

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ATIK YÖNETİMİNDE YAKMA TEKNOLOJİSİNİN
UYGULANABİLİRLİĞİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET TAŞTAN

2000002641

Ana Bilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Program: Proje Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL

EYLÜL 2022

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ATIK YÖNETİMİNDE YAKMA TEKNOLOJİSİNİN
UYGULANABİLİRLİĞİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET TAŞTAN

2000002641

Ana Bilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Program: Proje Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL

Jüri Üyeleri: Dr. Öğr. Üyesi Pınar İ. KOÇAK (İKÜ)

Doç. Dr. Fatih İLHAN (YTÜ)

EYLÜL 2022

ÖNSÖZ

Ülkemizin en hızlı gelişen ve sürekli büyüyen kenti İstanbul'da artan kentsel atığın yönetilmesi ve uygun yöntemlerle ortadan kaldırılmasının gerekliliği önem kazanmıştır. Artan nüfus, satın alma gücü ve gelişen teknoloji ile birlikte atığın miktarca arttığı ayrıca karakter olarak çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Meydana gelen atığın temiz bir çevre hedefi ile toplanması, sınıflara ayrılması ve bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Sağlıklı şehirleşmeyle birlikte aynı zamanda temiz bir çevrenin de korunması gerekliliktir. Sürdürülebilir çevre için uluslararası ilke ve prensipler başta olmak üzere ulusal mevzuat gereği gerekli strateji ve uygulamaların hayata geçirilmesi öncelik kazanmıştır.

Bu amaçla İstanbul'da inşa edilerek işletmeye alınan Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi incelenmiştir. Bu çalışmada toplanan atık hiçbir ayırma işlemine tabi tutulmadan yakılarak bertaraf edilmektedir. Ortaya çıkan ısı enerjisi ile elektrik üretilerek gelir elde edilmektedir. Yapılan bu çalışmanın konu ile ilgili bundan sonra yapılacak çalışmalara kaynak oluşturması amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans ve tez çalışmamın başlangıcından bu güne kadar vermiş olduğu emeklerden ve bu tezin oluşumuna sağladığı katkılardan dolayı çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Mehmet N. UĞURAL'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmama sağladığı katkılardan dolayı meslektaşım Sayın Maruf İÇGE' ye çok teşekkür ederim. Ayrıca her zaman beni destekleyen ve bu süreçte her daim yanımda olduklarını hissettiren aileme sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet TAŞTAN

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR.....	v
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI.....	6
2.1. Atık Yönetiminde Genel Yaklaşım.....	6
2.1.1. Atık Yönetim Mevzuatı	7
2.1.2. Atık Yönetim Hiyerarşisi	12
2.2. Entegre Katı Atık Yönetimi	13
2.3. Sürdürülebilir Entegre Katı Atık Yönetimi.....	14
2.3.1. Dünya Genelinde Katı Atık Yönetimi.....	16
2.3.2. Avrupa’da Katı Atık Yönetimi	17
2.3.3. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi	19
2.3.4. İstanbul’da Katı Atık Yönetimi	21
2.4. Atık Bertaraf Etme Yöntemleri.....	24
2.4.1. Depolama.....	25
2.4.1.1. Düzensiz Depolama	25
2.4.1.2. Düzenli Depolama	26
2.4.2. Biyolojik Sistemler ve Biyometanizasyon	27
2.4.3. Termal Bertaraf Yöntemleri	29
2.4.3.1. Yakma.....	30
2.4.3.2. Gazifikasyon	31
2.4.3.3. Proliz	32
2.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Mevzuatı	32
2.5.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çeşitleri	32
2.5.1.1. Rüzgar Enerjisi	33
2.5.1.2. Güneş Enerjisi	33
2.5.1.3. Hidrolik Enerjisi	34
2.5.1.4. Jeotermal Enerji	34
2.5.1.5. Biyokütle Enerjisi	34
2.5.2. Türkiye’deki Enerji Mevzuatı	35
2.5.2.1. Enerji Piyasası Kanunu	36
2.5.2.2. Yenilenebilir Enerji Kanunu	36
2.5.2.3. Elektrik Fiyatları ve YEKDEM	37

3. ATIK YÖNETİMİNDE YAKMA TEKNOLOJİSİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ.....	39
3.1. İstanbul İli Tanıtımı	39
3.1.1. Coğrafi Yapısı	39
3.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü	40
3.1.3. Nüfus	40
3.1.4. Sosyo-Ekonomik Yapı.....	41
3.2. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Yönetimi Verileri.....	42
3.2.1. Toplama ve Taşıma Sistemi	42
3.2.2. Aktarma İstasyonları.....	42
3.2.3. Düzenli Depolama Sahaları.....	44
3.3. Atık ve Nüfus Projeksiyonu.....	45
3.3.1. Atık Projeksiyonu.....	45
3.3.2. Nüfus Projeksiyonu	49
3.3.3. Atık Karakterizasyonu	51
3.4. Proje Kapsamı.....	56
3.4.1. Proje Fikri	56
3.4.2. Proje Tanıtımı	57
3.4.3. Hedef	65
3.4.4. Proje Yer Seçimi	67
3.4.5. Proje Kapasitesi.....	70
3.5. Proje Yatırım Maliyeti	71
3.5.1. Toplam Yatırım Maliyeti ve Yıllara Dağılımı	71
3.5.1.1. Arazi Bedeli.....	71
3.5.1.2. Sabit Sermaye Yatırımları	71
3.5.1.3. İşletme Sermayesi	74
3.6. Proje İşletme Gelir ve Giderleri	75
3.6.1. İşletme Dönemi Gelir ve Giderleri	76
3.6.1.1. İşletme Gelirleri.....	76
3.6.1.2. İşletme Giderleri	77
3.7. Proje Finansman Yapısı, Koşulları ve Kaynakları	80
3.8. Proje Finansal Analizi	82
3.8.1. Proje Gelir ve Gider Dengesi, Üretim Maliyeti ve İşletme Karı	82
3.8.2. Proje Yatırımının Fon Akımı	85
3.8.3. Projenin Net Bugünkü Değeri (NPV) ve İç Karlılık Oranı (IRR)	86
3.9. Projenin Ekonomik Analizi	88
3.9.1. Projenin Çevresel Etkileri	90
3.9.2. Projenin Sosyal Etkileri	90
3.9.3. Projenin Ekonomik Faydaları.....	91
3.9.4. Projenin Ekonomik Maliyetleri	92
3.9.5. Projenin Ekonomik Net Bugünkü Değeri (NPV) ve Ekonomik İç Karlılık Oranı (IRR).....	92
3.10. Projenin Duyarlılık Analizi	95

3.11. Projenin Risk Analizi	98
4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME.....	101
5. KAYNAKÇA	103
6. EKLER	108



KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
RDF	: Atıktan Türetilmiş Yakıt
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
ÇTV	: Çevre Temizlik Vergisi
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
BSTB	: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
ÇOB	: Çevre ve Orman Bakanlığı
KW	: KiloWatt
GW	: GigaWatt
MW	: MegaWatt
MW	: Megawatt (1000 Kilowatt)
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol (11630 MWh)
CAL	: Kalori
KCAL	: Kilo Kalori (1000 cal)
Sm³	:Standart metre küp
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İSTAÇ A.Ş.	: İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi
LFG	: Atıkların Çözünmesinden Meydana Gelen Gaz
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

WWF	: Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı
MMO	: Makine Mühendisleri Odası
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
MÖ	: Milattan Önce
İSTKA	: İstanbul Kalkınma Ajansı
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
BGA	: Baca Gazı Arıtma
MKO	: Merkezi Kontrol Odası
AYİY	: Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik
SKHKKY	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
NBD	: Net Bugünkü Değer
IRR	: İç Karlılık Oranı
İKO	: İç Karlılık Oranı
SDK	: Standart Dönüşüm Katsayısı
MNBD	: Mali Net Bugünkü Değer

ENBD : Ekonomik Net Bugünkü Değer

EİKO : Ekonomik İç Karlılık Oranı

MİKO : Mali İç Karlılık Oranı

ÖTL : Ömrünü Tamamlamış Lastikler



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1: Atık Yönetim Stratejileri (Çşb, 2018)	16
Tablo 2.2: Atık Bertaraf Sistemlerinin Karşılaştırılması (Çşb, 2014)	24
Tablo 2.3: Termal Bertaraf Yöntemlerinde Tipik Reaksiyon Koşulları Ve Ortaya Çıkan Ürünler (Saltabaş Vd., 2011).....	29
Tablo 2.4: Atık Bertaraf Yöntemlerinin Karşılaştırılması (İbb Fizibilite Raporu, 2019).....	30
Tablo 2.5: Ülkelerin Ve Türkiye'nin 2000-2015 Birincil Enerji Arzı Ve Talep Tahminleri (Mtep*), (Mmo, 2018).....	35
Tablo 2.6: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması Yekdem Sistemi, Feed-İN Tariff (Climate Scorecard, 2021).....	38
Tablo 3.1: İstanbul'un Küresel Endekslerdeki Yeri (İstka, 2015).....	41
Tablo 3.2: İstanbul'da 2000 – 2011 Döneminde Toplanan Ve Bertaraf Edilen Katı Atık Miktarları (İstaç Aş.).....	46
Tablo 3.3: İstanbul Kentsel Atık Üretim Tahminleri (İbb Fizibilite Raporu, 2019).48	
Tablo 3.4: İstanbul İlinin Gerçekleşmiş Nüfus Değerleri Ve Daha Önce Yapılmış Nüfus Kestirimleri (İbb Fizibilite Raporu, 2019).....	50
Tablo 3.5: İstanbul İlinin Nüfus Projeksiyonu (İbb Fizibilite Raporu, 2019)	51
Tablo 3.6: Karakterizasyon Belirleme Çalışmalarının Karşılaştırılması (İstaç A.Ş; Çed Raporu, 2012).....	53
Tablo 3.7: İstanbul'da Oluşan Ve Beklenen Atık Miktarları (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).....	54
Tablo 3.8: Aktarma İstasyonları Bazında Atık Kalorifik Değerleri (Saltabaş Vd., 2011).....	55
Tablo 3.9: Alternatif Yer Seçeneklerinin Değerlendirilmesi (İbb Fizibilite Raporu, 2019).....	68
Tablo 3.10: Sabit Sermaye Yatırımları Ve Bileşenlerine Göre Dağılımı (2016 Sabit Fiyatlarıyla).....	75
Tablo 3.11: Tesiste Üretilen Elektrikten Sağlanacak Gelirin Yıllara Dağılımı	77
Tablo 3.12: Sabit Ve Değişken İşletme Giderlerinin Yıllara Dağılımı.....	80
Tablo 3.13: Yatırımın Finansman Yapısı (2016 Yılı Fiyatlarıyla, Birim: Euro)	81
Tablo 3.14: Yatırımın Kredi Ve Özkaynaklar Yönüyle Dağılımı	81
Tablo 3.15: Yatırım Projesinin Gelir, Gider, Üretim Maliyeti Ve İşletme Karı Dağılımı	83
Tablo 3.16: Yatırım Projesinin Gelir, Gider Ve Karlılıklarının Yıllara Göre Dağılımı	85
Tablo 3.17: Yatırım Projesinin Fon Akışı	86
Tablo 3.18: Projenin Değişik İskonto Oranlarında Net Bugünkü Değerleri Ve İç Karlılık Oranı	87
Tablo 3.19: İç Karlılık Oranı Hesabına Esas Olan Gelir Ve Gider Akımları (2017 Yılı Fiyatlarıyla)	88
Tablo 3.20: Yatırımın Fayda/Maliyet Oranı (F/M)	94
Tablo 3.21: Proje Değişkenlerindeki Değişiklikler Bazında Mali Nbd Ve Mali İko Değerlerindeki Değişiklikler	96
Tablo 3.22: Uzmanlarca Tahmin Edilen Proje Göstergelerinin Dağılımı	99
Tablo 3.23: Projenin Risk Analiz Sonuçları	100

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Entegre Katı Atık Yönetim Hiyerarşisi (Çed Raporu, 2012).....	13
Şekil 2.2: 2018 Yılı Avrupa Birliği Ülkelerinde Ve Türkiye’de Evsel Atıkların Yönetimi (Eurostat,2018).....	18
Şekil 2.3: 2014 Yılı Türkiye Atık Dağılımı (Çşb, 2018)	19
Şekil 2.4: 2014 Yılı Türkiye Atık Kompozisyonu/Karakterizasyonu (Çşb, 2018) ...	20
Şekil 2.5: Büyükşehirlerde Evsel Atıkların Yönetimi (Çşb, 2018).....	21
Şekil 2.6: Düzensiz (Vahşi) Depolama Örneği (Çob, 2009).....	25
Şekil 2.7: Kemberburgaz Düzenli Depolama Sahası Ve Enerji Üretim Tesisi (İstaç, 2021).....	27
Şekil 2.8: Biyometanizasyon Tesisi Akım Şeması (Çşb, 2018)	28
Şekil 2.9: İbb Eyüp Kemberburgaz Biyometanizasyon Tesisi (İstaç, 2021)	28
Şekil 2.10: Yakma Tesisi Akım Şeması (Çşb, 2018).....	31
Şekil 2.11: Türkiye’nin Kurulu Elektrik Enerji Gücünün Yıllara Göre Değişimi (Teiaş, 2020)	37
Şekil 3.1: İstanbul İl Haritası (İstanbul Valiliği, 2022).....	40
Şekil 3.2: Atık Taşıma Hizmetleri (İbb, Atık Yönetim Müdürlüğü, 2022)	42
Şekil 3.3: Aktarma İstasyonunun Kazanımları (İbb, Atık Yönetim Müdürlüğü,2022)	43
Şekil 3.4: Aktarma İstasyonları (İ.B.B Proje Sunumu, 2021)	44
Şekil 3.5: Düzenli Depolama Sahaları.....	44
Şekil 3.6: Düzenli Depolama Sahaları (İ.B.B Proje Sunumu, 2021)	45
Şekil 3.7: İstanbul’un Katı Atık Tahmin Çalışması (Çed Raporu, 2012).....	46
Şekil 3.8: 1995 – 2009 Yılları Arası Oluşan Atık, 2010 – 2015 Yılları Arası Muhtemel Toplam Organik Atık Miktarları Ve Yönetmeliğin Müsaade Ettiği Depolanabilir Organik Atık (İbb Fizibilite Raporu, 2019)	49
Şekil 3.9: İstanbul Katı Atık Karakterizasyonu Dağılımı,2009 Yılı Kış Dönemi (Saltabaş Vd., 2011).....	56
Şekil 3.10: Atık Yakma Tesisinin Örnek Çalışma Şeması (İbb Fizibilite Raporu, 2019).....	58
Şekil 3.11: İbb Atık Yakma Ve Enerji Üretim Tesisi (İ.B.B Proje Sunumu, 2021)..	59
Şekil 3.12: Atık Kabul Ve Tartım Örneği.....	60
Şekil 3.13: Atık Boşaltma Peronu Örneği.....	60
Şekil 3.14: Atık Depolama Haznesi Ve Vinç Örneği	61
Şekil 3.15: Atık Besleme Örneği	61
Şekil 3.16: Atık Yakma Fırını Ve Hareketli Izgara Örneği.....	62
Şekil 3.17: Buhar Kazanı Örneği	63
Şekil 3.18: Türbin Jeneratör Örneği	63
Şekil 3.19: Merkezi Kontrol Ve Kumanda Merkezi.....	65
Şekil 3.20: İ.B.B Atık Yakma Ve Enerji Üretim Tesisinin Proses Kısımları (İ.B.B Proje Sunumu, 2021)	66
Şekil 3.21: İ.B.B Atık Yakma Ve Enerji Üretim Tesisinin Uydu Görüntüsü Üzerindeki Konumu (İ.B.B Proje Sunumu, 2021)	69
Şekil 3.22: Proje Değişkenlerindeki Değişikliklerin Mali Nbd Üzerindeki Etkileri .	97
Şekil 3.23: Proje Değişkenlerindeki Değişikliklerin Mali İko Üzerindeki Etkileri...	97

SİMGELER

%	: Yüzde
N	: Azot
O	: Oksijen
H	: Hidrojen
C	: Karbon
MJ	: Megajul
°C	: Santigrat
CO ₂	: Karbondioksit
¢	: UScent
€	: Euro



Üniversite : **İstanbul Kültür Üniversitesi**
Enstitü : **Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**
Ana Bilim Dalı : **İnşaat Mühendisliği**
Programı : **Proje Yönetimi**
Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL**
Tez Türü ve Tarihi : **Tezli Yüksek Lisans – Eylül 2022**

ÖZET

ATIK YÖNETİMİNDE YAKMA TEKNOLOJİSİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Mehmet TAŞTAN

Kentsel atık miktarının artması günümüzdeki en ön önemli çevre sorunlarından biridir. Tüketim alışkanlıklarının değişmesi neticesinde kişi başına üretilen katı atık miktarı her geçen gün artmaktadır. Taraf olunan uluslararası antlaşmalar ve AB'ye uyum süreci çerçevesinde katı atıkların depolanarak bertaraf edilmesi yerine, çevreye verilecek olan zararların minimize edilmesi ve atıklara ekonomik bir anlam kazandırılması maksadıyla yeni çözümlerin bulunması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı; evsel katı atıkların bertarafı ve enerji üretimine yönelik İstanbul ilinde inşa edilmiş olan tesise ilişkin fizibilite verilerinden hareketle ilk yatırım maliyetleri, işletme maliyetleri, geri ödeme süresi ve karlılık hesapları analiz edilerek, ileriye dönük benzer tesislerin yapılmasına yönelik teknolojik ve finansal bir öngörude bulunmaktır. Bu çalışma kapsamında projenin mali ve ekonomik açıdan karlılığı incelenmiş ve özellikle büyük şehirlerde yapılacak diğer atık bertaraf tesisleri için maliyet ve iç karlılık oranları ortaya konulmak suretiyle geleneksel sayılabilecek atık yönetim sistemleri (depolama veya kompostlaştırma) ile yakma yöntemlerinin kıyaslaması yapılmıştır.

Yapılan uygulama çalışması sonucunda; geleneksel atık yönetim sistemlerinden mümkün olduğunca ayrışarak, teknolojik yöntemlerin kullanıldığı sistemlerin hem finansal hem de çevre bağlamında daha gerçekçi ve ekonomik olacağı görülmüştür. Günümüzde artan enerji ihtiyacını karşılamak ve dışa olan bağımlılığı azaltmak için fosil yakıt harici sürdürülebilir yenilenebilir enerji sistemlerine yönelik yatırımların arttırılması gerekmektedir. Bunun için gelişen teknolojilerle birlikte çevre dostu enerji yatırımlarına hız verilmesi ve bu yatırımların politik olarak desteklenmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık Yönetimi, Yatırım Yönetimi, Proje Yönetimi

University : **İstanbul Kültür University**
Institute : **Institute Of Graduate Studies**
Department : **Civil Engineering**
Programme : **Project Management**
Advisor : **Assistant Prof. Dr. Mehmet N. UĞURAL**
Thesis Type – Date : **Masters Degree With Thesis – September. 2022**

ABSTRACT

APPLICABILITY OF INCINERATION TECHNOLOGY IN WASTE MANAGEMENT: İSTANBUL CASE

Mehmet TAŞTAN

The increase in the amount of urban waste is one of the most important environmental problems today. As a result of the change in consumption habits, the amount of solid waste produced per person is increasing day by day. Within the framework of the international agreements to which we are a party and the harmonization process with the EU, new solutions should be found in order to minimize the damage to the environment and to give an economic meaning to the wastes, instead of the solid wastes being disposed of by storage. The aim of this study; Based on the feasibility data of the facility built in Istanbul for the disposal of domestic solid waste and energy production, the initial investment costs, operating costs, payback period and profitability calculations are analyzed, and to make a technological and financial prediction for the construction of similar facilities for the future. Within the scope of this study, the financial and economic profitability of the project was examined, and the cost and internal profitability ratios for other waste disposal facilities to be built especially in big cities were compared, and a comparison of traditional waste management systems (storage or composting) and incineration methods was made.

As a result of the application study; It has been seen that systems using technological methods will be more realistic and economical in terms of both financial and environmental aspects by separating them from traditional waste management systems as much as possible. Today, investments in sustainable renewable energy systems other than fossil fuels should be increased in order to meet the increasing energy demand and reduce foreign dependency. For this, it is important to accelerate and politically support environmentally friendly energy investments together with developing technologies.

Keywords: Waste Management, Investment Management, Project Management

1. GİRİŞ

Sanayileşme neticesinde elde edilen ilerlemeye bağlı olarak yaşam kalitesi yükselirken, önüne geçilemeyen nüfus artışı da doğal kaynakların tükenmesine ve çevrenin daha büyük bir hızla kirlenmesine neden olmaktadır. Bu süreçte artan şehirleşme, tüketim alışkanlıklarını da değiştirerek üretilen katı atıkların kişi başına düşen miktarının da artmasına neden olmuştur. Katı atık miktarında yaşanan bu artış, evsel ve endüstriyel atıkların bertarafını önemli bir çevresel sorun haline getirmiştir. Bu bağlamda hem katı atıkları ortadan kaldırmak hem bu atıkların yer işgal etmelerini önlemek ve beraberinde enerji elde etmek amacıyla yeni teknolojileri kullanan önemli projelerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Ülkelerin, tabii kaynaklarından sürekli olarak faydalanabilmeleri için atık israfına son vermeleri ve ekonomik değeri olan maddeleri geri kazanma ve tekrar kullanma yöntemleri geliştirmeleri gerekmektedir. Biyokütleden enerji üretimi, her iki sorunun çözümüne katkıda bulunabilecek olması nedeni ile diğer yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ayrı bir yere sahiptir. Yaşanan bu gelişmeler atık yönetimi ile birlikte tükenmekte olan enerji kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir büyüme için, yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önemi gün geçtikçe artırmaktadır. Yeni teknolojiler arama sürecindeki müteşebbisler için ekolojik dengeyi koruyarak katı atıkları hem bertaraf etmek hem de yeni enerji kaynakları oluşturarak çağdaş dünya ile yarışabilecek yatırımlar yapmak artık kaçınılmazdır. Tüm dünyada sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı kapsamında; atıkların çevre ve insan sağlığı açısından bir tehdit olmaktan çıkıp, ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri üzerinde çalışılmaktadır. Çevre, geri kazanılabilir atıkların ekonomiye tekrar kazandırılması ile hava, su, toprak ve görüntü kirlilikleri açılarından da korunmuş olacaktır (Porteous, 2005; Savini, 2021).

Katı atıkların zararlı etkilerini en aza indirmek ve katı atık bertarafı için çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir (Arıkan vd., 2017; Akmal ve Jamil, 2021). Bu yöntemler içerisinde yer alan entegre katı atık yönetimi; kaynakta atık azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım uygulamaları ile başlayıp oluşan atığın toplanması ve nihai olarak bertaraf edilmesi ile son bulan bir işlemdir (Marshall ve Farahbakhsh, 2013; Bayram, 2017). Depolama alanları için arazi bulma imkânlarının sınırlı olduğu ülkelerde tercih edilmekte olan bu yöntemin temel faydası, atıkların kütleli ve hacimsel olarak azaltılmasıdır. Artan katı atık miktarı için düzenli depolama sahaları günden güne dolmakta, yeni saha arama çalışmaları ve yeni yer işgalleriyle

sonuçlanmaktadır. Düzenli atık depolama tesisleri yerine yapılacak olan katı atık bertaraf tesisi ile hem kullanılabilir katı atıklar ayrıştırılacak hem de kalan yüksek kalorifik değerli yakıtın (RDF, Refuse Derived Fuel) termal bertarafı ile de enerji üretimi gerçekleştirilecektir (Palabıyık ve Altunbaş, 2004; Yang vd., 2021).

Kentsel atık miktarının artması Türkiye’de de en önemli çevresel ve ekonomik sorunlardan biridir (Topal, 2015; Koçak ve İkizoğlu, 2020). Ülkemizdeki evsel atıkların toplanması ve bertarafı belediyelerin sorumluluğundadır (Dede vd., 2016). TÜİK 2020 verilerine göre; belediyelerce toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,13 kg’dır ve günlük toplamda 32,3 milyon ton atık ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de 2752 adet atık bertaraf ve geri kazanım tesisi bulunmaktadır. Bunların 174 tanesi düzenli depolama tesisi, 10 tanesi yakma tesisi ve 2568 tanesi diğer kazanım tesislerinden oluşmaktadır. Ortaya çıkan atığın % 69,4’ü düzenli depolama, % 17’si vahşi depolama, % 13,2’si geri kazanım ve % 0,4’ü diğer bertaraf yöntemleri ile ortadan kaldırılmaktadır (TÜİK, 2020).

Avrupa Birliğine uyum süreci çerçevesinde katı atıkların depolanarak bertaraf edilmesi yerine, çevreye verilecek olan zararların minimize edilmesi ve atık bertarafına ekonomik bir anlam kazandırılması maksadıyla yeni yöntemlerin uygulamaya konması gerekmektedir. Bu kapsamda yakma, piroliz ve gazifikasyon tekniklerini içeren termal bertaraf yöntemleri, gelişmiş ülkelerde uzunca bir süredir katı atıkların bertarafı amacıyla uygulanmaktadır. Bu yöntemde atıkların hacimce azalması ve atıklardan enerji üretimi beraber gerçekleştiği için popüler bir yöntemdir ve gelişmiş ülkelerde evsel katı atık bertaraf yöntemi olarak 50 yılı aşkın bir süredir yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinde 400’e yakın katı atık yakma tesisinde her yıl 59 milyon ton evsel katı atık termal yollarla bertaraf edilmektedir. ABD de ise evsel atıkların yakılarak bertaraf edildiği 87 adet atık yakma tesisi bulunmaktadır (U.S EPA., 2018).

Bu çalışma ile; Türkiye’de bir ilk olan ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan “Evsel Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi” incelenmiş, projenin mali ve ekonomik analizinden hareketle depolama ve yakma yöntemlerinin sayısal olarak karşılaştırması yapılarak ileriye dönük benzer tesislerin yapılmasına yönelik teknolojik ve finansal bir öngöründe bulunulmaya çalışılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde katı atık ve katı atık yönetimine ilişkin kavramsal bilgiler verilerek bertaraf yöntemlerinden biri olan atığın yakılarak enerji elde edilmesine yönelik yapılan bir çalışmanın ekonomik ve finansal analizleri incelenmiştir.

Tüm dünyada nüfus ve kentleşmenin artması ve gelişen teknoloji ile beraber üretilen atık miktarı da artmaktadır. Katı atıkların bertarafı, büyük oranda düzenli depolama yöntemiyle sağlanmaktadır (Karadağ-Aydemir, 2019).

Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) katı atık bertaraf yöntemlerinin toplamayı optimize etmesi, gereksinime yanıt vermesi, çevreyi yaşanılabilir kılarak geri kazanımın sağlanmasının amaçlanması gerektiğini ifade etmektedir (Saltabaş vd., 2011; Onwosi vd., 2017).

2.1. Atık Yönetiminde Genel Yaklaşım

Resmi anlamda atık ilk olarak 2872 numaralı Çevre Kanunu'ndaki ifadesiyle "Herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeler" olarak tanımlanmıştır (Çevre Kanunu, 1983).

Daha sonra bu tanım 2015 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yayınlanan Atık Yönetimi Yönetmeliğince "Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal olarak" detaylandırılmıştır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015).

Atıklar; belediye atıkları, ambalaj atıkları, tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar, hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları, atık pil ve akümülatörler, atık motor yağları, atık sanayi yağları, bitkisel atık yağlar, ömrünü tamamlamış lastikler, atık elektrikli ve elektronik eşyalar ve ömrünü tamamlamış araçlar olarak sınıflandırılmaktadır (ÇŞB, 2018).

Katı atıkların son 20–30 yılda içeriğinin farklılaşmasıyla, sınıflandırılması da değişmiştir. Örneğin; evsel katı atık içeriğindeki kömür külü yerine, plastik atık çoğalmıştır. Katı atıkların içeriği, toplumun ekonomik ve kültürel düzeyine ve mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; yaz aylarında katı atıklar içerisinde bulunan meyve ve sebze atıkları daha çok yer almaktadır (Tedesco vd., 2021).

Evsel katı atıkların % 6'sını organik atıklar, kalan kısmını ise kâğıt, karton, tekstil, plastik, deri, metal, ağaç, cam ve kül gibi maddeler oluşturmaktadır (WWF-Türkiye, 2014). Bu çalışmada evsel katı atıklar üzerine odaklanılmıştır.

2.1.1. Atık Yönetim Mevzuatı

1982 Anayasasının 56. Maddesine göre her birey, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevre sağlığını korumak, geliştirmek ve çevre kirliliğini önlemek vatandaş ve devletin görevidir. Devlet; bireyin ruh ve beden sağlığını sağlamak, insan ve madde gücünde tasarruf ve verimi artırarak, işbirliğini gerçekleştirmek amacıyla kamu ve özel kurumlar vasıtasıyla hem devlete hem de vatandaşa çevrenin korunması görevini vermiştir.

Türkiye'de çevre koruma politikası esas olarak 1983 yılında yürürlüğe konulan 2872 Sayılı Çevre Kanunu'ndaki ifadesiyle atık üretiminin ve zararlarının önlenmesi veya azaltılması ile atıkların geri kazanılması ve geri kazanılabilen atıkların kaynağında ayrı toplanması esasına dayanmaktadır. Atık yönetim plânlarının hazırlanmasına ilişkin esaslar, bakanlıklarca çıkarılacak yönetmelikler ile düzenlenmektedir. Geri kazanımı olmayan atıklar, yönetmeliklerle belirlenen uygun yöntemler ile bertaraf edilir. Katı atıkların Çevre Yasası ve bununla ilgili yönetmeliklere göre depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesi gerekir. Bu sürecin ilerleyişi 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu, 5393 sayılı Belediyeler Kanunu ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ile beraber yürütülmektedir. Büyükşehir belediyeleri ve diğer belediyeler evsel katı atık bertaraf tesislerini kurmak, kurdukmak, işletmek veya işletmekle yükümlü olup, büyükşehir ve diğer belediye mevzuatları çerçevesinde faaliyet sürdürürler.

Endüstriden çıkan katı atıklar dışında konut ve işyerlerinde ortaya çıkan katı atıkların toplanıp taşınması ve bertaraf edilmesi belediyelerin görevlerindedir. Ancak büyükşehir belediyesi olan şehirlerde çöplerin geçici depolanması, toplanması ve bertaraf etme tesislerine taşınma görevleri ilçe belediyelerinin; düzenli depolama, kompostlaştırma vb. metotlardan bir veya bir kaçının uygulandığı bertaraf tesislerinin yapılması ve işletilmesi ise büyükşehir belediyesinin görevidir. Buna göre İstanbul'da ilçe belediyeleri mahallelerden katı atıkları toplamakta ve aktarma istasyonlarına getirmektedir. Aktarma istasyonlarında bu atıklar daha büyük katı atık taşıma araçlarına aktarılmaktadır. Katı atıkların aktarma istasyonlarından bertaraf tesislerine (düzenli depolama, kompostlaştırma vb.) taşınması aktarma istasyonlarının ve bertaraf

tesislerinin yapımı ile işletilmesi İstanbul Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğundadır.

Ülkemizde katı atıkların toplanması, taşınması ve geri kazanılması ile çevre ve insan sağlığına olumsuz etki yapmadan nihai bertarafına ilişkin yükümlülük, yetki ve sorumluluklar 5393 sayılı Belediye Kanunu'nun 14. ve 15. maddeleri ile belediyelere verilmiştir. Ancak 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nun 7. maddesinde katı atıkların ve hafriyatın yeniden değerlendirilmesi, depolanması ve bertaraf edilmesine ilişkin hizmetleri yerine getirme yetkilerini büyükşehir belediyelerine verilmiştir. Katı atıkların halk sağlığına uygun şekilde, fen ve sanat kaidelerine göre yönetilmesi, katı atıklardan madde geri kazanma ve sair şekilde istifade edilmesi Umumi Hıfzısıhha Kanunu gereğidir (ÇŞB, 2018).

Bu çerçevede ülkemiz; AB uyum sürecindeki çevre politikaları ve uygulamaları kapsamında birçok mevzuat ve yönetmelikler çıkarmak suretiyle sürdürülebilir bir çevre ve buna bağlı atık yönetimi politikası benimsenmiştir.

Türkiye'de sürdürülebilir çevre ve kalkınma ilkeleri doğrultusunda yürütülen katı atıkların yönetimi ile ilgili yasalar şunlardır:

- 2872 sayılı Çevre Kanunu (1983);
- 5216 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu (2004);
- 5393 sayılı Belediye Kanunu (2005);
- 5491 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun;
- 4856 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun;
- 2464 sayılı Belediye Gelirleri Kanunu (ÇTV);
- 3914 Sayılı Belediye Gelirleri Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun;
- 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu;
- 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu.

Katı atıkların yönetimi ile ilgili olarak yayınlanmış yönetmelikler ise şunlardır:

- Atık Yönetimi Yönetmeliği (2008-02.04.2015, 29314 R.G.)
- Maden Atıkları Yönetmeliği (15.07.2015,29417 R.G.)

- Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği (22.05.2012, 28300 R.G.)
- Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004-24.08.2011-28035 R.G.)
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (26.03.2010, 27533 R.G.)
- Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik (06.10.2010, 27721 R.G.)
- Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik (30.12.2009, 27448 R.G.)
- Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği (2004- 30.07.2008-26952 R.G.)
- Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik (27.12.2007-26739 R.G.)
- Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği (2006-11.03.2015, 29292 R.G.)
- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (1993-2005-25.01.2017, 29959 R.G.)
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (18.03.2004-25406 R.G.)
- Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği (2005–2015,06.06.2015, 29378 R.G.)
- Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği (31.08.2004-25569 R.G.)
- Atık Getirme Merkezi Tebliği (31.12.2014, 29222 R.G.)
- Kompost Tebliği (05.03.2015, 29286 R.G.)
- Mekanik Ayırma, Biyokurutma, Biyometanizasyon Tesisleri ile Fermente Ürün Yönetimi Tebliği (10.10.2015, 29498 R.G.)
- Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği (13.04.2017, 30037 R.G.)
- Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği (17.06.2011, 27967 R.G.)
- Atık Ara Depolama Tesisleri Tebliği (26.03.2011, 27916 R.G.)
- Atıkların Karayolunda Taşınmasına İlişkin Tebliği (20.03.2015, 29301 R.G.)
- Tanker Temizleme Tesisleri Tebliği (2009-29.01.2014, 27125 R.G.)
- Ömrünü Tamamlamış Araçların Depolaması, Arındırılması, Sökümü ve İşlenmesine İlişkin Teknik Usuller Tebliği (06.07.2011, R.G.)
- Elektrikli Ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik (30.05.2008-26819 R.G.)

- Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik (08.06.2010- 27605 R.G.)
- Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik (29.04.2009, 27214 R.G.)

Bunlara ek olarak Türkiye, 15 Mayıs 1994 tarih ve 21935 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmış bulunan “Tehlikeli Atıkların Sınırlar Ötesi Taşınmasının ve Bertaraf Edilmesinin Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi” ne de taraftır.

Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını hızla artırmaktadır. Bu süreçte üretim ve pazarlama faaliyetlerindeki genişleme, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılarken, sürekli artan tüketim eğilimi ile birlikte oluşan atıklar da hem miktar ve hem de zararlı içerikleri nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Bu koşullarda, gelişen çevre bilincine paralel olarak çevrenin korunması bütün dünyada ülkelerin temel politika öncelikleri arasında giderek ön sıralara yerleşmektedir ve atık yönetimi de çevre koruma politikaları arasında ağırlıklı bir yer tutmaktadır (Kaypak, 2012).

Doğal kaynakların hızla tüketilmesinin önüne geçilmesi ve üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaktan çıkarılarak ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri, tüm dünyada giderek öncelikli bir politika hedefi olarak benimsenen “sürdürülebilir kalkınma” yaklaşımının temelini oluşturmaktadır. Türkiye’nin AB uyum sürecinde çevre, AB müktesebatının en kapsamlı bölümünü oluşturmakta ve bu alan yaklaşık 300 tüzük ve direktif ile düzenlenmektedir. Türkiye’nin AB üyelik görüşmeleri sürecinde atık sektörü mevzuat uyumu kapsamında yürürlüğe giren temel direktif ve yönetmeliklerin AB mevzuatındaki karşılığı Atık Çerçeve Direktifi (75/442/EEC), Düzenli Depolama Direktifi (1999/31/EC) ve Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi (94/62/EC) ve ulusal mevzuattaki karşılığı ise Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (R.G: 05.07.08, 26927), Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (R.G: 26.03.10, 27533) ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (R.G: 25.06.2007, 26562)’dir. Atık yönetimi mevzuatında AB ve Türkiye arasındaki önemli bir fark, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından düzenlenmiş bulunan “Atıkların Düzenli

Depolanmasına Dair Yönetmelik”te atık kotalarının tanımlanmasındaki baz yılın 1995 yerine 2005 alınmasıdır (İBB Fizibilite Raporu, 2019; Kaypak, 2012).

AB atık yönetimi politikalarının temelini, “atık yönetimi hiyerarşisi” ve “üretici sorumluluğu” ilkesi oluşturmaktadır. Hiyerarşide birincil önceliği, atıkların üretim aşamasında önlenmesi ve atık miktarının ve tehlikelilik düzeyinin azaltılması oluşturmaktadır. Atıkların yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji elde edilmesi yoluyla geri kazanılması ikinci, geri kazanım olanağı olmayan atıkların çevreye zarar verilmeksizin nihai bertarafı da son basamağı oluşturmaktadır. Üretici sorumluluğu ilkesi ise, atıklardan kaynaklanan her tür bertaraf maliyetin üreticileri tarafından karşılanmasını öngörmektedir ki bu, “kirleten öder” prensibinin bir yansımasıdır. Diğer ilkeler ise, topluluk ve üye ülke düzeyinde kendine yeterli, uygun teknolojilerden en ekonomik olanların kullanılması ve atıkların, kaynağına mümkün olan en yakın alanda bertaraf edilmesidir (BSTB, 2014).

