



**UŞAK BELEDİYESİ KATI ATIK YÖNETİMİ
FİZİBİLİTE RAPORUNA ESAS
SONDAJLI ATIK SAHAŞI KARAKTERİZASYONU BELİRLENMESİ
VE GAZ VARLIĞININ ARAŞTIRILMASINA YÖNELİK
AR-GE PROJESİ**

Nisan, 2010

İZMİR

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ



UŞAK BELEDİYESİ KATI ATIK YÖNETİMİ
FİZİBİLİTE RAPORUNA ESAS
SONDAJLI ATIK SAHASI KARAKTERİZASYONU BELİRLENMESİ
VE GAZ VARLIĞININ ARAŞTIRILMASINA YÖNELİK
AR-GE PROJESİ

HAZIRLAYANLAR

Yrd. Doç. Dr. Görkem AKINCI *

Prof. Dr. Turgay ONARGAN **

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali DANIŞMAN ***

Araş. Gör. Dr. Kerim KÜÇÜK **

Araş. Gör. Dr. Duyuşen GÜVEN *

Araş. Gör. Yük. Müh. Güliden GÖK *

Araş. Gör. Yük. Müh. Melayib BİLGİN *

** Çevre Mühendisliği Bölümü, ** Maden Mühendisliği Bölümü, *** Jeofizik Mühendisliği Bölümü*

NİSAN, 2010
İZMİR

UŞAK BELEDİYESİ KATI ATIK YÖNETİMİ

FİZİBİLİTE RAPORUNA ESAS

SONDAJLI ATIK SAHAŞI KARAKTERİZASYONU BELİRLENMESİ

VE GAZ VARLIĞININ ARAŞTIRILMASINA YÖNELİK

AR-GE PROJESİ

Giriş

Günümüzde nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak oluşan katı atık miktarı da hızla artmakta ve şehirler için giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Geçmişte uygulanan, insan ve çevre sağlığı açısından büyük riskler taşıyan katı atıkların vahşi döküm sahalarına dökülmesi uygarlaşan dünyada giderek geçerliliğini kaybetmektedir.

Bu projede, Uşak Belediye Meclisi'nin 04.12.2009 tarihli ve 249 sayılı kararına istinaden, Uşak İli katı atıklarının bilimsel olarak uygun ve sürdürülebilir yöntemlerle gerçekleştirilmesine ışık tutması amacıyla gerekli araştırmalar yürütülmüş olup sonuçlar bir rapor halinde sunulmaktadır.

Kapsam

Uşak Kenti katı atıklarının ve hâlihazırda kullanılan katı atık depolama alanının özelliklerinin ve uygun atık yönetim stratejilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmalar aşağıda yer alan içerikle sunulmaktadır.

Bölüm 1: Katı Atık Yönetimi ve Temel Teknolojilerin Tanıtılması

Bölüm 2: Kentte Günümüzde Üretilen Katı Atıkların Özelliklerinin Belirlenmesi

- Uşak ili ortalama atık kompozisyonunun belirlenmesi
- Atığın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanması
- Günlük ve yıllık olarak oluşan atık miktarının belirlenmesi

Bölüm 3: Depolama Alanının ve Alanda Bulunan Atığın Özelliklerinin Belirlenmesi

- Halen kullanılan depolama alanındaki atık derinliği ve yayıldığı alanın tespiti

- Geçmişten günümüze alıkonulan atığın özelliklerinin belirlenmesi
- Oluşmakta olan gazın miktar ve kompozisyonunun ortaya konulması
- Sızıntı suyu miktar ve özelliklerinin belirlenmesi

Bölüm 4: Bulguların Değerlendirilmesi ve Öneriler

Bölüm 5: Sonuçlar

BÖLÜM 1 . KATI ATIK YÖNETİMİ VE TEMEL TEKNOLOJİLER

1.1. Katı Atıkların Bertaraf Yöntemleri

Günümüzde katı atıkların bertaraf edilirken enerji potansiyellerinin değerlendirilmesi için farklı teknolojiler geliştirilmekte, mevcut teknolojiler iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Kentsel katı atıklardan enerji üretiminde kullanılan teknolojileri düzenli depolama, yakma, gazlaştırma, anaerobik çürütme, olarak sıralamak mümkündür.

1.1.1. Depolama

Atıkların arazide depolanması, atık bertaraf yöntemlerinin en eskisi ve en çok kullanılanıdır. Katı atıkların araziye gelişigüzel atılması, sızıntı suyu ve oluşan gazın kontrolünün yapılmaması vahşi depolama olarak tanımlanmaktadır. Düzenli depolama ise basit olarak katı atıkların, sızdırmazlığı sağlanmış büyük alanlara dökülmesi, sıkıştırılması ve üzerinin örtülerek tabii biyolojik reaktör haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. Düzenli depolamada sızıntı suyu, depolama alanı gaz emisyonları, çöplerin dağılımı ve koku kontrolünün kolaylaştırılması için sahanın mühendisliğinin yapılmış olması gerekmektedir. Katı atıkların çevreye vereceği bu zararı önlemek için taban kaplaması, günlük örtü tabakası, üst kaplamalar, yüzeysel drenaj, sızıntı suyu drenajı ve depo gazı kontrol elemanlarının olması gerekir (Akpınar ve Şen, 2006).

Tipik bir düzenli depolama sahasında bulunması gereken ana unsurlar şunlardır;

- Taban ve üst örtüsü geçirimsizlik sistemi
- Depo gazının yönetimi
- Sızıntı suyunun yönetimi
- Etrafının çitle çevrili olması
- Binalar

- Kantar
- Atıkları muayene etmek, girişı kontrol etmek ve tartım kayıtlarının tutulduğu giriş ünitesi
- Lastik yıkama ünitesi
- Sosyal ve idarî binalar
- Tamirhane, garaj, stok vb.

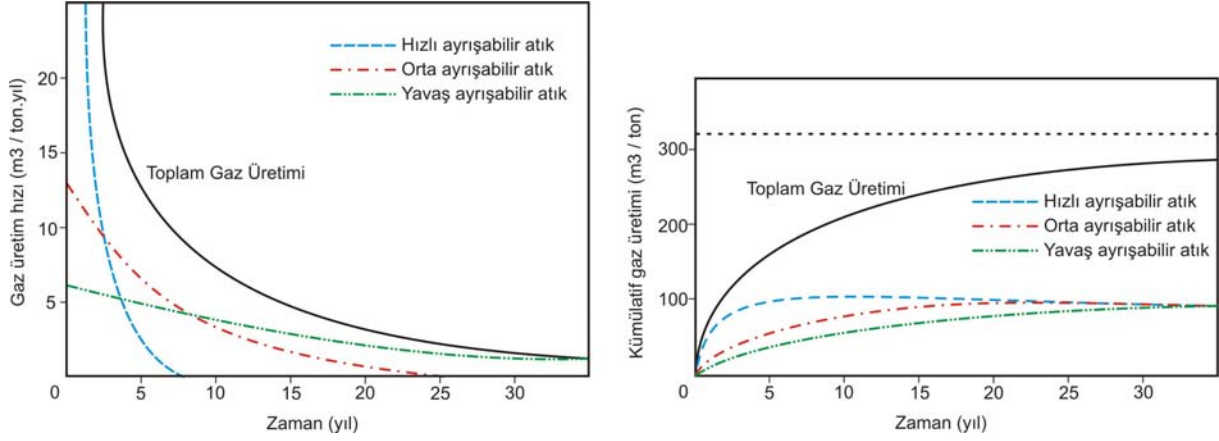
➤ Araç ve ekipman

Katı atık sahalarında bulunan organik maddeleri, hızlı ayırışan ve yavaş ayırışan organik maddeler olarak iki gruba ayırmak mümkündür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Katı atıkta bulunan organik maddeler ve ayırışma özellikleri (Topkaya, 2006)

Organik Atık Bileşeni	Hızlı Ayırışan	Yavaş Ayırışan
Yiyecek atıkları	⊗	
Kağıt-Karton (Gazete, Ofis)	⊗	
Bahçe atığı	⊗	
Tekstil		⊗
Lastik		⊗
Deri		⊗
Plastik		⊗
Tahta		⊗

Depolama sahası yaşlandııkça zaman içinde gaz oluşum hızı kademeli olarak düşmektedir. Kümülatif gaz üretimi ise pik noktaya ulaştıktan sonra stabil hale gelmektedir. Şekil 1’de atıkların ayrışabilirlik derecelerine göre toplam gaz üretim hızı ve kümülatif gaz miktarları belirtilmiştir. Bir depo gazı geri kazanım projesi yapmadan önce mevcut ve gelecekteki potansiyel depo gazının miktarı bilinmelidir. Toplanan gazın miktarı, dökülen atık miktarı, bu atıkların özellikleri, tesis ve toplama sisteminin tasarımı gibi birçok faktöre bağlıdır (Akpınar ve Şen, 2006).



Şekil 1. Katı atıkların ayrışabilirliklerine göre gaz üretimleri (Gendebien vd., 1992)

1.1.2. Katı Atıklarda Yakma Teknolojisi

Kentsel katı atıklar hacim azaltılması, stabilizasyon, patojen mikroorganizma giderimi ve enerji elde etmek amacı ile yakılırlar. Yakma teknolojisinin en büyük avantajı ağırlıkça %75, hacimce %90 azalma sağlamasıdır. Dezavantajı ise yakma sonucu oluşan baca gazı emisyonlarının hava kirliliğine neden olmasıdır. Baca gazı arıtma sistemleri de maliyeti oldukça yükseltmektedir. Atıklardan yakarak enerji elde etmek için atığın net kalorifik değerinin 8000-9000 kJ/kg (1900-2500 kcal/kg) olması gerekmektedir (Akpınar ve Şen, 2006).

