örtülür. Atık, depolama sahasında başlangıçtan itibaren 5 dönüşüm aşamasından geçer. aerobik sindirim ve mikropların aktivitesini takiben 4 aşamalı anaerobik sindirim sindirim, esas olarak aşağıdakilerden oluşan ayrışma gazının oluşumuyla sonuçlanır metan (CH₄) [24].

Ayrışma gazı, tüm kuyular ve yakma sistemleri aracılığıyla toplanır. Toplanan gaz, enerji sektöründe ısıtma ve elektrik için kullanılıyor nesil. Açık depolama alanlarındaki çökelmeyle ayrışma süreci, ancak astar katmanları tarafından tutulan sızıntı suyu sürekli test ediliyor Sızıntının yeraltı suyu seviyelerine ulaşmamasını sağlamak için sızıntı önemlidir [24].

Estonya'da şu anda depolama kapasitesi atık üretim ihtiyaçlarının çok ötesindedir. ve biyolojik olarak parçalanabilir atıkların depolanmasına ilişkin AB hedeflerine ulaşılır ancak

Estonya'nın biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerin çöp sahalarına atılması konusundaki hedefleri henüz gerçekleştirilemedi.

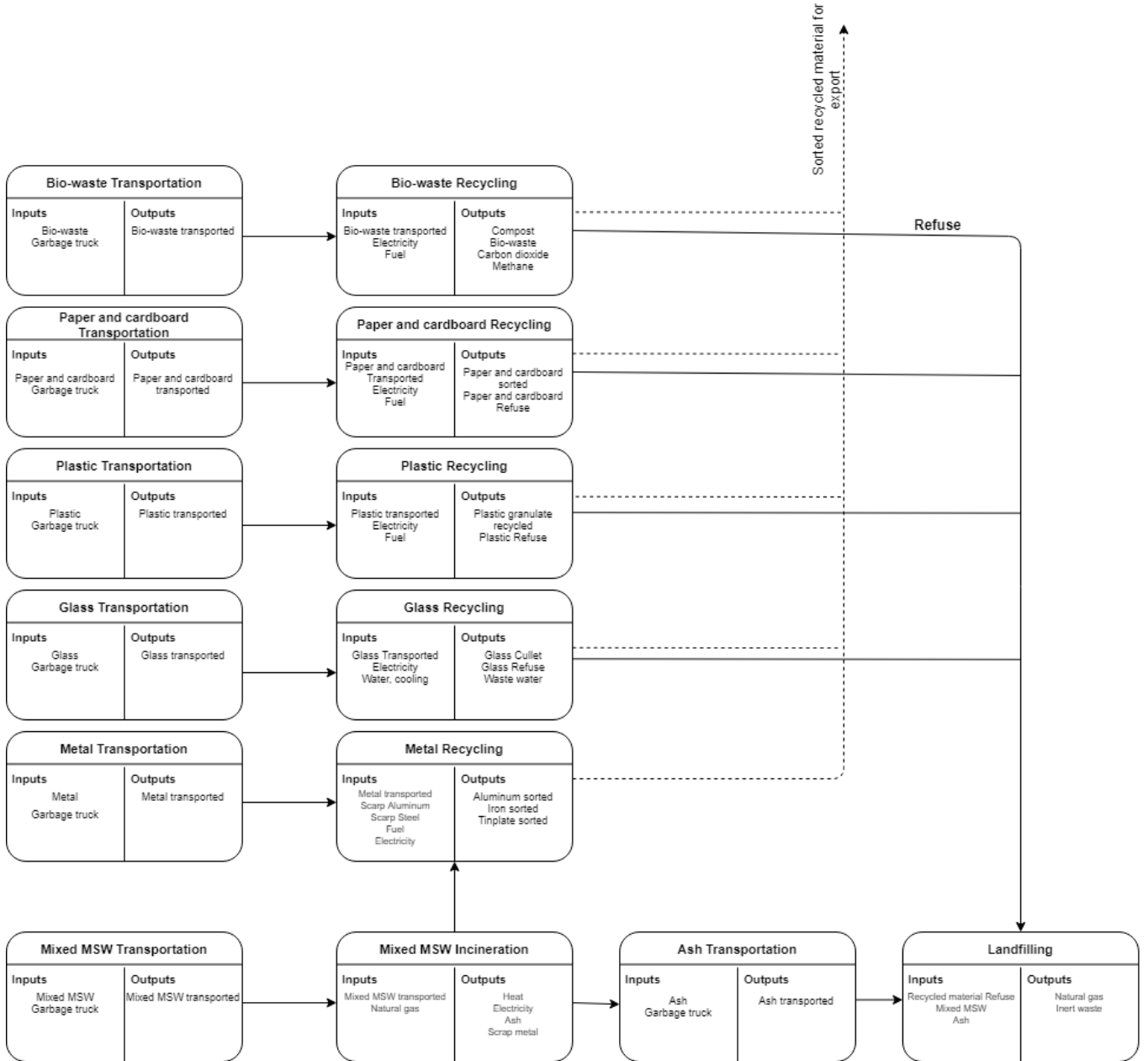
4. SONUÇLAR

4.1.Senaryo sonuçları

Şekil 12, mevcut atığı temsil eden temel senaryonun LCA'sını sunar

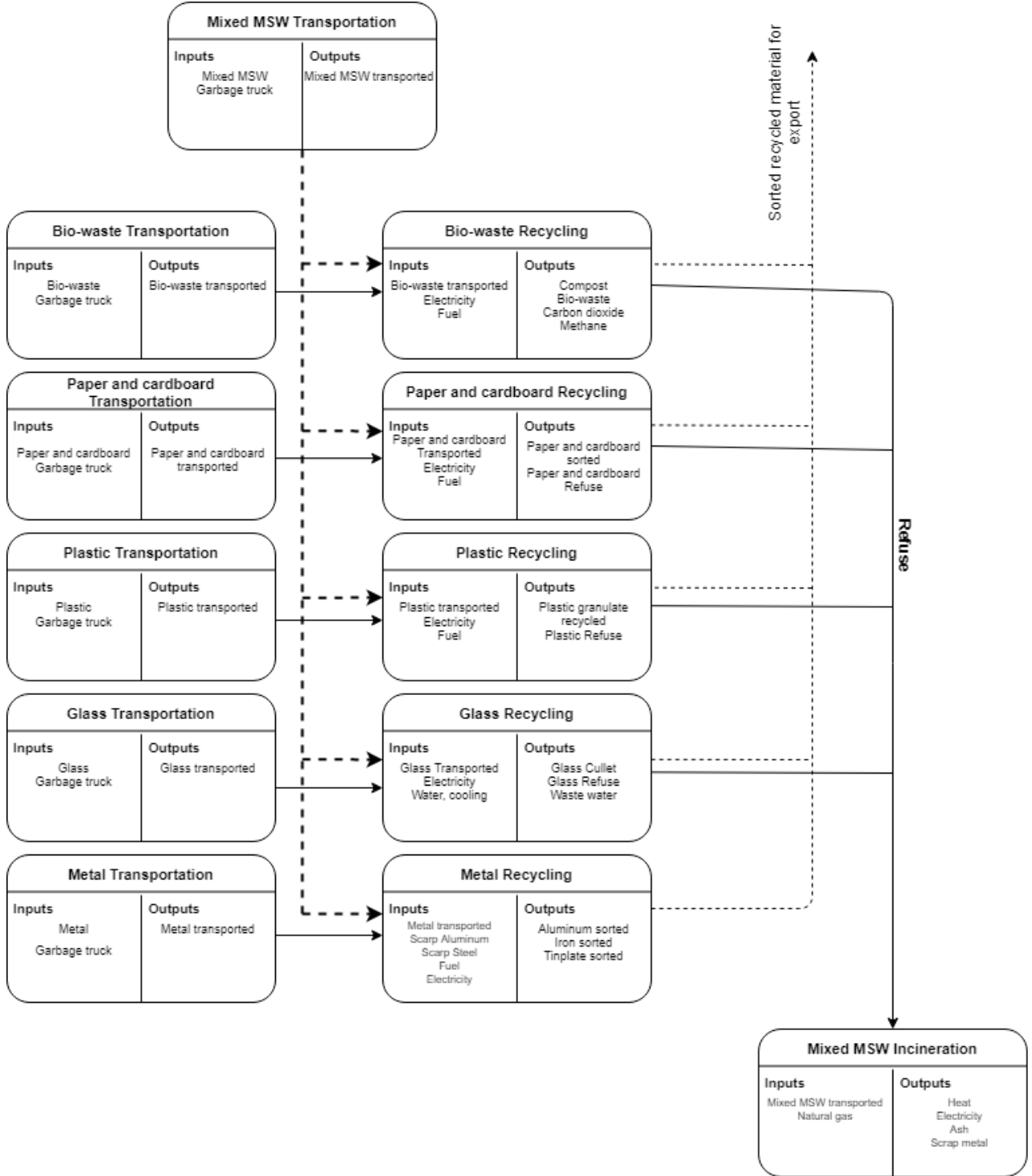
Estonya'daki yönetim sistemi ve ayrıca potansiyeli değerlendiren ilk senaryo

AB hedeflerine uyumun sağlanması. Her ikisi de aşağıdaki model grafiğine göre yapıldı.



Şekil (12) – Temel Senaryo ve Senaryo 1 model grafiği

İkinci senaryo, esas olarak aşağıdakilere güvenmenin potansiyelini değerlendirmek için hazırlandı: geri dönüşüm ve geri dönüşümün gelecekte oynayabileceği rolün önemini vurgulamak Estonya'daki atık yönetiminin. Senaryo aşağıdakilere göre değerlendirildi model grafik.



Şekil (13) – Senaryo 2 model grafiği

Orta nokta etki kategorilerine yönelik yaşam döngüsü değerlendirmesi, temel süreçler ile çevre üzerindeki etki arasındaki bağlantı. Orta nokta 18 etki kategorisinde çevresel etkileri karakterize edin Son nokta hasarından önce İnsan sağlığına, ekosistem kalitesine ve çevreye verilen zararı ölçen kategoriler Neden-sonuç zincirini oluşturmak için kaynaklar.