Atık yönetimi, 1930’lu yıllardan itibaren ülkemizde yasal düzenlemelere konu olmuştur. Başlangıçta Sağlık Bakanlığının sorumluluğunda olan ulusal düzeyde politika belirleme ve uygulamayı yönlendirme görevi, günümüzde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yerine getirilmektedir. Yasal düzenlemelerin temel uygulayıcısı olarak ise belediyeler görevlendirilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve belediyelerle birlikte birçok kamu kuruluşu da atık sektörü yönetimine katılmaktadır (Sayıştay, 2017).

Çevre ile ilgili diğer bakanlık ve kuruluşların bu kapsamdaki işlevleri şu şekilde sıralanabilir:

- **Sağlık Bakanlığı:** Çevrenin halk sağlığı üzerindeki etkilerini izlemek ve denetlemek;
- **Maliye Bakanlığı:** Çevre temizlik vergisi ile ilgili düzenleme yapmak;
- **İçişleri Bakanlığı:** Yerel yönetimleri yönlendirmek, izlemek ve denetlemek;
- **Kalkınma Bakanlığı (Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı ve Kalkınma Ajansı):** Atık yönetimi yatırımlarının ve stratejik katı atık projelerinin programlanması ve planlanması;
- **İller Bankası:** Çevre ile ilgili projelerin gerçekleştirilmesi için finansman sağlanması;

- **Türkiye İstatistik Kurumu:** Atık yönetimi alanında veri oluşturmak;
- **Türk Standartları Enstitüsü:** Çevre sektörüne ilişkin standartların geliştirilmesi gibi görevleri üstlenir.

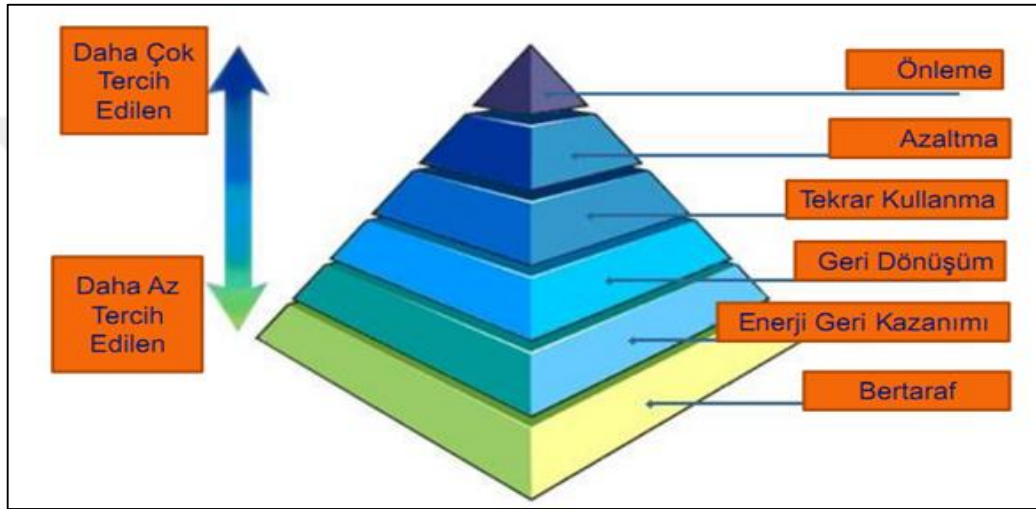
Atık yönetimi konusundaki çalışmalar belediye atıkları, ambalaj atıkları, tehlikeli atıklar, tehlikesiz atıklar ve özel atıklar olmak üzere beş ana başlık altında yürütülmektedir. Bu atıklardan evsel atıklar ile tıbbi atıkların yönetimiyle ilgili yükümlülükler belediyeler tarafından yerine getirilirken, ambalaj atıkları, atık yağlar, pil ve aküler ile kullanım ömrü dolmuş lastiklerin bulunduğu atık gruplarının toplanması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesi ile ilgili yükümlülüklerin üretici sorumluluğu ilkesi kapsamında yerine getirilmesi gerekmektedir. Uygulamanın izlenmesi, yönlendirilmesi, denetimi ve aykırı davranışlara yaptırım uygulanması işlevleri ise İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüklerinin yetki ve sorumluluğundadır. İl Müdürlüklerinin ayrıca atıklarla ilgili tesislerin belirlenmesi, tesis ve araçlara ruhsat ya da lisans verilmesi, kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyonun sağlanması, envanter ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması gibi görevleri de bulunmaktadır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

2.1.2. Atık Yönetim Hiyerarşisi

Gelişmekte olan ekonomiler için kalkınmanın en önemli göstergelerinden biri olarak ifade edebileceğimiz tabii kaynakların verimli kullanılması ve oluşan atığın israfını durdurmaları gerekmektedir. Ekonomik özelliği bulunan maddelerden tekrar kullanılacak olanların geri kullanımının teşvik edilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Nüfusun artışı ve teknolojik gelişmeler aynı zamanda çevre üzerinde de büyük bir baskı yaratmaktadır. Oluşan atığın tek yönlü bir yaklaşımla yönetilerek çözülmesi mümkün değildir. Öncelikle önleme, devamında azaltma, geri dönüşüm, geri kazanım ve en son kademe olan bertaraf adımlarının uygulanması esasına dayanmaktadır. Atık yönetiminde temel amaç atığın ekonomik olarak en faydalı şekilde sisteme kazanımını sağlamak olmalıdır. Atık ortadan kaldırılırken en az yer işgaliyle oluşacak yöntemler seçilmelidir. Aynı zamanda ekolojik çevrenin de korunması önemlidir (Öztürk, 2010).

Hızla artan nüfus ile birlikte sanayi ve ticaretin ilerlemesine bağlı olarak oluşan atığın çevrede oluşturacağı kirliliğin önüne geçmek için uygun teknolojilerle donatılmış entegre yaklaşım stratejileri benimsenmelidir. Sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı çerçevesinde insan sağlığını öncelikli kılan, çevreye ve ekonomik bir girdi

ile sonuçlanan yaklaşımlar kullanılmalıdır. Değişim gösteren tüketim alışkanlıkları ile birlikte kişi başına meydana gelen atık miktarında da artış meydana gelmiştir. Tüm dünyada entegre katı atık yönetim stratejisinin aşamaları; atığın kaynakta önlenmesi, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım uygulamaları ile başlayan oluşan atığın toplanması ve nihai olarak bertaraf edilmesi ile son bulan bir hiyerarşiden oluşmaktadır. Atık yönetim sisteminin en son kademesi olan bertaraf yöntemlerinden yakma, proliz ve gazifikasyon tekniği uzunca bir süredir gelişmiş ülkelerde kullanılmaktadır (Öztürk vd., 2005).



Şekil 2.1: Entegre Katı Atık Yönetim Hiyerarşisi (ÇED Raporu, 2012)

Çevre ve insan sağlığını önceleyen yakma teknolojileri kullanılırken ortaya çıkacak emisyonların en düşük olanı tercih edilmelidir. Yakma sonrası çıkan kül inşaat sektöründe kullanılabilen bir üründür. Diğer bir ürün olan ısıdan da elektrik enerjisi üretimidir. İleri teknolojiler kullanılarak elde edilecek elektrik ve ısı kazanımında yüksek verim sağlanabilmektedir (ÇŞB, 2018).

2.2. Entegre Katı Atık Yönetimi

Nüfusun hızla artması ve yaşam standartlarının günden güne iyileşmesi, oluşan atık hacmini ve kompozisyonunu çeşitlendirmiş, özellikle de kontrolü ve yönetilmesini güçleştirmiştir. Oluşan atıkların meydana getirdiği kirlilik ve kirliliğin sebep olduğu doğal kaynakların azalması, çevre risk boyutunun büyümesi atık yönetimini karmaşık hale getirmiştir. Bu karmaşık olan durumdan etkilenmemek için atık miktarının azaltılması gerekmektedir. Atık yönetiminde nihai bertaraf sürecine kadar olan tüm

kademeleri içerisinde alan entegre katı atık yönetim sisteminin tüm unsurlarının iyi bilinmesi gerekmektedir (ÇŞB, 2018).

Başarılı bir atık yönetimi hedefine ulaşmaya yönelik en uygun yöntem ve teknolojinin seçilmesi önemlidir. Aynı zamanda ilgili yasal mevzuatlar gereği hedeflere ulaşmak bir zorunluluk olup, bunu sağlamak için entegre atık yönetim anlayışı sırasıyla şu adımlardan oluşmaktadır.

- Atık önleme,
- Atık azaltma,
- Yeniden kullanım,
- Geri dönüşüm,
- Geri kazanım,
- Nihai bertaraf.

Tüm Dünya’da uygulanan bertaraf yöntemlerinin seçiminde maliyetlerin etkili olduğu görülmektedir. Bununla beraber taraf olunun mevzuatlar doğrultusunda gerekli yükümlülüklerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Bunun için yakma, gazifikasyon, proliz, plazma teknolojisi gibi termal teknolojilerin yanı sıra kompostlaştırma ve biyometanizasyon gibi biyolojik yöntemler ile düzenli depolama yöntemlerinden biri ya da birkaçı birlikte kullanılmaktadır. Yakma yöntemleri yüksek maliyetler içerse de dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler düzenli depolama yöntemini benimserken gelişmiş ülkeler yakma teknolojisini yaygın olarak kullanmaktadır (Kemirtlek, 2005).

2.3. Sürdürülebilir Entegre Katı Atık Yönetimi

Sürdürülebilir entegre atık yönetimi; atık önleme, tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanıma odaklanmayı, atık hiyerarşisini yukarı taşımayı gerektirmektedir. Bu kapsamda; sürdürülebilir bir katı atık yönetimi için atıkların kaynağında en aza indirilmesi, sınıflara ayrılması, toplanması, taşınması, geçici depolanması, geri kazanılması, bertaraf edilmesi, yeniden kullanılması, arıtılması, enerjiye dönüştürülmesi ve nihai depolanması konularında politika ve strateji belirlenmesi ve mevzuat oluşturulması gereklidir. Bu kapsamda; Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca AB müktesebatına uyum çalışmaları çerçevesinde “sürdürülebilir atık yönetim stratejileri” doğrultusunda “Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023” hazırlanmıştır (ÇŞB, 2018).

Eylem planında yer alan yeniden kullanım ve geri dönüşüm, herhangi bir faaliyet sonucunda atıktan yeni ürün elde edilmesinde kullanılan veya üretim sonucu başka maddelere dönüşebilen maddeler için “artık” tanımlaması yapılabilirken; katı atıklardan, geri kazanıldıktan sonra günümüz teknolojisinin tekrar geri kazanmaya müsaade etmediği kalan kısımlar “atık” kapsamına girmektedir (Tolay ve diğerleri, 2010).

Gün geçtikçe artan atık sorunu, çevre ve ekosistem üzerinde baskı kurmaktadır. Sorunun çözümü için farklı uzmanlıklar bir araya gelerek etkin bir atık yönetim planlaması oluşturmalıdır. Bu yaklaşımdan hareketle tüm dünyada kabul edilen “Entegre Atık Yönetimi” anlayışı benimsenmiştir. Verimli ve entegre atık yönetim sistemi bütüncül, esnek, ekonomik, bölgesel ve ulusal çevre sektörü oluşturması gibi özelliklere sahip bir sistem olmalıdır (ÇOB, 2009; Avcı, 2016).

Entegre katı atık planları hazırlanırken, olumsuz çevre etkenlerinin en aza indirildiği, düzenli depolama sahası en az olan, enerji kullanım düzeyi minimum olan ve maliyeti en uygun olan çözümün ortaya konulması gerekmektedir. Temel amaç en uygun maliyetle atığın çevreye olan zararlarını en aza indirmektir. Oluşturulacak sistem ile atığın cinsini, kaynağını, toplama yöntemini, işleme ve arıtma aşamalarını tek çatı altında toplayacak şekilde olmalıdır. Atık haline dönüşen malzemenin tekrar kullanılabilir veya faydaya dönüştürülebilir olması, az maliyetli dönüşüm ve bertaraf arayış yönelimine neden olmaktadır (ÇOB, 2010; Avcı, 2016; ÇŞB, 2018).

Tablo 2.1: Atık Yönetim Stratejileri (ÇŞB, 2018)

Yöntemler	Stratejiler
Termal*	Belediye Atığı
	1.Öncelikli İller: İstanbul, Ankara, İzmir, Kocaeli
	2.Öncelikli İller: Doğu Karadeniz Bölgesi (İstisna Bölge)
	3.Öncelikli İller: Tesis Kapasitesinin 500.000 ton/yıl ve üzerinde olması koşuluyla Adana, Aydın, Balıkesir, Bursa, Gaziantep, Hatay, Kayseri, Konya, Manisa, Mersin, Muğla illeri
Mekanik Biyolojik Arıtım	Belediye atığı
Biyometanizasyon	Kaynağında ayrı toplanmış biyobozunur atıklar
	365.000 ton/yıl ve üzerinde atık üreten iller (kaynağında ayrı toplanmış en az 100 ton/gün biyobozunur atık)
	Turistik alanlar ve otel bölgeleri
	Hayvansal ve tarımsal atık potansiyeli bulunan iller
Kompost	Kaynağında ayrı toplanan belediye atıklarına ilave olarak tarım atığı, hayvansal gübre ve orman atıkları da dikkate alınabilir.
	İl merkezlerinde kaynağında ayrı toplanmış en az 50 ton/gün biyobozunur atık
	Tarım ve orman alanlarının yoğunluğu
	Tarım, orman ve hayvansal atık miktarları
Düzenli Depolama	Düzenli depolama tesisi olmayan iller

*İstanbul, Ankara, İzmir, Kocaeli ve istisna bölge illeri için termal bertaraf tesisi kurulması zorunludur. Diğer iller fizibiliteye göre termal bertaraf tesisi kurabilirler. Bunların dışında kalan illerde termal bertaraf tesisi kurulması önerilmemektedir.

2.3.1. Dünya Genelinde Katı Atık Yönetimi

Sanayileşme neticesinde elde edilen ilerlemeye bağlı olarak yaşam kalitesi yükselirken, önüne geçilemeyen nüfus artışı da doğal kaynakların tükenmesine ve çevrenin daha büyük bir hızla kirlenmesine neden olmaktadır. Bu süreçte artan şehirleşme, tüketim alışkanlıklarını da değiştirerek kişi başına üretilen katı atık miktarının artmasına neden olmuştur. Katı atık miktarında yaşanan bu artış, evsel ve endüstriyel atıkların bertarafını önemli bir çevresel sorun haline getirmiştir. Bu bağlamda hem katı atıkları ortadan kaldırmak hem de bu atıkların yer işgal etmelerini önlemek ve beraberinde enerji elde etmek amacıyla yeni teknolojileri kullanan önemli projelerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Ülkelerin, tabii kaynaklarından sürekli olarak faydalanabilmeleri için atık israfına son vermeleri ve ekonomik değeri olan maddeleri geri kazanma ve tekrar kullanma yöntemleri geliştirmeleri gerekmektedir. Biyokütleden enerji üretimi, her iki sorunun çözümüne katkıda bulunabilecek olması

nedeni ile diğer yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ayrı bir yere sahiptir. Yaşanan bu gelişmeler atık yönetimi ile birlikte tükenmekte olan enerji kaynaklarının korunmasının önemini ve sürdürülebilir büyüme için, yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önemi gün geçtikçe artırmaktadır. Yeni teknolojiler arama sürecindeki müteşebbisler için ekolojik dengeyi koruyarak katı atıkları hem bertaraf etmek hem de yeni enerji kaynakları oluşturarak çağdaş dünya ile yarışabilecek yatırımlar yapmak artık kaçınılmazdır. Tüm dünyada sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı kapsamında; atıkların çevre ve insan sağlığı açısından bir tehdit olmaktan çıkıp ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri üzerinde çalışılmaktadır. Çevre, geri kazanılabilir atıkların ekonomiye tekrar kazandırılması ile hava, su, toprak ve görüntü kirlilikleri açılarından da korunmuş olacaktır (Porteous, 2005; Savini, 2021).

Dünyada yılda yaklaşık 270 milyon ton atık bertaraf kapasitesine sahip yaklaşık 2240 tesis faaliyet göstermektedir. 2023 yılına kadar yıllık yaklaşık 150 milyon ton kapasiteli yaklaşık 500 yeni tesisin daha kurulacağı tahmin edilmektedir (Wang vd., 2017).

Yaşanabilir alanların sınırlı olması sebebiyle Dünya’da katı atık bertarafında termal yöntemleri en çok kullanan ülke Japonya’dır. Avrupa Birliği üyesi ülkelerde ise durum biraz daha farklıdır. Katı atık bertarafında mevcut durumda en çok düzenli depolama yöntemi tercih edilse de Atık Yakma Direktifinde (Waste Incineration Directive, 2000/76/EC) belirlenen şartların sağlanması amacıyla depolama dışındaki bertaraf yöntemlerinin kullanımı da her geçen gün artmaktadır (Lu vd.,2011).

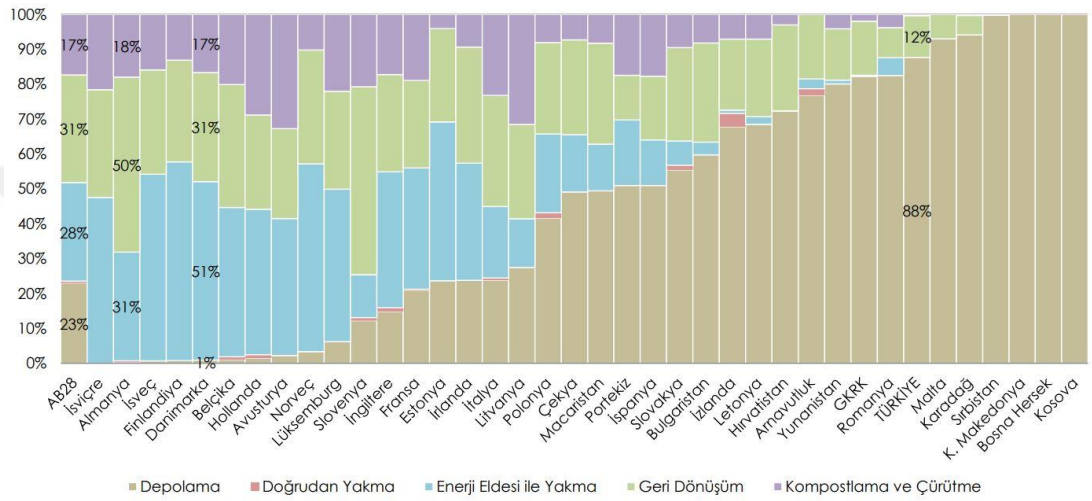
2.3.2. Avrupa’da Katı Atık Yönetimi

Günümüzde Avrupa Birliği üyesi ülkelerde 400’e yakın katı atık yakma tesisinde her yıl 59 milyon ton evsel katı atık termal yollarla bertaraf edilmektedir. Bu tesislerde yılda 7 milyon evin ihtiyacı olan 23 milyon GW-saat elektrik enerjisi üretilmektedir. Bunun yanında, üretilen 58 milyon GW-saatlik ısı enerjisi ile 13 milyon konutun ısı ihtiyacı karşılanmaktadır. ABD’de ise evsel atıkların yakılarak bertaraf edildiği 87 adet atık yakma tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerde yılda 30 milyon tona yakın atık bertaraf edilirken 15 milyon GW-saat enerji üretimi gerçekleştirilmektedir (Vyas ve diğerleri, 2022).

Avrupa'da ortaya çıkan evsel atık; yakma, düzenli depolama, geri kazanım ve kompost

gibi yöntemlerle bertaraf edilmektedir ve Avrupa ülkelerinde bertaraf yöntemlerinden geri kazanım-kompost ön plandadır. Türkiye’de 2014 yılında oluşan belediye atığı miktarı 27,1 milyon tondur. Belediye atıklarının, %6’sı geri kazanım ve %64’ü düzenli depolama yöntemleri ile yönetilmekte iken %30’u ise düzensiz döküm yapılarak gelişmiş güzel alanlara bırakılmaktadır (ÇŞB, 2018).

Aşağıdaki Şekil 2.2’de 2018 yılı itibariyle AB ve Türkiye’deki evsel atıkların hangi yöntemlerle yönetildiği gösterilmektedir.



Şekil 2.2: 2018 yılı Avrupa Birliği Ülkelerinde ve Türkiye’de Evsel Atıkların Yönetimi (Eurostat,2018)

14 Haziran 2018 yılında yayımlanan ve sonrasında yürürlüğe giren 2018 AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı Paketi Değişiklikleri kapsamında direktif, tüzük ve kararlar yeniden revize edilmiştir. Buna göre; 2018/851, 2018/850, 2018/852, 2018/849 no’lu direktifler ile 2018/848 no’lu tüzük ve 2018/853 no’lu kararlar şeklini almıştır. Bunlara ek olarak zorlayıcı birtakım hedefler de belirlenmiştir.

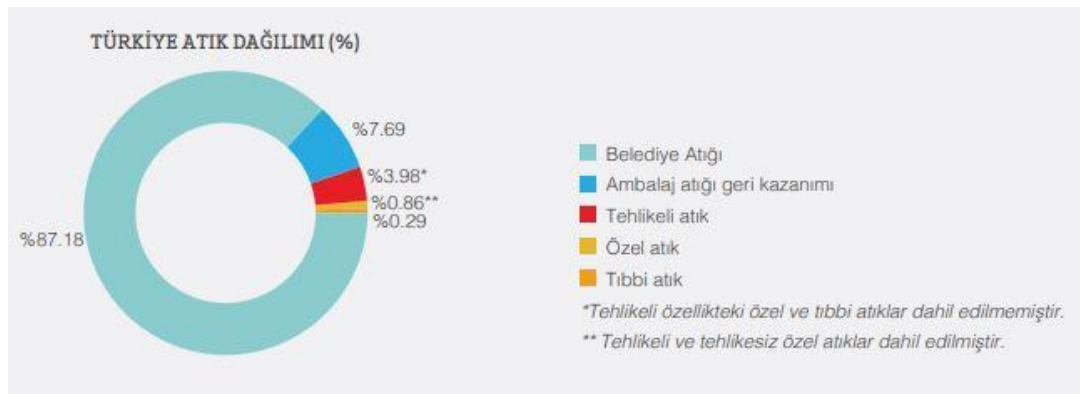
Buna göre ara hedefler 2025 için %55, 2030 için %60 olmak üzere 2035 yılı için evsel atıkların %65’inin geri dönüştürülmesi gerekmektedir. 2035 yılı itibariyle evsel atıkların en fazla %10’unun depolanması sınırı konulmuştur. Yine 2035 yılı itibariyle ambalaj atıklarının %70’inin geri dönüştürülmesinin gerekliliği kararlaştırılmıştır. Bunlara ek olarak plastik ambalaj atıklarının %55’inin, ahşap ambalaj atıklarının %30’unun, demir esaslı metal ambalaj atıklarının %80’inin, alüminyum ambalaj atıklarının %60’ının, cam ambalaj atıklarının %75’inin, kağıt/karton ve ambalaj atıklarının %85’inin geri dönüştürülmesi kararlaştırılmıştır(İSO, 2020).

2.3.3. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi

Kentsel atık miktarının artması Türkiye’de de en önemli çevresel ve ekonomik sorunlardan biridir (Topal, 2015; Koçak ve İkizoğlu, 2020). Ülkemizdeki evsel atıkların toplanması ve bertarafı belediyelerin sorumluluğundadır (Dede vd., 2016).

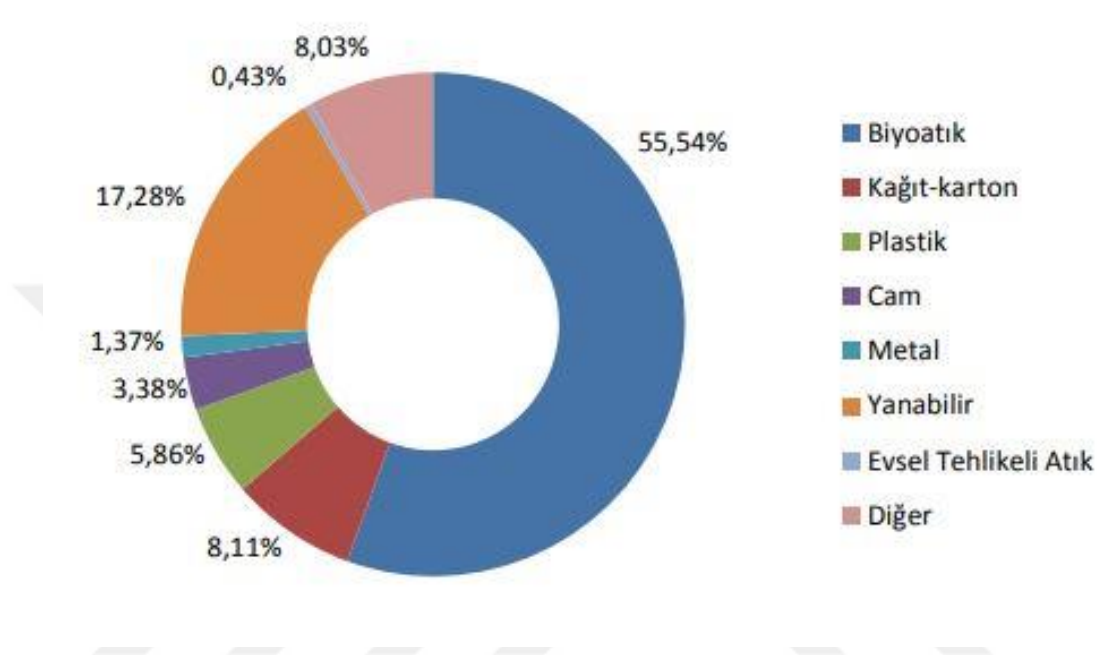
TÜİK 2020 verilerine göre; belediyelerce toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,13 kg’dır ve günlük toplamda 32,3 milyon ton atık ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de 2752 tane atık bertaraf ve geri kazanım tesisi bulunmaktadır. Bunların 174 tanesi düzenli depolama tesisi, 10 tanesi yakma tesisi ve 2568 tanesi diğer kazanım tesislerinden oluşmaktadır (TÜİK, 2020). Türkiye’de geri kazanım-kompost oranı yaklaşık %10 olup, diğer evsel atıkların ise düzenli depolama metodu ile bertaraf edildiği görülmektedir (European Commission, 2006).

Türkiye’de atık yönetimi politikaları Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yetki ve sorumlulukları kapsamında olup bakanlık; çevre kirliliğinin önlenmesi, çevrenin korunması ve iyileştirilmesi üzerine faaliyetler yürütmektedir. Bu kapsamda, atıkların kaynağında azaltılması, sınıflandırılması, toplama ve taşınması, geçici depolanması, geri kazanımı, bertaraf edilmesi, yeniden kullanımı, arıtması/arıtılması, enerjiye dönüşümü ve kalıcı depolanması hususlarında mevzuat ve politikalar üretir. Lisanslama, izleme, kirlilikleri tespit etme ve iyileştirme hususlarında aktif rol alır. Türkiye’deki 30 Büyükşehir, 51 il, 919 ilçe ve 397 belde belediye; belediye atığının planlama, yönetim ve izleme işlemlerini yürütür. 2014 verilerine göre toplam atık miktarı 31.115.527 ton olup, Şekil 2.3’te dağılım durumu verilmiştir (ÇŞB, 2018).



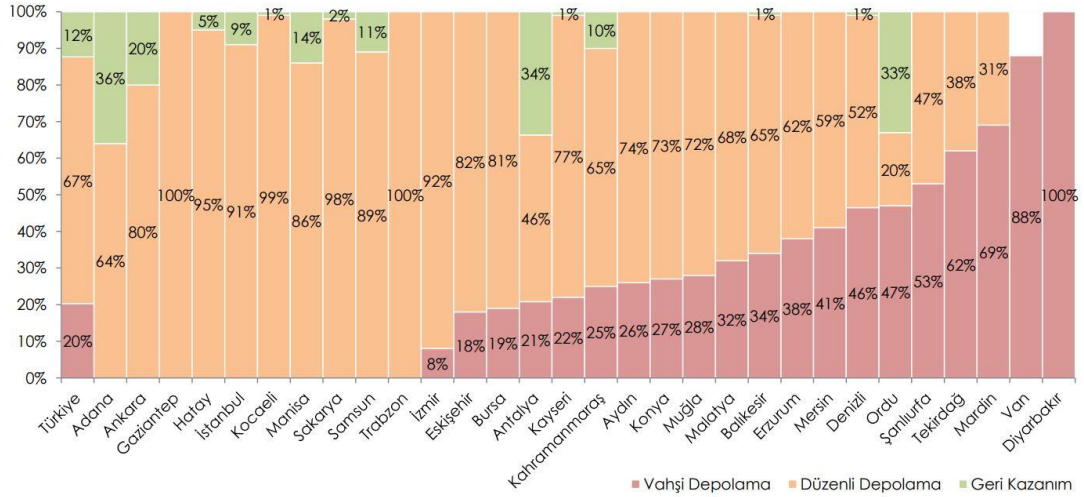
Şekil 2.3: 2014 Yılı Türkiye Atık Dağılımı (ÇŞB, 2018)

Türkiye’deki atığın dağılımına bakıldığında, %87.18’lik dilim belediyelerce toplanan atıklardan oluşurken %7.69’luk kısmı ambalaj atığı ve %3.98’lik kısmı ise tehlikeli atıklar oluşturmaktadır. Yine 2014 yılı verilerine bakıldığında atık dağılımında %55.54 oranında biyoatık, %17.28 oranında yanabilir atık, %8.11’i kağıt-karton ve %8.03’ü diğer atıklar olmak üzere oransal bileşenleri Şekil 2.4’te verilmiştir.



Şekil 2.4: 2014 Yılı Türkiye Atık Kompozisyonu/Karakterizasyonu (ÇŞB, 2018)

Türkiye’de toplanan atığın büyük bir kısmı büyükşehirlerde ortaya çıkan atıklardan meydana gelmektedir. Bu atıkların içerisinde en büyük paya sahip olan evsel atıkların bertaraf yöntemi ise her il için farklılıklar göstermektedir. 2018 verilerine göre 30 Büyükşehir Belediyesi’nin vahşi depolama, düzenli depolama ve geri kazanım yöntemlerinin kullanım durumu Şekil 2.5’te verilmektedir. Bu veriler ile direktif ve taraf olunan müktesebatlar gereği evsel atıkların düzenli depolama yöntemi ya da geri kazanım (yakma, vb.) yöntemleri ile bertaraf edilmesi hususunun önem kazandığı görülmektedir (ÇŞB, 2018).



Şekil 2.5: Büyükşehirlerde Evsel Atıkların Yönetimi (ÇŞB, 2018)

Türkiye'nin evsel atıklarının halen %20'lik bölümünün vahşi depolama, %67'lik bölümünün düzenli depolama ve %12'lik küçük bir miktarı ise geri kazanım yoluyla bertaraf edilmektedir(ÇŞB, 2018).

2.3.4. İstanbul'da Katı Atık Yönetimi

İstanbul'da 1953 yılına kadar katı atıklar denize dökülmüştür. Daha sonra Levent Sanayi Mahallesi ve Seyrantepe, Ümraniye-Mustafa Kemal Mahallesi gibi şehre yakın yerlere katı atıklar düzensiz-vahşi döküm yapılmıştır. Yakın çevrelerinin gecekondularla dolması üzerine bu bölgeler de terk edilmiştir. Daha uzakta bulunan Habibler, Ümraniye-Hekimbaşı, Aydınlı, Halkalı ve Kemerburgaz(Hasdal) gibi düzensiz döküm alanlarına katı atıklar boşaltılmaya başlanmıştır. Katı atıkların kontrolsüz ve düzensiz olarak geliş güzel atılması şeklinde işletilen düzensiz(vahşi) döküm alanları su, toprak ve hava kirliliği gibi çevresel problemlere yol açmış, ayrıca metan patlaması riski oluşturmuştur.

Katı Atık Master Planında öngörülen Avrupa yakası Odayeri ve Asya yakası Kömürcüoda düzenli depolama sahaları ile aktarma istasyonları ve bir adet Tıbbi Atık Yakma Tesisi İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılarak 1994-1995 yıllarında işletmeye alınmıştır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Düzenli depolama sahalarının yapılmasından sonra düzensiz döküm alanlarına katı atıkların atılması durdurulmuş ve atıklar fen ve sanat kaidelerine uygun şekilde düzenli depolama sahalarında depolanmaya başlanmıştır. Daha sonra eski vahşi döküm

alanlarından Hasdal, Yakacık, Ümraniye ve Halkalı sahaları ıslah edilerek kapatılmıştır.

Atık yönetimi hizmetinin kaliteli, sürdürülebilir ve karşılanabilir maliyetlerde planlanıp sürdürülebilmesi için atıkların entegre yaklaşım ile yönetimi esastır. Atık sorunlarının çözümünde, çevrenin korunmasında ve atıklardan kaynaklanan çevre kirliliğinin önlenmesinde, belediyelerin Entegre Atık Yönetim planlarını hazırlamaları ve hayata geçirmeleri ana unsur olarak görülmektedir.

İBB, 2005 yılında “AB Çevre Mevzuatı ile Uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi Stratejik Planı” nı hazırlayarak 2023 yılına kadar İstanbul’daki katı atık yönetimi stratejisini ve hedeflerini belirlemiştir. İBB atık yönetim stratejisinin kaynağını; atığın oluşumunu önleme ve azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve nihai noktada insan sağlığı ve çevre üzerine olan olumsuz etkiyi en aza indirgeyecek şekilde nihai bertaraf olarak belirlemiştir. İBB atık yönetimi faaliyetleri kapsamında şu işlevleri yerine getirmektedir:

- Evsel atıkların düzenli depolama sahalarının kurulumu ve işletilmesi;
- Çöp gazından elektrik üretimi;
- Çöp sızıntı suyunun arıtılması;
- Organik atıklardan kompost üretimi ve geri kazanımı;
- Ambalaj atıklarının yönetimi;
- Tıbbi atıkların toplanması ve yakılması;
- Geri dönüşümü mümkün olmayan atıklardan ek yakıt üretimi (RDF);
- Çevre ve geri kazanım eğitim çalışmaları;
- Tehlikeli atıkların yönetimi;
- İnşaat ve hafriyat atıklarının yönetimi;
- Hafriyat alanlarının işletimi;
- Gemilerden sintine, slop, slaç vb. atıkların toplanması ve bertarafı;
- Dere ağızı çamur tarama ve ıslah çalışmaları.

26 Mart 2010 tarihinde yayınlanan “Atıkların Düzenli Depolanması Yönetmeliği”nin geçici birinci maddesi ile düzenli depolama tesislerinde depolanacak biyobozunur atıkların miktarının zaman içerisinde giderek azaltılması hedef olarak belirlenmiştir. Geçici Birinci maddeye göre, 2015 yılında depolanacak biyobozunur atık miktarının 2005 yılında üretilen biyobozunur atık miktarının ağırlıkça %75’i düzeyine, 2018 yılında %50’si düzeyine ve 2025 yılında da %35’i düzeyine indirilmesi

hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşmak için evsel atığın depolama harici farklı bir yöntem ile bertaraf edilmesi gerekmektedir.

2010 yılında Odayeri düzenli depolama tesisinde günlük yaklaşık 9500 ton ve Kömürcüoda Düzenli Depolama Tesisinde ise yaklaşık 5000 tondur. Yıllık olarak bertaraf edilen toplam katı atık miktarı ise 2010 yılı itibarıyla 5,3 milyon ton düzeyine ulaşmış bulunmaktadır. Bu değer günlük olarak 14500 ton katı atığa tekabül etmekte olup her geçen gün bu miktarların arttığı gözlemlenmiştir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde toplanarak Kömürcüoda ve Odayeri Düzenli depolama sahalarında bertaraf edilen katı atık miktarı 2017 yılından itibaren 6 milyon ton düzeyini aşmış bulunmaktadır. Günlük olarak bertaraf edilen katı atık miktarının Odayeri ve Kömürcüoda Düzenli Depolama Tesislerinin toplamı olarak yaklaşık 17200 tondur. Yıllık olarak bertaraf edilen toplam katı atık miktarı ise 2017 yılı itibarıyla 6,3 milyon ton düzeyine ulaşmış bulunmaktadır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan katı atık karakterizasyonu çalışmalarına göre biyobozunur atıkların toplam katı atık içerisindeki payı %50 düzeyindedir. Dolayısıyla 2005 yılında üretilen biyobozunur atık miktarı 2,3 milyon ton olmaktadır. Yukarıda belirtilen hedefler dikkate alındığında 2015, 2018 ve 2025 yıllarında düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilebilecek biyobozunur atık miktarı sırasıyla 1,7 milyon ton, 1,2 milyon ton ve 0,8 milyon ton olacaktır. Diğer bir deyişle, düzenli depolama tesislerine gönderilmek yerine başka bir şekilde bertaraf edilmesi gereken biyobozunur atık miktarı 2015 yılında 1.6 milyon ton, 2018 yılında 2,4 milyon ton ve 2025 yılında 3,5 milyon ton olacaktır. Bu biyobozunur atıktan 2001 yılından 2010 yılına kadar olan sürede sınırlı miktarda kompost üretilebilmiştir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından İSTAÇ A.Ş.'ye 2005 yılında hazırlattırılan "AB Çevre Mevzuatı ile uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi Stratejik Planı"nda, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan ve Türkiye için bölgeler bazında AB Atık Direktiflerine uyum hedeflerini gösteren zaman çizelgesine referans verilmektedir. Bu zaman çizelgesinde İstanbul İli "1a" bölgesinde gösterilmiş ve termal dönüşüm (yakma) tesislerinin 2013 - 2017 döneminde kurulması hedeflenmiştir.