Evsel katı atık yönetiminde, yakma tek yöntem olarak kullanılmamalı, öncelikle başka değerlendirme yöntemlerine başvurulmalıdır. Birçok atık fraksiyonu, niteliklerinden dolayı yakma için elverişli değildir. Yakma teknolojisi, düzenli depolama gibi nihai bertaraf yöntemi olmayıp, kalorifik (ısı) değeri yüksek olan atıklar için bir değerlendirme yöntemidir. Bu nedenle yakma prosesi sonucunda kalan artıklar tehlikesiz (evsel) ve/veya inert özellik taşıyorsa, bunların taşıdıkları özelliklere uygun olan düzenli depolama alanlarında bertarafı gerekir. Atığın cinsine göre, yakılan atıkların tehlikeli ve/veya tıbbi atık olmaları durumunda yakma sonunda ortaya çıkan artıklar tehlikeli atık olarak bertaraf edilmek zorundadır. Katı atıkların yakılmasıyla düzenli depolamaya gidecek atıkların miktarı önemli mertebede azalmaktadır. Böylelikle atıkların nihai bertarafı için gerekli alan ihtiyacı da azalır. Bu yöntem özellikle, düzenli depolama alanı kurmak için uygun alanı bulunmayan ülkelerde tercih edilmektedir.

Bu yöntem özellikle kompostlaştırılması ve geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar için kullanılmaktadır. Enerji kazanımı atık yakma teknolojisinde çok önemlidir.

Bir yakma tesisinin temel birimleri aşağıda sıralanmaktadır :

- a) Atık kabulü
- b) Atık ön şartlandırma (ayırma, parçalama)
- c) Temiz hava ilâvesi ile kurutma ve fırında yakma, enerji üretimi
- d) Cürufkların uzaklaştırılması, gerektiğinde cüruf yıkama
- e) Cüruf şartlandırma: Metal (Fe) giderme, elek ile sınıflandırma, kaba fraksiyonun parçalanması
- f) Yakma fırınının üst kısmında kullanılmış (ikincil) hava ilâvesi ile baca gazlarının ve tozların yakılması
- g) Gaz soğutma
- h) Baca gazının arıtılması
- i) İleri gaz temizleme
- j) Temizlenmiş baca gazının alıcı ortama (havaya) deşarj edilmesi
- k) Atık su arıtma
- l) Enerji değerlendirme (elektrik üretimi, buhar kullanımı)
(www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/evsel/4.doc)

1.1.3. Kompostlama

Kompost, biyokimyasal olarak ayrışabilir çok çeşitli organik maddelerin organizmalar tarafından stabilize edilmiş, mineralize olmuş ürünlerdir. Kompostlama, mikroorganizma adı verilen ve çoğunluğu gözle görülmeyen canlıların, ortamın oksijenini kullanarak çöp içerisindeki organik maddeleri biyokimyasal yollarla ayrıştırmasıdır. Bu olayın gerçekleşebilmesi için çöp kütlesindeki su içeriğinin % 45 - 60 dolaylarında olması gerekmektedir.

Kompostlama, mikrobiyolojik faaliyetler ile kızışmaya tabi tutulan katı atıkların içindeki organik maddelerin termofilik koşullarda biyolojik olarak bozuşturulmasını ve stabilizasyonunu sağlayan bir katı atık bertaraf yöntemidir. Organik atıkların havalı şartlarda mikrobiyal parçalanmaya (çürümeye) tabi tutularak, bitki besin elementleri

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi

İhtiva eden, organik madde bakımından zengin, sağlık yönünden zararsız olan, humus görünümünde stabil haldeki son ürününe kompost adı verilir.

İyi bir kompostta şu özelliklerin bulunması gerekmektedir:

- Biyolojik parçalanabilirliği, organik madde miktarlarının fazla olması,
- Bitkilerin yararlanabileceği ve iz besin elementlerinin ideal konsantrasyonunda bulunması,
- Her türlü zararlı maddelerden arındırılmış olması,
- İşe yaramayan balast maddelerin az bulunması gereklidir (Erdin, 2005).

Katı atık yönetimde uygulanan sistemlerin avantaj ve dezavantajları Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Katı atık yönetim sistemlerinin avantaj ve dezavantajları

Kriter	Düzenli depolama	Geri dönüşüm	Kompostlaştırma	Yakma
Çevresel yararlar	Geri dönüşebilir veya kompostlaştırılabilir malzemelerin gömülmediği takdirde faydalıdır.	Metal, kâğıt, cam ve bazı plastikler için faydalıdır; ancak bazı plastiklerin geri dönüşümü için gerekli enerji ve su sarfiyatı fazla yüksektir.	Biyolojik atıktan humus toprağı/ gübre üretilebilir, ancak enerji ihtiyacı yüksektir.	Kompostlaştırılması ve geri dönüşümü mümkün olmayan malzemeler için uygundur.
Malzeme kısıtlamaları	Tüm malzemeler teknik olarak gömülebilir (bazı atıklar için özel önlemler gereklidir)	Tüm metaller, cam, HDPE, LDPE, PP, PVC, PET, kemik, ahşap ve ayrı olarak toplanan kâğıtlar için ekonomik açıdan uygundur.	Biyolojik atık, karışık evsel atık, kâğıt, bahçe ve park atıkları için uygundur.	Tüm malzemeler yakılabilir. Ancak, ilâve yakıt kullanmamak için, su muhtevası belli bir değer in altında, kalorifik değer ise belli bir sınır in üstünde olmalıdır.
Enerji ihtiyacı	Yok	Düşük Yaklaşık 10 kW/t	Yüksek (kompost yığınlarının havalandırılması ve nemlendirilmesi için) Yaklaşık 50 kW/t	Enerji tüketimi: 30 – 100 kWh/ t atık Enerji üretimi: 500 – 600 kWh/t atık
Atık su üretimi	Çok kirli sızıntı suyu 5 - 8 m ³ /(ha*gün)	Yok	Çok kirli sızıntı suyu; diğer atıksular kısmen geri dönüştürülebilir. < 0.1 m ³ /t	Evsel atıksu hariç, atıksuların tamamen geri dönüşümü teknoloji açısından mümkündür. Su sarfiyatı: 2 - 4 m ³ / t atık
Hava kirliliği	Metan gazı üretilir (yakılabilir) 80 - 150 m ³ /t	Yok	Çürüme aşamasında kirli gaz oluşur (biyofiltre veya yıkayıcı ile temizlenebilir) 30 - 100 m ³ /t	Yakmadan kaynaklanan çok kirli baca gazı 2.5 - 5 m ³ /t
Maliyet a) Yatırım b) İşletme (240 t/gün için)	a) Düşük (20 – 25 US\$/t) b) Düşük (5 - 15 US\$/t)	a) Orta (25 – 35 US\$/t) b) İşletme durumuna bağlı Yok ya da kârlı (10 - 20 US\$/t),	a) Orta (30 – 40 US\$/t) b) Orta (30 - 50 US\$/t)	a) Yüksek (150 – 180) US\$/t b) Yüksek (100 - 150 US\$/t)
Büyük belediyeler için uygunluk	Düşük maliyetinden dolayı avantajlı, ancak hammadde kaybı ve alan problemlerinden dolayı gelecekte kısıtlamalar olabilir; alternatifler arasında en az çevre dostudur.	Düşük işgücü ihtiyacı, mevcut geri dönüşüm piyasası ve yönetmelikteki hükümlerden dolayı avantajlıdır.	Atıklardaki yüksek organik madde muhtevası ve tarımdaki gübre ihtiyacından dolayı avantajlıdır.	Düşük alan ihtiyacından dolayı avantajlıdır.
Küçük ve orta belediyeler için uygunluk	Düşük maliyetinden dolayı avantajlı, alternatifler arasında en az çevre dostudur.	Düşük işgücü ihtiyacı, mevcut geri dönüşüm piyasası ve yönetmelikteki hükümlerden dolayı avantajlıdır.	Atıklardaki yüksek organik madde muhtevasından dolayı avantajlıdır. Belediyenin atık özellikleri, kompost satış olanakları ve maliyet uygunluğu belirleyici faktörlerdir.	Yüksek maliyet ve çok kalifiye personel ihtiyacından dolayı tavsiye edilmemektedir.

1.2. Katı Atık İçindeki Gaz Miktarı ve Etkileri

Bilindiği üzere atmosferik hava çeşitli gazlarla su buharı karışımıdır ve deniz seviyesindeki kuru havanın bileşimi aşağıdaki Çizelge 3’de verildiği gibidir.

Katı atık depolama sahalarında zamana bağlı olarak ortaya çıkan gazın atmosferik havanın bileşiminde değişikliklere neden olmasının yanı sıra, çevreye de bir çok etkileri vardır. Çöp depolama alanlarında oluşan gazlar ağırlıklı olarak Metan (CH₄), Karbondioksit (CO₂), N₂, O₂, eser elementler, yoğuşma suyu, H₂S, NH₃, H₂’ den meydana gelmektedir. Bu gazlardan en yoğun olanları CH₄ ve CO₂ dir. Çizelge 4’de katı atık sahalarında karşılaşılan gazlar ve bulunma oranları verilmiştir.