MSW tedavi senaryoları için Orta Nokta ve Bitiş Noktası Etki kategorisi sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3'te aşağıdaki gibidir

Tablo (2) – Temel Senaryo için Orta Nokta Etki Kategorisi Sonuçları

Orta nokta etkisi kategorisi	Referans birimi	Temel Senaryo	Senaryo 1	Senaryo 2
Tarım arazisi işgali	m2a	1983.196084	651.0089749	466.0999
İklim değişikliği	kg CO2-Eşdeğeri	837616.5247	276141.9425	139115.3
Fosil tükenmesi	kg yağ-Ek	38955.02378	11963.91709	67998.03
Tatlı su ekotoksitesitesi	kg 1,4-DCB-Eşdeğeri	48596.66289	16191.91458	7248
Tatlı su ötrofikasyonu	kg P-Eşdeğeri	4.977852958	1.600975214	1.222607
İnsan toksisitesi	kg 1,4-DCB-Eşdeğeri	319745.6996	106477.6881	48465.1
İyonlaştırıcı radyasyon	kg U235-Eşdeğeri	7209.070128	2213.288261	3195.522
Deniz ekotoksitesitesi	kg 1,4-DB-Eşdeğer	42008.61162	13996.21179	6240.3
Deniz ötrofikasyonu	kg N-Eşdeğeri	3980.539588	1326.032418	14.70431
Metal tükenmesi	kg Fe-Eşdeğeri	1194.991608	380.5497872	1076.091
Doğal arazi dönüşümü	m2	- 5.632594568	- 1.83842905	- 2.77128
Ozon tabakasının incilmesi	kg CFC-11-Eşdeğeri	0,019162082	0,005855447	0,019622
Partikül madde oluşumu	kg PM10-Eşdeğeri	889.1221545	289.1534752	124.5946
Fotokimyasal oksidan oluşumu	kg NMVOC-Ek	4773.551223	1560.78083	501.1321
Karasal asitlenme	kg SO2-Ek	805.4034466	253.6704569	271.1755
Karasal ekotoksitesite	kg 1,4-DCB-Eşdeğeri	649.0627164	216.1995159	3.005036
Kentsel arazi işgali	m2a	3413.424509	1120.168044	775.1049
Su tükenmesi	m3 su-Ek	820.9302913	271.9450101	229.4312

Tablo 2'de karakterize edilen etkilerden, MSW'nin temel senaryosu için net bir etki toksisite, küresel ısınma ve arazi işgali üzerine tedavi. Ancak İkinci senaryonun malzeme tükenmesinde daha yüksek etkisi oldu ve daha az verimli bir performans gösterdi metal tükenmesi, iyonlaştırıcı radyasyon ve ozon tükenmesi konusunda ilk senaryo

Analiz, Son Nokta düzeyinde yapılır ve normalleştirilir ve ağırlıklandırılır. Avrupa ortalamasını modellemek için yazılım ve sonuçlar puan olarak sunulur her hasar kategorisi.