Yukarıda da açıklandığı üzere, İstanbul için Yönetmelikler ve Avrupa Birliği Direktifleri ile uyumlu bütünleşik atık yönetimi oluşturulması amacıyla bugüne kadar

kapsamlı çalışmalar yapılmış ve yapılması gereken yatırımlar için alternatif senaryolar belirlenmiştir. Yönetmeliklerin getirdiği kısıtlamalar doğrultusunda, yapılan her bir çalışmada termal bertaraf yöntemlerinin gerekliliği vurgulanmıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi bu hedefleri gerçekleştirmek amacıyla halen özellikle gelişmiş ülkelerde katı atıkların bertaraf edilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmakta olan yakma teknolojisinin kullanıldığı bir evsel katı atık yakma tesisi kurmak amacıyla bir proje uygulamaya koymaya karar vermiştir. Hâlihazırda ülkemizde evsel katı atıkların bertaraf edilmesi amacıyla bu teknolojinin kullanıldığı gerçek boyutlu bir tesis bulunmamaktadır. Kurulan tesis bu alanda bir ilk olacaktır. Katı atık yakma tesisinde elde edilecek ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülerek piyasaya satılması ile gelir elde edilecektir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

2.4. Atık Bertaraf Etme Yöntemleri

Katı atık yönetimi sistemi, aşağıdaki uygulama metotlarının hepsini veya bir kısmını içermektedir (Seadon, 2006).

- Katı atıkların kaynağında en aza indirilmesi,
- Geri kazanım ve yeniden kullanma, kompostlaştırma,
- Enerji kazanımı için yakma ve benzeri termal yöntemler.

Atıkların uygun teknoloji ile bertaraf edilmesi için ilgili yönetmelikler doğrultusunda toplanması ve taşınması gerekir. Merkezi bir katı atık bertaraf tesisinin maliyet unsurları bölge, il ve ilçe düzeyindeki atıkların toplanma, taşıma, bertaraf ve uzaklaştırma durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Mazlum, Mazlum, 2004). Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2014 yılı Atık Bertaraf Sistemlerinin karşılaştırması Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2: Atık Bertaraf Sistemlerinin Karşılaştırılması (ÇŞB, 2014)

	Düzenli Depolama*	Termal Santraller	Biyolojik Sistemler
Maliyet	Düşük	Yüksek	Orta
Hacimsel Azalma	Düşük	Yüksek	Yüksek
Çevresel Riskler	Yüksek	Orta	Düşük
İşletme Hassasiyeti	Kolay	Zor	Zor

*Düzenli depolama tesisleri; toplanan katı atıkların günümüz teknik standartlara göre bertaraf edildiği sahalara verilen isimdir (ÇŞB, 2016).

2.4.1. Depolama

Özellikle gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde katı atıkların uzaklaştırılma şekli olup, düzenli depolama yada düzensiz (vahşi) depolama şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu her iki yöntem de ülkemizde kullanılmaktadır. Düzensiz depolamada evsel katı atıklar yerleşim merkezlerine uzak, açık araziye gelişigüzel bir şekilde bırakılmaktadır. Düzenli depolamada durum biraz daha farklıdır. Bu yöntemde atıklar, çevre sağlığını tehlikeye atmayacak şekilde depolanır. Düzenli depolama alanlarının tespiti, oluşturulması ve işletilmesi belirli koşullara bağlıdır (Palabıyık, H., Altıbaş, D., 2004).

2.4.1.1. Düzensiz Depolama

Oluşan tüm katı atığın drenaj veya yalıtım yapılmadan gelişigüzel olarak doğaya bırakılmasıdır. Atık kaynaklı sızıntı sularının yeraltı suyuna karışma tehlikesi ve oluşacak metan gazının oluşturacağı tehlikeler sebebiyle kabul edilebilir bir yöntem değildir. Nitekim 1993 yılında Hekimbaşı katı atık depolama alanında metan gazının sıkışması nedeniyle patlama meydana gelerek kırk kişinin ölümüne sebebiyet vermiştir. Ayrıca toprak ve yeraltı sularının kirlenmesi; metan gazı oluşumu, haşerenin üremesi, toz, kötü koku ve bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkmasına sebep olur (ÇOB, 2009; Avcı, 2016).



Şekil 2.6: Düzensiz (vahşi) depolama örneği (ÇOB, 2009)

2.4.1.2. Düzenli Depolama

Düzenli depolamada atıklar, hazırlanan depolama alanlarına gömülmek suretiyle sıkıştırılarak üzeri membran veya toprak ile örtülür. Gelişen ekonomi ve beraberinde artan nüfus ile hava, su ve toprak kirliliği olarak insan sağlığını tehdit etmektedir. En yaygın ve ekonomik olan bu yöntem ülkemizin tüm büyük Őehirlerinde uygulanmaktadır. Şehir ve dolayısıyla nüfusun artışı, uygun depolama alanlarının bulunmasını zorlaştırmaktadır. Düzenli depo sahalarının oluşturulmasıyla hem yeraltı sularının kirlenmesi  nlenmiş hem de hava kalitesinin korunması sağlanmış olur. Bu yöntemde gaz toplama sistemleri oluşturularak enerji geri kazanımı sağlanmakla beraber uzun ve etkili bir süre kullanarak ve nihayetinde üzeri toprak ile örtülüp ađaĉlandırmak suretiyle arazinin tekrar kullanılması sağlanmış olur(ĀŞB, 2014; Avcı, 2016).

Depolanan atık toprak örtme yerine sızdırmazlığı sağlanacak Şekilde membran ile kapatılırsa doğal biyolojik bir reaktör gibi çalışır. Bu yöntem yakın zamanda çok sıklıkla uygulanır hale gelmiş olup, oluşan gaz (land-fill gas, LFG) ile elektrik enerjisi  retilenmektedir. Böylece metan gazı yakılarak karbondioksit haline  vrulmiş olur ve  vreye zarar vermeden salınmiş hale gelir (Arıkan, vd. 2017).

Depolama sahasında oluşan atık gaz miktarının yaklaşık %50-55'i metan, %40-45'i karbondioksit Şeklinde olup, metan motorlarında yakılarak bir hareket enerjisi elde edilmek suretiyle, alternatöre iletilerek elektriğe dönüştürülür. Ayrıca gazın içeriğindeki metan, yanıcılık özelliğinden faydalanılarak, kazan ısıtma ve buhar üretimi için kullanılabilir. Saflaştırma işleminden sonra yani içerisindeki karbondioksitten arındırıldıktan sonra gazın metan oranı %90 seviyelerinin üzerine çıkarılır. Böylelikle doğalgaz özelliği gösteren gaz Şehir Şebekesine verilerek faydalanılabilir (İSTAĀ, 2022).

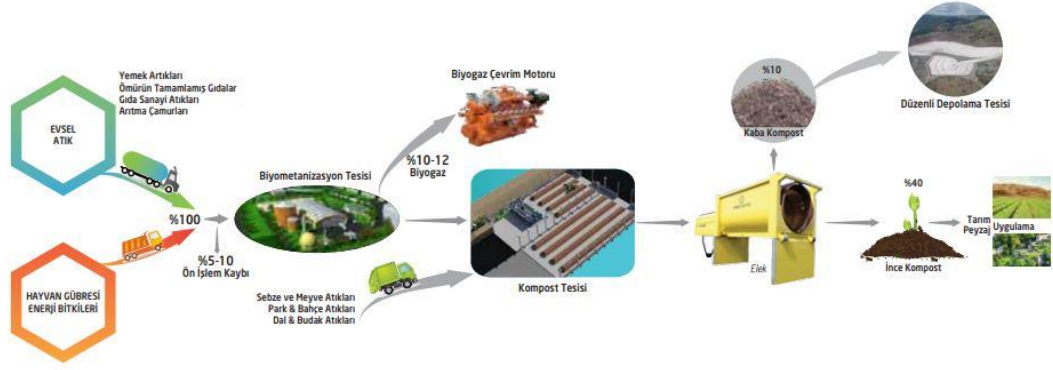


Şekil 2.7: Kemerburgaz Düzenli Depolama Sahası ve Enerji Üretim Tesisi (İSTAÇ, 2021)

2.4.2. Biyolojik Sistemler ve Biyometanizasyon

Meydana gelen atık içeriğine bakıldığında gıda ve yan ürünler olarak ağırlıkça yaklaşık % 50'den fazlası biyolojik olarak işlenebilmektedir. Biyolojik sistem proseslerinin verimli çalışması atığın toplanma şekli ile bağlantılıdır. Atığın kaynağında bileşenlerine göre veya karışık toplanması durumuna bağlı olarak tercih edilecek yöntem farklı olacaktır.

Atığı karışık işleyen proseslerde öncelik atık stabilizasyonudur. Ortaya çıkacak ürünün kalitesi ikinci plana düşer. Kaynağında bileşenlerine göre toplanan atık, proses şartlarının iyileşmesine, yüksek enerji ve madde geri kazanımının elde edilmesine ve toprak iyileştirici gibi ürünlerin ortaya çıkarılmasına imkan vermektedir (ÇŞB, 2018).



Şekil 2.8: Biyometanizasyon Tesisi Akım Şeması (ÇŞB, 2018)

Sürdürülebilir bir çevre ve şehir için geri kazanımlı ve yenilenebilir enerji üretimi yatırımlarına ağırlık verilmesi gerekir. Biyometanizasyon tesisleri ile kaynağında ayrı toplanan organik atıkların işlenerek kompost gübre ve elektrik enerjisine dönüştürülmesi suretiyle çevreye verilecek zarar en aza indirilmiş olacaktır. Böylece sınırlı olan doğal kaynakların kullanımı azaltılmış, çevre korunmuş ve yaşam koşulları iyileştirilmiş olacaktır. Bu amaca yönelik olarak Şekil 2.9’da gösterilen ve İBB tarafından yapılan Eyüp Kemerburgaz biyometanizasyon tesisi 2021 yılının sonuna doğru hizmet vermeye başlamıştır (İSTAÇ, 2021).



Şekil 2.9: İBB Eyüp Kemerburgaz Biyometanizasyon Tesisi (İSTAÇ, 2021)

2.4.3. Termal Bertaraf Yöntemleri

Atıklara uygulanan termal bertaraf yöntemleri atıkların yüksek sıcaklıkta enerji ve diğer yan ürünlere dönüştürülmesi işlemidir. Burada temel amaç, atığın hacminin ve miktarının azaltılmasıdır. Bu yöntem sayesinde, katı atıkların depolanması için ihtiyaç duyulan alan azaltılırken atık içerisinde bulunan ve işlem sonucu ortaya çıkan ısı kullanılarak enerji geri kazanımı sağlanmaktadır. Katı atıkların bertarafı amacıyla kullanılmakta olan termal yöntemleri üç ana başlık altında gruplandırmak mümkündür (Nanda, ve Berruti, 2021).

Bu yöntemler Yakma (kütlesel yakma, atıktan enerji üretim), Proliz ve Gazifikasyon olmak üzere birbirinden farklı üç uygulama şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Her üç yöntemde, atığın farklı ortam ve koşullarda ortaya çıkaracağı ürünler Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3: Termal Bertaraf Yöntemlerinde Tipik Reaksiyon Koşulları ve Ortaya Çıkan Ürünler (Saltabaş vd., 2011)

Açıklama	Yakma	Proliz	Gazifikasyon
Reaksiyon Sıcaklığı(0C)	800-1450	250-700	500-1600
Yanma Odası Basıncı (bar)	1	1	1-45
Ortam	Hava	İnert-Azot	O ₂ ,H ₂ O
Stokiyometrik Hava Oranı	>1	1	<1
Gaz Halindeki Ürünler	CO ₂ ,H ₂ O,O ₂ ,N ₂	H ₂ ,CO,H ₂ O,N ₂	H ₂ ,CO,CO ₂ ,C H ₄ , H ₂ O,N ₂
Katı Haldeki Ürünler	Kül, Cüruf	Kül,Kömür	Cüruf, Kül
Sıvı haldeki Ürünler		Proliz Yağı, Su	

Düşük kalorifik değer ve yüksek neme sahip yüksek atık miktarları için gazifikasyon prosesleri problemleri gözükmemektedir ve bu atıklar, yapım ve işletme maliyetlerini de yükseltmektedir. Kentsel katı atıklar için pilot aşamadaki ve işletilmekte olan çok az sayıdaki gazifikasyon tesisleri hakkında az bilgi bulunmaktadır. Bertaraf yöntemlerinin karşılaştırılması Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Atık Bertaraf Yöntemlerinin Karşılaştırılması (İBB Fizibilite Raporu, 2019)

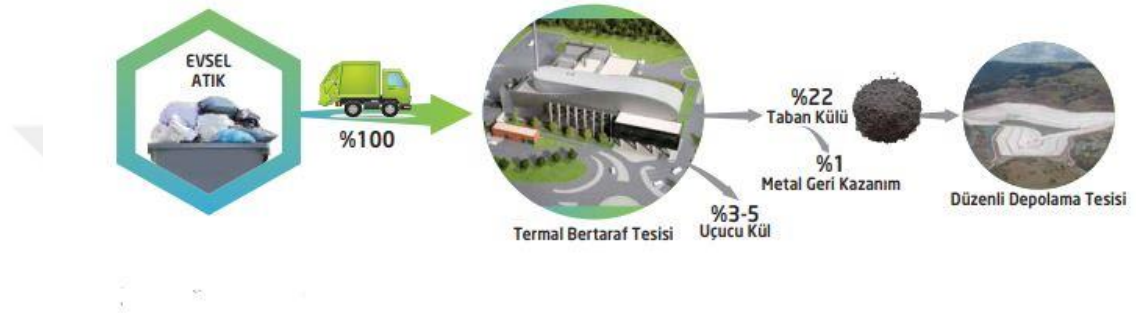
Faktör	Yakma	Proliz	Gazifikasyon
Genel kullanım, kanıtlanmış teknoloji	Yaygın, evet	Az, kısmen kanıtlanmış	Az, kısmen kanıtlanmış
Temel Prensip	Yanma	Anaerobik termo-kimyasal dönüşüm	Termo-kimyasal dönüşüm
Aritma Maliyeti	Orta-yüksek	Orta-yüksek	Yüksek-çok yüksek
Uygunluk	İyi	Düşük-orta	Teknolojiye bağlı değişmekte
Atık Kabulü	Baca gazı arıtma sistemi uygunsa ve kalıntılar hacimce minimize edilebiliyorsa her türlü atık	Özellikle kontamine, iyi tanımlanmış kuru atık fraksiyonları	İyi temizleme teknolojileri ile kombine edilmezse kaynağına göre ayrılmış kuru atık kullanılıyor
Nemli Evsel Atık Kabulü	Evet	Mümkün fakat normalde kabul edilmiyor	Mümkün fakat normalde kabul edilmiyor
Kuru Evsel Atık Kabulü	Evet	Evet	Mümkün
Park bahçe atıkları kabulü	Evet	Evet	Mümkün
Otel ve lokantalardan atık kabulü	Evet	Evet	Mümkün fakat normalde kabul edilmiyor
Kağıt ve karton atık kabulü	Evet	Evet	Mümkün
Kabul edilmeyen atık türleri	Yok	Nemli evsel atık	Nemli evsel atık
Genel Çevre Kalitesi			
Katı	Orta	Düşük	Orta-yüksek
Hava	Orta-yüksek	Orta-yüksek	Orta-yüksek
Su	Yüksek	Yüksek	Orta-yüksek
Koku kontrolü	İyi	İyi	İyi
Çalışma Ortamı	İyi	İyi	İyi
Enerji Kazanımı	Evet; 7500 -10000 MJ/ton atık	Evet; yakma sistemlerinin %70'i + enerji içeren ürünler	Evet; yakma sisteminin %50'si
Karbon Döngüsü (% ağırlık)	%1 katı kalıntıda, %99 atmosfere	%20-30 katı kalıntıda gerisi atmosfere	%2 katı kalıntılarda, %98 atmosfere
Geri dönüşüm için uygun ürün (% ağırlık)	%15-20 kül, %3 metal	%30-40 kömürleşmiş katı madde, %3Metal	%15-20 Kül, %3 Metal
Kalıntılar (% ağırlık)	Uçucu kül ve baca gazı kalıntıları %2-3	Baca gazı kalıntıları %2-3	Gaz temizleme kalıntıları %2-3

2.4.3.1. Yakma

Dünya genelinde, atıktan enerji üretiminin yaklaşık %90'ı yakma işlemi ile gerçekleştirilmektedir. Ancak yüksek yatırım maliyeti, büyük karbon ayak izi ve CO2 salınımı, yakma işleminin ayrıca yönetilmesi gereken kül artıkları ve baca gazı arıtımının yüksek işletme maliyeti sebebiyle yakma işlemi tartışılmaktadır (Iwaszko vd.,2021).

Başlıca amacı depolama ile uzaklaştırılacak atık miktarının azaltılması olan yakma

yöntemi ile katı atıklar hacimce % 80-90, ağırlık bakımından % 75-80 oranında azaltılabilmektedir. Proses sonucunda ısı enerjisi, inert gaz ve kül oluşur. Net enerji üretimi atığın bileşimine, yoğunluğuna, nem oranına ve atık içerisindeki inert maddelere bağlıdır. Yakma yöntemi ile organik maddenin ısı içeriği % 65-80 oranında sıcak hava, buhar ve sıcak suya dönüştürülebilir. Kentsel atıklar yakma tesislerinde yeterli hava sağlanmak suretiyle yakılmaktadır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).



Şekil 2.10: Yakma Tesisi Akım Şeması (ÇŞB, 2018)

2.4.3.2. Gazifikasyon

Gazlaştırma, karbon içeren katı veya sıvı bir malzemenin bir gazlaştırma ajanı ile yanabilir gaz ürünlere termo-kimyasal dönüşümdür. Gazlaştırma prosesinde, önce biyokütle kurutulurken yani yakıtın nemi buhara dönüştürülerek uzaklaştırılır. Birçok biyokütle kaynağı gazlaştırmaya uygun olmasına rağmen, gazlaştırmaya uygun olması için ideal olarak hammaddenin nem içeriği % 5- 35 aralığında olmalıdır. Kuru biyokütle daha sonra 700 °C nin üzerinde ısıtılarak gazlaştırılır. Yüksek sıcaklık, biyokütlenin kimyasal yapısını değiştirir ve gazlaştırma ajanı, hammaddenin farklı heterojen reaksiyonlarla hızlı bir şekilde gaza dönüşmesini sağlar. Karbonca zengin olan sentetik gaz (CO₂, CO, H₂, CH₄, H₂O); iz miktarda ağır hidrokarbonlar, gazlaştırma ajanındaki inert gazlar, küçük karbon granülleri, kül ve katran gibi çeşitli kirlilikler içerir (Sipra vd.,2018).

Bu yöntem, atığın tam yanmasına müsaade etmeyecek kısmi miktarda hava verilerek atığın fiziksel ve kimyasal olarak bozundurulmasıdır. İşlem sonucu oluşan gaz, tamamen temizlendikten sonra bir fırın, içten yanmalı motor veya bir gaz tribününde yakılarak enerji elde edilir.

2.4.3.3. Proliz

Proliz, organik maddelerin oksijensiz ortamda ısıtılarak gaz, katı veya sıvı ürünlere dönüşmesi işlemidir. Organik maddeler tamamen oksijensiz ortamda ve yüksek sıcaklıklarda (300 – 700 °C) bozunarak sıvı ve gaz hale dönüşür ve elde edilen bu ürünlerden elektrik üretilir. Proliz, hava yokluğunda gerçekleşir ve gazlaştırmadaki gibi hava ile kontrollü bir yanma içermez. Böylece; H₂, CH₄, CO, CO₂ ve diğer yakıt gazları dışında bir emisyon üretilmez (Mountouris ve Voutsas, 2006).

2.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Mevzuatı

Türkiye, zengin yenilenebilir enerji kaynak potansiyeline sahip olup mevcut kaynaklar bakımından kullanım oranı düşük kalmaktadır. Türkiye’nin yenilenebilir enerji kullanımındaki payı %6.5, elektrik üretim payı ise %24 düzeyindedir. Kanun yapıcı tarafından yenilenebilir enerji yatırımları teşvik edilmekte ve 2023 yılına kadar toplam elektrik üretiminin %30’unun yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi amaçlanmaktadır. Lisans bedelinin %10’unun ödenmesi, yatırımın tamamlanmasının akabinde 8 yıl boyunca lisans ücreti ödenmemesi, yenilenebilir enerji kaynağından elde edilen elektrik enerjinin 10 yıl boyunca sabit fiyatla alım garantisi, yatırım için gerekli olan arsa-arazi temini ve yerli ürün kullanımına yönelik destekler, teşvikler arasında yer almaktadır (WWF, 2011; Saray, 2019).

10.03.2022 tarih ve 31774 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nun Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’ne göre; rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı 15 km² altında olan veya pompaj depolamalı hidroelektrik üretim tesisleri; yenilenebilir enerji sınıfında değerlendirilmektedir (EPDK, 2022).

2.5.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çeşitleri

Uluslararası Enerji Ajansı’na göre yenilenebilir enerji; “Sürekli olarak yenilenen doğal süreçlerden türetilen, çeşitli şekillerde doğrudan güneşten ya da yeryüzünün derinlerinde oluşan ısıdan türeyen enerjidir”. Tanımdaki yenilenebilir enerji, kaynağı çevreye en az zarar veren ve kendini yenileyebilen kaynağı fosil olmayan enerji şekli olup yeşil enerji olarak da tanımlanmaktadır Yeryüzünde kullanılan enerjinin %80’i yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarından, kalan %20’lik kısmı ise yenilenebilir

enerji üretiminden elde edilmektedir (Savrul, 2010; WWF, 2022).

2.5.1.1. Rüzgar Enerjisi

Atmosferde, yükselen sıcak havanın yerine soğuk havanın dolması ile oluşan akım rüzgar olarak nitelendirilmektedir. Dünyanın dönüşü, yüzeyde oluşan sürtünmeler, arazi yapısı ve sıcaklık gibi faktörler rüzgarın hızını etkilemektedir. İklim, coğrafi yapı, gece gündüz sıcaklık farkları rüzgarın gücüne etki eden faktörlerdir. Rüzgar enerjisi tarımsal sulamada su pompalama, tahıl öğütme, bahçe aydınlatmada, taşımacılık sektöründe ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Rüzgar türbinlerinin hava akımları yardımıyla dairesel hareket ettirilmesiyle enerji üretilir. Rüzgar enerjisinin herhangi bir kaynak maliyeti yoktur ve doğaya herhangi bir atık bırakmamaktadır. Türkiye'nin 2020 sonu itibariyle rüzgar enerjisine dayalı kurulu gücü 8.832 MW olup toplam üretilen elektrik içindeki payı % 8.09'dur. 2018 yılı Uluslararası Rüzgar Enerjisi Kurumunun verilerine göre rüzgar enerjisini elektrik enerjisi olarak kullanan ülkeler başta Çin olmak üzere ABD, Almanya, Hindistan ve Brezilya olarak sıralanmaktadır (Saray, 2019; ETKB, 2020).

2.5.1.2. Güneş Enerjisi

Güneşteki hidrojenin helyuma dönüşmesiyle meydana gelen enerjidir. Dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneşin ışınması, yeryüzünde doğrudan veya dolaylı olarak diğer enerji kaynaklarına katkı sağlar. Hem ısı enerjisine hem de elektrik enerjisine dönüştürülerek fosil yakıtların kullanımının azaltılmasına katkıda bulunacaktır. Evlerin üzerindeki uygulamalar ve güneş panelleri tarlaları şeklinde üretim yapılmaktadır. Fotovoltaik (PV) sistemler sayesinde güneş enerjisi direk olarak elektrik enerjisine dönüşmektedir. Türkiye'nin 2020 sonu itibariyle güneş enerjisine dayalı kurulu gücü 6.667 MW olup toplam üretilen elektrik içindeki payı % 3.60'tır. Dünyada en çok güneş enerjisi üreten ve kullanan ülkeler sırasıyla Çin, Japonya, ABD, Almanya, İtalya'dır. Bu listede ülkemiz 13. Sırada yer almaktadır (ETKB, 2020; Saray, 2019; WWF, 2022).

2.5.1.3. Hidrolik Enerjisi

Suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşümü ile ortaya çıkan enerji türüdür. Barajlarda toplanan suyun yüksek noktadan düşük noktaya akarak orada bulunan türbinleri döndürmesi suretiyle açığa çıkan enerjidir. Türkiye'nin 2020 sonu itibariyle hidrolik enerjiye dayalı kurulu gücü 30.984 MW olup toplam üretilen elektrik içindeki payı % 32.3'dür. Dünya'daki en büyük yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerjisi olup dünya elektrik ihtiyacının beşte birini karşılamaktadır (Saray, 2019; ETKB, 2020; WWF, 2022).

2.5.1.4. Jeotermal Enerji

Yunanca geo (yeryüzü) ile therme (ısı) anlamlarına gelen kelimelerin birleşmesiyle oluşturulmuştur ve yeryüzü ısısı anlamına gelmektedir. Dünden bugüne sağlık ve yiyecek pişirmede kullanılan jeotermal kaynakların teknolojinin gelişmesiyle kullanım alanları çeşitlilik kazanmıştır. Sıcak su, buhar ve gazlardan faydalanılarak elektrik, seracılık, karbondioksit, gübre ve lityum gibi kimyasal maddelerin üretimi yapılabilmektedir. Ayrıca düşük sıcaklıklarda mineralli içme suyu ve endüstriyel amaçlı kurutma işlerinde de kullanılmaktadır. Jeotermal santraller kesintisiz ve güvenilir enerji üretebilmektedir. Türkiye'nin 2020 sonu itibariyle jeotermal enerjiye dayalı kurulu gücü 1.613 MW olup toplam üretilen elektrik içindeki payı % 3.25'dir. Jeotermal enerjiden elektrik üreten başlıca ülkeler sırasıyla ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda'dır. Ancak elektrik dışı kullanımda jeotermal enerjiden faydalanan ülkelerin başında Çin gelmektedir (Saray, 2019; ETKB, 2020; WWF, 2022).

2.5.1.5. Biyokütle Enerjisi

Yeryüzündeki biyoyakıt; katı atıklar, katı biyokütle ve gaz formlarından faydalanılarak ısı, elektrik ve sıvı yakıtlara dönüştürülür. Enerjide kullanılan hammaddelerin hangilerinin, nerede ve nasıl üretildiği ve işlendiği, bioenerji projelerinin çevresel ve sosyal olarak sürdürülebilir olup olmadığını belirleyecektir. Güneş enerjisini bünyesine alan biyolojik maddeler ve atıklar biyokütle enerjisi elde edilmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca odun ve bitki gibi canlı organizmaların fotosentez yolu ile ürettikleri her türlü canlı organizmayı kapsayan biyokütle, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağı; tükenmez, her yerde elde

edilebilir, kırsal bölgeler için ekonomiktir ve sosyal gelişmelere yardımcı olmaktadır. Biyokütle kaynakları bitkisel, hayvansal, orman ürünleri, organik ve endüstriyel atıklardır. Biyokütle; mısır, buğday, bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik sebze ve meyve atıklarından oluşabilmektedir. Fosil enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve çevre kirliliği oluşturması nedeniyle biyokütle kullanımı enerji sorununu çözmek bakımından giderek önem kazanan bir enerji unsurudur. Türkiye'nin 2020 sonu itibariyle biyokütle enerjisine dayalı kurulu gücü 1.503 MW olup toplam üretilen elektrik içindeki payı % 1.57'dir (Saray, 2019; ETKB, 2020).

2.5.2. Türkiye'deki Enerji Mevzuatı

Türkiye'de, iklim değişikliğinin olumsuz yönlerini sınırlamak için enerji üretiminde fosil yakıt harici yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik verilmesi gerekmektedir. Enerji tüketiminde fosil yakıt kaynaklı enerjinin yoğunluğu görülmekle birlikte yenilenebilir enerji tüketiminde artış gözlenmektedir. 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji'ye ilişkin kanunlar başta olmak üzere, 27 tane yönetmelik ve 12 tane tebliğ ile mevzuat yürütülmektedir. Tablo 2.5'ten görüleceği üzere Türkiye'nin enerjiye olan gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Talep tahmini sıralamasında Türkiye, Çin ve Hindistan'dan sonra 3. sırada yer almaktadır (MMO, 2018; EPDK, 2022).

Tablo 2.5: Ülkelerin ve Türkiye'nin 2000-2015 Birincil Enerji Arzı ve Talep Tahminleri (mtep*), (MMO, 2018)

Ülke	2000	2015	2000-2015 Artış(%)	2020	2025	2030	2015-2030 Artış(%)
Çin	1.143	2.990	162	3.419	3.617	3.941	32
Hindistan	441	851	93	1.054	1.275	1.544	81
Türkiye	79	129	62	151	175	200	55
Brezilya	184	295	60	299	326	358	21
Rusya	620	689	11	689	731	752	9
ABD	2.270	2.183	-4	2.243	2.242	2.251	3
Japonya	518	430	-17	427	419	413	-4
OECD	5.295	5.259	-1	5.374	5.379	5.409	3
Dünya	10.035	13.633	36	14.819	15.690	16.891	24

*1 mtep=11630 MWh (Megawatt-saat)

Türkiye'deki elektrik piyasasının işleyişi ve özel sektör tarafından elektrik enerjisi üretimi ve satışının yapılmasının koşulları, Şubat 2001 yılında yürürlüğe girmiş olan Elektrik Piyasası Kanunu ile düzenlenmiştir. Bu çerçevede, özel sektör firmaları veya

belediyelerin de ürettikleri elektrik enerjisinin toptan satışını yapabilmektedirler. Bunu yapabilmek için EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu)'ndan lisans almaları gerekmektedir. Bu lisansa bağlı olarak özel sektör firmaları ürettikleri elektriğin piyasadaki alıcılara toptan satışını yapabilmektedirler (EÜAŞ, 2017; İBB Fizibilite Raporu, 2019).

2.5.2.1. Enerji Piyasası Kanunu

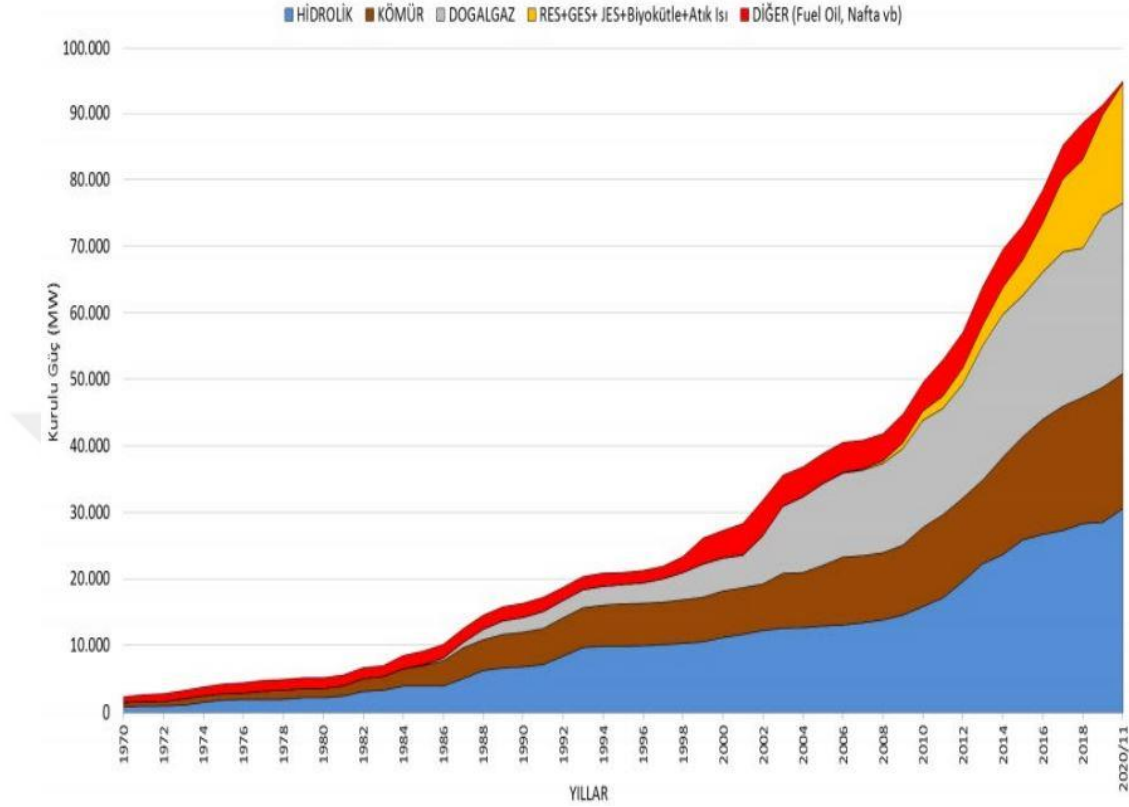
Türkiye'deki enerji piyasası, öncelikle güncel olan 14.03.2013 tarihli 6446 sayılı Elektrik Piyasası kanunu olmak üzere 6408 sayılı Elektrik Piyasası kanunu ile Özel Tüketim Vergisi Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunlar çerçevesinde yürütülmektedir. Ülkemizde 1970 tarihinde çıkarılan 1312 sayılı yasa ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurularak elektrik piyasası faaliyetleri yürütülmüştür. 1993 yılına geldiğimizde 513 sayılı yasa ile TEK ikiye bölünerek Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) isimli kamu teşekkülleri kurulmuştur. 2001'de ise Avrupa Birliği müktesebatına uyum programının bir parçası olan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kabul edilmiş ve bu kanunun uygulanmasına zemin oluşturulması amacıyla bu defa TEAŞ üçe bölünerek Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) anonim şirket statüsünde iktisadi devlet teşekkülü olarak yapılandırılmış ve elektrik piyasasında üretim, iletim, dağıtım ve ticaret faaliyetleri birbirinden ayrılmıştır(Avcı, 2016)

2.5.2.2. Yenilenebilir Enerji Kanunu

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu ile EPDK tarafından lisans sahibi tüzel kişilere Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi (YEK) verilir ve üretilen enerjinin mekanizmalarca desteklenmesi (YEKDEM) işlemleri yürütülür. Yenilenebilir Enerji Kanunu'nda yatırımcılara verilen garantiler yabancı para cinsinden olduğu için çok rahat kredi bulabilmektedirler.

Yenilenebilir enerji üretimi bakımından Türkiye gün geçtikçe daha iyi düzeylere ulaşmaktadır. Ancak üretim miktarı halen düşük düzeydedir. Şekil 2.11'de 1970 ile 2020 yılları arası yenilenebilir enerji üretiminde son 10 yıllık dönemde ciddi artışlar olmuştur. 2020 yılı itibarıyla toplam 95.890 MW kurulu gücün; 1.503 MW

yenilenebilir, 1.613 MW Jeotermal, 6.667 MW güneş, 8.832 MW rüzgar ve 30.984 MW hidrolik enerjiden oluşmaktadır. Böylece lisanslı toplam enerji üretiminin yarısı yenilenebilir enerji şeklinde dağılım göstermektedir (TEİAŞ, 2020).



Şekil 2.11: Türkiye'nin Kurulu Elektrik Enerji Gücünün Yıllara Göre Değişimi (TEİAŞ, 2020)

2.5.2.3. Elektrik Fiyatları ve YEKDEM

Sanayi ve kalkınma ile birlikte artan hayat standartları sonucu elektrik tüketimi de artmıştır. Elektrik fiyatları dinamik piyasadaki arz talep durumuna göre farklılıklar göstermektedir. Bu fiyatların hem üretici hem de tüketici için uygun olması önemlidir. Bir yandan mesken, sanayi ve işletmelere uygun fiyatla elektrik sağlanırken diğer yandan elektriğin üretilmesi için yatırım yapan müteşebbisleri de mağdur etmeyecek şekilde yeni yatırımların olmasına yönelik fiyatın oluşturulması gerekmektedir. Fiyata etki eden unsurlar yatırım maliyeti, yakıt maliyeti, işçilik maliyetleri, iletim maliyeti, piyasa maliyetleri, kümülatif verim faktörü, rekabet, arz-talep dengesi gibi faktörlerdir. Bunlara ek olarak Yenilenebilir Enerji (YEK) Belgesi ve YEK Desteklenme Mekanizmasının kuruluşu ve işleyişine dönük usul ve esaslar belirlenmiştir. Bu doğrultuda 01.10.2013 tarihli Enerji Piyasası Düzenleme

Kurumunun (EPDK) “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmeliği” ile YEK belgesi ve YEKDEM fiyatları teşkil edilmektedir (Avcı, 2016).

2005 yılından beri uygulanan mekanizma 2011 yılında yüksek fiyat alım garantisi ile desteklenmeye başlanmıştır. Türkiye’nin 2020 yılı itibariyle toplam enerji üretim kapasitesinin % 29’u bu destekleme mekanizmasından faydalanmıştır. YEKDEM mekanizması içerisinde yer alan enerji türlerinin fiyatları ve yerli ekipman kullanılması halinde verilen ek teşvikler Tablo 2.6’da görülmektedir.