Metan havada % 5-15 arasında bulunduğu patlayıcı olmasına rağmen patlamanın olabilmesi uygun oksijen ve diğer şartların bir araya gelmesi ile mümkün olabilmektedir. Metan konsantrasyonu % 5 in altında ise patlama olmaz, yanar, ancak, yüksek sıcaklıkta (100 °C de %5.5, 175 °C de %5, 250 °C de %4.5, 600 °C de % 3 olabilir) patlama olabilir. % 14 ün üzerindeki konsantrasyonlarda 0.53 olan yüksek özgül ısı ve oksijen azlığı (% 12’ nin altında) yüzünden patlama özelliği yok olur. Şekil 2’ de metanın patlama özelliğine sahip konsantrasyonlarını daha iyi gözlemek mümkündür.

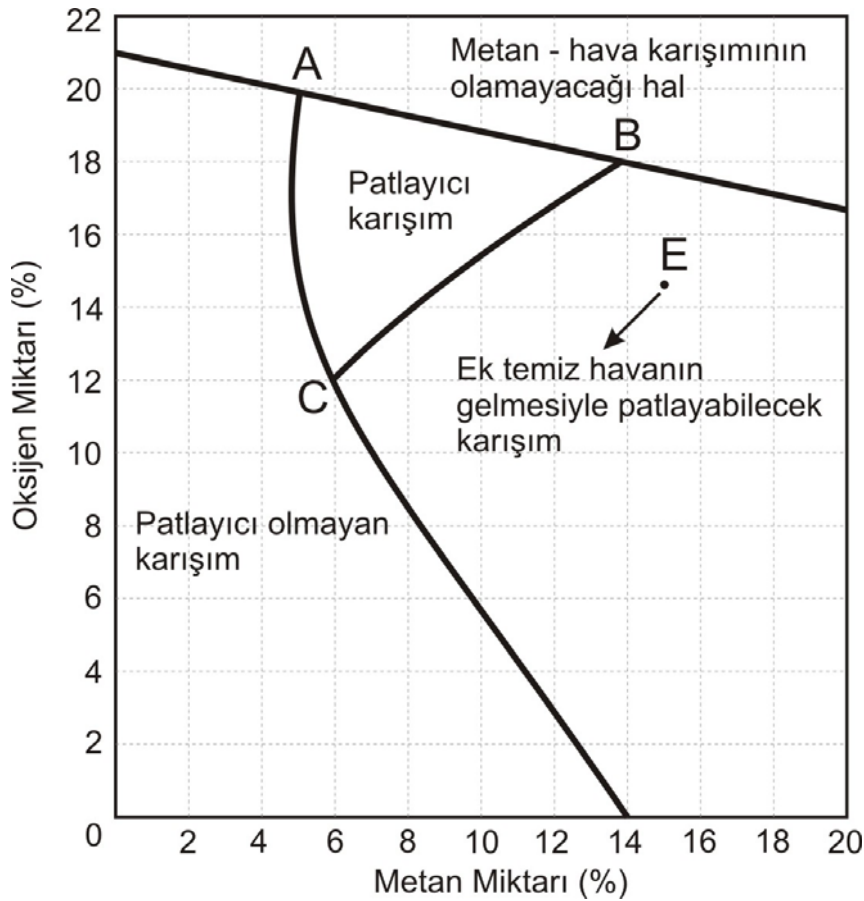
Çöp depolama sahalarında çöp dolgularının içinde kısıtlı oksijen olması nedeniyle patlama ihtimali daha da güçleşebilmektedir. Ancak metan gibi gazların çöp depolama sahalarından kontrolsüz olarak çıkması bir tehlike yaratmaktadır.

Çizelge 3. Atmosferik havanın bileşimi (Yalçın ve Gürgen,1995)

GAZ CİNSİ	% HACİM	% AĞIRLIK
Azot , N ₂	78,09	75,55
Oksijen, O ₂	20,95	23,13
Karbon dioksit, CO ₂	0.03	0.05
Argon, Neon, Kripton, Xenon, Helyum, Hidrojen	0.93	1.27

Çizelge 4. Katı Atık Depolama Sahalarında Gaz Konsantrasyonu ve Dağılımı (Tchobanoglous vd., 1993)

Bileşen	% Hacim
Metan	45 – 60
Karbondioksit	40 – 60
Azot	2 – 5
Oksijen	0,1 – 1
Sülfür, disülfür, merkaptanlar vb.	0 – 1
Amonyak	0,1 – 1
Hidrojen	0 – 0,2
Karbonmonoksit	0 – 0,2
Eser bileşenler	0,01 – 0,6



Şekil 2. Metan gazının patlama sınırları (Yalçın ve Gürgen,1995)

Çöp döküm sahasındaki dolumdan ilk iki hafta içinde yüksek miktarlarda nitrojen ve oksijen belirlenir. CO₂ konsantrasyonu yaklaşık 2 ay içinde maksimum değerlere ulaşır ve sonra 2 yıl yaklaşık % 45 (Hacimsel) değerinde kalır. CH₄ üretimi iki ay sonra başlar ve 2 yıl içinde % 50 ye (hacimsel olarak) ulaşır. 2 yıl içinde hidrojen üretimi kayda değer değildir.

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı üzere çöp depolama sahalarında ortaya çıkan gazın büyük bir bölümünün metan (CH₄) olduğu anlaşılmaktadır. Çöp depolama sahalarındaki gazın yukarıda belirtilen patlayıcı özelliğinin yanı sıra koku vs. etkileri de ayrıca sorun yaratabilmektedir.

Gaz içerisindeki;

H₂S in 200-800 ppm seviyesinde 5-60 dakika,

CO₂ in % 3-9 oranında 5-60 dakika

solunması durumunda ölüme kadar varan ciddi etkileri söz konusu olmaktadır.

1.3. Katı Atık Sahalarında Depo Gazı Oluşumu

Katı atık içinde bulunan biyolojik olarak ayrışabilir organik maddeler mikroorganizmaların yardımı ile biyokimyasal olarak ayrışmaktadırlar. Ayrışma proseslerinin başlangıcında, aerobik bakteriler organik maddeleri organik asitlere ve diğer kimyasal bileşiklere dönüştürürler. Çöp depolama alanı üzeri günlük olarak örtüldükten sonra, ortamda bulunan oksijen, ortamdaki mikroorganizmalar tarafından hızla tüketilir. Bundan sonra meydana gelen biyolojik ayrışma prosesleri anaerobik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bu mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu ortaya çıkan temel ürünler deponi gazları, yüksek kirletici konsantrasyonlarına sahip sızıntı suları ve stabilize olmuş atıklardır. Anaerobik ayrışma çok yavaş ve uzun süreler alan bir prosestir ve ayrışma hızı süresi nem, sıcaklık, pH ve atığın boyutu gibi pek çok çevresel faktöre bağlı olarak değişmektedir.

Depo gazları, atık içerisindeki organik maddelerin anaerobik ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz karışımıdır. Katı atık düzenli depo sahalarında oluşan gazların büyük çoğunluğunu metan (CH₄) ve karbon dioksit (CO₂) oluştursa da, gaz içerisinde birçok bileşiğin olduğu bilinmektedir. Çoğu eser miktarda olan bu gazlar kontrol edilmezse,

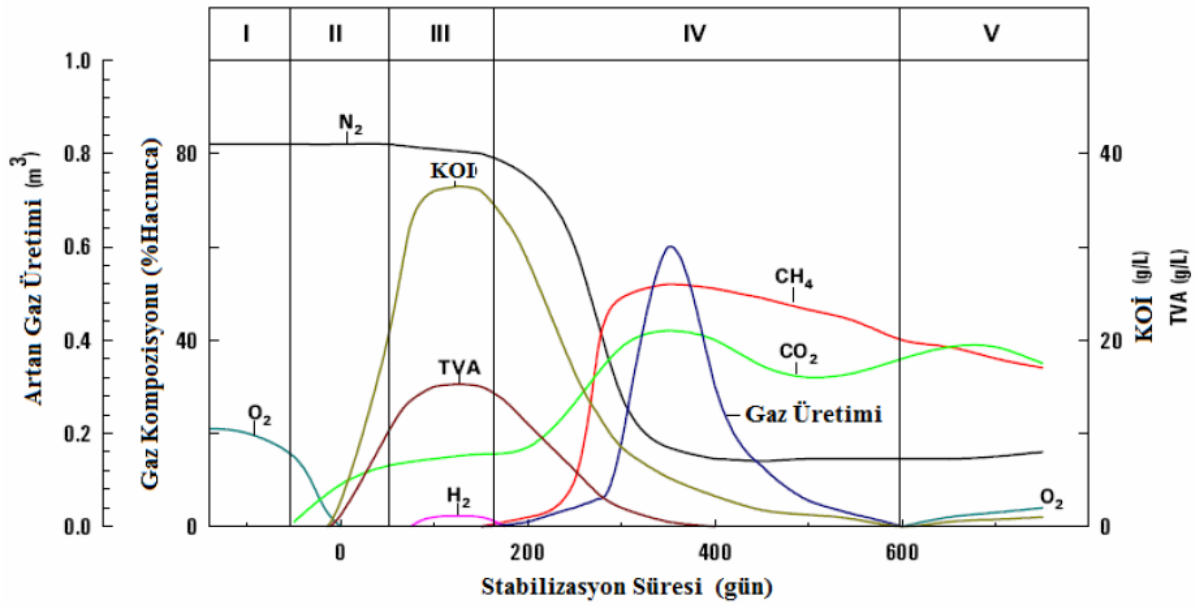
insan ve çevre sağlığı açısından önemli problemler ortaya çıkarabilir. Bu nedenle, depo gazlarının kontrol edilmesi ve eğer mümkünse değerlendirilmesi gerekmektedir.