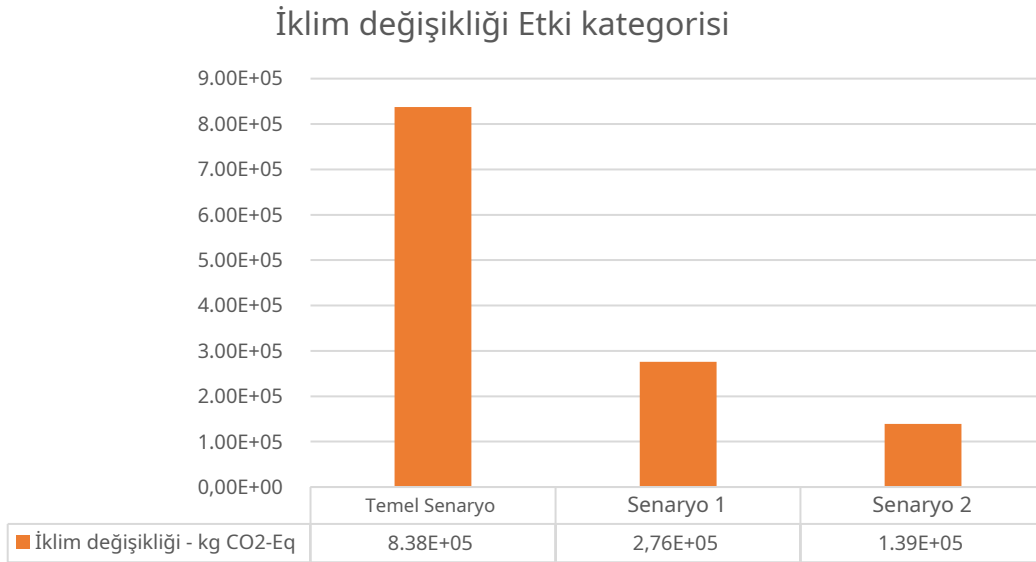
Tablo 3'te farklı senaryoların son hasar puanı büyük bir çevresel etki göstermektedir. İkinci senaryodaki performans, ancak kaynaklar üzerindeki etki o kadar iyi değildi araştırmanın kapsamının sınırlı olması ve yeniden kullanma potansiyelinin boşa harcanması nedeniyle Geri dönüştürülmüş malzemenin ihraç edilmesi yerine üretimde kullanılması.

Tablo (3) – Temel Senaryo için Son Nokta Etki Kategorisi Sonuçları

Son nokta etki kategorisi	Referans birimi	Temel Senaryo	Senaryo 1	Senaryo 2
ekosistem kalitesi	puanlar	15115.77	4979.29	2617.246
insan sağlığı	Puanlar	32286,79	10637.86	9176.17
kaynaklar	Puanlar	5282.992	1626.176	7463.952
toplam	Puanlar	52685.56	17243.33	21257.37

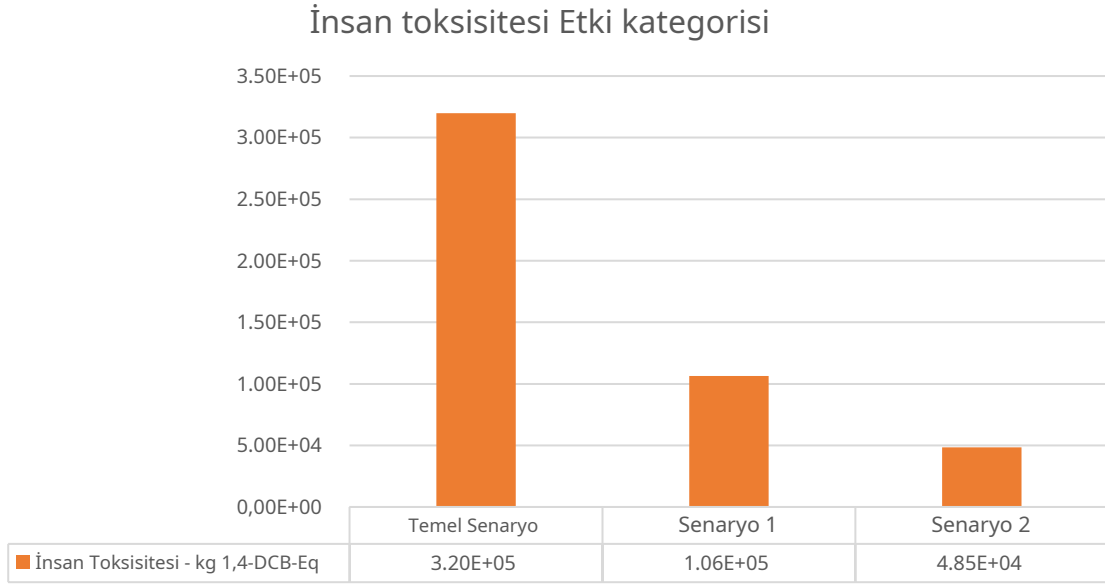
4.2. Sonuçların yorumlanması

Bu araştırmada, atıkların değerlendirilmesi için üç durum senaryosu değerlendirildi. Estonya'daki yönetim sisteminin iyileştirilmesi ve gelecekte iyileştirme potansiyelinin değerlendirilmesi. Birkaç Orta Nokta Etki kategorisinin çevresel etki açısından büyük bir farkı vardı senaryolar arasında.