Tablo 2.6: Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması
YEKDEM Sistemi, feed-in tariff (Climate Scorecard, 2021)

Tesis Tipi	Alım Garantili Fiyat ¢ (UScent/kWh)	Ek, Yerli Ekipman Teşviği Maksimum ¢ (UScent/kWh)	Maksimum Toplam Fiyat ¢ (UScent/kWh)
Hidroelektrik	7,30	2,30	9,60
Rüzgar	7,30	3,70	11,00
Fotovoltaik Güneş	13,30	6,70	20,00
Yoğunlaştırılmış Güneş	13,30	9,20	22,50
Biyokütle	13,30	5,60	18,90
Jeotermal	10,50	2,70	13,20

3. ATIK YÖNETİMİNDE YAKMA TEKNOLOJİSİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

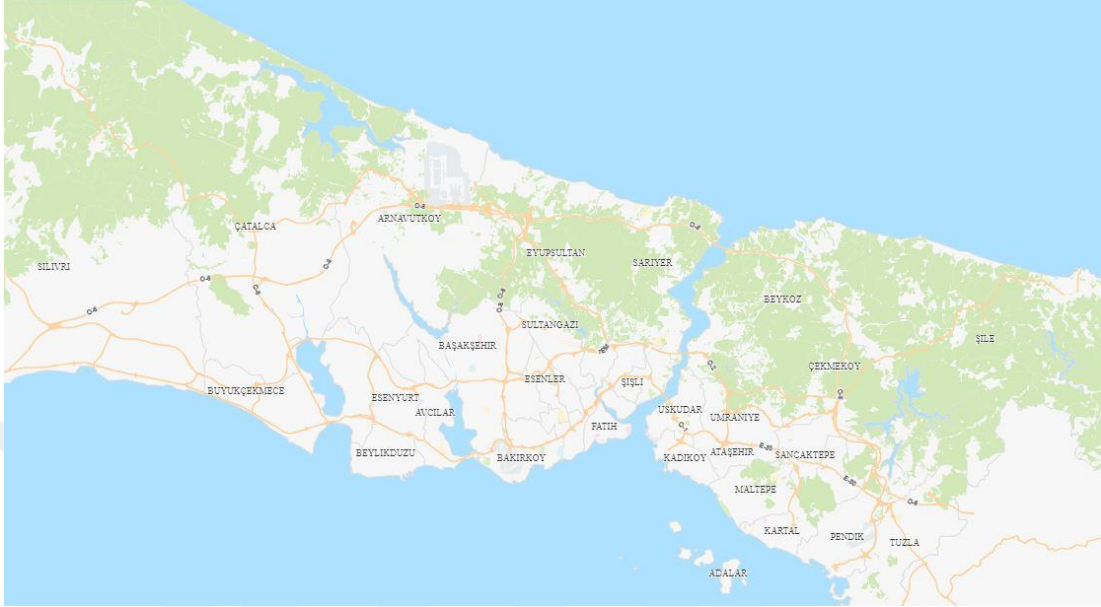
3.1. İstanbul İli Tanıtımı

İstanbul, ülkemizin Marmara Bölgesi'nde bulunmaktadır. Tarihinde Roma, Bizans ve Osmanlı İmparatorluğu gibi üç büyük imparatorluğa başkentlik yapmıştır ve böylelikle çeşitli kültürlerin yaşandığı yedi tepeli bir kent olarak bilinen eşsiz bir coğrafyaya sahiptir. İstanbul'un M.Ö. 7000-8000 yıllarına kadar geçmişi olduğu bilinmektedir. 330'lu yıllarda imparator Konstantin tarafından Roma İmparatorluğu'nun başkenti olmuş ve Konstantinopolis adını almıştır. İmparatorluğun ikiye bölünmesi ile önce Bizans sonra da Osmanlı İmparatorluğu'na başkentlik yapmıştır. Prof. Dr. Doğan Kuban İstanbul'u şöyle ifade etmiştir: *“İstanbul, denizin yarattığı ve yaşam verdiği bir kenttir. Surları, anıtları, sarayları, kiliseleri ve camileriyle iki deniz arasında dev bir geminin teknesi gibi yükselir.”* Kentin tarihi kadar topoğrafyası da özel olup, savaşlar, yangınlar ve depremler geçirmiştir. Üzerinde barındırdığı medeniyetlerin mimarisi ile coğrafyası gereği su ile olan ilişkisi, silüeti ve sosyal dokusuyla eşsiz bir kenttir. Her dönem ticari, ekonomik, kültürel, sosyal ve politik bir merkez olmuştur (Karakuyu, vd. 2010).

3.1.1. Coğrafi Yapısı

İstanbul, Türkiye'nin kuzeybatısında ve engebeli bir arazi üzerine konumlanmıştır. Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan, boğazı ve iç deniz olan halici bünyesinde barındıran kent doğuda Kocaeli, batıda Tekirdağ ve Kırklareli ile çevrili, kuzeyinde Karadeniz ve güneyinde Marmara denizi ile çevrilidir. Marmara denizindeki birçok ada da İstanbul'a bağlıdır. Şehir 5712 km²'lik yüz ölçüme sahiptir. Hali hazırda 39 ilçesi bulunmaktadır. Avrupa yakasında Zeytinburnu, Şişli, Sultangazi, Silivri, Sarıyer, Küçükçekmece, Kağıthane, Güngören, Gaziosmanpaşa, Fatih, Eyüp Sultan, Esenyurt, Esenler, Çatalca, Büyükçekmece, Beyoğlu, Beylikdüzü, Beşiktaş, Bayrampaşa, Başakşehir, Bakırköy, Bahçelievler, Bağcılar, Avcılar, Arnavutköy ilçeleri bulunur. Anadolu yakasında ise Üsküdar, Ümraniye, Tuzla, Şile, Sultanbeyli, Sancaktepe, Pendik, Maltepe, Kartal, Kadıköy, Çekmeköy, Beykoz, Ataşehir, Adalar ilçeleri bulunmaktadır. Özgün topoğrafya yapısı ile geçmişten günümüze kadar devam eden süreçte her zaman silüet olgusu hep vurgulanmış ve gündemde kalmıştır. Şehrin başlıca yüksek yerleri Aydos Dağı, Kayışdağı, Alemdağı, Küçük Çamlıca, Büyük

Çamlıca, Gürgencik Tepe, Yuşa Tepesi ve Istranca Dağları'dır. Terkos, Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölleri ile Ömerli, Alibeyköy, Sazlıdere, Elmalı Baraj Gölleri vardır (İSTKA, 2015).



Şekil 3.1: İstanbul İl Haritası (İstanbul Valiliği, 2022)

3.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İstanbul kış mevsiminde Akdeniz ve Ege'den gelen lodoslar ile ılık hava, Balkanlar üzerinden gelen soğuk hava ve Karadeniz'den gelen yağışlar sebebiyle yağmurlu geçer. Yaz mevsimi sıcak ve kurak geçer. Yıl boyu sıcaklıklar -14 C ile 41,5 C arasında olup, yıllık yağış miktarı 720-788 mm dolaylarındadır.

Kent; önceleri çayırılık, mesire alanları ve ormanlıklardan oluşurken nüfus ile birlikte kentleşmenin kaçınılmaz sonucu olarak yeşil alanlar oldukça küçülmüştür. Bitki örtüsü maki olup orman bakımından da zengindir. İlin yaklaşık % 60'ı orman ve fundalık olup şehrin 20 km kuzeyinde konumlanmış olan Belgrad Ormanı en önemli ormanlık alanıdır(İstanbul Valiliği, 2022)

3.1.3. Nüfus

İstanbul, ülkemizin en kalabalık ve en çok göç alan ilidir. Belediye sınırları göz önüne alındığında nüfus bakımından Avrupa'da birinci, dünyada altıncı sırada olduğu görülmektedir. Sadece nüfusa göre dünyanın 22. büyük şehridir. TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) 2021 verilerine göre nüfus 15.840.900 kişidir. 2020

verilerine göre kilometrekareye düşen nüfus Türkiye’de 110 kişi iken İstanbul’da 3 bin 49 kişi olup nüfus yoğunluğu en yüksek olan şehirdir. Anadolu yakasında 14, Avrupa yakasında 25 ilçesi bulunmaktadır (TÜİK, 2020).

3.1.4. Sosyo-Ekonomik Yapı

İstanbul ticaret, sanayi, ulaşım, turizm, eğitim, kültür ve sanat bakımından çok gelişmiştir. Uluslararası Rekabet Araştırmaları Kurumu (URAK) tarafından 2009-2010 yıllarında hazırlanan İller Arası Rekabetçilik Endeksi çalışmasında; Beşeri Sermaye ve Yaşam Kalitesi, Markalaşma Becerisi ve Yenilikçilik, Ticaret Becerisi ve Üretim Potansiyeli, Erişilebilirlik gibi dört değişkene bağlı olarak 81 ilin rekabetçilik düzeyleri tespit edilmiştir. Buna göre İstanbul 86.01 endeks değeri ile Türkiye’nin en rekabetçi ili konumundadır. Endeks çalışmasında İstanbul’u Ankara (49.73), İzmir (42.72), Bursa (35.10) ve Kocaeli (33.82) izlemektedir.

Dünya çapında çeşitli kurumların yapmış olduğu endeks çalışmalarında İstanbul’un sıralaması gerilerdedir. Örneğin; Numbeo’nun 2013 tarihli Hayat Kalitesi Endeksi araştırmasına göre değerlendirilen 126 şehirden ilk üç sırayı Züriç, Canberra ve Denver alırken İstanbul sıralamanın 68. sırasında yer almaktadır (İSTKA, 2015).

Tablo 3.1: İstanbul’un Küresel Endekslerdeki Yeri (İSTKA, 2015)

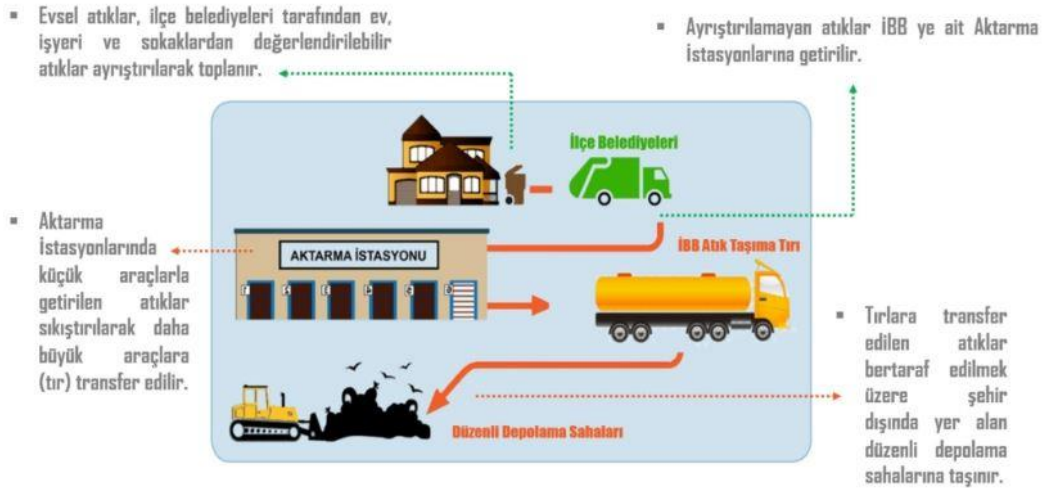
Endeks	Hazırlayan Kurum	Yıl	Toplam Kent Sayısı	1.Kent	2. Kent	3.Kent	İstanbul’un Sırası
The World According to GaWC 2010	Globalization and World Cities Research Network	2010	300+	London (Alpha++)	New York (Alpha++)	Honk Kong (Alpha+)	Alpha-
Global Cities Index	A.T. Kearney	2012	66	New York (6,35)	London (5,79)	Paris (5,48)	37.
The Global Financial Centres Index (GFCI)	The Z/Yen Group	2013	76	London (807)	New York (787)	Honk Kong (761)	57. (626)
The Green City Index	The Economist Intelligence Unit	2012	120	Copenhagen (87.31)	Stockholm (86.65)	Oslo (83.98)	25. (45.20)
Global Destination Cities Index	MasterCard	2013	132	Bangkok (15.98mil)	London (15.96mil)	Paris (13.92mil)	6. (10.37 mil)
Quality of Life Index Rate	Numbeo	2013	126	Zurich (227.95)	Canberra (226.85)	Denver (214.88)	68. (84.19)

3.2. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Yönetimi Verileri

İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyelerince toplanan ve aktarma istasyonlarına taşınan katı atıkların düzenli depolama alanlarında bertaraf sağlanmaktadır. Bu kapsamda ortalama günlük 12.560 ton katı atığın 12.360 tonu düzenli depolamaya, 200 tonu ise bertaraf sahalarındaki geri kazanım tesislerine taşınmaktadır. İstanbul'un toplamda günlük 17.738 ton evsel atığı Şile-Kömürcüoda ve Silivri-Seymen düzenli depolama alanlarında depolanmak suretiyle bertaraf edilmektedir. Depolama ve bertaraf sürecinde ortaya çıkan yıllık 622.067 m³ atık sızıntı suları arıtma işlemlerinden geçirilmektedir (İ.B.B Faaliyet Raporu, 2020).

3.2.1. Toplama ve Taşıma Sistemi

İstanbul'un atık toplama işlemi ilçe belediyelerinin genel olarak yüklenici kullanmak suretiyle atığın bulunduğu noktadan toplanarak araçlara yüklenmesi ve sonrasında atık aktarma istasyonlarına ulaştırılarak son bulur. Aktarma istasyonlarında yapılacak ayırma ya da sıkıştırma sürecinden sonra ana depolama ve bertaraf tesislerine taşınması ile sonuçlanan bir süreçtir. Atık toplama ve taşıma süreci, bütüncül bir entegre atık yönetimi ile yapılmalıdır. Entegre atık yönetim sisteminin başarısı atığın toplanma şekli ile doğrudan bağlantılıdır.

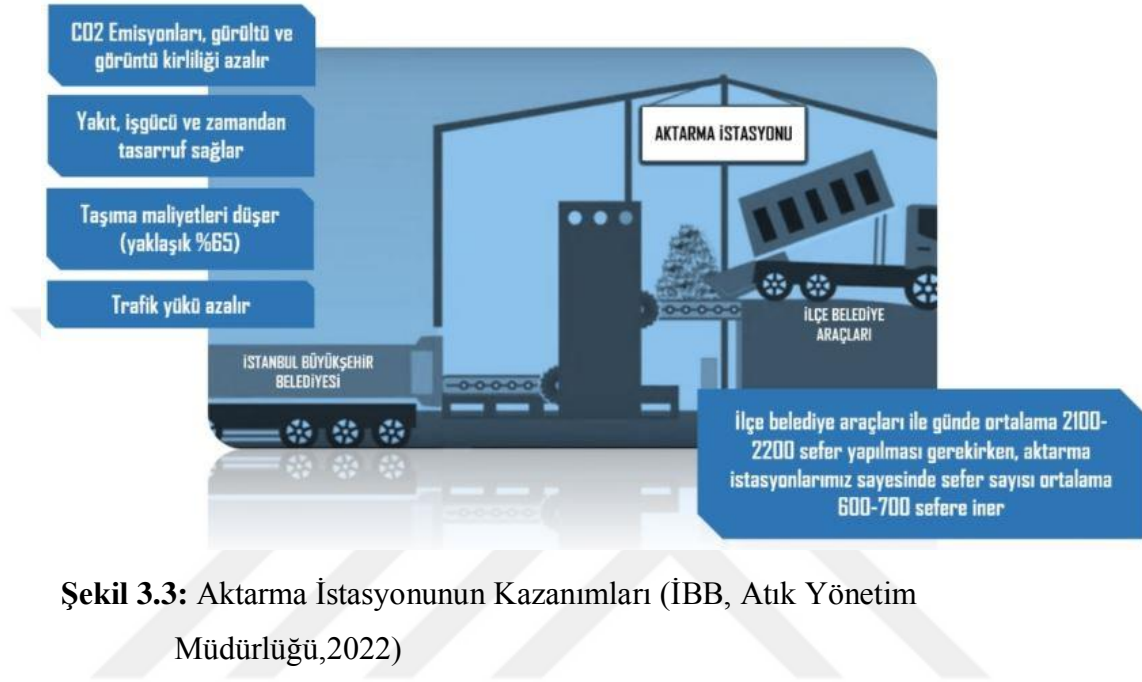


Şekil 3.2: Atık Taşıma Hizmetleri (İBB, Atık Yönetim Müdürlüğü, 2022)

3.2.2. Aktarma İstasyonları

Kaynağında toplanarak küçük toplama araçları veya başka bir taşıma aracıyla taşınan atığın etkinliğini arttırmak ve taşıma maliyetlerini düşürmek amacıyla depolandığı ara

istasyonlar aktarma istasyonu olarak ifade edilir. Aktarma istasyonları, atık yönetim sistemine ilk yatırım ve büyük tonajlı araçlar için fazladan maliyet yüklemekle birlikte, taşıma maliyetinin düşük kalmasını sağladığından çoğu kez daha uygun olmaktadır. Böylece ana bertaraf noktasına taşıma için gerekli olan sefer sayısı azalmış olacaktır (Yılmaz, 2019).



Şekil 3.3: Aktarma İstasyonunun Kazanımları (İBB, Atık Yönetim Müdürlüğü,2022)

İstanbul'da ortaya çıkan katı atık önce uygun aktarma istasyonlarına getirilerek ayrılır, sınıflandırılır ve nihayet sıkıştırılmak suretiyle hacimce küçültülerek tırlara yüklenir ve düzenli depolama sahalarına gönderilir. Bu istasyonlar Anadolu yakasında; Şile, Aydınlı, Küçükbakkalköy ve Hekimbaşı istasyonları ile Avrupa yakasında Baruthane, Yenibosna, Halkalı, Silivri ve Başakşehir istasyonları olmak üzere toplam dokuz adettir.



Şekil 3.4: Aktarma İstasyonları (İ.B.B Proje sunumu, 2021)

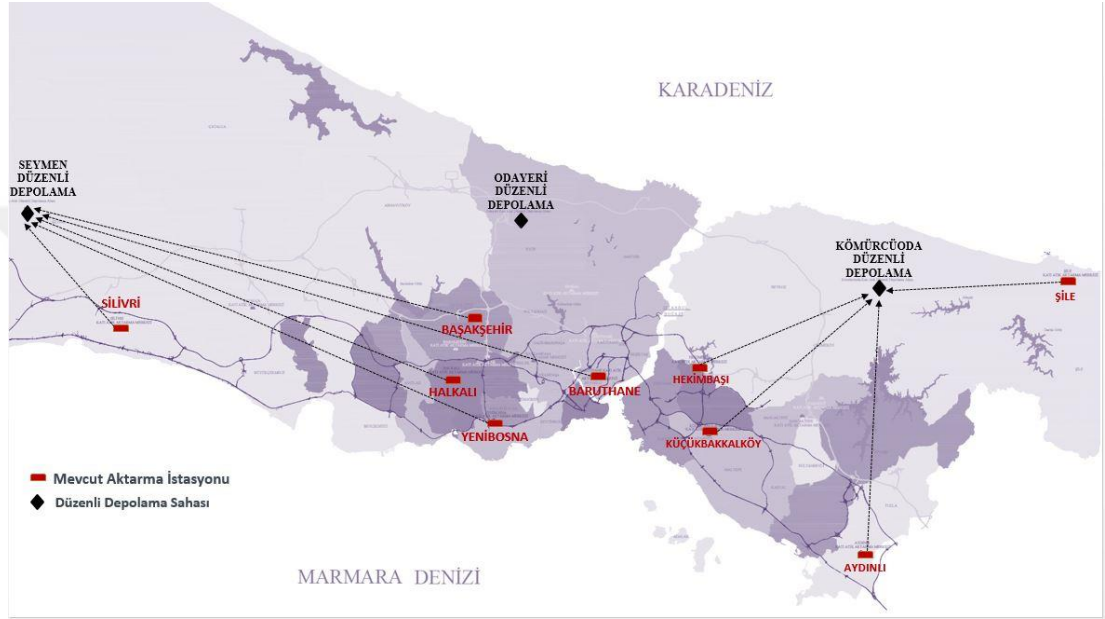
3.2.3. Düzenli Depolama Sahaları

İstanbul'un hızla artan nüfusu ve buna bağlı olarak artan katı atık miktarı, mevcut düzenli depolama sahalarının giderek doygunluk kapasitesine ulaşması, yeni depo sahaları için uygun yer bulma zorluğu ve bulunan arazilerin maliyetli olması sebebiyle birtakım zorluklarla karşılaşılmaktadır. Uygun depolama alanlarının bulunmasında ortaya çıkan bu güçlükler, depolama alanlarına gönderilen katı atık miktarının azaltılması gereksinimini doğurmaktadır.



Şekil 3.5: Düzenli Depolama Sahaları

İstanbul'da üretilen katı atıklar 1995 yılından bu yana Avrupa ve Anadolu Yakasında bulunan Kömürcüoda ve Odayeri olmak üzere iki adet düzenli depolama alanında depolanmakta iken kapasitenin artırılması amacıyla 2016 yılında Avrupa yakasında Silivri Seymen düzenli depolama sahası faaliyete alınmıştır. İstanbul'daki arazi kısıtlılığı göz önüne alındığında doluluk oranı hâlihazırda yüksek olan düzenli depolama alanlarına ek olarak yeni depo sahaları açmak mümkün görünmemektedir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).



Şekil 3.6: Düzenli Depolama Sahaları (İ.B.B Proje sunumu, 2021)

İstanbul için toplamda üç düzenli depolama sahası bulunmakta iken Odayeri düzenli depolama sahasındaki doluluktan dolayı atık kabul edilmemektedir. Mevcut bertaraf faaliyetleri iki adet II. sınıf düzenli depolama sahasında yürütülmektedir.

3.3. Atık ve Nüfus Projeksiyonu

Atık yönetiminde, gelecek yıllar için nüfusun tahmini ile buna bağlı oluşan atığın miktarı ve bileşenleri önem arz etmektedir. Her iki projeksiyon unsuru da birbirleriyle ilişkilidir.

3.3.1. Atık Projeksiyonu

İstanbul ili 2000 – 2011 dönemine ait oluşan ve toplanarak bertaraf edilen evsel atıklar Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Oluşan kentsel atık miktarları; Odayeri ve Kömürcüoda düzenli depolama tesislerine gelen atıklar ile kaynağında ayrı olarak toplanan ambalaj

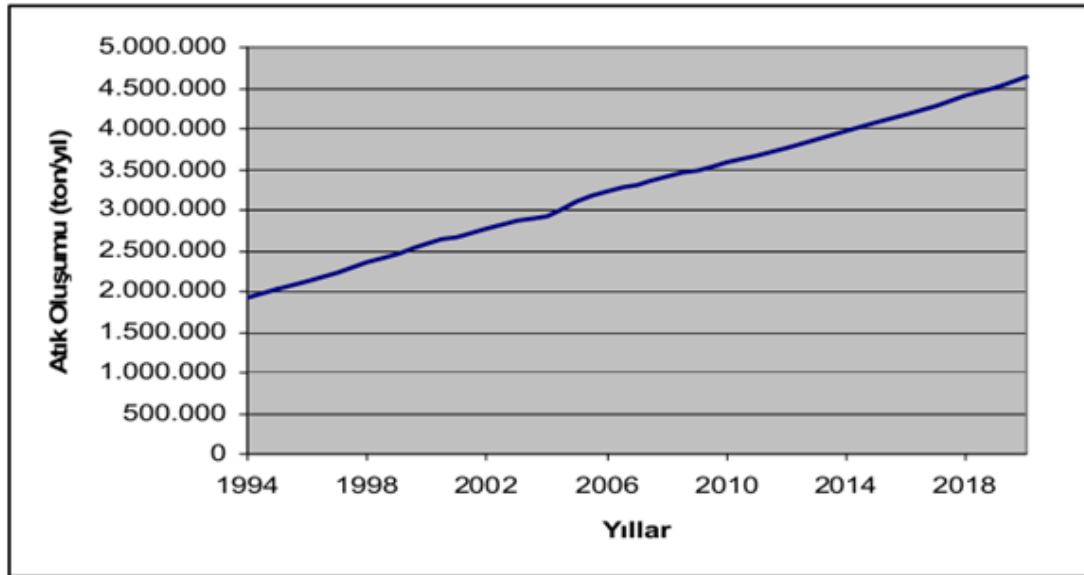
atıkları ve kompost tesisine gelen atık miktarlarının toplamından meydana gelmektedir. Sokak toplayıcıları tarafından geri dönüşüm için seçilen atıklar bunlara dâhil değildir.

Tablo 3.2: İstanbul’da 2000 – 2011 Döneminde Toplanan ve Bertaraf Edilen Katı Atık Miktarları (İSTAÇ AŞ.)

AtıkMiktarı/Yıllar	2000	2004	2006	2009	2010	2011
Transfer İstasyonlarından ve direk Odayeri ve Kömürcüoda’ya gönderilen Atık miktarı	3.319.889	4.063.350	5.013.317	5.037.467	5.148.843	5.208.652
Kaynağında ayrı toplanan Ambalaj Atığı	-	-	3.098	50.493	91.091	123.561
Kompost Tesisine Gelen Atık Miktarı	-	165.269	138.968	124.868	158.198	153.680
İstanbul’da oluşan Toplam Kentsel Atık Miktarı	3.319.889	4.228.619	5.155.383	5.212.828	5.398.132	5.485.893

Tablo 3.2’de, üç farklı yöntemle değerlendirilen atık 2000 yılında 3,3 milyon ton olurken, 2011 yılında 5,5 milyon tona erişmiştir. Bu dönemde oluşan atık miktarı %65,2 seviyesine çıkmıştır.

Kent için yapılan nüfus tahminleri doğrultusunda oluşacak atık miktarı CH2M-Hill firması tarafından yapılmış ve Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7: İstanbul’un Katı Atık Tahmin Çalışması (ÇED Raporu, 2012)

Buna göre, 2010 yılında ortaya çıkacak kentsel atık miktarı yaklaşık 3,5 milyon ton iken 2018 yılında 4,5 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmiştir. Ancak Tablo 3.2’deki tahminlere göre 2011 yılında 5,5 milyon ton olduğu görülmektedir. Oluşan farklı

tahminler sebebiyle katı atık kestirim planlarının yenilenmesi gerekmektedir. Bu nedenle gelecekte oluşacak katı atık miktarları için de yeni bir tahmin hazırlanmıştır. Tahminlerin yapılması için nüfus ve kişi başına üretilen kentsel atık miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan AB Çevre Mevzuatı ile Uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi Stratejik Planı'na göre 1996 yılı için günlük kişi başı 0,53 kg olan kentsel atık zamanla artarak 2000 yılında 0,9 kg, 2004 yılında 1,00 kg ve 2011 yılında 1,1 kg seviyesine ulaşmıştır.

İleri dönemlerde oluşacak olan kentsel atık tahminlerinde kullanılacak olan kişi başı günlük atık miktarında geçmişte gözlenen artışların gelecekte de refah düzeyinin artması ve ambalajlı ürünlerin yaygınlaşmasına paralel artacağı varsayılmıştır. Bu öngörüler çerçevesinde kişi başı atık miktarının 2040 yılında 1,28 kg olacağı hesaplanmıştır.

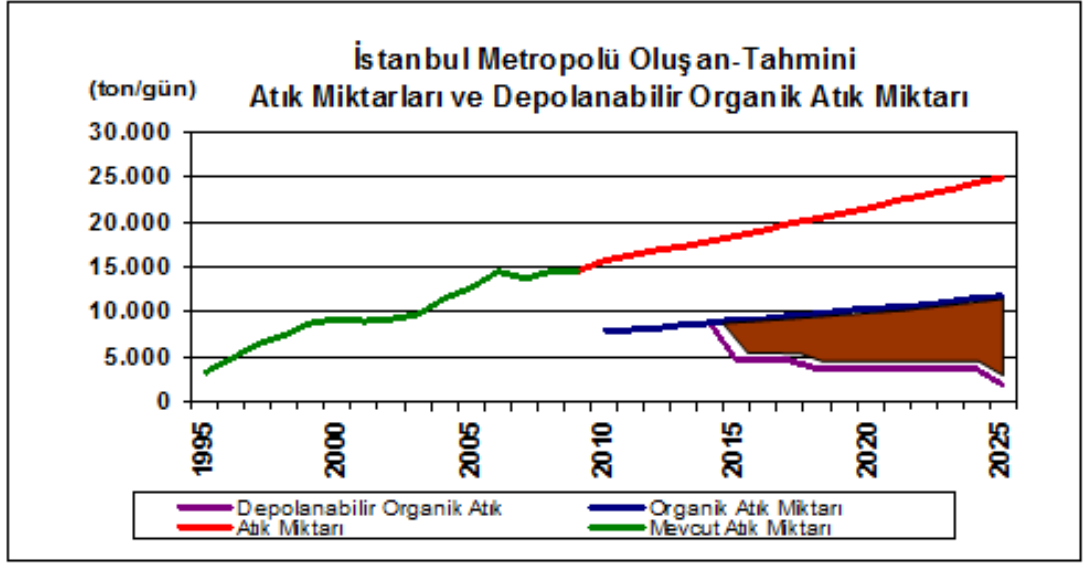
Bu kabullerle yapılan kentsel atık üretim tahminleri Tablo 3.3'te verilmiştir. 2025 yılında yaklaşık 7,4 milyon ton olan atık miktarı, 2046 yılında 10,6 milyon ton düzeyine ulaşmaktadır. 2046 yılında ortaya çıkan kentsel atık miktarı 2025 yılına oranla %43 oranında artacağı görülmektedir (ÇED Raporu, 2012).

Tablo 3.3: İstanbul Kentsel Atık Üretim Tahminleri (İBB Fizibilite Raporu, 2019)

Açıklama	Birim	2017	2020	2025	2030	2040	2046
İstanbul Büyükşehir Belediyesi Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	15.029.231	15.694.361	16.750.144	17.868.132	20.332.950	21.972.179
Hizmet Kapsama Oranı	%	100	100	100	100	100	100
Hizmet Verilen Nüfus	Kişi	15.029.231	15.694.361	16.750.144	17.868.132	20.332.950	21.972.179
Toplam Kişi Başına Atık Miktarı	Kişi/Gün/Kg	1.20	1.20	1.21	1.23	1.28	1.33
Kişi Başına Evsel Katı Atık Üretimi	Kişi/Gün/Kg	0.90	0.90	0.91	0.92	0.96	0.99
Kişi Başına Ticari ve Kurumsal Katı Atık Miktarı	Kişi/Gün/Kg	0.24	0.24	0.24	0.25	0.26	0.27
Kişi Başına Evsel Karakterli Evsel Katı Atık Üretimi	Kişi/Gün/Kg	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07
Toplam Atık Üretimi	Ton/Yıl	6.594.881	6.896.388	7.420.125	8.015.618	9.497.531	10.638.273
Günlük Ortalama Atık Üretimi	Ton/gün	18.068	18.894	20.329	21.961	26.021	29.146
Organik Atıkların Toplam Atık İçerisindeki Payı	%	48.30	47.72	47.00	46.30	44.86	44.00
Organik Atık Üretimi	Ton/Yıl	3.185.327	3.290.956	3.487.459	3.711.231	4.260.593	4.680.840
2005 Yılında Üretilen Organik Atık Miktarı	Ton/Yıl	2.308.625	2.308.625	2.308.625	2.308.625	2.308.625	2.308.625
Düzenli Depolama Sahasına Gönderilebilecek Organik Atık Oranı	%	58.00	45.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Düzenli Depolama Sahasına Gönderilebilecek Organik Atık Miktarı	Ton/Yıl	1.339.003	1.038.881	808.019	808.019	808.019	808.019
Düzenli Depolama Dışında Bertaraf Edilecek Organik Atık Miktarı	Ton/Yıl	1.846.325	2.252.075	2.679.440	2.903.212	3.452.574	3.872.821

Tablo 3.3'te üretilen organik atık miktarları hesaplanmış ve verilen hedefler çerçevesinde düzenli depolama sahasında bertaraf edilebilecek organik atık miktarları ile başka yöntemlerle bertaraf edilmesi gereken organik atık miktarları ayrı olarak gösterilmiştir. Buna göre düzenli depolama sahası dışında bertaraf edilmesi gereken organik atık miktarı 2020 yılında 2,3 milyon ton düzeyinden 2025 yılında 2,7 milyon ton, 2030 yılında 2,9 milyon ton düzeyine yükselmektedir.

2025 yılına kadar oluşması muhtemel toplam organik atık miktarları ve Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğin müsaade ettiği depolanabilir organik madde miktarları Şekil 3.8'de verilmiştir. Şekilde görülen taralı alan Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelikte belirtilen organik atıkların düzenli depolama alanlarından azaltımını hedeflediği yıllara göre atık miktarını göstermektedir.



Şekil 3.8: 1995 – 2009 Yılları Arası Oluşan Atık, 2010 – 2015 Yılları Arası Muhtemel Toplam Organik Atık Miktarları ve Yönetmeliğin Müsaade Ettiği Depolanabilir Organik Atık (İBB Fizibilite Raporu, 2019)

3.3.2. Nüfus Projeksiyonu

İstanbul İlinin karşılaştacağı katı atık sorununun boyutlarını görebilmek için gelecekte toplanarak bertaraf edilmesi veya geri dönüşümünün yapılmasına ihtiyaç duyulacak olan katı atık miktarının tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle İstanbul'un gelecekte oluşacak nüfusunun tahmin edilmesine ihtiyaç vardır. İstanbul ilinin 1990 – 2011 döneminde gerçekleşmiş nüfus değerleri ile çeşitli kuruluşlar tarafından yapılmış nüfus projeksiyonları Tablo 3.4'te verilmiştir. Buna göre, nüfus 1990 yılında 7,3 milyon iken 2011 yılında 13,6 milyon seviyesine çıkmıştır. 21 yıllık nüfus artışı %86,4 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3.4: İstanbul İlinin Gerçekleşmiş Nüfus Değerleri ve Daha Önce Yapılmış Nüfus Kestirimleri (İBB Fizibilite Raporu, 2019)

Yıllar	Nüfus Sayım Sonuçları		CH2M-Hill/Antel Tahmini		İSKİ Tahmini		UNDP Nüfus Tahmini		DPT Nüfus Tahmini	
	Nüfus	Yıllık Artış Hızı	Nüfus	Yıllık Artış Hızı	Düşük Artış Hızına Göre	Yüksek Artış Hızına Göre	Nüfus	Yıllık Artış Hızı	Nüfus	Yıllık Artış Hızı
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
1990	7.309.190			-	7.309.190	7.309.190			7.119.972	-
1994			7.853.656	-						
1995			8.125.900	3.47	8.800.000	9.800.000				
2000	10.018.735	3.20	9.594.400	3.32	10.000.000	11.100.000	10.018.735	-	9.919.700	3.38
2001									10.205.200	2.88
2002									10.489.200	2.78
2003									10.771.900	2.70
2004									11.053.600	2.62
2005			11.259.300	3.21	11.200.000	12.200.000	11.175.700	2.21	11.331.100	2.51
2006									11.611.400	2.47
2007	12.573.836	3.30							11.887.300	2.38
2008	12.697.164	0.98							12.158.500	2.23
2009	12.915.158	1.72							12.425.000	2.19
2010	13.255.685	2.64	12.760.100	2.21	12.100.000	13.800.000	12.308.200	1.95	12.683.700	2.08
2011	13.624.240	2.78								
2015			14.237.100	2.22	13.500.000	14.300.000	13.184.100	1.69		
2020			15.891.500	2.23	13.900.000	15.100.000	14.367.700	1.43		
2025			17.743.300	2.23	14.200.000	15.900.000	15.309.100	1.28		
2030			19.812.900	2.23	14.800.000	16.200.000	16.185.300	1.12		
2035					15.100.000	16.800.000				
2040					15.700.000	17.100.000				

Daha önce yapılmış olan nüfus kestirimlerinin öngörülenden daha yüksek hızla ilerlediği tespit edilmiştir. İstanbul ili için yapılan bu eski kestirimlerin bugünkü koşullar çerçevesinde geçerliliğini yitirdiğini söyleyebiliriz. Bu nedenle son yıllardaki nüfus artış hızı gerçekleştirmeleri dikkate alınarak yeni bir nüfus kestirimi hazırlanmış ve Tablo 3.5’de gösterilmiştir. Buna göre, İstanbul ilinin nüfusu 2020 yılında 16,5 milyon, 2025 yılında 18,9 milyon, 2030 yılında 20,9 milyon ve 2046 yılında ise 22,2 milyon kişi olacağı tahmin edilmektedir (ÇED Raporu, 2012).

Tablo 3.5: İstanbul İlinin Nüfus Projeksiyonu (İBB Fizibilite Raporu, 2019)

Yıllar	Birim	2005	2006	2007	2008	2009	2010
İBB Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	12.128.577	12.351.506	12.573.836	12.697.164	12.915.158	13.255.685
Yıllık Nüfus Artış Oranı	%		1.84	1.80	0.98	1.72	2.64
Yıllar	Birim	2011	2012	2013	2014	2015	2016
İBB Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	13.624.240	13.854.740	14.160.467	14.377.018	14.657.434	14.804.116
Yıllık Nüfus Artış Oranı	%	2.78	1.69	2.21	1.53	1.95	1.00
Yıllar	Birim	2017	2018	2019	2020	2021	2022
İBB Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	15.029.231	15.496.640	15.972.387	16.453.156	16.940.169	17.433.128
Yıllık Nüfus Artış Oranı	%	1.52	3.11	3.07	3.01	2.96	2.91
Yıllar	Birim	2023	2024	2025	2026	2027	2028
İBB Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	17.931.716	18.435.597	18.916.766	19.372.660	19.800.796	20.198.792
Yıllık Nüfus Artış Oranı	%	2.86	2.81	2.61	2.41	2.21	2.01
Yıllar	Birim	2029	2030	2031	2032	2033	2034
İBB Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	20.554.290	20.864.660	21.127.555	21.351.507	21.535.130	21.688.029
Yıllık Nüfus Artış Oranı	%	1.76	1.51	1.26	1.06	0.86	0.71
Yıllar	Birim	2035	2036	2037	2038	2039	2040
İBB Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	21.811.651	21.909.804	21.986.488	22.041.454	22.074.516	22.085.554
Yıllık Nüfus Artış Oranı	%	0.57	0.45	0.35	0.25	0.15	0.05
Yıllar	Birim	2041	2042	2043	2044	2045	2046
İBB Hizmet Alanındaki Toplam Nüfus	Kişi	22.096.596	22.107.645	22.118.698	22.129.758	22.140.823	22.151.893
Yıllık Nüfus Artış Oranı	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

3.3.3. Atık Karakterizasyonu

Atık yönetiminin temelini oluşturan evsel nitelikli katı atıkların karakterizasyonunun tespiti önemlidir (Yılmaz, 2019).