Katı atık depo sahalarından kaynaklanan metan ve karbondioksit global ısınmaya neden olan en önemli gazlardır. Metan (CH_4) gazı karbondioksite (CO_2) göre güneş ışığını 21 kat daha fazla absorbe etme kabiliyetine sahiptir. Ayrıca, kapalı ortamda metan (CH_4) hava ile % 5-15 oranlarında karıştığında patlayıcılık özelliğine sahiptir. CH_4 , renksiz ve kokusuz bir hidrokarbondur. CH_4 gazı depo gazının hacimce ortalama % 50-55'ini oluşturur. Yoğunluğu, depo sahasındaki sıcaklık aralıklarında 0.6-0.7 kg/m^3 arasında değişir. Bu değerler atmosferik havanın yoğunluğunun hemen hemen yarısına eşit olduğundan, CH_4 rahatlıkla depo sahası sınırları dışına çıkar ve dağılır. Gaz toplama sistemiyle tutulmayan CH_4 'ın büyük bir kısmı atmosfere yayılır. Metan gazının önemli bir enerji kaynağı olduğu unutulmamalıdır (Öztürk, 2008).

CO_2 , atmosferde % 0.037 konsantrasyonunda mevcuttur. Depo sahalarındaki sıcaklıklarda yoğunluğu yaklaşık 1,8 kg/m^3 civarındadır. Bu değer atmosferik havanın yoğunluğunun 1.5, CH_4 'ın yoğunluğunun ise yaklaşık 2,8 katına eşittir. Bu sebeple, CO_2 depo sahasının alt kısımlarında hareket halindedir. Özellikle inversiyonlu günlerde ve erken sabah saatlerinde depo gazı dağılmadan depo yüzeyinde bir sis tabakası oluşturarak saatlerce kalır. Depo gazının diğer önemli bileşeni olan CO_2 patlayıcı veya zehirli olmamasına rağmen atmosferdeki CO_2 konsantrasyonları özellikle son yıllarda büyük ölçülerde artış gösterdiğinden önem kazanmış ve çevresel açıdan dikkate alınmaya başlanmıştır. Depo gazlarının diğer bileşenleri ise insan ve çevre sağlığı üzerinde hava kirliliği ve istenmeyen kokular gibi çeşitli etkilere sebep olurlar. Bu nedenle depo gazları doğru olarak yönetilmezse çevresel bir problem olarak değerlendirilmektedir.

Diğer taraftan, depo gazının en önemli bileşenlerinden biri olan CH_4 'ın yüksek bir enerji kapasitesine sahip olması sebebiyle, bu gazın bir enerji kaynağı olarak kullanılması yolundaki çalışmalar son yıllarda artmıştır. Bu maksatla depo gazının son yıllarda elektrik üretiminde kullanılması, araç yakıtı olarak kullanılması, doğal gaza dönüştürülmesi gibi çeşitli alternatifler geliştirilmektedir.

Düzenli depolama sahalarında meydana gelen ayrışma ve gaz oluşum safhaları Şekil 3.'de verilmiştir. Ancak, atıkların biyolojik ayrışması her zaman burada gösterildiği gibi sırayla gerçekleşmeyebilir. Bazı safhalar gerçekleşmezken bazıları da aynı anda meydana gelebilir. Depolanan atığın bileşenlerine ve dane boyutlarına, ayrışabilir organik maddelerin özelliğine, ortamın pH'ına ve ortamdaki nem muhtevasına bağlı olarak değişir. Ayrıca, çevresel şartlara bağlı olarak bir veya iki safha baskın hale gelebilir. Bunun yanında, atıkların heterojen yapısına bağlı olarak, aynı anda depo sahasının farklı bölgelerinde farklı prosesler de meydana gelebilir.



Şekil 3. Depolama Alanı içinde deponi gazı ve sızıntı suyunda ideal gelişme (Öztürk, 2008)

1.3.1. Aerobik Safha

Bu safha katı atık depo sahasına atıkların depolanarak saha içerisinde su muhtevasının artmasıyla başlar. Elde edilen bu yeni ortamla birlikte aktif mikrobiyal bir topluluk ortaya çıkar ve biyokimyasal reaksiyonun gerçekleşebilmesi için ilk birkaç gün ile birkaç hafta arasında çevresel şartlarda bazı değişiklikler meydana gelir. Bu safhanın karakteristik özelliği atıkların depolandığı sırada atmosferden gelen O₂'in varlığıdır. Biyolojik olarak ayrışabilir organik maddelerin reaksiyona girebilmesi için O₂ ihtiyacı çok yüksek olduğundan, kısa süre sonra gaz fazındaki O₂ tamamen

tükenir. Bu fazda, tüketilen O_2 ile orantılı miktarda CO_2 üretilir. Öte yandan Azot (N_2) gazı konsantrasyonunda çok az bir azalma görülür. Bu safhada çok fazla ısı üretilir ve depo gövdesinin sıcaklığı $60-70\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar çıkabilir (Öztürk, 2008).

1.3.2. Anaerobik Metanojenik Olmayan Safha

Bu safhada depo gövdesindeki O_2 'in tükenmeye başlamasıyla birlikte aerobik ortamdaki anaerobik ortama geçişin başladığı görülür. O_2 'in tükenmesiyle birlikte, anaerobik faaliyetin baskın olduğu ikinci safha başlar. Organik asitlerin oluşmaya başlamasıyla daha belirgin miktarlarda CO_2 üretilmeye başlar ve anaerobik ayrışma safhası başlamış olur. CO_2 'in ulaşabileceği maksimum değer hacimce % 70-90 arasında değişir. Bu değerlere çevre şartlarına ve depolama şartlarına bağlı olarak atık depolandıktan 11-40 gün sonra ulaşılabilir. Bu safhada Hidrojen (H_2) gazı konsantrasyonu ise hacimce % 20 civarındadır. Burada birincil elektron kabul ediciler nitrat (NO_3^-) ve sülfat (SO_4^{2-}). Yani bu safhada oksijen ihtiyacı için nitrat ve sülfatın oksijeni kullanılır (Öztürk, 2008).

1.3.3. Anaerobik Metanojenik Kararsız Safha

Depolamanın tamamlanmasından sonra ilk kez bu safhada CH_4 oluşur ve oluşan CH_4 miktarı zamanla artar. CO_2 ve N_2 miktarlarında azalma görülürken H_2 tamamen tükenir. Redox potansiyelleri düşer. Birinci ve ikinci safhaların tamamlanması 10-50 gün arasında gerçekleşirken üçüncü safha 200-500 gün arasında tamamlanır. Ayrışma süreleri arasındaki bu farklılıklar, ayrışma prosesinin her zaman gerçekleştiğini, fakat ayrışmanın tamamlanması için gerekli olan sürenin yerel şartlara bağlı olarak çok fazla değiştiğini göstermektedir (Öztürk, 2008).

1.3.4. Metanojenik Kararlı Safha

Bu fazda gaz üretimi ve bileşenleri hemen hemen sabit olup % 40-70 CH_4 ve % 30-60 CO_2 'den oluşur. En yüksek CH_4 konsantrasyonun görülmesi sebebiyle bu safha oldukça önemlidir. Yapılan saha çalışmalarında CH_4 'ın molar fraksiyonu % 50'nin altında olduğunda ve aynı zamanda gaz içerisinde H_2 de mevcut olduğunda CH_4 üretiminin yavaş gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu safha gaz bileşimi sabit olmakla birlikte, gaz oluşum hızı zamanla düşer. Ancak, yinede depo gazı basıncı atmosferik havanın depo içerisine girmesini engelleyecek seviyelerdedir. Bu safha, gaz

miktarının yavaş yavaş azalmasıyla ortalama 10-20 yılda tamamlanır. Bu safhanın bu kadar uzun olmasının ana sebebi atık içindeki katı fazdaki organik maddelerin sıvı faza çok uzun süre içinde dönüşmesidir (Öztürk, 2008).

1.3.5. Aerobik Şartlara Geçiş Safhası

Bu safhada ayrışma prosesleri ve depo gazı üretimi önemli oranda azalır. Başlangıçtaki atmosferik şartlar yeniden etkili olmaya baslar. Bugüne kadar hiçbir çalışma atığın ayrışmasının tamamlanmasına kadar devam etmemesine rağmen, eski sahalardan elde edilen verilere dayanarak mevcut organik karbon kullanıldıktan sonra metanojenik faaliyetin azaldığı ve CH₄ ve CO₂ konsantrasyonlarının hızla düştüğü söylenebilir. Sonuçta kalan artık madde ise biyolojik olarak inert ve stabil haldedir (Öztürk, 2008).

1.4. Katı Atık Depolama Alanlarında Depo Gazı Oluşumunu Etkileyen Çevresel Faktörlerin İncelenmesi

Depolama sahasında oluşabilecek depo gazı miktarı atığın organik madde muhtevasına bağlıdır. Diğer taraftan, atık stabilizasyonu ve CH₄ oluşumu; oksijen, hidrojen, pH, alkalinite, besi maddeleri (nutrientler), inhibitörler, sıcaklık ve su muhtevası gibi abiyotik faktörler ile atık bertarafında kullanılan farklı tekniklerden oldukça fazla etkilenmektedir.