Şekil (14) – Farklı MSW yönetim senaryolarının iklim değişikliği Etki kategorisi

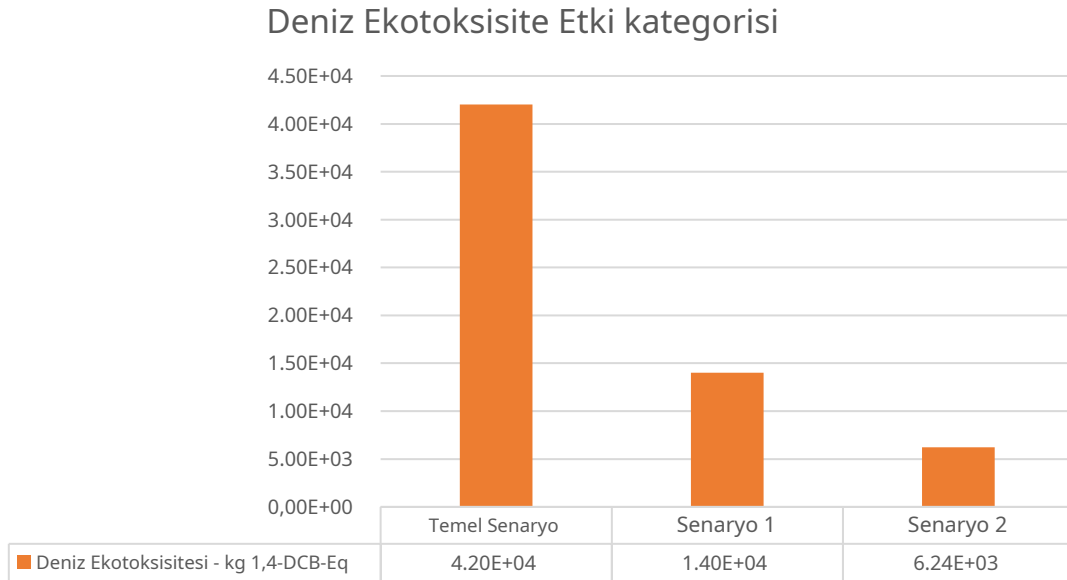
Şekil 14'ten görüleceği üzere, geri dönüşüm hem karbon ayak izini azaltmada hem de Kısa ve uzun vadede. Atıklardan kaynaklanan karbon emisyonunun büyük ölçüde azaltılması Yakma ve depolama, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir faktördür ve Küresel ısınmanın etkilerini azaltmak.



Şekil (15) – Farklı MSW yönetim senaryolarının İnsan toksisitesi Etki kategorisi

İkinci senaryo -Şekil 15'te- daha yüksek geri dönüşüm seviyeleri elde ederek, Sonuç olarak insan sağlığı üzerindeki etkilerde büyük bir azalma meydana gelir. Bu tür etkiler, Plastiklerin çöp sahalarında işlenmesi ve yakılması önlenabilir.

İnsan toksisitesi etki kategorisi, değişiklikten en çok etkilenen kategoridir. Geri dönüşüm oranlarındaki artışa en büyük katkı plastik ve kağıt işleme sektöründen geldi.



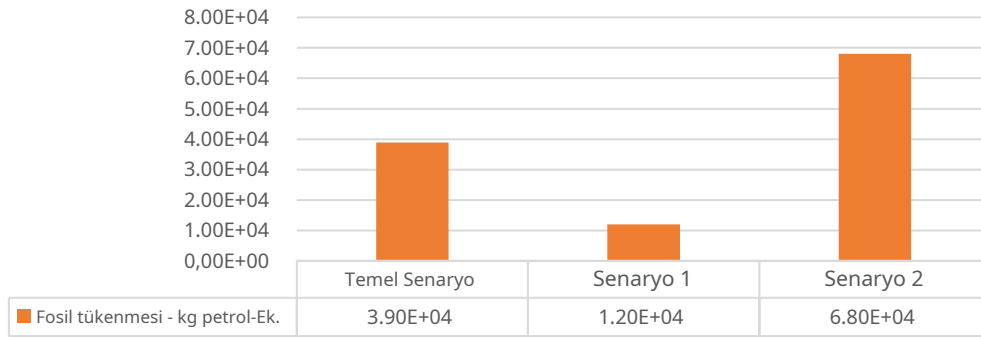
Şekil (16) – Farklı MSW yönetiminin deniz ekotoksitesi Etki kategorisi senaryolar

MSW'den atık sulara ulaşan kimyasal kalıntıların daha düşük seviyeleri

İkinci senaryodaki tedavi denizde ve karada daha düşük toksisite seviyeleriyle sonuçlandı ve tatlı su.

Plastiklerden ve diğer toksinlerden kaynaklanan MSW kalıntılarında tasarruf edin Geleneksel MSW yönetim sistemi deniz üzerindeki etkiyi azaltmaya yardımcı oldu ekotoksisite ve deniz yaşamını orijinalin neredeyse %5'ine kadar azaltarak darbe.

Fosil tükenmesi Etki kategorisi



Şekil (17) – Farklı MSW yönetim senaryolarının fosil tükenmesi Etki kategorisi

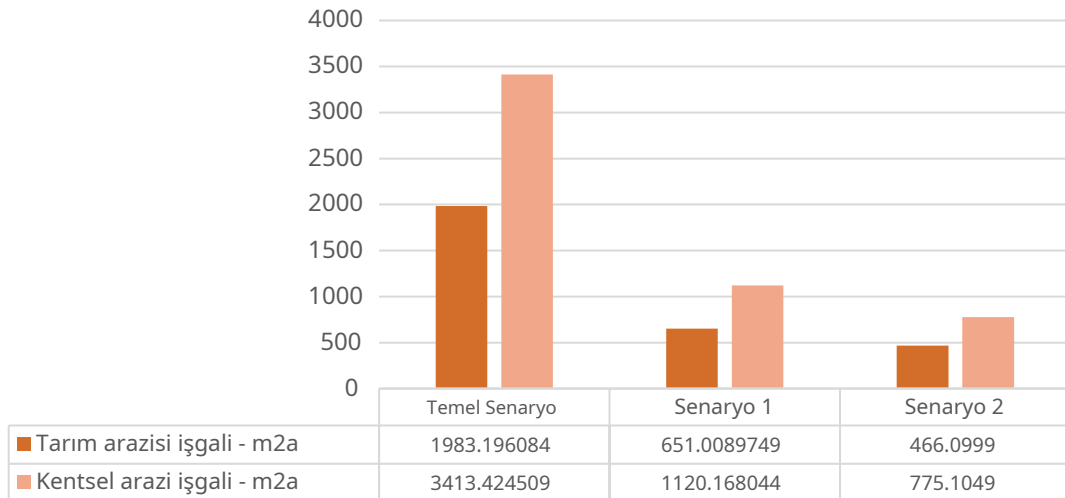
Düşük enerji geri kazanım oranlarına sahip daha yüksek geri dönüşüm oranları daha yüksek enerji geri kazanım oranlarına yol açacaktır.

ikinci durum senaryosu için fosil tükenme seviyeleri. Varlığına rağmen

temel senaryoda atıktan enerjiye seçeneği daha yüksek seviyelerde yakıt tüketilir

atıkların taşınması ve işlenmesi.