Gelişmiş ülkeler için ulusal ve yerel düzeyde yapılan atık karakterizasyon çalışmaları, daha önceden yapılan çalışmaların da desteğiyle zor olmamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde daha önce yapılan çalışmaların olmaması, atık karakterizasyon sürecini zorlu bir sürece dönüştürmektedir. Bu ülkelerdeki katı atık muhtevası ekonomik gelişmelerden, sosyal, etnik, dini ve kültürel yapıdaki değişimlerden dramatik bir şekilde etkilenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ulusal ve yerel düzeyde belediyeler, kentsel katı atıkların izlenmesi sürecini ellerinde yeterince bütçe olmaması sebebiyle başarıyla yerine getirememektedirler.

Atık yönetiminin sağlıklı ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için öncelikle atık kompozisyonunun bilinmesi gereklidir. Bunlara bağlı olarak atığın ekonomik ve sürdürülebilir kalkınma açısından nasıl değerlendirileceği ve ne şekilde bertaraf edileceği kararı verilebilir. Avrupa Birliği uyum süreci içerisinde katı atıkların içerisindeki organik ve geri kazanılabilir maddelere yeni kotalar getirilmiştir. Örneğin, düzenli depolamaya gidecek organik maddelerin kademeli olarak azaltılması ve

mümkün olduğunca bu atıkların düzenli depolama harici yöntemlerle değerlendirilmesi istenmektedir (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

Düzenli depolama alanında gömülerek bertaraf edilen atıkların miktarı ve bu atıklar içerisindeki tehlikeli maddelerin varlığının belirlenmesi dışında atığın analiz edilmesine gerek yoktur. Eğer amaç, atıkların düzenli depolanarak atıktan biyogaz elde edilmesi ise ve bu biyogaz faydalı amaçlar için kullanılmak isteniyorsa, atığın içerisindeki organik madde muhtevası bilinmelidir. Eğer atık içerisindeki geri kazanılabilen madde oranının tayini gerekiyorsa veya amaç atıkların yakılması sonucunda ne kadar enerji açığa çıkacağı ise atık muhteva belirleme çalışması büyük önem kazanmaktadır.

Ülkemiz AB süreciyle birlikte çevre ve özellikle katı atıklar konusunda yeni yatırımlar planlanmaktadır. Bu yatırımlar yapılırken doğru teknolojilerin seçimi en önemli husustur. Katı atık bertaraf teknolojilerinin seçiminde ise katı atıklarının muhtevasının belirlenmesi en önde gelen çalışmalardandır. Gelişmiş ülkelerde belirli dönemlerde belli bir sistematik çerçevede yapılan katı atık karakterizasyon çalışmaları, ülkemizde birkaç belediye dışında yürütülmemektedir. Yürütülen çalışmalarda ise standart bir protokol izlenmediği için, atık muhtevasının zamana bağlı değişimi hakkında yorum yapmak ve ilerisi için tahmin yürütmek oldukça zor olmaktadır. Bu şekilde hem şehirdeki katı atık bileşiminin zamanla değişiminin sistematik olarak belirlenmesi, hem de farklı şehirlerdeki atık bileşimlerinin karşılaştırılması mümkün olmamaktadır. Atık bertaraf teknolojilerinin seçiminde uygun adımların atılması için atık muhtevasının belirlenmesi çalışmalarının standart bir yöntemle yürütülmesi gerekmektedir (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

2005, 2007, 2010 yılları yaz ve 2006 ve 2009 kış dönemi atık karakterizasyon belirleme çalışmaları Tablo 3.6'da özetlenmiştir. Bu çalışmada atığın muhtevası ve fiziksel özelliklerini kapsayan sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada farklı atık bileşenleri kullanılmıştır. Sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için atık bileşenleri her bir çalışma için aynı başlık altında olacak şekilde düzenlenmiştir.

Tablo 3.6: Karakterizasyon Belirleme Çalışmalarının Karşılaştırılması (İSTAÇ A.Ş; ÇED Raporu, 2012)

2005-2010 Yılları Kentsel Katı Atık Karakterizasyon Değerleri					
Periyot	2005 YAZ	2006 KIŞ	2007 YAZ	2009 KIŞ	2010 YAZ
MALZEME	%				
Kağıt- Karton	13,30	12,06	12,37	15,57	11,05
Cam	5,82	5,93	3,97	3,03	3,72
Pet	1,52	1,21	1,02	1,13	1,36
Poşet	9,48	7,83	8,42	9,96	9,47
Plastik	3,39	2,56	2,60	2,62	2,28
Tekstil	5,28	1,93	4,08	3,42	5,74
Tetrapak	0,64	0,77	0,49	0,86	0,66
Çocuk Bezi	3,90	4,19	4,49	5,45	5,03
Metaller	1,63	1,49	0,66	1,12	1,10
Elektrik ve Elektronik	0,15	0,01	0,00	0,03	0,17
Tehlikeli Atıklar	0,01	0,02	0,00	0,01	0,31
Mutfak Atıkları	50,22	56,34	59,75	54,09	51,71
Diğer Yanabilir Atıklar/Maddeler	2,97	2,00	2,14	2,09	6,16
Diğer Yanmayan Atıklar/Maddeler	1,70	3,66	0,01	0,63	1,23
Toplam	100	100	100	100	100
Birim Hacim Ağırlık, kg/m ³	175	170		254	259
Su Muhtevası, (%)	70,50	65,00	59,71	62,57	43,86
Yanabilen kısım, (%)	40,48	32,55	35,61	41,09	41,76
İnorganik Atık, (%)	9,31	11,11	4,64	4,82	6,53

Tablo 3.7’de ise gelecek yıllara ait oluşacak atık miktarları, yapılan nüfus tahminleri ve kişi başı atık üretim değerlerindeki artışlar dikkate alınarak tespit edilmiştir. Buna göre; 2015 yılı atık miktarının 18.448 ton/gün olması beklenmektedir. Ambalaj miktarındaki artışla organik atık miktarının %49 mertebesine gerilemesi böylece organik atık üretiminin 9.040 ton/gün olması beklenmektedir. Yönetmeliğe göre 2015 yılında 2005 yılında depolanan organik atığın %75’i depolanabilir. Bu miktar 4.743 ton/gün’e tekabül etmektedir. Böylece depolama fazlası organik atık miktarı 4.296 ton/gün olacaktır. Bu miktarda organik atık içeren toplam atık miktarı ise 8.768 ton/gün olup alternatif yöntemlerle bertaraf edilmesi gereken atık miktarını vermektedir (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

Tablo 3.7: İstanbul’da Oluşan ve Beklenen Atık Miktarları (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019)

Yıl	Atık Miktarı (ton/gün)	Organik Atık Oranı (%)	Organik Atık (ton/gün)			Gerekli Sistem Kapasitesi (ton/gün)
			Oluşan	Depolanabilir	Depolama Fazlası	
2005	12.649	50,0	6.325	6.325	0	0
2015	18.448	49,0	9.040	4.743	4.296	8.768
2018	20.264	48,0	9.727	3.162	6.564	13.676
2025	24.967	47,0	11.734	2.214	9.521	20.257

İBB tarafından işletilen ve bertaraf seçeneklerinden biri olan 1000 ton/gün’lük karışık atık işleme kapasiteli kompostlaştırma tesisinin tam kapasite ile çalışması durumunda, 2015 yılı için oluşan 8.768 ton/gün’lük atığın 7.768 ton/gün kapasiteli alternatif başka bir bertaraf tesisine ihtiyaç vardır. Düzenli Depolama Yönetmeliği’ne göre 2015 limitlerinin sağlanması için mevcut 1000 ton/gün kapasiteli kompostlaştırma tesisine ilave biyolojik ve termal bertaraf sistemlerine geçilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Periyodik olarak yapılan karakterizasyon ve kalorifik değer çalışmaları değerlendirildiğinde, İstanbul genelinde katı atığın kalorifik değeri yaklaşık 1968 kcal/kg olarak hesaplanmıştır (2010 Atık Karakterizasyon Çalışması Raporu) ve bu değer, İstanbul genelinde oluşan atığın enerji geri kazanımını amaç edinen termal bertaraf tesislerine doğrudan gönderilmesine uygundur. Kalorifik değeri daha da yükselterek enerji üretimini artırabilmek için en iyi çözüm yöntemi atığı kaynağında ayırmak olarak görünse de altyapı yetersizliğinden dolayı uygulanmasında zorluklar yaşanmaktadır. Bunun yerine mekanik ayırma, atık kalorifik değerinin artırılması için tercih edilebilecek bir diğer kolay uygulanabilir yöntemdir (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

İstanbul Katı Atık Yönetimi Fizibilite Raporu’na göre, atık kalorifik değerinin enerji elde etmek için en az 2000-2500 kcal/kg, ilave yakıt olmaksızın yanması için ise 1500-1600 kcal/kg olması gerekmektedir (Saltabaş vd., 2011).

Atık ve çevre mevzuatının izin vermesi halinde ömrünü tamamlamış lastiklerin ve bitkisel atık yağların ek yakıt olarak kullanılması durumunda atığın kalorifik değerinin yükseltilmesi sağlanabilir.

Türkiye’de her yıl tüketilen yağın yaklaşık olarak 350 bin tonu bitkisel atık yağa dönüşmektedir. Kullanım sonrası özelliğini yitiren yağların çevre ve insan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde toplanarak uygun bir teknoloji ile geri dönüşümü

sağlanmalıdır. Yüksek kalorifik değeri olan atık yağların ek yakıt olarak kullanılması mümkündür. Uygun rafine işlemi sonrası yağ, baz yağ ve petrol ürünleri elde edilebilmektedir. Böylece maddi değeri olan bir ürüne dönüşerek çevreye verilecek olumsuz durum minimuma indirilmiş olur. Günümüzde çimento fabrikaları başta olmak üzere termik santraller, kireç üretim fırınları ve demir çelik endüstrisinde yakıt olarak kullanılmasına izin verilmiştir (Bolat vd., 2016)

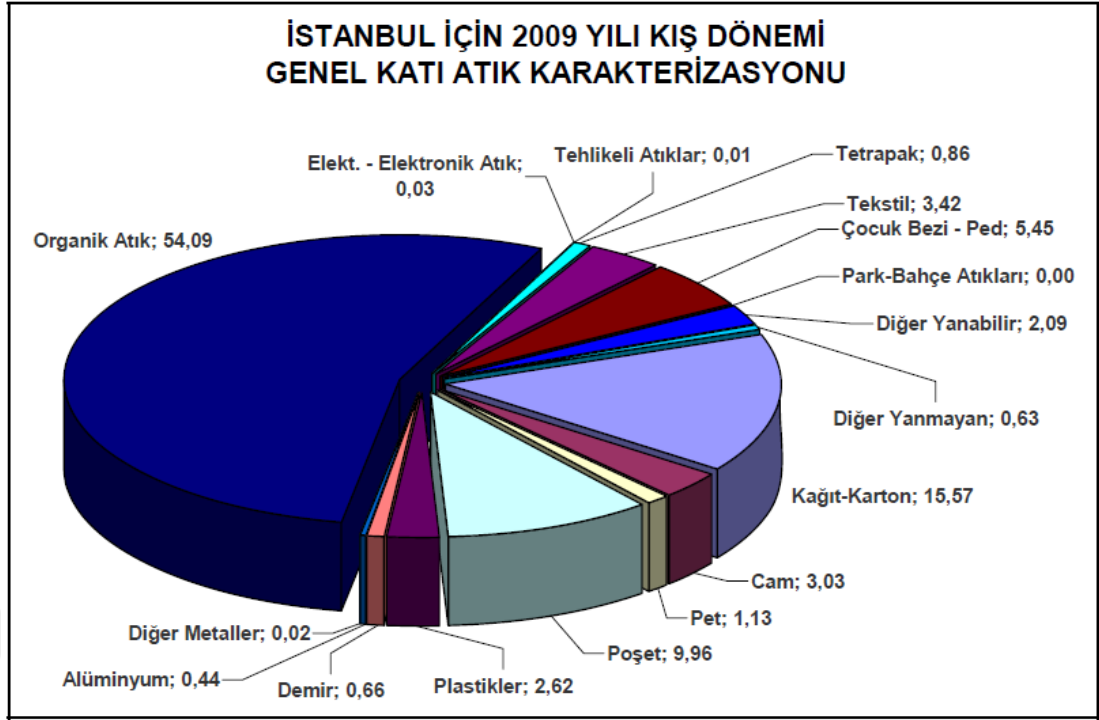
Farklı bir ek yakıt alternatifi olarak ömrünü tamamlamış atık lastiklerin birtakım işlemlerden geçirilerek kullanılması mümkündür. Türkiye’de 180 ile 300 bin ton arası ÖTL oluştuğu tahmin edilmektedir. Geri dönüşüm işlemleri sonrası başta çimento fabrikaları olmak üzere enerji üretim santrallerinde yakılmaktadır. Böylelikle hem atık yağların hem de ÖTL’in yakıt olarak kullanılması halinde çevrede meydana gelecek olumsuzluklar giderilerek ekonomiye katkı sağlanmış olacaktır (Eryılmaz, H., Demirarslan, K., 2019)

Tablo 3.8’de İstanbul’daki aktarma istasyonları bazında atık kalorifik değerleri verilmiştir. Buna göre İstanbul’un Avrupa yakasında toplanan atığın, ilave yakıt gerektirmeyecek kalorifik değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.8: Aktarma İstasyonları Bazında Atık Kalorifik Değerleri (Saltabaş vd., 2011)

Aktarma İstasyonu	Organik Kısım Alt Kalorifik Değeri	Ambalaj Atıkları Alt Kalorifik Değeri	Karışık Atık Alt Kalorifik Değeri
Aydınlı	917	2167	1425
Küçükbakkalköy	462	3584	1644
Hekimbaşı	400	3327	1637
Baruthane	326	2508	1160
Halkalı	657	2736	1780
Yenibosna	243	3750	1669

Şekil 3.9’da ise 2009 yılı kış dönemi oluşan katı atığın karakterizasyon dağılımı verilmiştir. Buna göre atık miktarının ağırlık bakımından %54.09’u organik, %15.57’si kağıt-karton, %9.96’sı poşetten oluşmaktadır.



Şekil 3.9: İstanbul Katı Atık Karakterizasyonu Dağılımı,2009 Yılı Kış Dönemi
(Saltabaş vd., 2011)

3.4. Proje Kapsamı

Bu bölümde, Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi'nin gerekliliği, kanun ve yönetmelikler bağlamında ulaşılmak istenen hedefler ile yer seçiminin yapılması ve tesis kapasitesinin anlatıldığı hususlar incelenmiştir.

3.4.1. Proje Fikri

Artan nüfusa paralel olarak tüketim alışkanlıkları da değişmiş ve buna bağlı oluşan atık miktarlarında yükselme meydana gelmiştir. Nüfusun artmasıyla birlikte oluşan arazi sorunu da meydana çıkan atığın depolanmadan ziyade yeni yöntemlerle bertaraf edilmesini gerektirmektedir. Bu amaca yönelik olarak ortaya konulan tüm düzenlemeler atıkların depolama dışında yöntemlerle bertaraf edilmesini gerekli kılmaktadır ve depolanan atık miktarlarında belirli sınırlamalara gidilmesini zorunlu hale getirmiştir. Biyolojik olarak ayrışabilen atıkların düzenli depolama alanları dışına yönlendirilen miktarı ile ilgili şartları sağlamak için, ayrı toplama ve uygun bertaraf (kompostlaştırma, metanizasyon vb.) ve termal bertaraf yöntemlerinin (yakma vb.) yoğun kullanımı gerekmektedir (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

3.4.2. Proje Tanıtımı

Avrupa Birliği'ne uyum açısından ülkemizin en sorunlu alanlarının başında çevre konusu gelmektedir. AB müktesebatına uyum için en yüksek maliyet gerektiren çevre konularının başında da atık yönetimi gelmektedir. Atık yönetiminin geliştirilmesi ve uygulama kapasitesinin güçlendirilmesi oldukça yüksek maliyetler gerektirmekte ise de, bu alanda hiç yatırım yapmamanın maliyetinin çok daha yüksek olduğu unutulmamalıdır. Etkin bir atık azaltımı ve geri dönüşüm sağlanamadığı takdirde, oluşacak çöp dağları, çevre ve insan sağlığını tehdit edecek, çevrenin bu atıkları absorbe etme kapasitesinin zorlanması ile doğadaki yaşam olanaklarının tükenmeye yüz tutması kaçınılmaz olacaktır. Atık yönetiminin güçlendirilmesi, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile çevre ve insan sağlığının korunması için yaşamsal önemde olup, mevcut ve gelecek kuşaklara daha kaliteli ve sürdürülebilir bir yaşam ortamı sağlamanın temel faktörüdür (BSTB, 2014).

Entegre atık yönetiminde dikkate alınması gereken en önemli husus sürdürülebilirliktir. Atıkların düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilmesi diğer bertaraf yöntemlerine göre daha ekonomik olmasına rağmen, mevcut düzenli depolama saha kapasitelerinin hızla azalması ve yeni düzenli depolama sahası yapımı için uygun ve yeterli vasıfta arazi bulunamaması bu yöntemin uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

AB uyum sürecinde yapılan yasal düzenlemeler içerisinde evsel nitelikli atıkların yönetimi ile ilgili olarak Çevre ve Orman Bakanlığı'nın hazırladığı "Atıkların Düzenli Depolanmasına İlişkin Yönetmelik" yürürlüğe alınmış ve düzenli depolama sahalarına gönderilen organik içerikli atıkların belirlenen yıllar için belirli oranda azaltılması zorunluluğu getirilmiştir. Bu kapsamda yapılan projenin esas amacı; İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları dâhilinde ev, işyeri, okul vb. kaynaklardan toplanan evsel nitelikli katı atıkların 3000 ton/günlük bölümünün, ulusal ve uluslararası mevzuata uygun şekilde termal yöntemler kullanılarak bertaraf edileceği bir katı atık yakma tesisinin kurulmasıdır. Kurulan tesiste amaç, atıkların yakılması neticesinde ortaya çıkan ısı enerjisinden faydalanılarak ısı ve elektrik enerjisi elde etmektir. Bu tesis yaklaşık 15,4 hektarlık bir alan üzerine inşa edilmiştir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

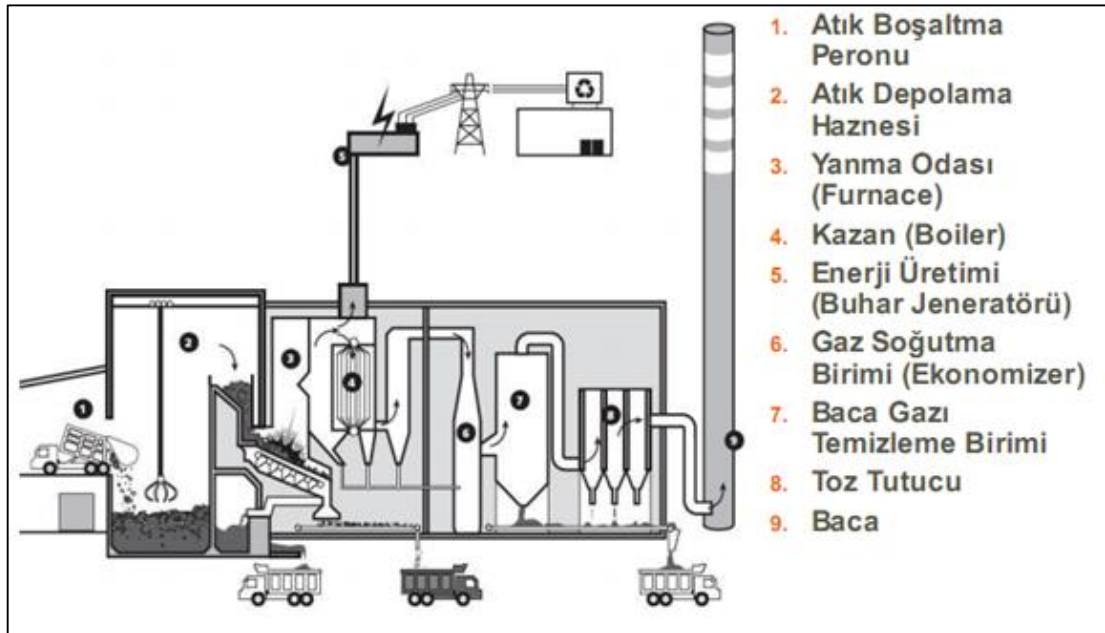
İBB Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi Projesinin Nihai Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu, 2012 tarihinde yayınlanmıştır. Yakma tesisi bu rapordaki

format ve çerçeve doğrultusunda yapılmıştır. Tesisin elektrik üretim lisansı için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'ndan onay alınarak üretilen enerji Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)'nin uygun gördüğü Taşoluk, Habibler II enerji iletim hattına bağlanmaktadır (ÇED Raporu, 2012).

İlçe belediyelerince toplanan atıklar önce aktarma istasyonlarına getirilecek ve burada sıkıştırılıp semi-treylerler vasıtası ile tesise getirilerek ayırmaya tabi tutulmadan ızgaralı sistemler ile yakılacaktır. Bu yöntemle gelen evsel atıklar yakılarak 90 MW enerji elde edilecektir. Tesisin yıllık 8000 saat çalışacağı öngörülmüştür.

Kamyonlar ile tesise getirilen atıklar önce atık depolama haznesine boşaltılacaktır. Hazneden vinç yardımıyla alınan atık yanma odasına alınacaktır. Yanma odasında oluşan sıcak gazların ısı kazanına gönderilmesiyle elde edilen belirli bir basınca sahip buhar ile türbin döndürülerek elektrik elde edilecektir.

Yakma sonucu oluşan taban külü (cüruf) ve uçucu kül iki adet 1000 metreküplük bunkerlerde geçici olarak depolanacaktır. Daha sonra Odayeri'ndeki depo sahasına nakledilecektir. Baca Gazı Arıtma (BGA) sisteminden gelen uçucu kül ise önce bu amaçla inşa edilen silolara alınarak, daha sonra büyük çuvallara doldurulup İstanbul Şile'deki tehlikeli atık sahasına gönderilerek bertaraf edilecektir (ÇED Raporu, 2012).



Şekil 3.10: Atık Yakma Tesisinin Örnek Çalışma Şeması (İBB Fizibilite Raporu, 2019)

Izgaralı yakma yöntemi, proliz ve gazifikasyona göre daha avantajlı olup; atığın ayrıştırılmasına gerek duymadan her türlü atığın yakılarak % 85 dolayında termal

verim elde edilmesiyle ilave bir depolamaya gerek duyulmadan miktarca ve hacimce azaltımını sağlamaktadır. Ayrıca koku ve sızıntı suyu gibi olumsuzluklar kontrol altına alınmış olacaktır.

Düzenli depolamada oluşan sızıntı sularının arıtma işlemi hem uzun süreler almakta hem de yeraltı sularına sızarak kirlenmeye neden olabilmektedir. Ayrıca maliyet ve yer bulma sorunu da mevcuttur. Gaz toplama yönteminde elde edilecek metan gazının ancak yarısı depolanabilmektedir. Diğer yarısı çevre için riskli olup, önlem için yüksek maliyetler gerekmektedir (ÇED Raporu, 2012).



Şekil 3.11: İBB Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi (İ.B.B Proje sunumu, 2021)

Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi aşağıda verilen sistemlerden oluşmaktadır;
Atık Kabul Sistemi: Atık toplama istasyonlarından tırlarla getirilen sıkıştırılmış atık, kantarlı kabul biriminden geçirilerek atık depolama haznelere gönderilecektir. Yakmanın neticesinde oluşacak katı, sıvı ve gaz gibi atıkların kontrolü ve yönetimi de bu birimde bulunacaktır(ÇED Raporu, 2012).



Şekil 3.12: Atık Kabul ve Tartım Örneği

Atık Boşaltma Peronu: Sıkıştırılmış atığı getiren tırların güvenli bir şekilde boşaltma yapabilmesi için oluşturulmuş boşaltma bölümünden oluşmaktadır.



Şekil 3.13: Atık Boşaltma Peronu Örneği

Atık Depolama Haznesi: Tesis girişinde bulunan kabul noktasından gelen atık, depo haznesine alınacaktır. Yakma sistemini etkileyecek günlük değişimin önüne geçmek için vinçler vasıtasıyla sürekli karıştırma işlemi, depolama haznesinde yapılacaktır.

Vinç Sistemi: Depolama haznesinden alınan atığın besleme bölümüne alınması için köprü tipi bir vinç kullanılmaktadır. Bunun dışında başka vinçlerin vasıtasıyla da atık karıştırılma işlemi yapılacaktır. Yakma ünitesine alınacak atığın miktarı, bu vinç sistemiyle en uygun şekilde düzenlenmektedir. Vinç dört tarafa hareket edecek şekilde tasarlanmıştır (ÇED Raporu, 2012).



Şekil 3.14: Atık Depolama Haznesi ve Vinç Örneği

Atık Besleme Sistemi: Yakılacak atıklar, atık depolama haznesinden vinç vasıtasıyla alınarak huniye taşınacaktır. Besleme hunisi çeşitli tartım ve ölçüm cihazları ile donatılmıştır.



Şekil 3.15: Atık Besleme Örneği

Atık Yakma Fırını: Bertaraf yöntemlerinden biri olan yakma sisteminde ızgaralı yakma seçeneği kullanılmıştır. Bu seçenek sayesinde atık kompozisyonundaki değişimlerden olumsuz bir şekilde etkilenmemektedir. Tesis günlük üç bin ton atık yakacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.16: Atık Yakma Fırını ve Hareketli Izgara Örneği

Izgara sistemi kurutma, gazlaştırma ve yanma bölümlerinden meydana gelmektedir. Sistem vargel hareketli ızgaradan (çelik kazana monte edilerek kendiliğinden destekli bir ızgaralı çerçeve) oluşmaktadır. Yakma sonucu meydana gelen kül, yanmaz tip oluktan aktarılarak içi su dolu bir hazneye alınacaktır. Haznenin su seviyesi ve taşma sistemi su odası ile kontrol edilmektedir. Atık yakma direktiflerine uygun olması için işletme ısısının 850°C 'nin altına düşmemesi gereklidir. Bu ısıyı sürekli kılmak için gerektiğinde yardımcı yakıt ile otomatik besleme yapılacaktır. Meydana gelen baca gazı ve ısı, bir kazan içerisinde soğutulmaktadır. Tesiste, ihtiyaç duyulan kazan ve besleme suyunu arıtan bir sistem de bulunmaktadır (ÇED Raporu, 2012).

Ek Yakma Sistemi: Atık yakma fırınında olması gereken ısıyı sağlamak için ek bir yanma sistemi kullanılacaktır. Atığın kalorifik değerlerinde oluşacak değişimden kaynaklı sıcaklık düşüşlerine karşı hem manuel hem de otomatik olarak çalışan bir sistemdir. Atık yakma sisteminde başlangıç aşamasında 50.000 Sm^3 doğal gaz kullanılacağı tahmin edilmektedir (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

Buhar Kazanı: Atığın yanması sonucu meydana gelen ısının, kullanılması amacıyla enerji geri kazanma birimindeki buhar kazanına iletilmesi gerekmektedir. Oluşan atık gazının içerisindeki enerjinin geri kazanımı bu bölümde gerçekleştirilmektedir. Bu

bölümdeki tasarım ve donanım, enerji geri kazanımını maksimum seviyede tutacak şekilde yapılmıştır (ÇED Raporu, 2012).



Şekil 3.17: Buhar Kazanı Örneği

Türbin Jeneratör: Belirli bir basınç ve sıcaklıkta buhar kazanında üretilen buharın kullanılması suretiyle, elde edilebilecek en verimli elektrik üretiminin yapıldığı bölümdür.



Şekil 3.18: Türbin Jeneratör Örneği

Buhar kazanından gelen yüksek basınçlı ve kızgın buhardan türbinler vasıtasıyla elektrik üretilmektedir.

Soğutma Sistemi: Elektrik enerjisi üretimi sonrası buhar ve su karışımı olan egzoz gazının soğutulması amacıyla tasarlanan hava soğutmalı bir sistemdir.

Baca Gazı Arıtma Sistemi: Atık yakma işleminden sonra oluşan kirletici atık gazın deşarj öncesi belirli arıtma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Arıtılacak baca gazının emisyon değerleri yürürlükteki sınır değerler sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Arıtma tesisinde oluşan temiz gazlar emme fanlı bacalar vasıtası ile atmosfere verilmektedir. Baca emisyonları bir kontrol sistemiyle sürekli izlenmektedir (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

Atık Su Arıtma Tesisi: Atık yakma tesisinde oluşan baca gazlarının arıtımı sonrası oluşan atık su ve tesisin diğer kısımlarında oluşan atık suyun arıtılmasında, Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin ilgili hükümlerince belirtilen hususları karşılayacak şekilde bir arıtma sistemi kullanılmaktadır (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

Kül, Cüruf ve Diğer Katı Atıkların Uzaklaştırılması ve Değerlendirilmesi Sistemi: Atık yakma sonucu oluşan taban külü (cüruf) ve uçucu kül, ilgili yönetmelik çerçevesinde uzaklaştırılıp depolanmaktadır. Meydana gelen BGA ve uçucu külün dört günlük bir geçici depolama-soğutma işlemi sonrası çuvallara doldurulmak suretiyle uygun depolama alanlarına nakledilecektir. Çuvallama öncesi eleme yapılarak metallerin ayrılması sağlanmış olacaktır(İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

Koku Emisyonları Kontrol Sistemi: Tesiste; yakma öncesi, yakma ve yakma sonrası oluşacak her türlü kokuya karşı Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince gerekli şartlar sağlanmaktadır.

Gürültü Emisyonu Kontrol Sistemi: Tesiste yakma öncesi, yakma ve yakma sonrası oluşan atığın bertarafına kadar olan süreçte gürültü emisyonunun kontrolünde Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin ilgili hükümlerini karşılayan sistemler seçilmiştir.

Merkezi Kontrol Odası Sistemi: Yakma tesisinin her türlü gözlem ve denetimini sağlayan kapalı devre ekranlı bir merkezi sistemi (CCTV) bulunmaktadır ve yine tesisin mikro işlem temelli sisteminde donanım, ekran, koruma, yedekleme, uyarı ve kontrol mekanizmalarının bulunduğu bir Merkezi Kontrol Odası (MKO) faaliyet yapacaktır (ÇED Raporu, 2012).



Şekil 3.19: Merkezi Kontrol ve Kumanda Merkezi

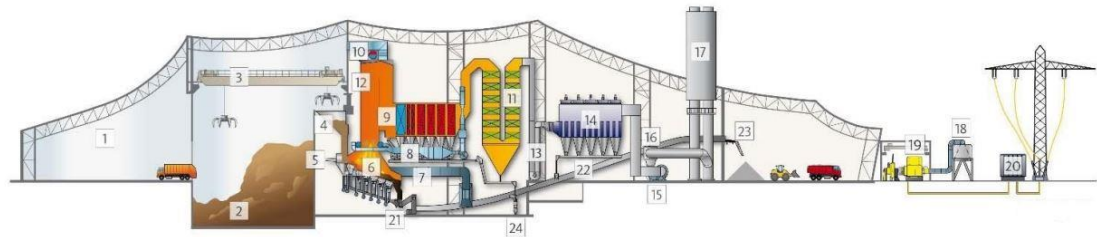
3.4.3. Hedef

26 Mart 2010 tarihinde yayınlanan “Atıkların Düzenli Depolanması Yönetmeliğine göre düzenli depolama tesislerinde depolanacak biyobozunur atıkların miktarının zaman içerisinde giderek azaltılması hedef olarak belirlenmiştir. Belirtilen hedefin gerçekleştirilebilmesi için İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin büyük miktarda biyobozunur atığı düzenli depolama dışında bertaraf edecek uygulamalara girmesi gerekmektedir. 2005 yılında İstanbul'da düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilen katı atık miktarı İstanbul Büyükşehir Belediyesi verilerine göre 4.604.000 ton dolaylarında olmuştur. Düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmeyen fakat sokak toplayıcıları tarafından toplanan, kompost yapılan, geri dönüştürülen atıklarla birlikte toplam katı atık oluşumunun 5 milyon ton dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir. Biyobozunur atıkların düzenli depolama tesisleri dışında bir yöntemle bertaraf edilmesi söz konusu olduğunda ilk akla gelen yöntem kompost üretimidir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2001 yılından bu yana kompost üretimi yapmaktadır. Ancak, kompostun İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin ihtiyaçları dışında kullanılmasında ve pazarlanmasında karşılaşılan zorluklar kompost üretiminin sınırlı düzeyde kalmasına yol açmıştır. 2010 yılında 158.198 ton atık işlenerek 19.240 ton kompost üretilebilmiştir. Bu nedenlerle, bir atık yakma tesisi kurulması düşüncesinde biyobozunur atıkların düzenli depolama sahaları dışında bertaraf edilmesi yöntemi seçilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi katı atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili

olarak AB direktifleri ve mevzuatta belirtilmiş olan ilke ve hedefler çerçevesinde bir “Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi” yapılmasına karar vermiştir. Bu tesiste İstanbul’da toplanan katı atıkların bir kısmı yakılacak ve elde edilen enerji yardımıyla elektrik enerjisi üretilecektir. Üretilen elektrik enerjisinin mevcut mevzuat ile belirlenmiş kurallar çerçevesinde serbest piyasada satılmasıyla gelir elde edilmesi amaçlanmıştır (İ.B.B Fizibilite Raporu, 2019).

Tesiste İstanbul’un Avrupa yakasında oluşan depo fazlası atığın yakılması suretiyle 300.000 – 500.000 hanenin enerji ihtiyacını karşılayacak elektrik enerjisi sağlanacaktır. Tesis elektrik üretmek için kesintisiz olarak günde 24 saat çalışacaktır. Tesis arıza durumu ve yıllık bakımlarının yapıldığı durumlarda elektrik üretimini kesintiye uğratmayacak şekilde planlanmıştır. Elektrik enerjisi üretmek için çalışma süresi yılda 8000 saat olacak ve bu süre içerisinde yılda 630 milyon KWh elektrik enerjisi üretilecektir. Tesisin, kendi ihtiyaçları için yılda 64 milyon KWh elektrik enerjisi kullanacağı hesaplanmaktadır. Dolayısıyla satışa sunulacak elektrik enerjisi miktarı yılda 566 milyon KWh olacaktır. Tesiste yakılacak katı atıklar Başakşehir, Halkalı, Yenibosna ve Baruthane Aktarma İstasyonlarından temin edilecektir. Proje sahasında atık depolama işlemi yapılmayacaktır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).



Atık Kabul ve Depolama	Yakma ve Kazan	Baca Gazı Arıtma	Enerji Geri Kazanımı	Artık Madde Taşıma ve İşleme
1 Atık boşaltma holü	4 Besleme hunisi	12 SNCR	18 Hava soğutmalı kondenser	21 Cüruf tahliye sistemi
2 Atık bunkerı	5 Besleme pistonu	13 Xerosorp® Reaktörü	19 Türbin	22 Cüruf taşıma
3 Atık vinci	6 HZI ızgara	14 Bez filtre torbası	20 Trafo	23 Cüruf deşarjı
	7 Primer hava sistemi	15 Cebri çekiş fanı		24 Uçucu kül deşarjı
	8 Sekonder hava sistemi	16 Susturucu		
	9 Beş geçişli kazan	17 Baca		
	10 Kazan domu			
	11 Ekonomizer			

Şekil 3.20: İ.B.B Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisinin Proses Kısımları (İ.B.B Proje sunumu, 2021)

3.4.4. Proje Yer Seçimi

Projenin yeri ile ilgili alternatifler değerlendirilirken çevresel unsur ve hassasiyetler göz önüne alınmış, sadece ekonomik ve teknik değil, çevresel açıdan da en sürdürülebilir ve tüm taraflarca kabul edilebilir yerin seçilmesi için çaba harcanmıştır.

Bu çerçevede tesis için olası yer alternatifleri değerlendirilirken mevzuat hükümleri, belediyenin tercihleri, arazinin mülkiyet durumu, kaynaktan tesise taşıma uzaklığı, oluşan atıklarının depolanacağı alana uzaklık, ana ulaşım şebekesine yakınlık, elektrik müşterilerine bağlantı imkânları, ısı enerjisi veya buhar kullanan müşterilere yakınlık ve mevcut altyapı gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur.

Evsel atık yakma tesisi seçme sürecini daha objektif bir hale getirmek, yer seçimi için belirleyici sebeplerin anlaşılabilir olmasını sağlamak ve seçilen sahanın neden seçildiğini kontrol edebilmek amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın hazırladığı yer seçimi modeli kullanılmıştır.