1.4.1. Oksijen

Anaerobik bakterilerin ayrışma proseslerini gerçekleştirmesi için ortamda serbest oksijenin bulunmaması gerekmektedir. Metanojenik bakteriler, oksijene karşı çok duyarlı bakterilerdir. Oksijen depo sahasındaki atık içerisine her zaman nüfuz edebilir. Ancak depo sahası yüzeyindeki aerobik bakteriler oksijeni tüketirler. Eğer depolama sahasında katı atıklar yeterli oranda sıkıştırılmamış ve üzeri günlük olarak 15 cm. kalınlıkta toprakla örtülmemişse oksijen daha derinlere kadar nüfus edebilir. Depolama alanında yeterli sıkıştırma ve günlük örtü isleri yapılmadığı zaman yağmur veya karla gelen oksijenli su, çöp içine sızarak aerobik biyolojik faaliyeti geliştirebilir ve sızıntı suyu miktarını artırabilir. Metanojenik bakterilerin spor oluşturan formu belirlenmemiş olmasına rağmen, metanojenik topluluklar ortama O₂ girişiyle

tamamen yok olmazlar. Aerobik çamurun ve aerobik toprağın anaerobik inkübasyonu CH₄ oluşumuyla sonuçlanır (Öztürk, 2008).

Günlük olarak depolanan katı atıklar yeterli oranda sıkıştırılmalı ve üzeri günlük olarak örtülmelidir. Birim alanda depolanacak katı atık miktarını artırmak için depolama alanlarının kapasitesine bağlı olarak yayma, ezme ve sıkıştırma için yeterli iş makineleri kullanılmaktadır. **Günlük depolanan katı atık miktarı 0-250 ton arasında ise bu alanlara küçük ölçekli işletmeler, 250 -500 ton olanlara orta ölçekli işletmeler ve 500 ve üzeri olanlara büyük ölçekli işletmeler denilmektedir.**

- Küçük ölçekli işletmeler için, katı atıkların serilmesinde ve sıkıştırılmasında küçük veya orta ölçekli traktör dozerden oluşan bir bare-bones ekipman donanımı, küçük bir çelik-tambur kompaktör, ve bir küçük veya orta ölçekli atık yükleyen/boşaltan paletli bir yükleyici kullanılmalıdır.
- Orta ölçekli işletmeler için, orta veya ağır ölçekli traktör dozerler, küçük bir çelik tambur kompaktör ve orta veya ağır atık yükleyen/boşaltan paletli bir loder gereklidir.
- Büyük ölçekli işletmeler için çift ağırlıklı traktör dozerler, ağır küçük çelik tamburlu atık kompaktörler ve daha büyük atık yükleyen/boşaltan paletli bir loder kullanılmalıdır (Şekil 4).



Şekil 4. Katı Atık Depolama Sahasında Çalışan Kompaktör

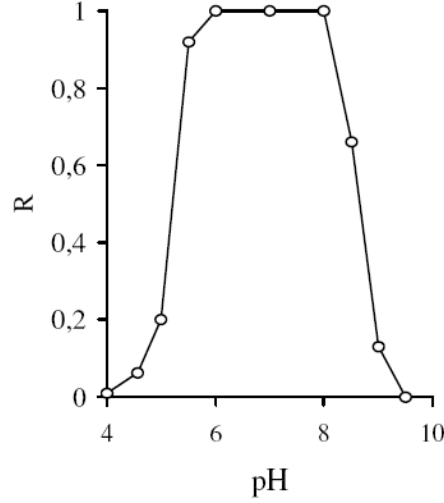
1.4.2. Hidrojen

H₂ fermantatif ve asetojenik bakteriler tarafından üretilir ve üretilen H₂'in basıncı biyokimyasal reaksiyonları etkiler. Fermantasyon bakterileri, H₂ basıncı düşük olduğunda H₂, CO₂ ve asetik asit üretirken, yüksek H₂ basınçlarında ise H₂ ve CO₂ üretirler. Etanol, butirik asit ve propiyonik asit gibi organik bileşikler H₂ basıncı çok yüksek değilse asetojenik bakteriler tarafından da oluşturulabilir. Propiyonik asidin oluşabilmesi için H₂ basıncının 9*10⁻⁵ atm.'in altında olması gerekmektedir. Yani H₂ basıncı yüksek ise propiyonik (ve bütirik) asit oluşacak fakat bu bileşikler daha fazla ayrışmayacaktır. H₂, metanojenik ve sülfat indirgeyen bakteriler tarafından tüketilir. 10⁻⁵ atm.den düşük basınçlar, H₂ ve CO₂'den CH₄ oluşumu için uygundur (Öztürk, 2008).

1.4.3. pH ve Alkalinite

CH₄ bakterileri pH 6-8 aralığında faaliyet gösterirler. Optimum CH₄ oluşumu pH 6.5-8.0 aralığında görülmektedir. pH değerinin 6 nın altına düşmesi, CH₄ bakterileri

üzerinde toksik etki gösterebilir. Yapılan çalışmalarda pH değerlerinin nötr olması durumunda atık ayrışma proseslerinin daha hızlı gerçekleştiği gözlenmiştir (Christensen ve Cossu, 1998). Şekil 5.'de farklı metanojen kültürlerinin karışımı için pH'a bağlı olarak CH₄ üretim oranları (R) verilmiştir.



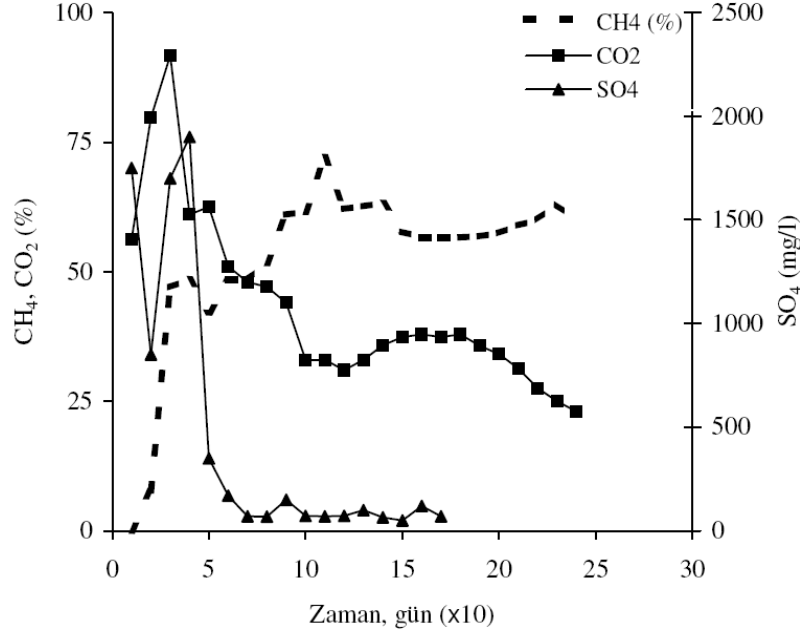
Şekil 5. Anaerobik Bir Filtrede pH'nın Rölatif CH₄ Oluşum Hızı (R) Üzerine Etkisi

Alkalinite, sistemin anaerobik ayrışma için gerekli olan pH değerinin istenen seviyenin altına düşmesine yol açan uçucu ve diğer asitleri tamponlama kapasitesini gösterir. Düşük alkalinite değerlerinde ortamdaki asitler pH değerinin düşmesine sebep olarak biyolojik aktiviteyi durdurabilirken, yüksek alkalinite değerleri sistemi düzensiz pH değişimlerine karşı korur. Alkalinitenin düşük olması uçucu yağ asitlerinin birikmesine yol açar. Evsel atık su çamurunun anaerobik ayrışması için gerekli toplam alkalinite değeri 2000 mg/l CaCO₃ civarında olduğu belirlenmiştir (Öztürk, 2008).

1.4.4. Sülfat

Hem sülfat bakterileri hem de CH₄ bakterileri asetik asit ve H₂'in ayrışmasını sağlarlar. Yapılan deneysel ve pilot ölçekli çalışmalar, ortamda SO₄²⁻ mevcut iken CH₄ üretiminin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Sülfat içeren atıkların düzenli depolama alanlarında depolanmasına dikkat edilmelidir. Sülfat içeren önemli atıklardan biride deri sanayi arıtma çamurlarıdır. Şekil 6'da depo gazı bileşimi ile sızıntı suyundaki SO₄²⁻ konsantrasyonlarının zamana göre değişimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, CH₄ oluşumundaki artış ile SO₄²⁻ konsantrasyonlarındaki

azalma aynı anda meydana gelmektedir. Yani atık içindeki sülfat biyokimyasal ayrışmaya uğramadan (yani sülfat hidrojen sülfüre dönüşmeden) organik maddeleri metana dönüşümü engellenmektedir.



Şekil 6. Depo Sahalarında SO₄²⁻ ile Depo Gazı Bileşimi Arasındaki İlişki

CH₄ oluşumunun SO₄²⁻ ile ilişkisi, SO₄²⁻'in metanojenik bakteriler üzerindeki herhangi bir toksik etkisiyle bağdaştırılmamış, sadece substrat rekabetiyle ilişkilendirilmiştir. CH₄ bakterilerinin az olduğu kültürlerde SO₄²⁻, CH₄ oluşumunu etkilemez, ancak eğer ortamda *Desulfovibrio* gibi SO₄²⁻ indirgeyen gruplar varsa, SO₄²⁻'in indirgenmesi çok fazla enerji gerektiren bir reaksiyon olduğundan bir sınırlandırma söz konusudur.