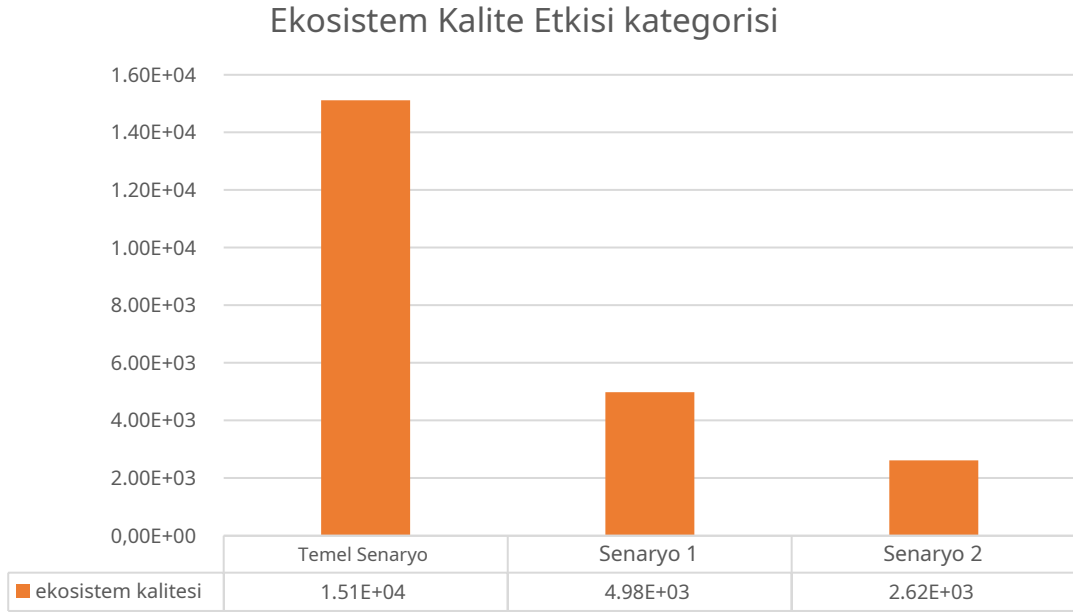
Tarım ve Kentsel arazi işgali Etki kategorisi



Şekil (18) – Tarım ve Kentsel arazi işgali Farklı MSW'nin Etki kategorisi yönetim senaryoları

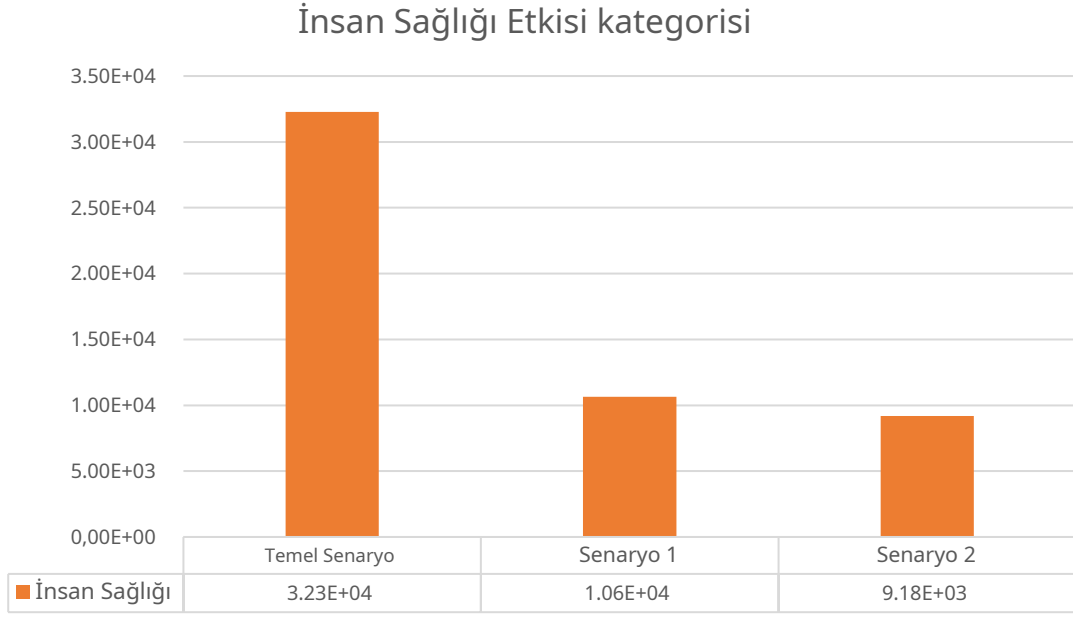
Hem senaryo 1'de hem de senaryo 2'de Çöp Depolama Alanındaki düşük seviyeler, büyük bir etkiye neden olur. Tarım ve kentsel arazilerde arazi işgali. Depolama alanı depolama alanları uzun bir süre gerektirir arazinin daha uzun süre kullanılamaz hale gelmesine neden olan kapatmanın ardından izleme ve rehabilitasyon dönemler ve daha fazla çevresel etkiye yol açar.

İnsan sağlığı, ekosistem kalitesi ve kaynaklar üzerindeki zararı ölçmek için Son Nokta etki kategorileri için üç durum senaryosunu karşılaştırarak.



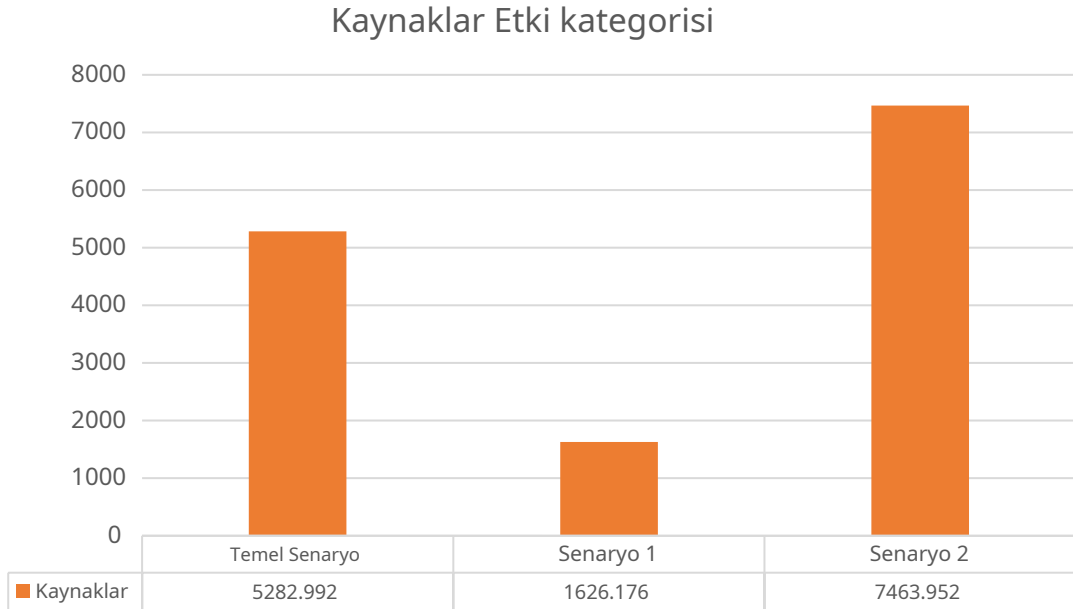
Şekil (19) – MSW arıtma senaryoları için ekosistem kalitesi etki kategorisi