Modelin ana hedefleri; yakma tesisi sahası için yer seçim sürecini bütünüyle planlamak, karar verme sürecini desteklemek, yer seçimi sürecinde rol oynayan kısıtları netleştirmek ve karar vermeyi daha şeffaf bir hale getirmektir.

Tablo 3.9'da tesis için alternatif olarak belirlenen seçenekler çevresel, siyasal-yasal, finansal ve ekonomik kriterler ile planlama kriterleri bakımından incelenerek puanlama yapılmış ve puanlama neticesinde Hasdal, Kompost ve Odayeri seçeneklerinin ön plana çıktığı görülmüştür (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

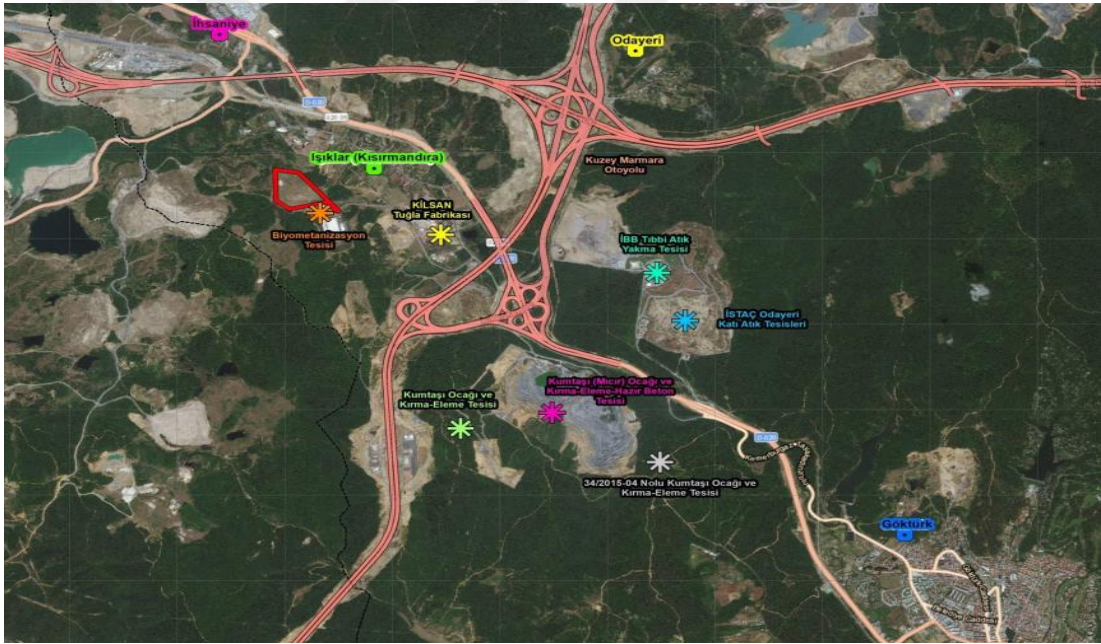
Tablo 3.9: Alternatif Yer Seçeneklerinin Değerlendirilmesi (İBB Fizibilite Raporu, 2019)

DÜZENLEME KRİTERLERİ	AVRUPA YAKASI		
	HASDAL	KOMPOST	ODAYERİ
ÇEVRESEL KRİTERLER			
Su baskın alanı içinde	5	5	5
Jeolojik sınırlamalar	3	4	5
Hidrojeolojik ve toprak sınırlamaları	3	3	4
Turistik / rekreasyon alanı içinde	5	5	5
Ekolojik, tarihi değeri olan koruma alanları içinde	5	5	5
Toplam puan	21	22	24
Ağırlıklı Toplam Puan= (Toplam puan x 1,5)	31,5	33	36
PLANLAMA KRİTERLERİ			
Arazinin büyüklüğünün yeterliliği	3	5	4
Mevcut altyapı bağlantısı	4	5	4
İskan alanına uzaklık	3	4	4
Ana yola olan uzaklık	5	3	4
Kaynaktan tesise taşıma mesafesi	5	3	4
Nihai bertaraf tesislerine uzaklık	3	4	5
Sanayi bölgesine yakınlık	1	1	1
Kalorifik değer durumu	4	4	4
Elektrik müşterilerine yakınlık	5	5	5
Toplam puan	33	34	35
Ağırlıklı Toplam Puan= (Toplam puan x 2)	66	68	70
SİYASAL VE YASAL KRİTERLER			
Mevzuat hükümlerine uyum	5	5	5
Bölge yönetimi tarafından onaylanma	3	4	3
Yerel yetkililer tarafından onaylanma	3	4	3
Halk tarafından onaylanma	2	3	1
Arazi mülkiyeti kamuya ait olma durumu	3	5	3
Toplam puan	16	21	15
Ağırlıklı Toplam Puan= (Toplam puan x 1,5)	24	31,5	22,5
FİNANSAL VE EKONOMİK KRİTERLER			
Depolamaya ulaşım maliyetleri	3	4	5
Yakma tesisine taşıma maliyetleri	5	3	4
Toplam puan	8	7	9
Ağırlıklı Toplam Puan= (Toplam Puan x 1)	8	7	9
NİHAİ PUAN	78	84	83
AĞIRLIKLIL NİHAİ PUAN	129,5	139,5	137,5

Avrupa Yakası'nda kurulacak atık yakma tesisi için belirlenen seçenekler incelenerek Hasdal, Kompost ve Odayeri bölgeleri için kül ve atık taşıma maliyetleri mukayese edilmiştir. Hasdal, atık taşıma bakımından en uygun nokta olup kül taşıma maliyetinin mevcut olduğu; Odayeri'nin atık taşıma maliyeti açısından Hasdal'a nazaran daha maliyetli olup kül taşıma maliyeti içermediği, fakat bu bölgede arazi tahsisi konusunda sıkıntıların yaşanmasının muhtemel olduğu tespit edilmiştir. Kompost tesisi atık taşıma ve kül taşıma maliyetleri açısından Odayeri ve Hasdal'a göre yüksek maliyet içermektedir. Fakat sosyal direnç bakımından daha az sorunlu olması ve ayrıca katı atık bertarafı ile değerlendirilmeye tahsisli arazinin olması bu alanın avantajları olarak değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme modeline göre Kompost tesisleri ve Odayeri'nde kurulacak tesis Hasdal'a göre daha avantajlı görünmektedir. Hasdal ve

Odayeri’nde yaşanacak arazi tahsis güclüğü sebebiyle Kompost (Biyometanizasyon) tesisi yanında tahsis edilen araziye atık yakma tesisi kurulması bu seçeneği ön plana çıkarmıştır.

İBB Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi proje sahası seçiminde; yerleşim yerlerine yakınlık, yüzeysel su kaynağı, fay hattı, okul, yaban hayatı geliştirme sahası, elektrik iletim hatlarına yakınlık, yol ve sanayi tesisleri gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Yer seçimi için yapılan puanlama ve değerlendirme sonucunda İstanbul’un yaklaşık 20 km kuzey tarafında bulunan Eyüp İlçesi Kısırmandıra mevkiinde bulunan Kompost (Biyometanizasyon) tesislerinin yan tarafı yer olarak seçilmiştir. Tesisin 14,8 hektarlık bir alan üzerine kurulması kararlaştırılmış ve Orman Genel Müdürlüğü’nden gerekli izinler alınarak 49 yıllığına İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ne tahsis edilmiştir (ÇED Raporu, 2012).



Şekil 3.21: İ.B.B Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisinin Uydu Görüntüsü Üzerindeki Konumu (İ.B.B Proje sunumu, 2021)

Kurulan tesis 3. Havalimanı Projesi’nin hayata geçmesi ile birlikte Havamania alanında kalmış, bu sebeple proje kapsamında yapılan yapıların deniz seviyesinden yüksekliğinin 144 m’yi aşmaması gerektiği ortaya çıkmıştır. Konu projenin ÇED Raporu’nda, 105 m kotunda inşa edilmesi planlanan bacaların yüksekliği 60 m olacak şekilde taahhüt edilmiştir. Havamania alanı kapsamında bulunan tesisin ÇED Raporu’nda taahhüt edilen baca yüksekliği ile ilgili tasarım değişikliği yapılmasına

gereksinim duyulmuştur. Hava kalitesi modelleme çalışması ile 40 m yüksekliğe sahip olması şeklinde tasarlanan bacalardan atılacak kirletici emisyonların atmosferdeki dağılımları incelenmiştir. Kurulan İBB Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi; hava emisyonları açısından Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmeliğe (AYİY, 06.10.2010 tarih ve 27721 sayılı Resmi Gazete), emisyonlar açısından da Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKHKKY, 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete) tabidir.

Baca yüksekliğinin 40 m seviyesine indirildiği durum için gerçekleştirilen hava kalitesi modelleme çalışması neticesinde elde edilen YSK değerlerinin SKHKKY'de belirtilen ilgili sınır değerlerin oldukça altında kaldığı, tesisin etki alanında herhangi bir olumsuz etkiye neden olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (İ.B.B, 2015).

3.4.5. Proje Kapasitesi

Tesisin işletme ömrü 25 yıl olarak öngörülmüştür. Tesis 3000 ton/gün evsel atık yakma ve yaklaşık 78,8 MW elektrik enerjisi üretme kapasitesine sahiptir. İstanbul Avrupa yakasında oluşan 12.000 ton/günlük atığın 3000 ton/günlük (saatlik kapasite 125 ton, yıllık kapasite 1.000.000 ton) kısmının bu tesiste yakılması öngörülmektedir. Tesis 3 adet birbirinden bağımsız üniteden oluşmaktadır. Her bir ünite ortak bir atık depolama bunkerinden beslenecektir. Her bir ünitenin birbirinden bağımsız atık yakma fırını, buhar kazanı ve baca gazı arıtma sistemi bulunmaktadır. Tesise getirilecek olan evsel nitelikli atıklar bir depolama haznesine alınacaktır. Atıklar bir vinç yardımıyla yanma odasına alınarak ızgaralı sistemler vasıtasıyla yakılacaktır. Yanma sonucu oluşan sıcak gazlar atık ısı kazanına gönderilerek buhar üretilecektir. 70 bar basınç ve 4000 C sıcaklığa ulaşan buhar ise türbine gönderilerek türbin döndürülecek ve böylece jeneratör vasıtasıyla elektrik üretimi tamamlanmış olacaktır. Yanma sonucu oluşacak baca gazı her ünite için ayrı olarak kurulacak olan baca gazı arıtma sisteminde arıtıldıktan sonra atmosfere salınacaktır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Sistemde kullanılan ızgaralı yakma, katı atıkların herhangi bir ön işleme tabi tutulmasına gerek duyulmadan yakılması esasına dayanmaktadır. Bu sistem kalorifik değer ve atık kompozisyonundaki değişimlere karşı dirençlidir ve yakma sürecinde %85'e varan termal verim değerleri elde edilebilmektedir. Depo gazı, sızıntı suyu ve koku gibi problemler minimize edilmektedir. Atık miktarında ağırlıkça ve hacimce azalma sağlanırken ayrıca depolama işlemine gerek duyulmamaktadır. Tesiste tüm

işletme dönemi boyunca yaklaşık 26,6 milyon ton evsel atığın yakılması suretiyle bertarafı sağlanmış olacaktır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

3.5. Proje Yatırım Maliyeti

Bu bölümde, projenin yatırım maliyetlerinin boyutları ile işletme dönemi gelir-gider unsurlarının ortaya konulması suretiyle ana yatırım bileşenlerinin detayları incelenmiştir.

3.5.1. Toplam Yatırım Maliyeti ve Yıllara Dağılımı

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Evsel Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi'nin inşaatı için 2017 yılında ihaleye çıkılmış ve ihaleyi kazanan yüklenici ile Eylül 2017'de sözleşme imzalanmıştır. Yapım sözleşmesi bu tesisin uygulama projelerinin hazırlanmasını, inşaatının yapılmasını, makine ve ekipmanın temin edilerek montajını, tesisin deneme işletmesinin yapılarak devreye alınmasını ve bir sene süreyle işletilmesi taahhüt ve yükümlülüğünü kapsamaktadır. Yüklenicinin taahhüt ettiği bu işleri gerçekleştirmek karşılığında teklif ettiği ve sözleşmeye bağlanan Türk Lirası cinsinden verilen değerler Merkez Bankasının 25 Aralık 2018 tarihi itibarıyla hesaplanan yıllık ortalama döviz kuru ile Euro'ya çevrilmiş ve bulunan değerler kullanılmıştır.

Buna göre, yatırım projesinin toplam maliyeti yaklaşık 409,4 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Yatırım projesi; arazi bedeli, sabit sermaye yatırımları ve işletme sermayesi olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır.

3.5.1.1. Arazi Bedeli

Tesisin kurulacağı arazi için herhangi bir bedel öngörülmemiştir. Tesis yeri Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bedelsiz olarak tahsis edilmiştir.

3.5.1.2. Sabit Sermaye Yatırımları

- **Proje, müşavirlik ve kontrollük hizmetleri:** Bu kısmın ilk bileşeni, uygulama projelerinin hazırlanması başlığıdır. Uygulama projeleri tesisin yüklenici firmasının sorumluluğundadır ve bu faaliyetin bedeli de yüklenici tarafından beyan edilen tesis bedeli içerisinde yer almaktadır. Yüklenicinin beyan ettiği tesis bedelinin %2,5'inin uygulama projelerinin hazırlanması için harcanacağı varsayılmış ve bu bileşenin

bedeli yaklaşık 8,6 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Bu bedel toplam proje, müşavirlik ve kontrollük hizmetleri maliyetinin %72,9'unu oluşturmaktadır. Proje, müşavirlik ve kontrollük hizmetleri faaliyetinin ikinci bileşeni, inşaat ve mekanik kontrollüğü hizmetleridir. Bu konudaki çalışmalar yüklenici firmanın çalışmalarına başlaması ile birlikte devreye girecektir. Bu bileşenin toplam bedeli 3,2 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir. Bu bedel toplam proje, müşavirlik ve kontrollük hizmetleri bedelinin %27,1'ini oluşturmaktadır. Toplamda 11.768.079 Euro olarak hesaplanmıştır.

- **İnşaat yatırımları:** Toplam bedeli 73,5 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir. Bu toplam bedel yedi ayrı alt bileşen altında toplanmıştır. İnşaat yatırımları maliyetinde, ana tesis binasının maliyeti 16,6 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir. Bu maliyet toplam inşaat yatırımlarının %22,6'sına karşılık gelmektedir. İnşaat yatırımlarının kazı – dolgu ile diğer alt yapı yatırımlarının maliyetleri ise yaklaşık olarak 13,7 milyon Euro olmaktadır. İdari bina ile garaj, atölye ve benzeri diğer yardımcı tesislerin inşaat bedeli ise 10,3 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Tesis için gerekli olan yol, çevre düzenleme işleri ve peyzaj yatırımları iki ayrı bileşen olarak tanımlanmıştır. Bu iki bileşenin toplam yatırım tutarı 8,6 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. İnşaat yatırımlarının son bileşeni ise tesise enerji getirecek ve üretilen elektrik enerjisinin enterkonnekte şebekeye verilmesini sağlayacak olan enerji nakil hattı inşaatıdır. Toplam uzunluğu 10 km olarak tahmin edilen bu enerji nakil hattının yatırım bedeli de 24,3 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir.
- **Mekanik ve elektrik donanım yatırımları:** Bu yatırımların toplam bedeli 278,1 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir. Bu gruptaki yatırımlar yedi alt bileşenden oluşmaktadır. Bu alt bileşenler üretim sürecinin alt bölümleri ile üretim sürecini destekleyen yardımcı faaliyet gruplarına ilişkin mekanik ve elektrik donanımlardan oluşmaktadır. Bu bölümler, komple mazgal fırın, yakma hava sistemleri, cüruf toplama, bunker ve katı atık vinçleri olarak tanımlanan birinci grup; katı atıkların sisteme alınması, yakılması ve yakma işlemi sonrasında oluşan cürufların sistemden uzaklaştırılması ile ilgili donanımları kapsamaktadır. Bu gruptaki mekanik ve elektrik donanımının toplam yatırım bedeli 48,9 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Komple buhar üreticisi (kazanlar) ve kül toplama olarak tanımlanan ikinci bölüm, türbinleri çevirecek olan buharın üretilmesi ve türbinlere iletilmesini sağlayan ekipman donanımlarının maliyeti 58,3 milyon Euro olarak

hesaplanmıştır. Mekanik ve elektrik donanımların üçüncü bileşeni yanma gazı temizleme sistemi, temizleme atıkları ve kimyevi katkı siloları ve şömine olarak adlandırılmıştır. Bu bileşende yanma sonrası oluşacak atık gazların çevreyi kirletmesini önlemek amacıyla artırılmasını sağlayacak donanımlar ile bu süreç sonunda elde edilecek atıkların depolanması ve bertaraf edilmesi ile ilgili donanımlar yer almaktadır. Üçüncü bileşende bulunan donanımların yatırım maliyeti 46,3 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Mekanik ve elektrik donanım yatırımları içerisinde bulunan dördüncü bileşen, buharın işleme tabi tutulmasıyla elektrik üretilmesini sağlayan hava kondansatörleri, türbin ve jeneratör gibi donanımlardan oluşmaktadır. Bu bileşendeki donanımların toplam yatırım bedeli 72,9 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir.

Mekanik ve elektrik donanım yatırımlarının beşinci bileşeni bütün üretim sisteminin yönetilmesi, kumanda ve kontrol edilmesi ve süreç parametrelerinin ölçülmesi ile ilgili donanımları kapsamaktadır. Bu bileşenin yatırım bedeli 32,6 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Altıncı bileşen üretim sürecini destekleyen çeşitli yardımcı faaliyetlere ilişkin donanımları kapsamaktadır. Bunlar, yangından koruma ile ilgili donanımlar ile ısıtma, iklimlendirme ve havalandırma işlemlerine ilişkin donanımlardır. Bu bileşendeki donanımların yatırım maliyeti 18,9 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Mekanik ve elektrik donanımların son bileşeni tesis faaliyetleri için gerekli olan taşıt araçları ve iş makinelerinden oluşmaktadır. Tesis faaliyetleri için 3 binek aracı, 3 adet pikap, 1 adet kamyon, 1 adet yükleyici ve 2 adet forklift alınması planlanmıştır. Bu taşıt ve iş makinalarının toplam yatırım bedeli 0,23 milyon Euro olarak hesaplanmıştır.

- **Tesisin beklenmeyen giderleri:** Sabit sermaye yatırım maliyetinin %10'u kadar olacağı varsayılmış ve 37,04 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Böylece, beklenmeyen giderlerin toplam sabit sermaye yatırım bedeli içerisindeki payı %9 olmaktadır.
- **Yatırım dış para ihtiyacı:** Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisi yatırımının önemli bir bölümü dış para ile gerçekleştirilmiştir. Yatırım tutarı içerisinde makine ve donanım maliyetinin yüksek bir paya sahip olması, bu makine ve donanımın büyük bir bölümünün ithal edilmek zorunda olunması dolayısıyla yatırımın dış para ihtiyacı artmaktadır.

Projenin iç para ve dış para ihtiyacının yatırım bileşenleri itibarıyla dağılımı Tablo 3.10'da verilmiştir. Anlaşılacağı üzere toplam yatırım bedelinin %46,2'si iç para ve

%53,8'i ise dış para ile karşılanmıştır. Toplam yatırım bedeline göre verilen bu oranlar, yatırım bileşenleri itibarıyla oldukça değişiktir. Örneğin inşaat harcamalarının, işletmeye alma giderlerinin, genel giderlerin ve işletme sermayesinin tamamen iç para ile karşılanması öngörülmüştür. Buna karşılık proje ve müşavirlik hizmetleri bedellerinin %47,4'ünün dış para ile karşılanması öngörülmüştür. Diğer taraftan, makine ve elektrik donanımı için yapılacak harcamaların %70'inin dış para cinsinden olması planlanmıştır. Makine ve elektrik donanımı yatırımları toplam sabit sermaye yatırımlarının %68,2'sini oluşturduğu için bu bileşenin dış para kısmı, toplam yatırım harcamasının %53,4'ünün dış para cinsinden olmasını sağlayan etken olarak ortaya çıkmaktadır.

Yatırım projesinin maliyeti içerisindeki en büyük miktar, yaklaşık 407,5 milyon Euro ile sabit sermaye yatırımlarına aittir. Bu miktar toplam proje bedelinin %99,5'ini oluşturmaktadır. Sabit sermaye yatırımları tutarı olan 407,5 milyon Euro'nun bileşenlerine göre dağılımı Tablo 3.10'da verilmiştir. Sabit sermaye yatırımları içerisinde en büyük pay yaklaşık %68,2 ile mekanik ve elektrik donanım yatırımlarına aittir. Kurulacak olan tesisin ve üretim sürecinin özelliğinden dolayı projede çok sayıda yüksek değerli makine ve ekipman bulunmaktadır. Bu nedenle sabit sermaye yatırımı içerisinde makine ve donanımın büyük bir payı bulunmaktadır. Sabit sermaye yatırımları içerisinde ikinci büyük pay ise %18,0 ile inşaat yatırımlarına aittir. Sabit sermaye yatırımlarının içerisinde en düşük pay, işletmeye alma giderlerine aittir. Toplam bedeli 3,08 milyon Euro olan bu gider grubunun sabit sermaye yatırımları içerisindeki payı yaklaşık %0,76'dır. Tesisin her ünitesi montajı tamamlandıktan sonra deneme işletmesine alınacaktır. Deneme işletmesi süreci 2021 yılı son çeyreğinde başlamıştır. Sabit sermaye yatırımlarının son bileşeni beklenmeyen giderlerdir. Bu bileşen sabit sermaye yatırımlarının %9'unu oluşturmakta olup işletme sermayesi kısmında açıklanmıştır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

3.5.1.3. İşletme Sermayesi

İşletme sermayesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilecek tesisin 2022 yılında yapılacak yıllık nakit işletme gideri üzerinden hesaplanmıştır. Tesisin 36 günlük nakit işletme giderlerini karşılayacak düzeyde bir işletme sermayesinin üretim faaliyetinin sorunsuz olarak devam ettirilmesi için yeterli olacağı öngörülmüştür. 2022 yılında yapılması planlanan nakit işletme gideri harcaması 19,2 milyon Euro'dur.

Dolayısıyla 36 günlük işletme gideri 1,9 milyon Euro'ya denk gelmektedir(İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Projenin yatırım maliyetinin ana yatırım bileşenleri itibarıyla ve her bileşenin maliyetinin iç ve dış para arasındaki dağılımı Tablo 3.10'da gösterilmektedir.

Tablo 3.10: Sabit Sermaye Yatırımları ve Bileşenlerine Göre Dağılımı (2016 Sabit Fiyatlarıyla)

Evsel Katı Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi Yatırımları	İç Para (Euro)	Dış Para (Euro)	Toplam (Euro)	Dağılım Yüzdesi	
				Sabit Sermaye Yatırımı (%)	Toplam Proje Bedeli (%)
Arazi bedeli (Kamulaştırma Giderleri)	0	0	0		0,00
Sabit Sermaye Yatırımları					
Etüt-Proje ve Müşavirlik					
Uygulama Projeleri Hazırlanması	3 001 163	5 573 588	8 574 750	2,10	
İnşaat ve Mekanik Kontrollük Hizmetleri	3 193 329		3 193 329	0,78	
Etüt-Proje ve Müşavirlik Hizmetleri Toplamı	6 194 492	5 573 588	11 768 079	2,89	
Fiziki Yatırımlar					
İnşaat	73 453 757		73 453 757	18,02	
Mekanik ve Elektrik Donanım	83 346 570	194 705 133	278 051 703	68,23	
Genel Giderler	4 115 880		4 115 880	1,01	
İşletmeye Alma Giderleri	3 086 910		3 086 910	0,76	
Fiziki Yatırımlar Toplamı	164 003 117	194 705 133	358 708 250	88,02	
Toplam Sabit Sermaye Yatırım Maliyeti	170 197 608	200 278 721	370 476 329	90,91	
Beklenmeyen Giderler (% 10)	17 020 000	20 028 000	37 048 000	9,09	
Toplam Sabit Sermaye Yatırım Maliyeti (Beklenmeyen Giderler Dahil)	187 217 608	220 306 721	407 524 329	100,00	99,54
İşletme Sermayesi	1 900 000		1 900 000		0,46
Yatırım Projesi Toplam Maliyeti	189 117 608	220 306 721	409 424 329		100,00

3.6. Proje İşletme Gelir ve Giderleri

Tesis birbirine paralel dört ünite olarak faaliyet göstermektedir. Her bir ünite peyderpey deneme işletmesine alınarak devreye sokulmuştur. Deneme döneminde herhangi bir elektrik satışı olmamıştır. Bu dönemde yapılacak işletme giderleri yatırım harcamaları içerisinde dikkate alınmıştır. Ayrıca tesisin devreye alınmasından itibaren ilk 12 aylık işletmesini yüklenici yapmaktadır. Sadece kullanılacak hammaddeler için

sözleşme gereği ödeme yapılacaktır. İşletilmekte olan tesisin tek gelir kaynağı elektrik enerjisidir. İşletme gelirleri Tablo 3.11’de ve işletme giderleri ise Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

3.6.1. İşletme Dönemi Gelir ve Giderleri

Tesisin işletme dönemi boyunca elde edilen enerjiden sağlanacak gelirleri ile bu aşamada kullanılan araç, gereç, yakıt ve bakım-onarım vb. gibi sabit ve değişken işletme maliyetleri ortaya konmuştur. Böylece yatırım maliyetinin iç ve dış para bakımından dağılım bileşenleri incelenmiştir.

3.6.1.1. İşletme Gelirleri

Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinde elde edilen ürün elektrik enerjisidir. Tesisin yıllık elektrik enerjisi üretimi 720 milyon kWh’tir. Tesisin kendi ihtiyaçları için yılda 72 milyon kWh elektrik enerjisi kullanacağı hesaplanmıştır. Yıllık satışa sunulacak elektrik enerjisi miktarı yılda 648 milyon kWh’tir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, yürürlükteki mevzuatta bulunan ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilen elektrik enerjisi üretimini özendirmeyi amaçlayan teşvik önlemleri kapsamında, serbest piyasada oluşan elektrik enerjisi fiyatlarına maddi destek uygulamaktadır. Bu desteğin 2030 yılına kadar devam edeceği ve 2031 yılından itibaren elektrik enerjisinin serbest piyasa fiyatları üzerinden satılacağı öngörülmüştür. Bu çerçevede, elektrik enerjisi satış fiyatı 2020 – 2030 dönemi için 0,118 Euro/kWh ve 2031 – 2046 dönemi için 0.044 Euro/kWh olarak kabul edilmiş ve elektrik enerjisi satış geliri bu fiyatlar üzerinden hesaplanmıştır. Dolayısıyla elektrik enerjisi yıllık satış geliri 2021 – 2030 dönemi için yılda 73,2 milyon Euro ve 2031 – 2046 dönemi için yılda 28,5 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. İşletme dönemi sonuna kadar yaklaşık 1.188 milyar Euro gelir elde edilmiş olacaktır. Üretilen elektrik enerjisinden elde edilecek gelir Tablo 3.11’de belirli yıllar itibarıyla verilmiştir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Tablo 3.11: Tesiste Üretilen Elektrikten Sağlanacak Gelirin Yıllara Dağılımı

	Birim	2021 *10 ³	2025 *10 ³	2030 *10 ³	2031 *10 ³	2035 *10 ³	2040 *10 ³	2046 *10 ³
Elektrik Üretimi	KWh	720000	720000	720000	720000	720000	720000	720000
Tesis Bünyesindeki Elektrik Tüketimi	KWh	72000	72000	72000	72000	72000	72000	72000
Satışa Sunulacak Net Elektrik Miktarı	KWh	648000	648000	648000	648000	648000	648000	648000
Elektrik Enerjisi Satış Fiyatı	Euro/ KWh	0.113/ 1000	0.113/ 1000	0.113/ 1000	0.044/ 1000	0.044/ 1000	0.044/ 1000	0.044/ 1000
Elektrik Enerjisi Satış Geliri	Euro	73 224	73 224	73 224	28 512	28 512	28 512	28 512

3.6.1.2. İşletme Giderleri

Tesisin işletme dönemi (2021-2046) boyunca sabit ve değişken olmak üzere iki ana maliyet başlığı altında incelenerek Tablo 3.12’de verilmiştir.

1- Sabit İşletme Giderleri: Atık yakma tesisinin işletme dönemi boyunca personel, bakım-onarım ve amortisman giderleri gibi maliyet unsurlarından oluşmaktadır.

Personel giderleri: Tesisin işletilmesi için toplam olarak 87 kişiye ihtiyaç duyulmaktadır. Personel ihtiyacı tesisin 24 saat çalışacağı dikkate alınarak belirlenmiştir. Yönetici ve destek elemanları dışında tesisin işletilmesinde doğrudan görevli olarak 9 adet mühendis, 24 adet teknisyen ve 30 adet operatör çalıştırılmaktadır. Bunlara ek olarak tesis girişinin kontrolü ve kantarı işletmek için 5 işçi bulunmaktadır. Sekreter, büro elemanı ve bekçi olarak da 17 kişi görevlendirilmektedir. Toplam yıllık personel giderleri 1.063.660 Euro olmaktadır.

Bakım ve Onarım Giderleri: Bakım ve onarım giderleri inşaat yatırımları ile makine ve ekipman yatırımları için ayrı olarak hesaplanmıştır. İnşaat grubuna tesis bünyesindeki her türlü bina ile yollar, depolar, güvenlik çitleri girmektedir. Bu grup için yapılacak bakım ve onarım harcamaları inşaat yatırımları için yapılan harcamaların %1’i olarak kabul edilmiştir. Makine ve ekipman grubuna tesis bünyesindeki bütün sabit ve hareketli makine, ekipman ve taşıt araçları dahildir. Bu grupta yer alan makine ve ekipman her yıl yaklaşık bir ay süreyle bakıma alınacak ve gerekli yedek parça değişimleri yapılacaktır. Yıllık bakım ve onarım faaliyetleri ile üretim sırasında karşılaşılabilecek arızaların giderilmesi için yapılacak harcamaların

hesaplanmasında makine ve ekipmanların bakım ve onarım ihtiyaçlarının yoğunluğuna göre iki gruba ayrılmıştır. Yoğun bakım ve onarım gerektirmeyecek birinci grup için toplam makine ve ekipman bedelinin % 1'i ve bakım ve onarım ihtiyacı yoğun olabilecek ikinci grup için ise toplam makine ve ekipman bedelinin %5'i oranında bakım ve onarım bedeli belirlenmiştir. Buna göre %1 olan yıllık bakım ve onarım bedeli 241.146.957 Euro ve %5 olan yıllık bakım ve onarım bedeli ise 145.509.049 Euro olmaktadır. Tesisin ilk işletme yıllarında gerek binaların gerekse makine ve ekipmanın yeni olması dolayısıyla bakım ve onarım faaliyetleri sırasında yedek parça değişimi ihtiyacının daha az olacağı ve ayrıca daha az arıza ile karşılaşılacağı öngörülmüştür.

Amortisman Giderleri: Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinde amortisman tabi varlıkların ekonomik ömürleri ve buna bağlı amortisman oranları değişiklik göstermektedir. Buna göre bina, depo, yol ve benzeri inşaat niteliğindeki varlıkların yıllık amortisman değeri yaklaşık 2,02 milyon Euro'dur. Yakma sistemleri, kazan ve türbin gibi hareketsiz varlıkların yıllık amortisman değeri 9,96 milyon Euro olmaktadır. Motor, pompa gibi hareketli varlıkların yıllık amortisman değeri 3,77 milyon Euro, taşıt araçları ve iş makinalarının yıllık amortisman değeri ise 25.278 Euro'dur. Toplam varlık değeri 386.656.006 Euro olan tesisin toplam yıllık amortismanı ise yaklaşık 15.778.576 Euro olmaktadır.

2- Değişken İşletme Maliyetleri: Atık yakma tesisinin işletme dönemi boyunca elektrik tüketimi, kimyasal madde tüketimi, diğer yardımcı üretim girdileri (yakıt, yağ, su), cüruf ve baca gazı kalıntılarının bertaraf edilmesi ve proses suyu arıtımı ile genel gider maliyet unsurlarından oluşmaktadır.

Elektrik Tüketim Giderleri: Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinin üretim faaliyeti sırasında ihtiyaç duyacağı yıllık elektrik enerjisi miktarı 72 milyon KWh olarak hesaplanmıştır. Tesisin elektrik enerjisi ihtiyacı kendi ürettiği elektrikten karşılanacağı için herhangi bir elektrik gideri söz konusu olmayacaktır. Sadece satışa sunulacak elektrik miktarı azalmış olacaktır.

Kimyasal madde tüketim giderleri: Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinde gerek buhar üretim aşamasında gerekse baca gazı arıtımı aşamasında çeşitli kimyasal maddeler kullanılacaktır. Bu kimyasal maddelerin yıllık toplam gideri 6.518.490 Euro'dur. Bu bedelin %45'i sodyum hidroksit için, %26'sı aktif kömür ve %22'si de amonyaklı su alımı için harcanacaktır.

Diğer yardımcı üretim girdileri(yağ, yakıt, su) giderleri ve laboratuvar test giderleri: Bu grupta yer alan girdiler işletme faaliyeti sırasında kullanılan fuel oil, motorin, yağ, gres ve su gibi yardımcı girdiler ile laboratuvar testlerine ilişkin harcamalardır. Katı atık yakma, enerji üretimi ve özellikle de baca gazı arıtımı faaliyetlerinde verimliliğin sağlanması, üretim ve çevre kirliliği ile ilgili kalite standartlarının karşılanabilmesi için çeşitli laboratuvar testlerinin yapılması gerekecektir. Bu testlerin tahmini maliyetleri de işletme giderlerine dahil edilmiştir. Üretim sürecinde kullanılacak olan çeşitli yardımcı girdilerin yıllık kullanım miktarları ve maliyetleri ile yapılacak bütün laboratuvar testlerinin tahmini maliyeti 913.816 Euro'dur.

Cüruf ve baca gazı kalıntılarının bertaraf edilmesi ile proses suyu arıtımı giderleri: Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinde katı atıkların yakılmasından sonra kalacak olan atıkların yani cürufun ve baca gazı arıtım sürecinin atığı olan uçucu küllerin bertaraf edilmesi gerekmektedir. Üretim süreci sonunda ortaya çıkan uçucu kül ile baca gazı arıtım süreci sonunda ortaya çıkan uçucu kül önce ayrı depolarda geçici olarak depolanacaktır. Daha sonra cüruf kamyonlara yüklenerek bertaraf edilmek üzere Odayeri Düzenli Depolama Sahasına götürülecektir. Uçucu küller ise tehlikeli atık kategorisinde olduğu için çuvallara doldurularak bertaraf edilmek üzere Şile'deki tehlikeli atık bertaraf merkezine götürülecektir. Bütün bu işlemlerin masrafları tesisi işleten yüklenici firma tarafından karşılanacağından işletme giderlerine dâhil edilmiştir. Ayrıca üretim sürecinde kapalı devre kullanılan proses suyunun da arıtılması gerekmektedir. Bu arıtma masrafı da tesis işletmesine ait olacaktır. Üretim süreci sonucunda ortaya çıkacak cüruf ve uçucu kül miktarı ile bunların bertaraf edilmesine ilişkin bütün harcamalar ve proses suyu arıtma maliyeti yıllık 3.625.472 Euro'dur.

Genel giderler: Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinde atık yakma, enerji üretimi ve baca gazı arıtma faaliyetlerinde doğrudan kullanılan girdilerin dışında tesisin genel yönetim faaliyetleri ve destek hizmetlerinin yürütülmesi için yapılacak işletme giderleri genel giderler başlığı altında toplanmıştır. Genel giderlerin ne boyutta olacağına ilişkin bir ölçü olmadığı için genel giderlerin toplam bedelinin personel giderlerinin %20'si oranında olacağı varsayılmıştır. Yapılan hesaplamaların sonucu 2022 yılı için 0,22 milyon Euro, 2025 yılı için 0,23 milyon Euro ve 2046 yılı için de 0,29 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Tesisin işletmeye alınması ve deneme işletme

çalışmaları 2021 yılı son çeyreğinde tamamlanmış olması sebebiyle 2022 yılında tesis normal işletme faaliyetine başlamıştır. Tesisin ilk işletme yılı hem teknik ve hem de mali açıdan yüklenicinin sorumluluğunda olduğu için 2021 yılına ait genel gider harcaması öngörülmemiştir.