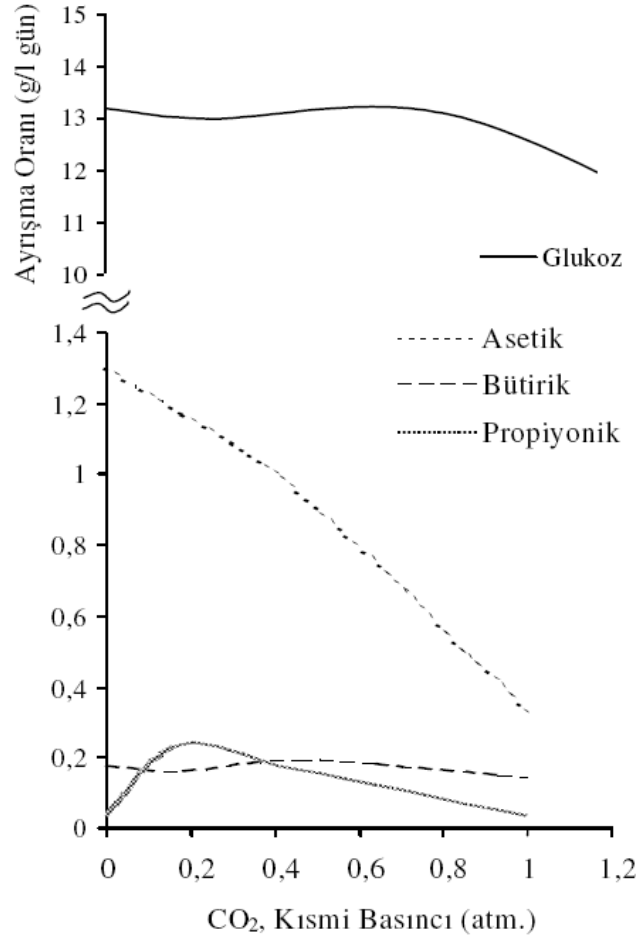
1.4.5. Besi Maddeleri (Nütrientler)

Anaerobik mikroorganizmalar için gerekli olan mikro nütrientlerin tamamı (sülfür, kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, çinko, bakır, molibden ve selenyum gibi) hemen hemen tüm depo sahalarında mevcuttur. Anaerobik ekosistemlerde substratın sadece küçük bir kısmı yeni hücreler tarafından özümser, bu nedenle aerobik sistemlerden çok daha az miktarlarda azot ve fosfor gereklidir. **Organik maddeler (KOİ), azot ve fosfor arasındaki optimum oranlar; 100:0,44:0,08** olarak belirlenmiştir. Genel olarak, evsel ve endüstriyel atıkların birlikte depolandığı bir depo sahasında azot ve fosfor sınırlayıcı değildir, fakat evsel veya endüstriyel atıkların ayrı

ayrı depolandığı sahalarda nutrient miktarının sınırlandırılmasına yol açabilir. Fosfor, anaerobik ayrışma prosesini sınırlandıran en önemli nütrienttir. Suyu alınmış (%65 katı madde içeren) evsel arıtma çamurlarının günlük örtü olarak kullanılması bu problemi çözer (Öztürk, 2008).

1.4.6. İnhibitörler

O_2 , H_2 ve SO_4^{2-} 'in CH_4 oluşumu üzerinde bir inhibisyon etkisi olduğu bilinmektedir. Uçucu yağ asitlerinin (VFA) CH_4 oluşumu üzerine etkisi pek çok araştırmaya konu olmuştur. Asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asitin toplam konsantrasyonlarının 6000 mg/L 'nin üzerinde olmaması gerekmektedir. Ayrışma proseslerinin çoğunda CO_2 üretilir. CO_2 'in CH_4 oluşumu üzerindeki inhibisyon etkisi çamur yataklı kesikli reaktörlerde belirlenmiştir. Şekil 7'de CO_2 'in kısmi basıncının asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asitin ayrışma oranları üzerine etkisi verilmiştir. Asetik asitin ayrışma oranı CO_2 'in kısmi basıncından önemli ölçüde etkilenir. Depo sahalarındaki CO_2 'nin kısmi basıncı başlangıç fazlarında 0,9 atm çıkabilir ve daha sonra 0,5 atm. seviyesine düşer. Amonyumun inhibisyon etkisi serbest amonyumdan kaynaklanmaktadır ve pH'nın artmasıyla artmaktadır.



Şekil 7. CO₂'in Kısmi Basıncına Bağlı Olarak Bazı Substratların Ayrışma Oranları

Ağır metal içeren tehlikeli katı veya sıvı atıkların düzenli depolama alanlarında depolanmasından kaçınılmalıdır. Ağır metaller bakterileri olumsuz olarak etkileyerek biyokimyasal reaksiyonları durdururlar. Bu da depolama tesisinde bulunan organik maddelerin bozunmasını engellerler.

Katı atık içinde mineral yağ ve tıbbi atık içeren atıklarında depolanması yapılmamalıdır. Bu tür maddelerde depolama içindeki biyokimyasal reaksiyonları olumsuz etkiler. Evsel atık depolama sahalarında tehlikeli atık içeren atıklar kesinlikle depolanmalıdır (Öztürk, 2008).

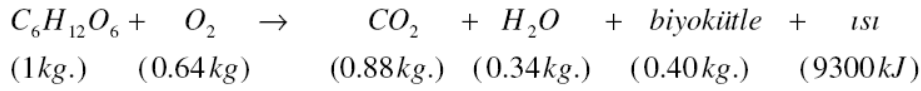
1.4.7. Sıcaklık

Diğer bütün mikrobiyolojik proseslerde olduğu gibi anaerobik ayrışmayı sağlayan bakteriler sıcaklıktan çok fazla etkilenmektedir. CH₄ bakterileri 40 °C civarında

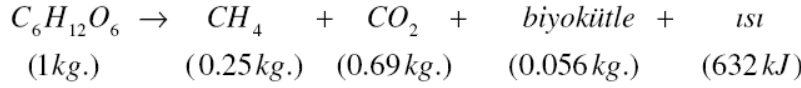
yasayan bir mezofilik grup ve maksimum 70 °C civarında yasayan termofilik bir gruptan oluşurlar.

Atıkların aerobik ve anaerobik ayrışmaları, ısı veren reaksiyonlardır, ancak anaerobik ısı oluşumu genellikle ihmal edilebilir seviyededir. Buna örnek olarak glikozun aerobik ve anaerobik ayrışması verilebilir. Reaksiyonlar neticesinde anaerobik ayrışma ile aerobik ayrışmadan oluşan ısının sadece %7'sinin açığa çıktığı belirlenmiştir.

Aerobik Ayrışma:



Anaerobik Ayrışma:



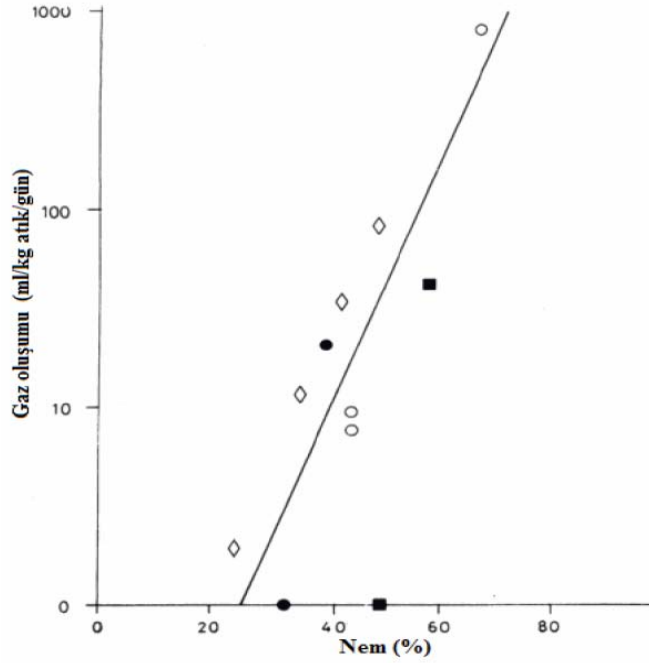
Depo gövdesinin sıcaklığı yoğunluk, yüzey alanı, nem muhtevası vb. gibi faktörlerden etkilenir. Biyolojik ayrışmanın ilk safhasında 70 °C gibi yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir. Anaerobik ayrışma safhası başladığında ise sıcaklık düşer ve 30-35 °C civarında sabit kalır. Bu sıcaklık değerleri mezofilik CH₄ bakterileri için optimum sıcaklıklardır. Sıcaklığın yükselmesi, genellikle gaz üretiminin de arttığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Hartz, biyolojik ayrışma ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi ampirik bir ifadeyle belirtmiş ve depo sahalarında metan oluşumu için optimum sıcaklığın 41 °C olduğunu belirlemiştir (Öztürk, 2008).

1.4.8. Nem/Su Muhtevası

Katı atıklar depo sahalarına ilk depolandıklarında % 30-40 arasında nem muhtevasına sahiptirler. Suya doymun olmayan atıklardan daha çok H₂ üretilirken, suya doymun atıklar daha çok CH₄ ve CO₂ oluştururlar. Birim katı atık başına oluşan depo gazı üretimi ile nem oranı arasında logaritmik bir ilişki vardır. Depo sahasında CH₄ üretiminin optimize edilebilmesi için atıkların suya doymun olması gerekir. Steyer, depolama alanı içinde nem oranının % 20-70 arasında olması halinde günlük gaz üretiminin,

$$y = 0.024 \times e^{(0.15 \times \% H_2O)}$$

eşitliği ile tespit edilebileceğini belirlemiştir. Burada, y : cm³ depo gazı/kg kuru katı atık-gün' dür.