Şekil 19'daki Senaryo 2, ekosistem kalitesi üzerinde neredeyse en düşük etki puanına sahipti Temel senaryodan %80 iyileşme. Ekosistem üzerindeki düşük etki geri dönüşüm, ekosistemdeki biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve sürdürülmesine yardımcı olacaktır. İnsan yaşamının ekolojik istikrarıyla bağlantılıdır.



Şekil (20) – MSW arıtma senaryoları için insan sağlığı etki kategorisi

Kısa ve uzun vadede MSW geri dönüşümünün daha yüksek seviyelerinin daha düşük bir etkisi vardır Şekil 20'de gösterildiği gibi insan sağlığı. Daha düşük seviyelerde depolama ve yakma, insan sağlığı üzerinde daha düşük etki, daha az kalıntı ve tatlı suya ulaşan daha az akıntı kaynaklara zarar verir ve hem deniz hem de kara toksisitesine katkıda bulunur.



Şekil (21) – MSW arıtma senaryoları için kaynak etki kategorisi

Arıtma senaryosu 2'den belirgin bir iyileşmeye rağmen, MSW geri dönüşümü daha yüksek miktarda yakıt tüketimi ve enerji gerektiren pahalı bir işlem 1. senaryodan farklı olarak atıktan enerji seçeneği üretilemeyen nesil ve depolama gazı kullanımı.

Mevcut katı atık yönetim sistemi insan sağlığı ve çevre için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. ekosistem ve mevcut geri dönüşüm hızı tüm riskleri azaltmaya yetmiyor çevresel etkilerle bağlantılıdır. MSW kalıntıları ve toksinleri yakma ve çöplüğe atma gibi -az miktarda bile olsa- büyük etkilere yol açan atıklar.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, MSW yönetimi için 3 farklı durum senaryosu kullanılarak değerlendirildi. Çevresel performansı değerlendirmek için Yaşam Döngüsü Değerlendirme metodolojisi Estonya'daki mevcut MSW işleme sistemi ve bunun potansiyel iyileştirmeleri Bu, katı atıkların ayrı toplanması ve geri dönüştürülmesi oranlarının artırılmasıyla sağlanabilir.

Değerlendirme, Orta Nokta ve Bitiş Noktası etki kategorileri üzerinde yapıldı ve şunları değerlendirdi: her birinin çevresel etkilerini karşılaştıran ve daha ayrıntılı bir görünüm sağlayın durum senaryosu

Karasal ekotoksiste üzerindeki etkiler, MSW geri dönüşümü ile en fazla iyileştirildi Etkilerin %90'ın üzerinde azalmasına rağmen fosil yakıtların tükenmesinde artış önemli bir etken oldu İkinci senaryonun dezavantajı.

Sonuçlar, mevcut MSW taşıma sisteminin oluşturduğu en büyük etkinin $3.19 * 10$ ile insan toksisitesinde $5\text{kg } 1,4\text{-DCB-Eq}$ (Diklorobenzen Eşdeğeri) ve iklim değişikliği üzerindeki etkisi $8.44 * 10\text{kg CO}_2\text{-Eq}$ (Karbondiyoksit Eşdeğeri) başına yıl. Bu tür etkiler, insan sağlığı üzerinde Son Nokta'da yüksek bir hasar puanına dönüşür ve ekosistem kalitesi.

AB'de bölgesel hedeflere uyum sağlamak için geri dönüşüm oranlarının artırılmasıyla gözle görülür bir artış sağlandı. Çevresel etkilerdeki azalma %60'ı aştı Etkilerin çoğunda azalma kategoriler. Bu iyileştirmenin en önemli anahtarı, tüm MSW'nin varsayımsal senaryolarda bir tedavi sistemi aracılığıyla ele alınır ve bu da Temel senaryoda atık için belirtilmemiş elleçleme.

İkinci senaryodaki etkilerde büyük bir azalma olmasına rağmen, en yüksek etkiye sahipti yüksek fosil tükenmesi nedeniyle kaynaklar üzerindeki etki. Bu tür etkilerin en aza indirilmesini sağlamak için senaryo, alternatif yeşil enerji kaynakları ve yakıtların kullanılmasının değerlendirilmesini etkiler darbelerin sırt çantasını azaltın.

Atık taşımacılığı, her üç senaryoda da temel faktörlerden biridir ve bu da şunları önermektedir: Alternatif yakıt türlerinin kullanılması veya atık toplama sisteminin yenilenmesinin değerlendirilmesi Estonya'da.

Önceki çalışmalardan toplanan veriler, atık sahalarındaki azalmaya rağmen, Estonya'da atık üretimi hala artan bir eğilimdedir ve karışık MSW miktarı Ayrıca, ana atık arıtma yöntemi olarak atık yakmaya olan bağımlılık da artmaktadır Seçenek. Atık önleme girişimleri geleceğin bir zorunluluğudur.

Geri dönüşüm oranlarını artırmanın en önemli faydası insan sağlığı üzerindeki etkisinin daha düşük olmasıdır ve ekosistem kalitesindeki iyileşme. Gelecekteki çalışmalarda, Kapıdan kapıya Hammaddeyi geri dönüştürülmüş malzemeyle değiştirmeyi hesaba katan yaklaşım

Evsel katı atık geri dönüşümünün faydalarının tam potansiyelinin gerçekleştirilmesine yardımcı olmak.

Politika yapıcılar düşük geri dönüşüm oranları sorununu yeni bir ışık altında ele almaya başlamalı modern atık hiyerarşisi ve AB parlamentosunun bölgesel baskısı nedeniyle, Geri dönüşüm oranlarını artırmak ve atık oluşumunu azaltmak.