İşletme giderleri hesaplanırken tesisin her zaman tam kapasite ile çalışacağı varsayılmıştır. Bu nedenle, tesisin, yıllık bakım ve onarım çalışmaları dışında bütün yıl boyunca işletileceği 2021 yılından itibaren değişken giderler hemen hemen sabit kalmaktadır. Değişken giderlerin yıllar itibarıyla çok sınırlı bir düzeyde artması söz konusudur. Bu artış genel giderlerin personel giderlerindeki artışa bağlı olarak tedricen artıyor olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 3.12: Sabit ve Değişken İşletme Giderlerinin Yıllara Dağılımı

Gider Unsurları	2021	2025	2030	2035	2040	2046
Sabit Giderler						
Personel Giderleri		1 131 266	1 205 541	1 279 631	1 358 274	1 459 050
Bakım Onarım Giderleri		8 959 377	9 686 922	9 686 922	9 686 922	9 686 922
Amortisman Giderleri		15 778 576	15 778 576	15 778 576	15 778 576	15 778 576
Toplam Sabit Giderler		25 869 219	26 671 039	26 745 129	26 823 772	26 924 548
Değişken Giderler						
Elektrik, Yakıt, Su, Motorin , Yağ, Proses Suyu, Laboratuvar Testleri v.b.		11 147 830	11 147 830	11 147 830	11 147 830	11 147 830
Yüklenicinin İşletme Gider Beyanı	15 594 092					
Genel Giderler		226 253	241 108	255 926	271 655	291 810
Toplam Değişken Giderler	15 594 092	11 374 083	11 388 938	11 403 756	11 419 484	11 439 640
Toplam İşletme Giderleri	15 594 092	37 243 301	38 059 977	38 148 884	38 243 256	38 364 188

3.7. Proje Finansman Yapısı, Koşulları ve Kaynakları

Tesis için yapılması öngörülen yatırım miktarı 409,4 milyon Euro'dur. İstanbul Büyükşehir Belediyesi yönetimi yatırımın büyük bir kısmını uzun vadeli kredi ile finanse etmiştir. Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinin yatırım bedelinin %80'i uluslararası finansman kuruluşlarından sağlanan dış kaynaklı ve uzun vadeli yatırım kredileri ile finanse edilmiştir. Yatırımın kalan %20'si ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin kendi öz kaynaklarından sağlanmıştır. Projenin finansman kaynakları ve koşulları incelendiğinde temin edilen ve kullanılan dış kaynaklı kredinin miktarı 489 milyon Euro olarak belirlenmiştir. Kredinin geri ödeme süresinin 15 yıl olması

öngörölmüş ve bu sürenin ilk beş yılı geri ödemesiz dönem olarak kabul edilmiştir. Kredinin yıllık faizinin altı ayda bir ödeme bazında yıllık %5 olacağı kararlaştırılmıştır. Ayrıca taahhüt ücreti olarak kredinin kullanılmamış miktarı üzerinden yılda %0,25 ve hazine garanti ücreti olarak da bir defa için kredi miktarı üzerinden %0,1 oranında ödeme yapılacağı kabul edilmiştir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Tablo 3.13: Yatırımın Finansman Yapısı (2016 Yılı Fiyatlarıyla, Birim: Euro)

Evsel Katı Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi Yatırımları	Fiziki Yatırımlar	Müşavirlik ve Kontrollük Hizmetleri	Toplam Yatırım Tutarı
Arazi Bedeli (Kamulaştırma Giderleri)	0.000	0.000	0.000
SABİT SERMAYE YATIRIMLARI			
Müşavirlik ve Kontrollük Hizmetleri			
Uygulama Projeleri Hazırlanması		8 574 750	
İnşaat ve Mekanik Kontrollüğü Hizmetleri		3 193 329	
Müşavirlik ve Kontrollük Hizmetleri Toplamı		11 768 079	11 768 079
Fiziki Yatırımlar			
İnşaat İşleri Yatırımı	73 453 757		73 453 757
Mekanik ve Elektrik Donanım Yatırımı	278 051 703		278 051 703
Genel Giderler	4 115 880		4 115 880
İşletmeye Alma Giderleri	3 086 910		3 086 910
Fiziki Yatırımlar Toplamı	358 708 250		351 505 460
Toplam Sabit Sermaye Yatırım Maliyeti	358 708 250	11 768 079	366 360 449
Beklenmeyen Giderler (%10)	35 871 192	1 176 808	37 048 000
Toplam Sabit Sermaye Yatırım Maliyeti (Beklenmeyen Giderler Dahil)	394 579 442	12 944 887	407 524 329
İşletme Sermayesi	1 900 000		1 900 000
Yatırım Projesi Toplam Maliyeti (Euro)	396 479 442	12 944 887	409 424 329

Tablo 3.14'te ise proje finansman maliyetinin kredi ve öz kaynak bakımından dağılımı verilmiştir. Buna göre fiziki yatırımları finanse etmek için yatırım kredisinin 340 milyon Euro'luk kısmı dış kredi ve 69,50 milyon Euro'luk kısmı belediye öz kaynakları ile finanse edilmiştir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Tablo 3.14: Yatırımın Kredi ve Özkaynaklar Yönüyle Dağılımı

Projenin Finansman Yapısı	Yatırım Kredisi	Belediye Katkısı	Toplam
Fiziki Yatırımlar ve İşletme Sermayesi	338 000 000	58 479 442	396 479 442
Müşavirlik ve Kontrollük Hizmetleri	2 000 000	10 944 887	12 944 887
Proje Toplamı (Euro)	340 000 000	69 424 329	409 424 329

3.8. Proje Finansal Analizi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin "Evsel Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi" yatırımının mali analizi yapılmakta ve proje karlılığı değerlendirilmektedir. Bu analizde kullanılan varsayımlar şunlardır;

- Proje analizi 29 yıl üzerinden yapılmıştır. Takvim yılı bazında bu süre 2018 – 2046 dönemini kapsamaktadır. Bu sürenin ilk 3 yıllık kısmı ilk yatırım dönemi ve 1 yılı tesisi kuran yüklenici tarafından işletilir. Evsel Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi 2021 yılı sonunda işletmeye alınmıştır. Dolayısıyla belediyenin tesisi işletme dönemi 25 yıl olmaktadır.
- Proje analizi 2017 yılı sabit fiyatları ve Euro cinsinden hesaplanmıştır.
- Hesaplamalara katma değer vergisi dahil edilmemiştir.
- NBD ve iç karlılık oranı hesaplamalarında %10 iskonto oranı kullanılmıştır.
- Hesaplamalarda, makina, ekipman gibi varlıklarla sabit tesisler için esas alınan ekonomik ömür süreleri şöyledir; İnşaat için 40 yıl; yakma sistemleri, kazan, türbin vb. hareketsiz makine ve ekipmanları için 25 yıl; motor, pompa, enstrümantasyon ve diğer hareketli makine, araç ve gereçler için 15 yıl; taşıt araçları ve iş makineleri için 10 yıl olarak öngörülmüştür (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

3.8.1. Proje Gelir ve Gider Dengesi, Üretim Maliyeti ve İşletme Karı

Bu bölümde projenin gelir ve gider dengesi ve dolayısıyla projenin karı değerlendirilecektir. Proje ömrü boyunca (2018 – 2046 dönemindeki) faaliyet sonuçlarına ilişkin çeşitli değişkenlerin değerleri dönem toplamı olarak verilmektedir. Bu değerler hem mutlak değer olarak hem de 2017 yılı itibarıyla net bugünkü değer olarak ifade edilmiştir. Tesiste yakma yoluyla bertaraf edilecek olan katı atık miktarı, satılacak olan elektrik enerjisi miktarı, elde edilecek elektrik satış geliri, yatırım harcamaları, yenileme yatırımları işletme giderleri, faiz giderleri ve hurda değer değişkenleri Tablo 3.15'te yer almaktadır.

Tablo 3.15: Yatırım Projesinin Gelir, Gider, Üretim Maliyeti ve İşletme Karı Dağılımı

Açıklama	Birim	Net Bugünkü Değer (2017)	2018-2046 Dönemi Toplamı (Mutlak Değer)
Kullanılan Katı Atık Miktarı	Ton/yıl	6 917 168	26 130 000
Satılacak Elektrik Enerjisi Miktarı	kWh/yıl	4 460 024 542	16 848 000 000
Elektrik Enerjisi Tarifesi (2021-2030 arası)	Euro/kWh		0,113
Elektrik Enerjisi Tarifesi (2031-2046 arası)	Euro/kWh		0,044
Elektrik Enerjisi Geliri	Euro	402 654 216	1 188 432 000
Yatırım Harcamaları	Euro	327 951 570	409 424 329
Yenileme Yatırımları	Euro	3 879 149	21 509 246
İşletme Giderleri (sabit ve değişken)	Euro	145 256 982	568 432 537
Faiz Giderleri	Euro	84 624 396	162 599 947
Hurda Değeri	Euro	-2 142 192	-33 981 791
Toplam Giderler	Euro	559 569 904	1 127 984 268
Elektrik Enerjisi Birim Üretim Maliyeti	Euro/kWh	0,125	0,067
Katı Atıkların Yakılarak Bertarafı ve Enerji Üretim Maliyeti	Euro/ton	80,90	43,17
Bertaraf Edilen Birim Katı Atık Başına Elektrik Enerjisi Satış Geliri	Euro/ton	58,21	45,48
Toplam Proje Karı	Euro	-156 915 688	60 447 732
Kullanılan Katı Atık Miktarı Başına Proje Karı	Euro/ton	-22,68	2,31

Evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisinin ekonomik ömrü olan 26 yıl boyunca toplam olarak 26,1 milyon ton katı atık yakılması planlanmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek buhar enerjisi elektrik enerjisine çevrilecek ve tesisin kendi ihtiyaçları için tüketilecek elektrik enerjisinden arta kalan kısım satılarak gelir elde edilecektir. Tesisin ekonomik ömrü boyunca satılacak toplam elektrik enerjisi miktarının yaklaşık 16,8 milyar kWh olacağı hesaplanmıştır. Elektrik satışından elde edilecek gelir toplamının 1,2 milyar Euro olacağı tahmin edilmektedir. Elektrik enerjisinin satış fiyatının 2020 – 2030 dönemi için kWh başına 0.113 Euro ve 2031 – 2046 dönemi için kWh başına 0,044 Euro olacağı kabul edilmiştir. Elektrik enerjisi satış fiyatının 2020 – 2030 dönemi için daha yüksek olmasının nedeni bu dönemde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilecek olan elektrik enerjisi için Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından destek primi ödenecek olmasıdır.

Katı atıkların yakılması, elektrik enerjisi üretilmesi ve baca gazı arıtımı ile genel yönetim giderleri için tesisin ekonomik ömrü boyunca yapılacak toplam harcama miktarı 1.127,98 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir. Bu harcama miktarına sabit ve değişken işletme giderleri ile faiz ödemeleri dâhildir. Ayrıca 409,4 milyon Euro tutarındaki ilk yatırım harcaması ile tesisin işletme döneminde yapılacak olan toplam

21,5 milyon Euro değerindeki yenileme yatırımları da hesaplamalara dâhil edilmiştir. Tesisin ekonomik ömrü sonunda elde edilecek hurda değer de giderleri azaltıcı bir unsur olarak dikkate alınmıştır. Bu durumda, zaman faktörü dikkate alınmaksızın gelir ve gider akımlarının mutlak değerleri üzerinden yapılacak bir değerlendirmede tesisin ekonomik ömrü boyunca toplam olarak 60,4 milyon Euro'luk bir proje karı oluşacağı sonucuna varılmaktadır. Ancak, bu rakamlar tesisin ekonomik ömrü boyunca gerçekleşecek yıllık gelir ve gider akımlarının ve yıllık elektrik enerjisi üretimi ve katı atık yakma miktarlarının mutlak değer olarak toplamını gösteren rakamlardır. Dolayısıyla bu rakamlar üzerinden yapılacak değerlendirmelerde paranın zaman değeri dikkate alınmamış olacaktır. Bu nedenle bütün gelir ve gider akımlarının net bugünkü değerleri de hesaplanarak yukarıdaki Tablo 3.15'te gösterilmiştir. Tablodaki verilerden de anlaşılacağı üzere, mutlak değerler üzerinden yapılan hesaplamalarda işletme faaliyeti sonucunda toplam olarak 60,4 milyon Euro düzeyinde bir kar değeri görünmesine karşılık 2017 yılına indirgenmiş gelir ve gider akımları üzerinden yapılan değerlendirmede 156,9 milyon Euro tutarında bir zarar olacağı sonucuna varılmaktadır.

Net bugünkü değer verilerinden yararlanarak yapılan hesaplamalarda elektrik enerjisi üretim maliyeti 0,125 Euro/KWh olarak hesaplanmıştır. Bu maliyet rakamı; 0,113 Euro /KWh olan 2021 – 2030 dönemi elektrik satış fiyatından %9,9 oranında ve 0,044 Euro/KWh olan 2031 – 2046 dönemi satış fiyatından %64,9 oranında daha yüksektir. Diğer yandan toplam giderleri, yakılarak bertaraf edilen katı atık miktarı açısından da değerlendirmek mümkündür. Bu durumda, katı atıkların yakılarak bertaraf edilmesi ve daha sonra da elektrik enerjisi üretilebilmesi için her bir ton katı atık için yatırım ve işletme gideri olarak net bugünkü değer bazında 80,9 Euro harcama yapılmış olacaktır. Ancak yapılan bu harcama ile elektrik enerjisi üretilip satılarak gelir elde edilmektedir ve 1 ton katı atık yakılması sonucunda yine net bugünkü değer bazında 58,2 Euro değerinde elektrik enerjisi geliri elde edileceği hesaplanmıştır. Dolayısıyla, 1 ton atığın yakılarak bertaraf edilmesi ve elde edilen enerjinin elektrik enerjisine çevrilerek gelir elde edilmesi faaliyetinin getireceği net zarar 1 ton katı atık başına 22,68 Euro olmaktadır.

Evsel atık yakma ve enerji üretim tesisinin işletme dönemi üretim faaliyeti sonucunda oluşan gelir ve gider akımları aşağıdaki Tablo 3.16'da belirli yıllar itibarıyla gösterilmiştir. Tesis 2021 yılında işletmeye alınmıştır. Tesisin tek geliri elektrik enerjisi satışından elde edilecektir. Tesisin 2021 yılından itibaren tam kapasite ile

çalışması söz konusu olduğundan bu yıldan itibaren yıllık gelir 73,2 milyon Euro olacaktır. Tesisin giderleri işletme, amortisman ve finansman giderlerinden oluşmaktadır. Finansman giderleri yatırım kredisi geri ödemelerinin tamamlanacağı 2033 yılına kadar azalarak devam edecektir. Tesis giderleri 2023 yılında 53,2 milyon Euro düzeyine ulaşmaktadır. Daha sonraki yıllarda giderler azalarak yaklaşık 38,2 milyon Euro düzeyine kadar gerilemektedir. Tesisin normal işletme dengesi 2021 – 2030 döneminde kar ile sonuçlanmaktadır. Ancak 2031 yılında elektrik enerjisi satış fiyatının 0,044 Euro /KWh düzeyine inmesinden sonra işletme her yıl zarar etmektedir. Bu zarar yıllık bazda 9,6 milyon Euro düzeyinde olmaktadır.

Tablo 3.16’da açıklandığı üzere tesis 2021 – 2030 döneminde kar elde etmekle birlikte bu kar, yatırım kredisinin anapara geri ödemelerinin tamamını gerçekleştirecek düzeye ulaşamamaktadır. Bu nedenle İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin kendi öz kaynaklarından finansman desteği sağlamasına ihtiyaç duyulmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nden, yatırım kredisinin anapara geri ödemelerinin gerçekleştirilebilmesi için temin edilmesi gereken mali desteğin miktarı yatırımın fon akımı ile sağlanacaktır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Tablo 3.16: Yatırım Projesinin Gelir, Gider ve Karlılıklarının Yıllara Göre Dağılımı

	2021	2023	2030	2031	2046	Toplam
GELİRLER						
Elektrik Enerjisi Satış Gelirleri	73 224 000	73 224 000	28 512 000	28 512 000	28 512 000	1 188 432 000
Toplam Gelirler	73 224 000	73 224 000	28 512 000	28 512 000	28 512 000	1 188 432 000
GİDERLER						
İşletme Giderleri	15 594 092	20 456 207	22 352 100	22 298 761	22 585 612	568 432 537
Amortisman Giderleri	15 778 576	15 778 576	15 778 576	15 778 576	15 778 576	410 242 975
Finansman Giderleri	17 000 000	17 000 000	4 675 000			162 599 947
Toplam Giderler	48 372 668	53 234 783	38 130 676	42 752 337	38 364 188	1 141 275 459
Proje Karı (Euro)	24 851 332	19 989 217	-9 618 676	-14 240 337	-9 852 188	47 156 541

3.8.2. Proje Yatırımının Fon Akımı

Yıllık nakit dengesi, projenin ekonomik ömrü boyunca 2031 yılı dışında bütün yıllarda nakit fazlası ile sonuçlanmaktadır. Kümülatif nakit dengesi 2031 yılı da dahil olmak üzere hep nakit fazlasını göstermektedir. Dolayısıyla işletmenin bir nakit sıkıntısı ile karşılaşması söz konusu olmayacaktır. Fon akımı 2017 yılı sabit fiyatlarıyla hazırlanmıştır. Ancak bu olumlu nakit dengesi İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin bu proje için, yatırım harcamalarına yapacağı %17 oranındaki öz kaynak katkısı ve yine

yatırım dönemindeki kredi masrafları ve faiz ödemeleri için sağlayacağı 22,3 milyon Euro dışında projenin işletme dönemi sırasında da maddi kaynak sağlamasını gerektirmektedir. Bu maddi katkı, anapara geri ödemesinin gerçekleştirilebilmesi için sağlanacak 98 milyon Euro katkıdan oluşmaktadır. Ayrıca yatırım dönemi finansman katkısı 91,8 milyon Euro olmaktadır. Dolayısıyla Büyükşehir Belediyesi'nin toplam finansman katkısı 189,8 milyon Euro olmaktadır. Tablo 3.17'de bu katkının değeri belli yıllar itibarıyla ve toplam olarak verilmiştir.

Tablo 3.17: Yatırım Projesinin Fon Akışı

Yıllar	2018-2020	2024	2035	2046	Toplam
Yatırım Giderleri	409 424 329				409 424 329
Yenileme Yatırımları			21 003 679		21 509 146
İşletme Giderleri		21 445 982	22 370 308	22 585 612	568 432 537
Yatırım Kredisi Faiz Ödemeleri	21 802 977	16 575 000			162 052 977
Hazine Garantisi ve Taahhüt Ücreti	546 970				546 970
Yatırım Kredisi Anapara Ödemesi		34 000 000			340 000 000
Toplam Nakit Çıkışı	431 774 276	72 020 982	43 373 987	22 585 612	1 501 966 058
Elektrik Enerjisi Satış Geliri Tahsilatı		71 027 280	27 656 640	27 656 640	1 188 432 000
İBB'nin Kredi Anaparasının Geri Ödemesine katkısı		1 000 000			98 000 000
İBB'nin Yatırım Dönemi Finansman Katkısı	91 774 276				91 774 276
Yatırım Kredisi Kullanımı	340 000 000				340 000 000
Toplam Nakit Girişi	431 774 276	72 027 280	27 656 640	27 656 640	1 718 206 276
Yıllık Nakit Dengesi		6 298	-15 717 347	5 071 028	216 240 217
Kümülatif Nakit Dengesi		106 812 221	129 224 445	180 587 257	

3.8.3. Projenin Net Bugünkü Değeri (NPV) ve İç Karlılık Oranı (IRR)

Yatırımın karlılığı hem mali açıdan ve hem de ekonomik açıdan değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde iskonto oranı %10 olarak kabul edilmiştir. Bu iskonto oranında yapılan mali değerlendirmede projenin net bugünkü değerinin negatif olarak 159 milyon Euro olduğu hesaplanmıştır. Bunun üzerine projenin mali net bugünkü değeri değişik iskonto oranlarında hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonuçları Tablo 3.18'de verilmiştir.

Tablo 3.18: Projenin Değişik İskonto Oranlarında Net Bugünkü Değerleri ve İç Karlılık Oranı

İskonto Oranı (%)	-5,00	0,71	0,72	1,00	10,00	İç Karlılık Oranı (IRR)
	Net Bugünkü Değer (NPV)					
Toplam Maliyetler	2 201 488 623	1 081 399 728	1 080 337 263	1 051 343 592	561 712 096	
Toplam Gelirler	2 557 804 592	1 081 674 369	1 080 266 493	1 041 848 756	402 654 216	
Net Bugünkü Değer	356 315 969	274 641	-70 771	-9 494 836	-159 057 880	
İç Karlılık Oranı (IRR)						0,7179

Tablodan görüleceği üzere, projenin mali net bugünkü değeri %-5 iskonto oranında pozitif değer almakta ve 356 milyon Euro olmaktadır. Bu çerçevede projenin iç karlılık oranı da %0,72 olarak hesaplanmıştır. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere proje mali açıdan karlı değildir.

Yatırımın iç karlılık oranının bu denli düşük çıkmasının nedeni, %10 iskonto oranında, evsel katı atık yakma ve enerji üretim tesisi yatırımının kredi geri ödemelerini gerçekleştirebilecek kadar fon yaratamamış olmasıdır. Bu durum Tablo 3.19'da bütün gelir ve gider akımları için ayrı olarak verilmiş olan net bugünkü değer rakamlarından da anlaşılmaktadır. Proje gelirlerinin %10 iskonto oranında toplam net bugünkü değeri 402,7 milyon Euro olmasına karşılık işletme giderleri, kredi faizleri, yatırım harcamaları ve yenileme yatırımları harcamalarının %10 iskonto oranındaki toplam net bugünkü değeri 561,7 milyon Euro'dur. Dolayısıyla, net gelir akımlarının net bugünkü değeri negatif olarak 159,1 milyon Euro olmaktadır.

Tablo 3.19: İç Karlılık Oranı Hesabına Esas Olan Gelir ve Gider Akımları (2017 Yılı Fiyatlarıyla)

Proje Yılları	0	4	14	20	30	
Takvim Yılları	Net Bugünkü Değer 2017	2020	2030	2036	2046	TOPLAM
GELİRLER						
Elektrik Enerjisi Satış Geliri	402 654 216		73 224 000	28 512 000	28 512 000	1 045 872 000
Toplam Gelirler	402 654 216		28 512 000	28 512 000	28 512 000	1 045 872 000
MALİYETLER						
Etüt-Proje, Müşavirlik	10 279 326	638 665				11 768 079
Fiziki Yatırımlar	286 560 488	148 733 545				
Beklenmeyen Giderler	29 684 257	14 937 588				
İşletme Sermayesi	1 427 498	1 900 000				1 900 000
Toplam Yatırım Maliyeti	327 951 570	166 209 798				409 424 329
İŞLETME GİDERLERİ						
Sabit İşletme Giderleri	64 007 252		10 892 463	10 981 908	11 145 972	267 804 864
Değişken İşletme Giderleri	81 249 730		11 388 938	11 406 827	11 439 640	300 627 672
Kredi Faizleri ve Kredi Giderleri	84 624 396	15 072 847	6 375 000			162 599 947
Yenileme Yatırımları	3 879 149		252 784			21 509 246
Toplam İşletme Gideri	233 760 527	15 072 847	28 909 185	22 388 735	22 585 612	639 818 834
TOPLAM MALİYET	561 712 096	181 282 645	28 909 185	22 388 735	22 585 612	1 049 243 163
NET GELİRLER	-159 057 880	-181 282 645	44 314 815	6 123 265	5 926 388	-3 371 163

3.9. Projenin Ekonomik Analizi

Ekonomik analiz bölümünde, finansal piyasa fiyatlarıyla değerlendirilmiş olan proje gelir ve gider akımları, ekonomik fiyatlarla hesaplanarak değerlendirilmektedir. Böylece proje fayda ve maliyetlerinin gerçek kıtlık fiyatları (kaynakların az olmasından doğan temel ekonomik sorunların çözümüne yönelik alternatif maliyet unsurları) bazında karşılaştırılması mümkün olmaktadır. Ayrıca tesisin, projeden etkilenecek topluluk üzerindeki etkisinin incelenmesi de ekonomik değerlendirmenin

bir parçasıdır.

Projenin uygulanması ile ortaya çıkacak tüm mali, sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerin daha geniş bir çerçevede ele alınmasıyla, projenin kendisinden etkilenecek tüm alanlar üzerindeki önemli dış etkilerinin mümkün olabildiğince düşünülüp, değerlendirilmesi çalışılmış olacaktır. Projenin dış etkileri mümkün olduğunca maddi olarak değerlendirilmeye çalışılmış ve rakamsal değerlendirmelerin yapılamadığı durumlarda projenin niteliksel dış etkileri tartışılmıştır. Türkiye’de resmi bir sosyal iskonto oranı bulunmadığından, finansal analiz için kullanılan %10 oranının aynı ekonomik iskonto oranı olarak da kullanılmıştır.

- **Finansal değerlerin ekonomik değerlere dönüşümü:** Ekonomik analizin ilk aşaması finansal maliyetler temelinde ifade edilmiş olan proje gelir ve gider akımlarının ekonomik maliyetlere dönüştürülmesini ve böylece gelir ve gider akımlarının finansal maliyetlere özgü olan sapmalardan arındırılmasını gerektirmektedir. Bu sapmalar gerçek maliyetleri maskeleyen vergiler ve sübvansiyonlar ile piyasa kusurlarını yansıtmak suretiyle gerçek maliyeti maskeleyen uluslararası ve yurtiçi piyasa fiyatları arasındaki farklardan kaynaklanmaktadır.

Piyasa fiyatlarından ekonomik fiyatlara geçiş, belirli bir dönüşüm katsayısı uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Türkiye ekonomisi için geçerli olarak herhangi bir resmi ekonomik dönüşüm katsayısı bulunmadığından, standart dönüşüm katsayısı (SDK) uygulanmıştır.

$$\text{SDK} = (\text{M} + \text{X}) / (\text{M} + \text{Tm}) + (\text{X} - \text{Tx}) \quad (\text{İBB Fizibilite Raporu, 2019})$$

M :toplam ithalatlar

X :toplam ihracatlar

Tm :ithalat vergileri

Tx :ihracat vergileri

Bu katsayı faktör fiyatlarının, vergiler de dâhil olmak üzere piyasa fiyatlarına oranını ifade etmektedir.

Standart dönüşüm katsayısının hesaplanmasında Türkiye yıllık istatistiklerinin ithalat, ihracat ve ticari vergi verileri kullanılmış ve 0.94’lük bir SDK elde edilmiştir. Bu katsayı tüm yurtiçi girdi faktörleri için kullanılmıştır.

Yatırım harcamalarının ana bileşenler itibarıyla iç para ile dış para arasındaki dağılımı yukarıdaki Tablo 3.10'da verilmiştir. Tüm yatırım bileşenlerinin iç para cinsinden yapılan harcamaları, daha önceden hesaplanmış olan SDK (0.94) kullanılarak ekonomik fiyatlara çevrilmiştir. SDK aynı zamanda işletme ve bakım giderleri, elektrik enerjisi satış gelirleri ve yenileme yatırımları için de uygulanmıştır.

3.9.1. Projenin Çevresel Etkileri

Evsel atık yakma ve enerji üretim tesisinin ekonomik analiz değerlendirmelerinde dikkate alınması gereken herhangi bir çevresel maliyeti bulunmamaktadır.

Tesisin muhtemel olumsuz etkilerinin en önemlisi katı atıkların yakılması sonucu oluşacak baca gazıdır. Çevresel Etki Değerlendirme raporunda, baca gazının çevreye olumsuz etkilerini gidermek için bir baca gazı arıtma tesisi kurularak baca gazı salınımlarının bileşimi ve niteliklerinin yönetmeliklerde belirtilen sınırlar içerisinde kalması istenmektedir.

06.10.2010 tarih 27721 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan ve yürürlüğe giren "Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmeliği"deki hükümler doğrultusunda baca gazı emisyonlarını minimum seviyeye indirecek teknoloji ile bir baca gazı arıtma sistemi inşa edilmiştir. (ÇED Raporu, 2012).

3.9.2. Projenin Sosyal Etkileri

Proje hem inşaat aşamasında hem de işletme aşamasında istihdam yaratmaktadır. İnşaat sırasında 200 kişiye istihdam sağlanmıştır. İşletme sırasında ise 87 kişi istihdam edilmektedir.

İstihdam edilen personele yapılacak ücret ödemeleri nedeniyle yaratılacak ek gelirin hane halkı tarafından harcanmasıyla piyasada bir ek talep yaratılmış olacaktır. İnşaat için istihdam edilenlerin sadece iki yıl boyunca gelir elde edecek olmalarına karşılık işletme aşamasında istihdam edilecek 87 kişinin 25 yıl çalışarak gelir elde etmiş olacaktır. Bu gelirin personel tarafından harcanması sonucu piyasada oluşacak talep ve bunun yol açacağı çarpan etkileri dolayısıyla toplamda yukarıda verilen rakamlardan daha yüksek bir talep yaratılmış olacaktır. Bunun sonucunda toplum refahı da yükselmiş olacaktır.

Projenin inşaat aşamasında ekonomide yaratılacak ek talep, işçilik ücretleri ile sınırlı kalmayacaktır. Tablo 3.10'da gösterildiği gibi, toplam yatırım harcamalarının 268,1

milyon Euro tutarındaki kısmı yurtiçinde harcanacaktır. Bu miktar, inşaat sırasında istihdam edilen işçilere yapılan ücret ödemelerinin yanı sıra, yurtiçinden alınan makine, ekipman, malzeme, akaryakıt ve müteahhitlik hizmetlerine yapılan ödemeleri de kapsamaktadır. 2017 - 2020 döneminde yapılan bu harcamaların yol açtığı çarpan etkisi yoluyla yatırım bedelinin üstünde bir gelir artışı oluşmuş ve sosyal refah artmıştır.

Tesisin işletme aşamasında her yıl yaklaşık 11,4 milyon Euro tutarında çeşitli girdiler kullanılmakta ve ayrıca yine her yıl yaklaşık 12 milyon Euro dolayında bakım ve onarım harcaması yapılmaktadır. Bu işletme girdileri ile bakım ve onarıma yönelik harcamalar ile temin edilecek yedek parça ve malzemenin bir kısmı yurtiçinden temin edilecektir. Bütün bu girdi, yedek parça ve malzeme temin faaliyeti aynı zamanda bir taşıma talebi de yaratacaktır. Satın alınacak işletme girdileri ile tesisten dışarı taşınacak olan cüruf ve baca gazı kalıntılarının yıllık toplam miktarı yaklaşık 120 bin ton düzeyindedir. Dolayısıyla tesis ciddi bir taşıma talebi yaratmış olacaktır. Bu talebin, çarpan etkisi yoluyla ekonomide ciddi ölçüde bir ek talep yaratacağı anlaşılmaktadır. İşletme faaliyetleri için ihtiyaç duyulacak bütün girdilerin temin ve taşınması hizmetlerinin gerçekleştirilmesine ilişkin bütün faaliyetler de ek istihdam ve gelir yaratacaktır. Bütün bunlar sosyal refahın artmasına da önemli bir katkıda bulunacaktır. Tesisin çevresel ve sosyal olumlu etkileri projenin dolaylı dış faydası olarak tanımlanmaktadır. Bu dış faydanın kişi başına parasal değerinin yılda 4,0 Euro olduğu varsayılmıştır. Bu kişi başına fayda değeri İstanbul'un nüfusu ile çarpılarak projenin dolaylı dış faydasının ekonomik değeri hesaplanmış ve ekonomik analizde dikkate alınmıştır.

3.9.3. Projenin Ekonomik Faydaları

Evsel atık yakma ve enerji üretim tesisi, düzenli depolama sahasına gönderilecek katı atık miktarını azaltmak amacıyla inşa edilmiş ve işletilmektedir. Bu amaçla yapılacak yatırım tutarı yaklaşık olarak 409,4 milyon Euro'dur. Bu tesiste yılda 1.005.000 ton ve tesisin ekonomik ömrü boyunca da yaklaşık olarak 26,6 milyon atık yakılmış olacaktır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, evsel atık yakma ve enerji üretim tesisi kurmak suretiyle düzenli depolama sahası yatırımı yapmaktan ve dolayısıyla buna ilişkin yatırım ve işletme giderlerinden de kurtulmuş olmaktadır. Bu nedenle, 26,6 milyon ton katı atığı düzenli depolama sahasında bertaraf etmek için yapılması gerekli yatırım ve işletme harcamalarının ekonomik analizde dikkate alınması gerekmektedir. Ekonomik

analiz yapılırken söz konusu işletme ve yatırım harcamaları projenin dış faydası olarak dikkate alınmıştır.

Proje ömrü boyunca yakılacak atık miktarı, ara örtü tabakaları ile birlikte değerlendirildiğinde 30,6 milyon m³ düzeyinde bir depolama hacmine karşılık gelmektedir. Bu kadar hacmi depolamak için yaklaşık 70 hektar alana sahip bir araziye ihtiyaç olacaktır. Odayeri Düzenli Depolama Sahası'nda bir ton katı atığın bertaraf edilebilmesi için oluşan işletme gideri ortalama döviz kuru üzerinden 3,64 Euro'ya karşılık gelmektedir. Bu işletme gideri, evsel atık yakma tesisinde yakılacak atık miktarı göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık 97 milyon Euro'ya karşılık gelmekte olup ekonomik analizde projenin dış faydası olarak dikkate alınmıştır. Düzenli depolama sahası inşaat yatırımları hesaplanırken depolama sahasının taban alanının her bir hektarı için 325.000 Euro tutarında yatırım harcaması gerekeceği varsayılmıştır. Bu durumda düzenli depolama sahası toplam inşaat yatırımı 22,8 milyon Euro olmaktadır. Ayrıca 4,5 milyon Euro tutarında sızıntı suyu arıtma sistemi ekipmanları, meşale, kantar ve jeneratör gibi makine ve ekipman yatırımı olmuş ve toplam 27,3 milyon Euro yatırım maliyeti oluşmuştur. Bu yatırım maliyetlerine arazi maliyetleri dahil edilmemiştir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

3.9.4. Projenin Ekonomik Maliyetleri

Evsel atık yakma ve enerji üretim tesisinin muhtemel dış maliyeti baca gazının dışarıya olduğu gibi salınması durumunda ortaya çıkacaktır. Ancak, tesis bünyesinde kurulan baca gazı arıtma tesisi ile bu risk ortadan kaldırılmıştır. Dolayısıyla evsel atık yakma ve enerji üretim tesisinin ekonomik analizde dikkate alınması gereken herhangi bir dış maliyeti bulunmamaktadır.

3.9.5. Projenin Ekonomik Net Bugünkü Değeri (NPV) ve Ekonomik İç Karlılık Oranı (IRR)

Projenin toplam ekonomik faydalarının net bugünkü değerinin 913,7 milyon Euro olacağı görülmektedir. Bu toplam fayda değerinin 367,1 milyon Euro tutarındaki kısmı elektrik satışından elde edilecek gelirlerin ekonomik fiyatlarla hesaplanmış bedeline aittir. Toplam ekonomik faydanın kalan 546,6 milyon Euro tutarındaki kısmı projenin dış faydalarının bedeline karşılık gelmektedir. Projenin dış faydaları iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grup, evsel atık yakma tesisinde yakılması planlanan atıkların

bugüne kadar olduğu gibi yine bir düzenli depolama sahasında bertaraf edilmesi durumunda yapılması gereken yatırım ve işletme giderlerine aittir. Zira evsel atık yakma tesisinin alternatifi, bu tesiste 2046 yılına kadar yakılacak toplam 26,6 milyon ton atığın bir düzenli depolama sahasında bertaraf edilmesidir. Bunu yapabilmek için ek bir düzenli depolama alanı belirleyip gerekli yatırım ve işletme harcamalarını yapmak gerekecektir.

Evsel Atık Yakma tesisinin kurulması ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi söz konusu düzenli depolama sahası yatırım ve işletme giderlerinden tasarruf etmiş olmaktadır. Birinci gruba giren bu tasarrufların ekonomik fayda hesaplamalarına katkısı 37,99 milyon Euro'dur. Bu bedel, düzenli depolama sahası için yapılan yatırım harcamaları ile işletme giderlerinden oluşmaktadır. Dış faydaların ikinci grubu dolaylı dış faydalardan oluşmaktadır. Bu gruptaki faydalar, yukarıda "Projenin Sosyal Etkileri" bölümünde anlatılan faydaların parasal değerini ifade etmektedir. Söz konusu sosyal faydalar, projenin yarattığı doğrudan ve dolaylı istihdam ve ek talep nedeniyle ekonomide ortaya çıkacak ek geliri yansıtmaktadır. Bu sosyal faydaların parasal değeri, ekonomide yaratılan yıllık ek gelir değerinin kişi başına 4 Euro olacağı varsayımıyla hesaplanmıştır. Böylece, projenin dolaylı dış faydasının toplam bugünkü değeri 508,6 milyon Euro olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, projenin toplam dış faydası 546,6 milyon Euro ve toplam faydası da 913,7 milyon Euro olmaktadır. Projenin toplam fayda değerine karşılık projenin toplam ekonomik maliyetinin bugünkü değeri 545,6 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Bu değer, projenin yatırım ve işletme giderlerinin ekonomik fiyatlarla ve %10 iskonto oranı baz alınarak hesaplanmış bugünkü değeridir.

Projenin mali analizi kısmında 561,7 milyon Euro olarak hesaplanan proje maliyetinin bugünkü değeri ekonomik fiyatlara dönüştürüldüğünde 545,6 milyon Euro olmaktadır. Bu koşullar altında projenin ekonomik fayda maliyet oranı ise 1,67 olarak hesaplanmıştır (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

Tablo 3.20: Yatırımın Fayda/Maliyet Oranı (F/M)

	Toplam Mutlak Değer	Net Bugünkü Değer (2017)	2018-2020	2030	2036	2046
Dış Faydalar						
Düzenli Depolama Sahası İşletme Giderinden Tasarruf	96 942 300	26 552 720	1 829 100	3 658 200	3 658 200	3 658 200
Düzenli Depolama Sahası Yatırım Harcamalarından Tasarruf						
Altyapı Yatırımları	16 000 000	5 780 742	2 000 000			
Üstüya Yatırımları	6 800 000	1 935 933				850 000
Sızıntı Suyu Makinaları, Kantar, Jeneratör vb. Makinalar	4 500 000	3 719 008	4 500 000			
Projenin Dolaylı Dış Faydaları	1 984 795 516	508 561 753	31 388 722	71 472 530	77 234 598	87 888 714
Proje Gelir ve Gider Akımları (İktisadi Fiyatlarla)						
Yıllık Elektrik Satış Gelirleri	1 083 612 298	367 140 114		66 765 643	25 997 242	25 997 242
Yıllık Kredi Faizleri ve Kredi Giderleri	162 599 947	84 624 396	22 349 947	6 375 000		
Yıllık İşletme Bakım Giderleri	534 326 585	136 541 563		20 944 517	21 045 411	21 230 475
Yıllık Yatırım Giderleri	402 765 267	322 647 116	402 765 267			
Yenileme Yatırımları	21 144 962	3 813 629		252 784		
Hurda Değeri	-31 942 883	-2 013 660				-31 942 883
Net Nakit Akışı	2 103 756 236	2 103 756 236	-385 397 392	114 324 072	85 844 628	129 106 564
Ekonomik Net Bugünkü Değer (ENBD)		367 949 214				
Ekonomik İç Karlılık Oranı (EİKO) %		22,52				
Faydalar	3 192 650 113	913 690 271				
Maliyetler	926 293 930	545 613 043				
F/M Oranı		1,67				

Dış fayda akımları ile proje gelir ve gider akımlarının %10 sosyal iskonto oranı ile hesaplanmış olan bugünkü değerlerinin farkı ise, projenin ekonomik net bugünkü değerini göstermektedir. Yukarıda verilen değerlerin ışığında projenin net bugünkü değeri yaklaşık 367,9 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Bu durumda projenin ekonomik iç karlılık oranı da %22,52 olarak bulunmuştur.