Şekil 8. Depo Gazı Üretim Hızı ile Nem İçeriği Arasındaki İlişki

Depolama sahasında nem yetersizliğinden biyokimyasal reaksiyon durma noktasına gelir. Organik maddelerin biyokimyasal bozunmasını hızlandırmak için depolama alanı gövdesinde yeterli oranda nem olmalıdır. Bu değer yaklaşık olarak %50 dir. Ortama sızıntı suyu uygun şartlarda verilerek nem oranı kontrol edilebilir. Böylece sızıntı suyu içindeki organik maddelerin biyokimyasal ayrışması da sağlanmış olur. Çöp depolama sahası bir biyoreaktör gibi düşünülmelidir (Öztürk, 2008).

1.4.9. Dane Boyutu

Katı atık dane boyutlarının azalması biyokimyasal reaksiyonu ve gaz üretimini arttırmaktadır. Dane çapının küçültülmesi ile mikroorganizmaların organik maddeleri tüketmek için kullandığı yüzey alanı artmaktadır. Yapılan çalışmada partikül çapının 250 mm. den 10 mm. ye düşürülmesi ile gaz üretim hızının 4.4 kat arttığı belirtilmiştir. Katı atık depolama tesislerinde atıklar depolanmadan önce parçalayıcı kullanılarak atığın dane boyutu küçültülebilir. Dane boyutu küçültülen katı atıklar daha homojen

hale gelmekte, daha kolay depolanabilmekte, sıkıştırılabilmekte ve böylece daha fazla atık depolanabilmektedir. Bazı ülkelerde katı atıklar depolamadan önce parçalama işlemi yapılmaktadır. Ülkemizde de katı atıklar depolanmadan önce benzer uygulamaya geçmesinde yarar vardır. Dane boyu küçültülmüş alanlardan daha fazla gaz elde edileceği unutulmamalıdır. Katı atığın parçalandığı tesislerde daha fazla çöp depolanabilmektedir (Öztürk, 2008).

1.5. LFG (Landfill Gas – Deponi Gazı) Oluşumu Ve Genel Özellikleri

Metan gazı renksiz, kokusuz ve havadan daha az yoğunluğa sahip bir gazdır. Ortamdaki konsantrasyonu %5'ten fazla olması halinde patlama ve yanma özelliğine sahiptir. Diğer taraftan CO₂ ise havadan daha yoğun ve yanma özelliği olmayan bir gazdır. LFG içindeki ikinci önemli gaz türü olmakla birlikte CO₂ potansiyel bir sorun olarak karsımıza çıkmaktadır. Çünkü CO₂ gazı yeraltı suyu içinde çözünerek asidik koşulların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu da zemindeki alkali toprak metallerinin salınmasına ve sızıntı suyunda sertlik oluşmasına neden olmaktadır. Asidik sular ağır metallerin çözünür faza geçmesine neden olur. 3 kPa'dan az basınç altında oluşan CH₄ ve CO₂ gaz karışımı sıkıştırılamaz bir gaz olarak karsımıza çıkabilmektedir. % 50 oranında CH₄ ve % 50 oranında CO₂ gaz karışımından oluşmuş LFG ve diğer gazların önemli bazı özellikleri Çizelge 4'de gösterilmiştir. Çizelge 5'den görüleceği üzere LFG'nin moleküler kütlesi havaninkinden fazladır. Ayrıca CO₂ gazının CH₄ gazına göre daha yoğun olduğu da görülmektedir. Ancak bu iki gaz çöp depolama alanında aynı anda oluştuklarından ilk etapta birbirinden ayrılmazlar. Ancak gazlar toplandıktan sonra CH₄ zenginleştirilmesi işlemlerinde ortamdaki CO₂ uzaklaştırılmaya çalışılır.

Katı atıklardan oluşan sızıntı suyunda meydana gelen değişimlere bağlı olarak oluşan LFG'nin miktar ve özelliklerinde bazı değişimler meydana gelmektedir.

Gaz üretim miktarı ve hızı; çöpün yoğunluğuna, sızıntı suyu akış rejimine, nem içeriğine, atık bileşimi ve çöp yası gibi birçok faktöre bağlıdır (Öztürk ve Karali, 2009).

Çizelge 5. Genel LFG Özellikleri

	CH ₄	CO ₂	LFG	Hava
Viskozite	1.03	1.39	1.21	1.71
Kütleli Yoğunluk (kg/m³)	0.72	1.97	1.35	1.29
Moleküler Kütle (g)	16.0	44.0	30.0	28.9
Havadaki Difüzyon Katsayısı, D (m²/s)	0.157x10 ⁻⁴	-	-	-

Bütün özellikler 1 atm basınç ve 0 °C'de tespit edilmiştir.

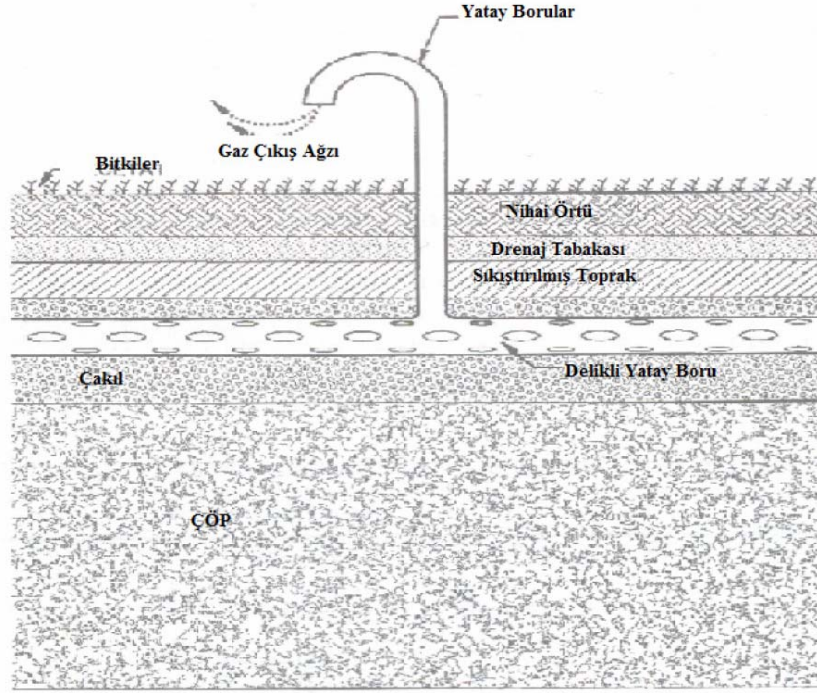
1.5.1. LFG'nin Toplanması Ve Kullanımı

Bütün faydalı yönlerine rağmen bir katı atık depolama alanından elde edilebilecek LFG'nin fizibilitesi depolama alanından elde edilebilecek gazın miktar ve kalitesi, üretilen gazın makul bir fiyat ve ekonomik bir nakliye yöntemi kullanılarak pazarlanabileceği bir müşteri potansiyeline sunulabilmesi gibi birçok faktöre bağlı olmaktadır. Genel bir tasarım ilkesi olarak bir gaz geri kazanım tesisinin faydalı kullanımının gerçekleşmesi için en az 500.000 veya 1.000.000 ton kapasiteye sahip ve derinliği en az 15 m olan bir katı atık depolama sahasının yakınında kurulması gerektiği ifade edilmektedir. Günümüz koşullarında düşünüldüğünde bu kadar büyük bir kapasiteye sahip bir katı atık depolama alanının her yerde bulunması güç gözükür. Fakat günümüzde, katı atık alanlarının bölgeselleşmesi, yani birçok küçük ölçekli depo alanı yerine onlarca belki yüzlerce küçük alanın birleşmesinden oluşmuş devasa katı atık depolama alanlarının oluşturulmasına yönelik bir eğilim mevcuttur. Böyle bir durumda gazın toplanması ve geri kazanılması ekonomik bir enerji kaynağı olarak görülebilecektir.

Aktif ve pasif gaz toplama sistemi ile depolama alanından yayılan sera gazlarının ve koku verici gazların kontrol altına alınması mümkündür. Aktif gaz toplama sistemi ile deponi gazındaki metan gazı enerjisi dönüştürülebilmektedir (Öztürk ve Karali, 2009).

1.5.2. LFG'nin Kontrolü ve İzlenmesi

Sızıntı suyunun yer altı suyuna geçişini önlemek için kullanılan kaplama malzemesi altında tehlikeli olabilecek gaz birikimi meydana gelebilmektedir. Bu sebeple atık depolama alanı içerisinde bir gaz toplama sisteminin tesis edilmesi son derece önemlidir. Basit bir gaz toplama sistemi yaklaşık 50-60 cm kalınlığında düşük geçirimsizliğe sahip kil tabakası üzerinde esnek bir membran tabaka, üstte su drenajını sağlayarak bir katman ve en üste de bitkilerin tutunmasını ve yetişmesini sağlayan ince bir toprak katmanından oluşmaktadır. Gaz kontrol sistemi ise atıklara mümkün olduğunca yakın ve yatay olarak döşenmiş gözenekli gaz toplama tabakasından ibarettir. Şekil 9'da tipik bir pasif gaz toplama sisteminin kesiti görülmektedir. Burada gösterilen gaz toplama sistemi pasif olabileceği gibi elde edilecek gazın üretim kapasitesine ve sonuçtaki kullanım amacına göre aktif gaz toplama sistemi şeklinde de düşünülebilir. Özellikle gazın yeniden kullanım amacıyla tesis edilen atık alanlarında aktif sistem kullanılmaktadır. Aktif gaz toplama sistemlerinde katı atık depolama alanından oluşan gazlar bir veya daha fazla merkezi sisteme pompalar vasıtasıyla toplanmaktadır. Katı atık yığınları içerisinde meydana gelen anaerobik biyolojik faaliyetler sonucunda oluşan partiküllerin gaz toplama sistemindeki gözenekleri tıkamamaları için gaz toplama tabakasındaki dolgu malzemelerinin büyük boyutlu olması tercih edilmelidir. Atıklardan oluşup yükselen gazların yolunu kesmek üzere gaz drenaj tabakası düşük geçirimsizliğe sahip tabakanın üzerine yerleştirilmiştir. Burada bulunan gaz toplama tabakası gazların serbestçe atmosfere çıkış noktasına kadar geçmesini sağlayacak yapıda olmalıdır. Gazların akısını sağlamak üzere kolektör borusundaki eğimin % 2 kadar olması gerekir. Burada kullanılan eğimler genelde % 2-5 arasında değişmektedir (Richardson & Koerner, 1987).