Değerlendirme sonuçlarına göre, gelecekteki yatırımların atık yönetimine yönlendirilmesi gerekmektedir. geri dönüşüm ve hızlandırmaya yardımcı olmak için hükümet girişimleri tarafından desteklenmelidir. Ayrı toplama ve malzeme geri dönüşüm sistemlerine doğru dönüşüm.

Geri dönüşüm akışlarının kullanılmasının olası faydalarını değerlendirmek için daha fazla çalışma

Sınıflandırılmış malzemeyi ihraç etmek yerine Estonya'da yerel olarak bulundurmak.

Atık raporlaması ve veri toplama için daha iyi araçların geliştirilmesi, Estonya'da atık yönetimi konusunda gelecekte yapılacak çalışmalara büyük destek.

ÖZET

Belediye Katı Atık Yönetimi, Belediye atık sistemlerinin ana parçasıdır

Modern toplumun meydan okuması haline geldi, Birçok alanda kaydedilen büyük ilerlemeye rağmen Çevresel açıdan bakıldığında, katı atıkların çoğu hala geleneksel yöntemlerle bertaraf ediliyor sürdürülebilir olmayan yöntemler.

Estonya, sürdürülebilirlik ve dairesel kalkınmayı sağlama konusunda Avrupa Birliği hedefinin bir parçası olarak Ekonominin hız kazanması ve atık yönetim sistemini geliştirmesi gerekiyor

Modern atık hiyerarşisine uyum sağlamanın ve En Son Yönetmeliklere uymanın sürdürülebilir bir yolu AB geri dönüşüm hedefi.

Atık depolama sistemi ve yerel MSW sistemindeki büyük başarıya rağmen ambalaj toplama oranları, Estonya'nın MSW'de farklı bir zorlukla karşı karşıya kalması bekleniyor toplama ve işleme. Estonya'da hala Karma atık olarak toplanan MSW'nin %70'inden fazlası var nispeten düşük ayrı atık toplama yüzdelerine sahip.

Estonya'daki karışık MSW'nin büyük bir kısmı biyolojik olarak parçalanabilir ve mutfak atıkları, plastik, kağıt ve karton. Karma MSW hala büyük bir Ülkenin sürdürülebilirliğini sağlamasına yardımcı olabilecek daha fazla geri dönüşüm potansiyeli hedefler.

Bu araştırma, MSW yönetiminin yaşam döngüsü değerlendirmesine odaklanarak şunları değerlendirdi: Mevcut atık yönetim sistemini gözden geçirmek ve bu konuda tavsiyelerde bulunmak Geri dönüşümde potansiyel yol.

Hem yerel hem de bölgesel olarak MSW yönetimine ilişkin yasal arka plan incelendi ve hükümetten MSW'yi iyileştirmeye yönelik net bir kararlılık yasal düzenlemeler, kanunlar ve yönetmeliklerden oluşan bir yapı aracılığıyla yönetim sistemi oluşturmak gelecekteki gelişimin temeli

Mevcut durumu karşılaştırmak için üç ayrı durum senaryosu değerlendirildi yakın ve uzak gelecek hedefleri. İlk senaryo, AB hedeflerine dayanıyordu önümüzdeki on yılda en az %60 geri dönüşüm oranına ulaşmak. İkinci senaryo Temel olarak atık geri dönüşümüne dayanan varsayımsal bir senaryoya dayanmaktadır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi, yaklaşım için en uygun metodoloji olarak seçildi bir yıllık MSW miktarı için etkileri değerlendirmek üzere belirlenen görev Taşıma ve yaşam sonu tedavisi

Sağlanan verilerin sınırlamaları ve genel varsayımın uygun şekilde ele alınması ve Süreç sistemi ihtiyaç duyulan araştırma kapsamını yansıtacak şekilde tasarlandı.

Yapılan değerlendirme, mevcut MSW'den kaynaklanan büyük etkiler ve tehlikeler gösterdi iklim değişikliği ve insan toksisitesi üzerinde büyük etkileri olan bir arıtma sistemi.

Mevcut MSW arıtma sistemi $8,44 \times 10$ sonucunu verir $\text{kg CO}_2\text{-Yıl başına eşdeğer}$ ve $3.19 \times$

10kg 1,4-DCB-Eq'nun insan toksisitesi üzerindeki etkisi.

Değerlendirme her iki senaryo için de harika sonuçlar gösterdi ve etkilerin yaklaşık %60'ı İlk senaryoda sadece AB hedeflerine uyulmasıyla katı atık bertarafı ile ilişkilendirilebilir. İkinci aşamada çevresel etkilerde daha fazla iyileştirme gerçekleştirilirken, senaryo.

Geri Dönüşüme olan büyük bağımlılık nedeniyle, iklim değişikliği üzerindeki etkilerin %80'inden fazlası, insan toksisitesi ve ekotoksiste azalır. Fosil gibi diğer yönler ise Çalışma kapsamının sınırlı olması nedeniyle tükenme daha kötü sonuçlar gösterdi.

Geri dönüşüm, mevcut çevre performansının iyileştirilmesinde önemli bir faktördür.

Estonya'daki MSW arıtma sistemi, Bununla birlikte, bu sistemin birbiriyle bağlantılı etkileri şunlardır:

Böyle bir durumdan elde edilecek faydaların en üst düzeye çıkarılması için enerji sektörünün de dikkate alınması gerekir. senaryo.

Hükümet girişimleri ve politika değişiklikleri için çeşitli öneriler dikkate alınmalıdır.

potansiyeli daha iyi değerlendirmek ve belirlenen hedeflere ulaşmak için yürürlüğe girdi. Veri geliştirme

Toplama araçları ve atık toplama sistemleri sürdürülebilir bir çevreye doğru atılan ilk adımlardır.

Katı atık yönetimine yönelik yaklaşım.