Proje ekonomik açıdan değerlendirilirken yatırım harcamaları ile işletme gelir ve giderleri, finansal maliyetlere özgü olan sapmalardan ve gerçek maliyetleri maskeleyen vergiler ve sübvansiyonlardan arındırılarak ekonomik fiyatlarla

hesaplanmıştır. Buna ek olarak ekonomik değerlendirmede projenin yarattığı dış fayda ve maliyetler de dikkate alınmıştır. Bu çerçevede projenin çevreye zarar verecek herhangi bir etkisi olmayacak şekilde planlandığı dikkate alınarak dış maliyetlerin olmadığı sonucuna varılmıştır. Buna karşılık, projenin çeşitli dış faydalarının olduğu belirlenmiştir. Bunlardan birisi, projede çalışan personele ödenen ücretlerle, tesisin işletmesi sırasında dışarıdan temin edilen çeşitli girdi ve malzemelerle hizmetler için yapılan ödemelerin yaratacağı ek gelir ve bu gelirin harcanmasının piyasada yaratacağı çarpan etkileridir. Diğer dış fayda ise atık yakma tesisinin hizmete girmesiyle bu katı atıkların düzenli depolama sahasında bertaraf edilmesi için yapılması gereken yatırım ve işletme giderlerinden sağlanan tasarruftur.

Bütün bu faydalar hesaplanarak, proje için yapılan ekonomik değerlendirmede dikkate alınmış ve projenin ekonomik net bugünkü değeri ile ekonomik iç karlılık oranı hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamaların sonucu Tablo 3.20’de verilmiş olup, projenin ekonomik net bugünkü değeri yaklaşık olarak 368 milyon Euro ve ekonomik iç karlılık oranı da %22,52 olmaktadır. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda projenin ekonomik açıdan karlı olduğu görülmektedir.

3.10. Projenin Duyarlılık Analizi

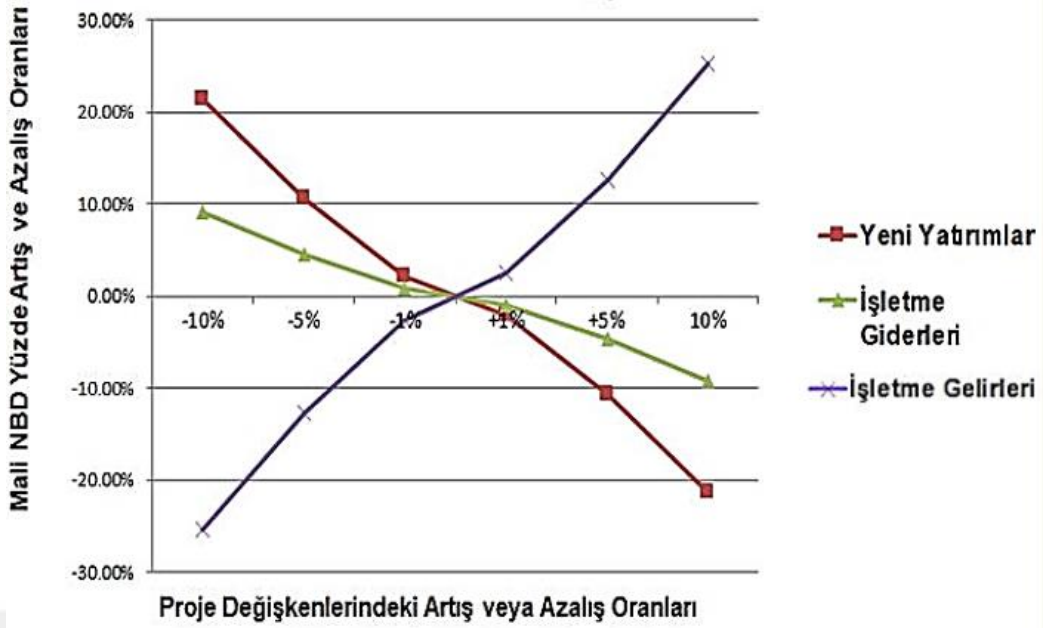
Proje duyarlılık analizi; proje değişkenlerinin aldığı değerlerdeki muhtemel değişikliklerin, projenin mali ve ekonomik net bugünkü değeri ile iç karlılık oranı üzerindeki etkileri incelenerek yapılmıştır. Bu incelemede kullanılan proje değişkenleri “yeni yatırımlar”, “işletme giderleri”, “işletme gelirleri” ve “dış faydalar” olarak belirlenmiştir.

Duyarlılık analizinin yapılabilmesi için yukarıda belirtilen proje değişkenlerinin değerleri %1, %5 ve %10 oranında arttırılmış ve azaltılmış ve bu değişikliklere bağlı olarak mali ve ekonomik iç karlılık oranları ile net bugünkü değerlerde ortaya çıkan değişiklikler hesaplanmıştır. Mali net bugünkü değer ve mali iç karlılık oranı ile ilgili duyarlılık analizi çalışmasının sonuçları Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.21: Proje Değişkenlerindeki Değişiklikler Bazında Mali NBD ve Mali İKO Değerlerindeki Değişiklikler

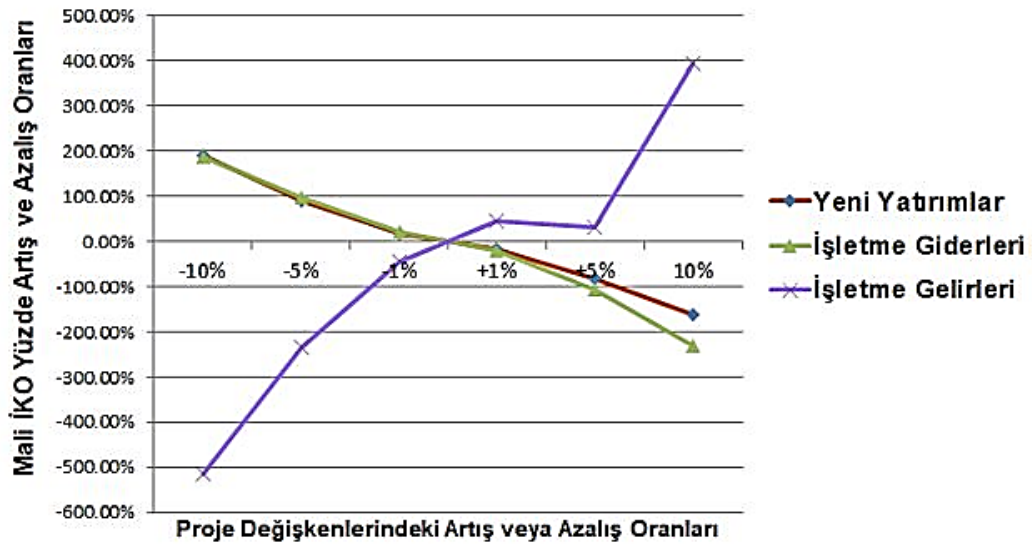
	Proje Değişkenlerindeki Değişiklikler Bazında Mali Net Bugünkü Değerdeki Değişmeler					
	-10 %	-5 %	-1 %	+1 %	+5 %	10 %
Yeni Yatırımlar	21,3 %	10,7 %	2,1 %	-2,1 %	-10,7 %	-21,3 %
İşletme Giderleri	9,1 %	4,6 %	0,9 %	-0,9 %	-4,6 %	-9,1 %
İşletme Gelirleri	-25,3 %	-12,7 %	-2,5 %	2,5 %	12,7 %	25,3 %
	Proje Değişkenlerindeki Değişiklikler Bazında Mali İç Karlılık Oranındaki Değişmeler					
	-10 %	-5 %	-1 %	+1 %	+5 %	10 %
Yeni Yatırımlar	187,8 %	90,2 %	17,5 %	-17,2 %	-83,7 %	-161,7 %
İşletme Giderleri	185,3 %	96,9 %	20,2 %	-20,6 %	-107,8 %	-230,8 %
İşletme Gelirleri	-514,6%	-234,1 %	-44,2 %	43,1 %	32,0 %	392,7 %
	Proje Değişkenlerindeki Değişiklikler Bazında Ekonomik Net Bugünkü Değerdeki Değişmeler					
	-10 %	-5 %	-1 %	+1 %	+5 %	10 %
Dış Faydalar	-1,0 %	-0,5 %	-0,1 %	0,1 %	0,5 %	1,0 %
Yeni Yatırımlar	9,0 %	4,5 %	0,9 %	-0,9 %	-4,5 %	-9,0 %
İşletme Giderleri	3,7 %	1,9 %	0,4 %	-0,4 %	-1,9 %	-3,7 %
İşletme Gelirleri	-10,0 %	-5,0 %	-1,0 %	1,0 %	5,0 %	10,0 %
	Proje Değişkenlerindeki Değişiklikler Bazında Ekonomik İç Karlılık Oranındaki, Değişmeler					
	-10 %	-5 %	-1 %	+1 %	+5 %	10 %
Dış Faydalar	-0,6 %	-0,3 %	0,0 %	0,1 %	0,3 %	0,6 %
Yeni Yatırımlar	10,8 %	5,2 %	1,0 %	-0,9 %	-4,7 %	-9,0 %
İşletme Giderleri	1,7 %	0,9 %	0,2 %	-0,1 %	-0,8 %	-1,7 %
İşletme Gelirleri	-5,6 %	-2,8 %	-0,5 %	0,6 %	2,8 %	5,6 %

Proje analiz göstergelerinde ortaya çıkan değişiklikler yüzde olarak ifade edilmektedir. Tablo 3.21'den görüleceği üzere, mali net bugünkü değeri en çok etkileyen proje değişkeni yatırım tutarı ve işletme gelirleridir. Yatırım tutarındaki ve işletme gelirlerindeki %5 ve daha büyük orandaki artış ve azalışların mali net bugünkü değer üzerindeki etkileri, bu proje değişkenindeki değişiklik değerinden daha yüksek olmaktadır. Örnek olarak, yatırım miktarında ortaya çıkacak %10 oranındaki bir azalış veya artış, mali net bugünkü değeri %21,3 oranında azaltmakta veya arttırmaktadır. Benzer bir şekilde, işletme gelirlerinde ortaya çıkacak %10 ve daha yüksek oranlı değişiklikler de mali net bugünkü değer üzerinde %25,3 oranında, yani orijinal değişim oranından daha yüksek bir etki yaratmaktadır.



Şekil 3.22: Proje Değişkenlerindeki Değişikliklerin Mali NBD Üzerindeki Etkileri

Şekil 3.22’de ise işletme giderlerindeki değişiklikler, diğer proje değişkenlerine oranla çok daha düşük bir etkiye sahiptir. İşletme giderlerindeki %10 oranındaki bir artış veya azalış, mali net bugünkü değer üzerinde sadece %9,1 oranında bir değişiklik yaratma kapasitesine sahiptir.



Şekil 3.23: Proje Değişkenlerindeki Değişikliklerin Mali İKO Üzerindeki Etkileri

Projenin mali iç karlılık oranı her üç proje değişkeni olan yeni yatırımlar, işletme gelirleri ve işletme giderleri unsurlarından yüksek oranda etkilenmektedir. Şekil 3.23’te görüleceği üzere en çok etki yaratan proje değişkeni işletme gelirleridir.

İşletme gelirlerinde yani elektrik satış gelirlerinde %5 ve daha büyük orandaki artış ve azalışların mali iç karlılık oranı üzerindeki etkileri, bu proje değişkenindeki değişiklik değerinden daha yüksek olmaktadır. Örnek olarak, işletme gelirinde ortaya çıkacak %10 oranındaki bir azalış, iç karlılık oranını %514,6 oranında azaltmaktadır. İşletme gelirinde ortaya çıkacak %10 oranındaki bir artış ise mali iç karlılık oranını %392,7 oranında arttırmaktadır. Benzer bir şekilde, yeni yatırım miktarlarında ortaya çıkacak %5 ve daha yüksek oranlı değişiklikler de mali iç karlılık oranı üzerinde, orijinal değişim oranından daha yüksek bir etki yaratmaktadır. Ancak yeni yatırım miktarındaki değişikliklerin etkisi, işletme gelirlerinin etkisinden biraz daha düşüktür. İşletme giderlerindeki değişikliklerin etkisi yatırım harcamalarındaki değişikliklerin etkisinden biraz daha azdır. Nitekim işletme giderlerindeki %10 oranındaki bir azalış mali iç karlılık oranı üzerinde %185,3 değerinde yüksek oranda artış yaratma kapasitesine sahiptir.

Bu değerlendirme sonucunda mali net bugünkü değer yeni yatırımlarla işletme gelirlerine; mali iç karlılık oranının ise bu iki değişkene ek olarak işletme giderlerindeki değişikliklere de duyarlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu değişkenlerin dönüşüm değerlerini yani mali iç karlılık ve net bugünkü değer katsayılarını karlı hale dönüştürmek için almaları gereken değerler de hesaplanmış ve proje değişkenlerinde bu oranda bir değişiklik yapmanın mümkün olamayacağı anlaşılmıştır. Projenin mali açıdan karlı duruma geçebilmesi için yatırım harcamasının 611,3 milyon Euro düzeyinden 256 milyon Euro düzeyine inmesi gerekmektedir ki bu tutardaki bir yatırım ile bu tesisin gerçekleştirilemeyeceği açıktır.

Ekonomik net bugünkü değer ve ekonomik iç karlılık oranı için de duyarlılık analizi yapılmıştır. Bunun sonucunda ekonomik net bugünkü değer bütün proje değişkenlerine duyarlı olduğu, ekonomik iç karlılık oranının ise yeni yatırımlar ile işletme gelirlerine duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bu iki proje göstergesi için dönüşüm değerleri de hesaplanmıştır. Bunun sonucunda projenin ekonomik açıdan karsız duruma geçebilmesi için yatırımların da %29 oranında artması gerekmekte olup bu durum olası değildir (İBB Fizibilite Raporu, 2019).

3.11. Projenin Risk Analizi

Evsel atık yakma ve enerji üretim tesisi projesi için yapılan mali ve ekonomik analiz kapsamında hesaplanan net bugünkü değer ve iç karlılık oranlarına ilişkin

büyükliklerin gerçekleşebilme olasılıklarını belirlemek için bir risk analizi gerçekleştirilmiştir. Risk analizinde yeni yatırımlar, yenileme yatırımları, işletme giderleri, gelirler, hurda değer, kredi faizleri ve dış faydalar gibi değişkenler incelenmiştir.

Bilindiği gibi duyarlılık analizinde proje göstergelerini etkileyen değişkenlerin değerleri birbirlerinden ayrı olarak değiştirilmektedir. Bu kapsamda bir değişkenin değeri değiştirilip etkisi hesaplanırken diğer değişkenlerin bütün değerleri sabit tutulmaktadır. Hâlbuki gerçek yaşamda böyle bir şeyin gerçekleşme olasılığı düşüktür; daha çok beklenen birkaç değişkenin aynı anda değişmesidir. Bu tür durumlar risk analizi teknikleri kullanılarak incelenmiştir.

Risk analizi çalışmasında tesisin mali ve ekonomik göstergeleri atık yakma konusunda tecrübe sahibi uzmanlarla paylaşılarak baz değer olarak alınan proje verileri ile birlikte diğer sonuçların tahmin edilmesi istenmiştir. Bu bağlamda yüz yüze gerekli mülakatlar yapılmak suretiyle atık yakma tesisinin net bugünkü değerleri ile iç karlılık oranlarının hangi durumları alabileceği, uzmanlarca tahmin edilen veriler Tablo 3.22’de gösterilmiştir.

Tablo 3.22: Uzmanlarca Tahmin Edilen Proje Göstergelerinin Dağılımı

	Uzman Görüşleri	MNBD	MİKO	ENBD	EİKO
		Euro	%	Euro	%
En Muhtemel Değer	1.Uzman	-157 445 027		360 350 240	
	2.Uzman	-161 545 100		262 530 040	
	3.Uzman	-159 165 050		371 472 705	
	Ortalama	-159 385 059	0,740	364 784 328	22,56
En Küçük Sonuç	1.Uzman	-202 450 500		-665 540 250	
	2.Uzman	-200 150 180		-901 975 624	
	3.Uzman	-210 454 374		-892 525 364	
	Ortalama	-204 351 685	0,340	-820 013 746	18,24
En Büyük Sonuç	1.Uzman	-100 200 250		1 435 863200	
	2.Uzman	-107 892 757		1 250 380 845	
	3.Uzman	-101 150 150		1 956 214 318	
	Ortalama	-103 081 052	1,510	1 547 486 121	28,17

Proje değişkenlerinde aynı anda değişik yönlerde ve aynı anda çeşitli değişikliklerin olması durumunda net bugünkü değer ve iç karlılık oranı değerlerinin aldığı yeni değerler belirlenerek bu değerler için bir olasılık dağılımı oluşturulmuştur. “Monte Carlo” yöntemi kullanılarak ve 5000 iterasyon yapılarak hazırlanan olasılık dağılımları Tablo 3.23’de özetlenmiştir.

Tablo 3.23: Projenin Risk Analiz Sonuçları

	MNBD	MİKO	ENBD	EİKO
	Euro	%	Euro	%
Baz Değer	-159 057 880	0,7179	367 949 214	22,52
En Muhtemel Değer	-159 385 059	0,740	364 784 328	22,56
En Küçük Sonuç	-204 351 685	0,340	-820 013 746	18,24
En Büyük Sonuç	-103 081 052	1,510	1 547 486 121	28,17
Standart Sapma	14 280 659	0,18	14 999 276	1,43
Baz Değerden Küçük veya Eşit Olan Sonuçların Payı	% 50,82	% 47,02	% 50,92	% 50,76
Baz Değerden Büyük veya Eşit Olan Sonuçların Payı	% 49,18	% 52,98	% 49,08	% 49,24
Baz Değerin En Muhtemel Değerden Sapması	% 0,21	% 2,65	% 0,86	% -0,17

Tablo 3.23'deki "baz değer" terimi hesaplamalar sonucunda proje göstergeleri yani net bugünkü değerler ile iç karlılık oranları için elde edilen değerleri göstermektedir. "En muhtemel değer" terimi ise aynı proje göstergeleri için simülasyon çalışması sonucunda elde edilen değerleri göstermektedir. Son satırdaki veri ise baz değerlerin en muhtemel değerlerden ne ölçüde saptığını göstermektedir. Baz değerlerin en muhtemel değerlerden sapmalarının oranı MNBD, ENBD ve EİKO için %1'den az ve MİKO için ise %2,65'tir. Mali iç karlılık oranının sapması diğerlerine göre biraz yüksek olmakla birlikte bu sapma olumlu yönde olduğu için MİKO için hesaplanan en muhtemel değer baz değerden yüksektir. Diğer yandan, risk analizi sonuçlarına göre MNBD halâ, negatif bir değer almakta ve MİKO ise %10 olan iskonto oranının halâ çok altında kalmaktadır. EİKO ise baz değer olan %22,52'den biraz daha yüksek bir değer olarak EİKO'nun iskonto oranının üzerinde kalacağını teyit etmektedir. Buna paralel olarak ekonomik net bugünkü değer ise sıfırdan büyük bir artı değer aldığı, böylece projenin ekonomik açıdan karlı bir yatırım olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak bu dağılımların ortalama değerlerinin fizibilite çalışması sonucu belirlenen değerlerden anlamlı bir şekilde saptadığı yani bulunan proje karlılık göstergelerinin güvenilir olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Satın alma gücünün artışı ve teknolojik gelişmeler paralelinde atık miktarında oluşan fazlalığın sağlıklı ve çevreci bir yaklaşım gözetilerek bertaraf edilmesi ve ekonomik fayda odaklı politika ve stratejiler geliştirilmesi kaçınılmaz bir hal almıştır.

Ortaya konulacak politika ve eylem planlarında; kurumsal yapısı güçlü atık yönetim sistemlerinin desteklenmesi ve ekonomik ve mali açıdan sürdürülebilir işletme stratejileri ortaya konulması durumunda yaşanabilir bir çevre imkânı sağlanabilecektir. Yapılan çalışma ile; ülkemiz için yeni bir teknoloji sayılabilecek bir uygulamanın özellikle büyükşehirlerdeki depolanabilir atık fazlalığının yakma bertaraf yöntemi ile yakılmasıyla enerji girdisi elde edilmesi ve depolama alanlarından tasarruf edilerek ülke ekonomisine katkı sunması suretiyle diğer büyükşehir belediyelerine yol göstermesi amaçlanmıştır. Bertaraf yöntemlerinden biri olan yakma teknolojisi alternatif ve güvenilir bir çözümdür. Tesisin yatırım ve işletme maliyetlerinin ortaya konması suretiyle finansal, ekonomik, duyarlılık ve risk analizleri yapılarak ileride yapılacak olan benzer yatırımlar için teknolojik ve finansal öngörude bulunulmaya çalışılmıştır. AB müktesebatı çerçevesinde hazırlanan uyum çalışmaları doğrultusunda uygulanan, çevre mevzuatının geliştirilmesi ve sürdürülebilir kılınması için çeşitli yaklaşım ve modeller üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Sürdürülebilir bir atık yönetimi için mali açıdan işletilebilmesi ve uygun bertaraf teknolojisinin seçilmesi gerekir. Ortaya çıkan atıkların uygun teknoloji ile bertaraf edilmesi ve çevreye olan risklerini en aza indirmek için etkin ve sürdürülebilir projelerle finansal ve ekonomik faydaları olan çözümlerin ortaya konması gerekmektedir.

Bu çalışmada, başta İstanbul olmak üzere diğer büyükşehirlerin atık rezervlerinin doğrudan yakılması sonucu elektrik üretme potansiyeline sahip olması, ekonomik ve çevresel açıdan önemlidir. Atığın enerjiye dönüştürülmesi ülke ekonomisine katma değer katan bir yatırım olması sebebiyle, yenilikçi ve öncü bir rol oynamaktadır. Tesis, 26 yıllık işletme döneminin ilk 9 yılında elektrik satışlarıyla kar elde ederken geri kalan yıllarda zarar etmektedir. Bunun sebebi Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından verilen destek priminin ortadan kaldırılmasıdır. 2031 yılından itibaren Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından destek priminin ödenmeye devam etmesi halinde her yıl yaklaşık 35 milyon Euro, 16 yılda yaklaşık 555 milyon Euro fazladan kar elde ederek, işletme dönemi boyunca 1,2 milyar Euro katma değer sağlanabilmektedir. Projenin fayda maliyet oranının 1,67 olması uygun bir yatırım

olduğunu göstermektedir.

Evsel atık yakma ve enerji üretim tesisinin, ekonomik analiz değerlendirmelerinde dikkate alınması gereken bir çevresel maliyeti bulunmadığı, buna karşılık katı atıkların yakılması yoluyla ağırlık açısından %75 ve hacim açısından %90 oranında azalma sağlanması, yine yakma işlemi dolayısıyla katı atıkların stabilize edilmesi, patojen mikroorganizmaların giderilmesi ve düzenli depolamaya oranla 1/3 oranında daha az sera gazı etkisi yaratılması gibi önemli avantajları olduğu görülmüştür. Bu yönüyle projenin çevreye zarar verecek olumsuz etkilerinin minimize edildiği, dış maliyetlerinin olmadığını ve çeşitli dış faydalarının olduğunu belirtmek yerinde olacaktır. Odayeri bölgesindeki katı atık yakma tesisi Silivri'deki düzenli depolama tesisine göre yıllık yaklaşık 6 milyon km yol tasarrufu avantajı sağlamak ve yine yıllık 1,4 milyon ton karbondioksit emisyonu ile yaklaşık 700.000 aracın emisyonunu karşılayabilmektedir. Tesis, evsel katı atıklardan enerji geri kazanımının ekonomik yönüyle olumlu olduğu tespit edilmiştir.

Fizibilite sonucu ortaya konan mali ve ekonomik değerlendirmeler ile duyarlılık göstergelerinin risk durumu değerlendirilmiştir. Yapılan risk değerlendirmesinde oluşan değerlerin fizibilite çalışması sonucu oluşan değerlerden anlamlı bir şekilde sapmadığı yani bulunan proje göstergelerinin güvenilir olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple diğer büyükşehirlerde kurulacak tesisler için örnek olabilecek bir çalışma örneğidir.

5. KAYNAKÇA

Akmal, T.; Jamil, F. (2021). Testing the Role of Waste Management and Environmental Quality on Health Indicators Using Structural Equation Modeling in Pakistan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 4193.

Arıkan, E.; Kalender, Z.T.; Vayvay, Ö. (2017). "Solid Waste Disposal Methodology Selection Using Multi-Criteria Decision Making Methods and an Application in Turkey," *Journal of Cleaner Production* Volume 142, Part 1, Pages 403-412

Atık Yönetimi Yönetmeliği. (2015). Resmî Gazete, 2 Nisan 2015, Sayı: 29314 Yönetmelik, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm> (Erişim Tarihi: 10.04.2022)

Avcı, F. (2016). Belediye Katı Atıklarının Termal Yöntemlerle Bertarafı Teknolojik ve Ekonomik İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, İstanbul.

Aydemir-Karadağ, A. (2019). "Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi için Birleştirilmiş Hedef Programlama ve AHP Yaklaşımı," *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Cilt/Volume:11 Sayı/Issue:1

Bayram, S.E. (2017). "Katı Atıkların Geriye Kazanımı ve Tarımsal Kullanım Olanakları", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, Cilt.10, Sayı.2, pp:62-65.

Bolat, D.; Güven, C.; Gedik, K.; Karakuş, P.B. (2016). Yağ Sektörü Ürün veya Atıkların Alternatif Yakıt Olarak Kullanılmasının Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt:21, Sayı:1, 2016.

BSTB. (2014). Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı, 2014-2017. Adres: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141230M1-12-1.pdf>

ÇED Raporu. (2012). İstanbul Büyükşehir Belediyesi Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi Projesi" Nihai Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu, Ankara, 2012.

Çevre Kanunu. (1983). Resmî Gazete, 1 Temmuz 1983 Tarihli 18132 Sayılı 2872 Numaralı <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18132.pdf> (Erişim Tarihi: 27.05.2021)

ÇOB. (2009). Çevre ve Orman Bakanlığı, Vahşi Depolama Alanlarının Islahı Klavuzu, (t.y.). Alındığı tarih:06.04.2022, adres: <http://csb.gov.tr>.

ÇOB. (2010). Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Belediyeler İçin Entegre Atık Yönetim Planı Hazırlama Klavuzu. 2010.

ÇŞB. (2014). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Klavuzu 2014.

ÇŞB. (2016). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevre Envanteri ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Çevre Durum Raporu (Çevre Durum Raporu 2016 yılı Özeti-İller).

ÇŞB. (2018). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023

Dede, Ş.; Ulutaş, A.; Yiğit, S: K. (2016). “Research of Leachate Treatability with Biological, Physical, Chemical and Membrane Bioreactor Processes ”, Sigma Journal of Engineering and Natural Science, SCI 34 (2), pp.199-209, İstanbul

EPDK. (2022). Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, (t.y.). Alındığı tarih: 05.04.2022, adres: <http://epdk.gov.tr>.

Eryılmaz, H.; Demirarslan, O.K. (2019). Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Sıvılaştırılarak Geri Dönüşümünün Araştırılması, Artvin Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi Sayı: 2(1), pp.50-56, 2019

ETKB. (2020). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Alındığı tarih: 05.04.2022, adres: <https://enerji.gov.tr>

European Commission Integrated Pollution Prevention and Control (2006). “Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration” Brussel, 2006

Eurostat (2018). Eurostat 2018 Waste Treatments. adres:https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASMUN/default/table?lang=en. 26.11.2021

EÜAŞ. (2017). Sektör Raporu 2017. adres:<http://www.euas.gov>.

Iwaszko, J.; Lubas, M.; Sitarz, M.; Zajemska, M.; Nowak, A (2021). Production of vitrified material from hazardous asbestos-cement waste and CRT glass cullet. J. Clean. Prod., 317, 128345.

İBB. (2015). “İ.B.B Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi Projesi Hava Kalitesi Modelleme Çalışması Raporu”, Haziran 2015.

İBB Atık Yönetim Müdürlüğü. (2022). Alındığı tarihi:03.04.2022, adres:<https://cevre.ibb.istanbul/atik-yonetimi-mudurlugu/kati-atik-aktarma-istasyonulari/>

İBB Faaliyet Raporu. (2020). “İBB Faaliyet Raporu 2020”, Mart 2021.

İBB Fizibilite Raporu. (2019). “İstanbul Büyükşehir Belediyesi Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi Projesi Fizibilite Raporu”, Şubat 2019.

İBB Proje Sunumu. (2021). İ.B.B Yapı İşleri Müdürlüğü’nün 03.03.2021 tarihli Proje Sunumu

İSO. (2020). İstanbul Sanayi Odası, Döngüsel Ekonomi ve Atık Yönetimi, Alındığı tarihi:01.05.2022,adres:https://www.iso.org.tr/surdurulebilirlik/docs/Onur_Akpolat_opt_27102020.pdf

İSTAÇ. (2021). İstanbul Çevre Yönetimi San.ve Tic.A.Ş., Biyometanizasyon Tesisi. (t.y.), Alındığı tarihi:04.04.2022, adres: <http://istac.istanbul/tr>.

İSTAÇ. (2022). İstanbul Çevre Yönetimi San.ve Tic.A.Ş., Çöp Gazından Elektrik Üretimi. (t.y.), Alındığı tarihi:04.04.2022, adres: <http://istac.istanbul/tr>.

İstanbul Valiliği. (2022). “Asya ve Avrupa’yı Birleştiren Şehir”, Alındığı tarihi:05.04.2022, adres:<http://www.istanbul.gov.tr>.

İSTKA, (2015). İstanbul Kalkınma Ajansı, 2014-2023 İstanbul Bölge Planı, Mayıs 2015. adres: <https://www.istka.org.tr/>

Karakuyu, M., Tezer, S.T., Balık, H. (2010). “İstanbul’un Tarihsel Topoğrafyası ve Literatür Değerlendirmesi”, Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi, Cilt 8, Sayı 16, pp: 33-60.

Kaypak, Ş. (2012). “Çevre Hukukunun Ulusal ve Uluslararası Boyutları”, Adıyaman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı 10.

Kemirtlek, A.(2005). (t.y.). Entegre Katı Atık Yönetimi, İSTAÇ A.Ş., Alındığı tarihi;06.04.2022,adres:https://istac.istanbul/contents/44/cevre-makaleleri_130838592910380265.pdf

Koçak, E.; İkizoğlu, B. (2020). Types of Waste in the Context of Waste Management and General Overview of Waste Disposal in Turkey. International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences, 4 (4), 520-527.

Lu, J.-W.; Xie, Y.; Xu, B.; Huang, Y.; Hai, J.; Zhang, J. (2019). From NIMBY to BIMBY: An evaluation of aesthetic appearance and social sustainability of MSW incineration plants in China. Waste Manag. 95, 325–333

Marshall, R.E., Farahbakhsh, K., (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. Waste Manag 33, 988–1003

Mazlum, N.; Mazlum, S. (2004). “Kentsel Organik Katı Atıkların Kompostlaştırılması” Katı Atık ve Çevre, Katı Atık Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi, Katı Atık ve Çevre, 55, 23-30.

MMO. (2018). TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Türkiye’nin Enerji Görünümü Raporu-2018, Ankara. (t.y.). Alındığı tarih: 07.04.2022, adres: <http://mmo.org.tr>.

Mountouris, A, Voutsas, E, (2006). “Solid waste plasma gasification: Equilibrium model development and exergy analysis”, Energy Conversion and Management, 47, 1723-1737.

Nanda, S.; Berruti, F. A (2021). Technical review of bioenergy and resource recovery from municipal solid waste. J. Hazard. Mater., 403, 123970.

Onwosi, C.; Igbokwe, V.; Odimba, J.; Eke, I.; Nwankwoala, M.; Iroh, I.; Ezeogu, L. (2017). Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. *J. Environ. Manag.*, 190, 140–157.

Öztürk, İ.; Demir, İ.; Özabalı, A.; Tezer, H.(2005). “İstanbul İçin AB Çevre Mevzuatı İle Uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi Stratejik Planı”, (2005)

Öztürk, İ. (2010). Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları, İstanbul.

Palabıyık H, Altunbaş D, (2004). Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler (C. Marin, U. Yıldırım ed.), Beta Yayınları, 103-124. İstanbul.

Porteous, A. (2005). Why energy from waste incineration is an essential component of environmentally responsible waste management. *Waste Manag.*, 25, 451–459.

Saltabaş, F.; Sosyal, Y.; Yıldız, Ş. Balahorli, V. (2011). “Municipal Solid Waste Thermal Disposal Methods and its Applicability in Istanbul”, *Journal of Engineering and Natural Sciences-SIGMA*, 3, 109-116, İstanbul

Saray, E. (2019). Yenilenebilir Enerji Üretim ve Yatırım Maliyetleri Karşılaştırması: Ege Bölgesi Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

Savini F. (2021). The circular economy of waste: recovery, incineration and urban reuse, *Journal of Environmental Planning and Management*, 64:12, 2114-2132,

Savrul, M. (2010). AB İlişkileri Çerçevesinde Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İktisadi Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.

Sayıştay. (2017). “Türkiye’de Atık Yönetimi”, Ulusal Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Performans Denetimi Raporu, Ocak 2017.

Seadon, J. K., (2006). "Integrated Waste Management Looking Beyond the Solid Waste Horizon". *Waste Management -Pergamon Press-*. 26 (12): 1327-1336.

Sipra, A.T.; Gao, N.; Sarwar, H. (2018). Municipal solid waste (MSW) pyrolysis for bio-fuel production: A review of effects of MSW components and catalysts. *Fuel Process. Technol.*, 175, 131–147.

Tedesco, D.E.A.; Scarioni, S.; Tava, A.; Panseri, S.; Zuorro, A (2021). Fruit and Vegetable Wholesale Market Waste: Safety and Nutritional Characterization for Their Potential Re-Use in Livestock Nutrition. *Sustainability*, 13, 9478.

TEİAŞ. (2020). Türkiye Elektrik Üretim, İletim İstatistikleri, Erişim adresi: <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, Erişim tarihi:17.01.2022.

Tolay, M., Baileys, R., Waterschoot, A., (2010). “Drying and Gasification Technologies for Industrial Wastewater Sludge”, 12th Industrial Pollution Control Symposium, EKK 2010, June 16-18 2010, ITU, Istanbul-Turkey.

Topal, H. (2015). "Plasma Gasification Technology for Solid Waste Disposal" Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol.30, No.4, pp.733-741, Ankara

TÜİK. (2020). Atık İstatistikleri [Basın bülteni]. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198>

U.S EPA. (2018) Advancing Sustainable Material Management 2015 Fact Sheet. Available at <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/advancing-sustainable-materials-management> Erişim tarihi 22.05.2021

Vyas, S., Prajapati, P., Shah, A.V., Varjani, S., (2022). Municipal Solid Waste Management: Dynamics, Risk Assessment, Ecological Influence, Advancements, Constraints and Perspectives. Science of the Total Environment. 814, 152802.

Wang, A.; Zhang, L.; Shi, Y.; Rozelle, S.; Osborn, A.; Yang, M. Rural (2017). Solid Waste Management in China: Status, Problems and Challenges. Sustainability, 9, 506.

WWF-Türkiye. (2011) Doğal Hayatı Koruma Vakfı, Yenilenebilir Enerji Geleceği ve Türkiye, (t.y.). Alındığı tarih: 06.04.2022, adres: <http://wwf.org.tr>.

WWF-Türkiye. (2014). Doğal Hayatı Koruma Vakfı, İstanbul. Türkiye'nin Yenilenebilir Gücü, Türkiye için Alternatif Elektrik Enerjisi Arz Senaryoları (t.y.). Alındığı tarih: 15.04.2022, adres: <http://wwf.org.tr>.

WWF-Türkiye. (2022) Doğal Hayatı Koruma Vakfı, Kısa Kısa Yenilenebilir Enerji Kaynakları, (t.y.). Alındığı tarih: 07.04.2022, adres: <http://wwf.org.tr>.

Yang, Y., Liew, R.K., Tamothran, A.M. (2021). Gasification of Refuse-Derived Fuel from Municipal Solid Waste for Energy Production: A Review. Environ Chem Lett 19, 2127–2140.

Yılmaz, M. (2019). Balıkesir İli Evsel Katı Atıklarının Bertarafında Uygun Termal Yöntemin Seçilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Enerji Yönetimi, Gaziantep.

6. EKLER