Referanslar

- [1] Eurostat, „Yıl ve atık kategorisine göre haneler tarafından üretilen atıklar“, 23 Ekim 2020. [Vörgumaterjal].
- [2] M. Giacomazzi, „Geri dönüşümün yakmadan daha iyi olmasının 4 nedeni“, 14 09 2017. [Vörgumaterjal].
- [3] Keskkonnaagentuur, "Atık raporlama sistemi (WDMS) - Genel sorgular," 2019. [Vörgumaterjal].
- [4] Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi, "AVRUPA PARLAMENTOSU VE 30 EKİM KONSEYİ'NİN (AB) 2018/851 SAYILI YÖNETMELİĞİ"
Mayıs 2018, Atıklarla ilgili 2008/98/EC sayılı Direktifi değiştiren yasa, 2018.
- [5] „Avrupa ülkelerinde belediye atık yönetimi“, 25 03 2021. [Vörgumaterjal].
- [6] J. Cooper, "Atık hiyerarşisi: zorluklar ve fırsatlar", 9 Temmuz 2014. [Özet]. Şuradan ulaşılabilir: <https://www.letsrecycle.com/news/latest-news/wastehierarchy-challenges-and-opportunities/>.
- [7] Riigikogu, "Atık Yasası", 2004.
- [8] Avrupa Çevre Ajansı, "Katı belediye atıklarının yönetimi - 32 Avrupa ülkesindeki başarıların incelenmesi", Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg, 2013.
- [9] Atık Önleme Programı, „Avrupa'daki ulusal atık önleme programlarına genel bakış - Estonya Bilgi notu“, 2016.
- [10] Avrupa Çevre Ajansı, "Belediye atık yönetimi", Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg, 2016.
- [11] KVIS Harri Moora, "Segaolmejäätmete, eraldi kogutud paberi- ve pakendijäätmete ning elektroonikaromu koostise ve koguste uuring," SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus, Tallinn, 2020.
- [12] Estonya Çevre Araştırma Merkezi, "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında ESTONYA'NIN DÖRDÜNCÜ İKİ YILLIK RAPORU", Estonya Çevre Araştırma Merkezi, Tallinn, 2019.
- [13] Enefit Green, „Sanal Tur - Iru Termik Santrali“, 2021. [Önceki]. Mevcut: <https://www.energia.ee/irutuur/?language=en>.
- [14] CRTFTHHC Anders Damgaard, „Atık yakmada hava kirliliği kontrolü ve enerji geri kazanımının tarihsel gelişiminin yaşam döngüsü değerlendirmesi“ *Atık Yönetimi*,kd. 30, nr 7, s. 1244-1250, 2010.
- [15] „Baca gazı arıtımı,“ [Vörgumaterjal]. Mevcut: https://britishlime.org/technical/flue_gas_treatment.php.
- [16] Ulusal Araştırma Konseyi (ABD) Atık Yakmanın Sağlık Etkileri Komitesi, Atık Yakma ve Halk Sağlığı., Washington (DC): National Academies Press (ABD), 2000.
- [17] J. d. BCLDRV Silva, "Belediye katı atıklarından elde edilen dip küllerinin kullanımının çevresel etkileri" *Kaynaklar, Koruma ve Geri Dönüşüm*,s. Sayfalar 23-35, 2019.
- [18] AWMIJPB a. GMCHK Lam, „Yakma MSW Külünün Kullanımı: Bir İnceleme,“ *Sürdürülebilirlik*,kd. 2, nr 7, s. 1943-1968, 2010.

- [19] HHSZJZ Yongjie Xue, „Taş mastik asfalt karışımında belediye katı atık yakma külünün kullanımı: Yol kaplaması performansı ve çevresel etki," *İnşaat ve Yapı Malzemeleri*,kd. 23, nr 2, s. 989-996, 2009.
- [20] JMPCCFTGT Kyle A. Clavier, "Belediye atık yakma külünün çimento üretiminde ham madde olarak kullanılmasıyla ilişkili fırsatlar ve zorluklar" – bir inceleme,"*Kaynaklar, Koruma ve Geri Dönüşüm*,kd. 160, s. 104-888, 2020.
- [21] H. & U.-PE & VV Moora, „Estonya'da Olası Belediye Katı Atık Yönetimi Senaryolarının İklim Değişikliği Etkisi," Linnaeus Eco-Tech, 2017.
- [22] D. & RA Schneider, "Geri dönüşüm ve yakma, çelişki mi yoksa bir arada varoluş mu?" *Atık Yönetimi ve Araştırma*,2015.
- [23] İstatistik Estonya, "Atık ve döngüsel ekonomi", 2021. [Vörgumaterjal]. Şuraya ulaşılabilir: <https://www.stat.ee/en/find-statistics/statistics-theme/environment/waste-and-circulareconomy>.
- [24] VMH & LE Voronova, „Estonya belediye atık depolama alanlarında sızıntı suyu ve depolama gazı arıtımının çevresel değerlendirmesi ve sürdürülebilir yönetim seçenekleri," *Çevre Kalitesinin Yönetimi: Uluslararası Bir Dergi*,s. 787-802, 2011.
- [25] IRUKLKKO Harri Moora, „Estonya'da yakılmış belediye atıklarındaki biyokütle içeriğinin ve ilişkili CO2 emisyonlarının belirlenmesi" *Enerji Prosedürü*,kd. 128, s. 222-229, 2017.
- [26] AWLTHC Hanna Merrild, "Belediye atıklarındaki temel malzemelerin geri dönüştürülmesi ile yakılmasının değerlendirilmesi: Verimli enerji geri kazanımının ve taşıma mesafelerinin önemi" *Atık Yönetimi*,kd. 32, nr 5, s. 1009-1018, 2012.
- [27] CVDSCHSH Michael E. Boesch, "Metal geri kazanımı için yeni teknolojilerle geliştirilmiş atık yakma için bir LCA modeli ve İsviçre örneğine uygulanması" *Atık Yönetimi*,kd. 34, nr 2, s. 378-389, 2014.
- [28] Uluslararası Standardizasyon Örgütü, „ISO 14040:2006 - Çevre yönetimi — Yaşam döngüsü değerlendirmesi — İlkeler ve çerçeve," Uluslararası Standardizasyon Örgütü, 2016.
- [29] CBUA Filomena Ardolino, „Bir malzeme geri kazanım tesisinin farklı yapılandırmalarının yaşam döngüsü perspektifindeki çevresel performansları," *Atık Yönetimi*,kd. 68, s. 662-676, 2017.
- [30] Matthew J. Franchetti, „Vaka çalışması: ABD, Ohio, Lucas County'de belediye geri dönüşümü için bir malzeme geri kazanım tesisinin ekonomik ve operasyonel uygulanabilirliğinin belirlenmesi,"*Kaynaklar, Koruma ve Geri Dönüşüm*,kd. 53, nr 9, s. 535-543, 2009.
- [31] LS Sterling, Ajan Odaklı Modelleme Sanatı, Londra: The MIT Press, 2009.
- [32] Eurostat, „Atık istatistikleri", 2018.