Şekil 9. Pasif gaz toplama sisteminin genel görünüşü

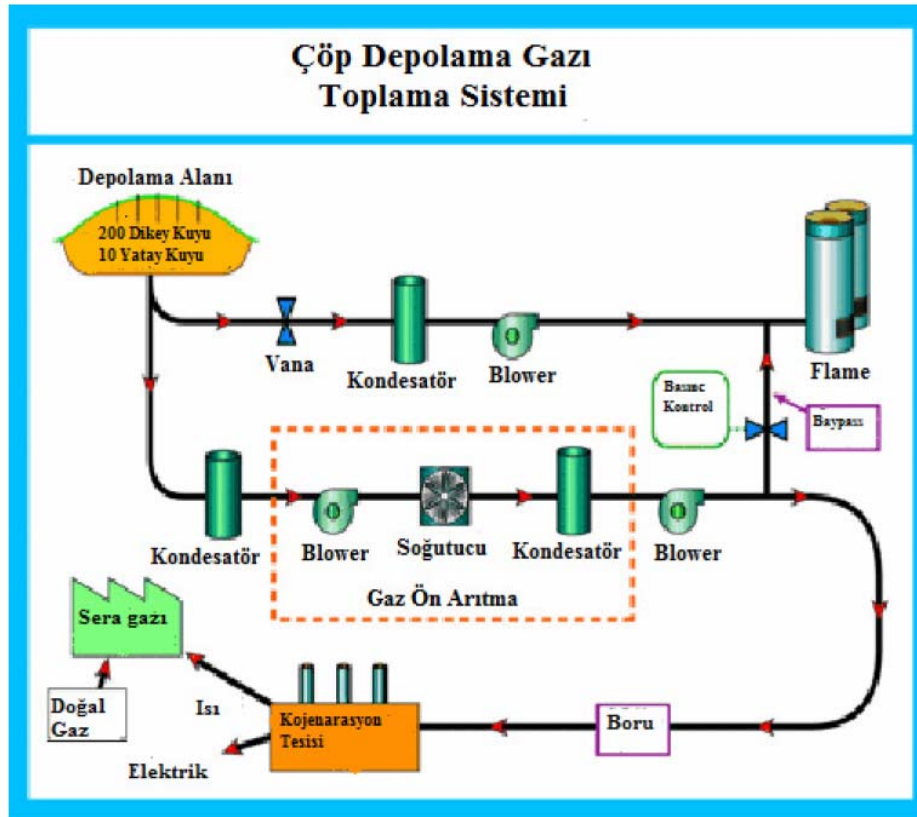
LFG hem aktif hem de pasif toplama sistemleriyle toplanmaktadır. Tipik bir toplama sistemi, ister aktif ister pasif olsun, bir dizi toplama kuyusundan oluşmaktadır. Düzenli depolama arazisindeki kuyuların sayısı ve birbirlerine olan mesafeleri atık hacmi, yoğunluğu ve derinliği gibi atık alanının spesifik karakteristiklerine bağlıdır. Bu konuda farklı standartlar olmasına karşılık genelde yapılacak uygulamalar çeşitli spesifik denemeler sonucunda elde edilecek ampirik sonuçlara göre yapılmaktadır. Örneğin; İstanbul'daki uygulamalarda düzenli çöp depolama alanlarında etkili çapı 50 m. olan gaz toplama bacaları tesis edilmiş olup buralardan vakum vasıtasıyla gazlar aktif olarak toplanmaktadır.

Katı atık sahasında oluşması muhtemel deponi gazının hem toprak içerisinde hem de atık alanı çevresinde sürekli izlenmesi gereklidir. Zemin içindeki gaz hareketlerinin izlenmesinde arazide açılacak gaz izleme kuyuları kullanılmaktadır. Gaz izlemede kullanılan kuyuların yapısı yer altı suyu izlenmesinde kullanılan kuyulara oldukça benzerdir. Fakat gaz izlenmesinde daha çok kuyu kümeleri kullanılır. Bunun nedeni gaz hareketlerinin suya nispeten daha hızlı ve tespit edilmesinin güç olmasıdır. Bazı açılardan, özellikle CH_4 ve CO_2 izlenmesi açısından, gazların hareketinin tespit edilmesi yer altı suyunun hareketinin tespit edilmesinden daha kolaydır. Çünkü bu tür

gazların tespiti için gerekli ekipmanlar kolaylıkla tesis edilebilir ve taşınabilir özelliktedir. Metan gazının tespitinde kullanılan “Metanometre”ler bu tür araçlardır. Eser haldeki gazların tespiti bu kadar kolay olmamaktadır.

Bunlar için mutlaka hassas laboratuvar analizleri gerekmektedir. Bu arada sunu da belirlemek gerekir ki, yer altı suyu için yapılan pH, alkalinite ve sertlik ölçümleri de çöp gaz (LFG) oluşumu hakkında bazı bilgiler sağlayabilmektedir. Bu ölçümler genelde atıklardan oluşan CO₂ gazından ve bu gazın zemin içindeki hareketlerinden etkilenmektedirler. CO₂ gazı suda kolaylıkla çözünebilen bir gazdır ve ortamda yeterince bulunması halinde suyun özelliklerinde bazı değişimlere neden olabilmektedir. LFG izlenmesinde aşağıdaki hususlar göz önünde bulunmalıdır:

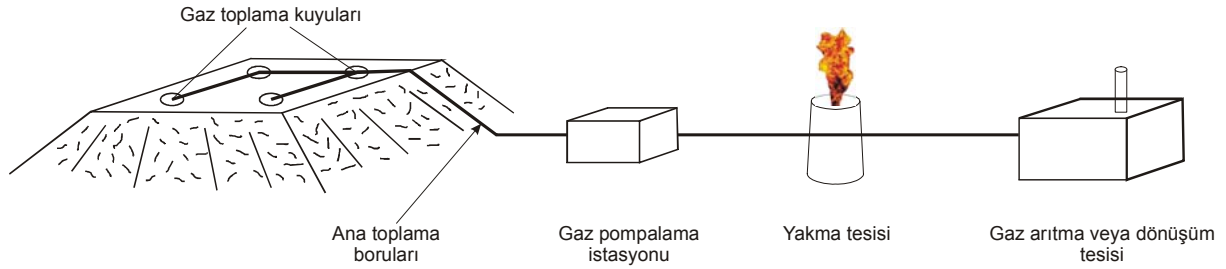
- İzleme çalışması belirli bir sistematığe göre yapılmalıdır.
- Zemin özellikleri dikkate alınmalıdır.
- Atık türlerinin birbirine benzerliği dikkate alınmalıdır.
- LFG tespit edilmesi halinde izleme sıklığı artırılmalıdır (Öztürk ve Karali, 2009).



Şekil 10. Çöp Depolama Gazının Aktif ve Pasif Olarak İşlenmesi

1.5.3. LFG Geri Kazanım Sisteminin Ekonomik Boyutu

Uygun bir katı atık yönetimi içerisinde yangın ve patlama ihtimallerini minimize edecek metan kontrolü ve izlenmesi prosedürleri mutlaka bulunmalıdır. Ancak oluşacak gazın bir enerji kaynağı olarak kullanımının planlanması durumunda arazide tesis edilmesi gereken ekipmanlarla sadece gazın hareketlerinin izlenmesi için kurulması gereken ekipmanlar birbirinden oldukça farklıdır. Bir gaz geri kazanım tesisinde bulunması gereken temel yapılar Şekil 11’de gösterildiği gibidir:



Şekil 11. Gaz geri kazanım prosesinin şematik görünüşü

Şekilde gösterildiği gibi:

1. Katı atık alanı içerisine yerleştirilmiş yeterli sayıda izleme kuyusu
2. Oluşan gazları pompa tesisine iletecek boru şebekesi
3. Gazların kullanılmaması durumunda yakılmasını sağlayacak yakma sistemi
4. Gazları kullanacak veya faydalı kullanıma hazırlayacak uygun bir son kullanıcı, söz konusudur.

Bu son kullanıcı, toplanan gazları elektrik enerjisine dönüştürecek bir tesis olabileceği gibi gazın içindeki CO₂ içeriğini arıtarak CH₄ içeriğini artıran bir arıtma sistemi de olabilir. CH₄ içeriği artırılmış LFG çeşitli dağıtım sistemleriyle kullanıcılara “doğal gaz” olarak sunulabilir.

Geri kazanım sistemindeki her bir ekipmanın ayrı bir görevi ve sağlaması gereken performans değerleri vardır. Ancak sistemin verimli bir şekilde kullanılabilirliği doğrudan kaynağın değerlerine bağlıdır. Örneğin; LFG elektrik enerjisi üretiminde kullanılıyorsa buradan elde edilen elektrik miktarı tesiste kullanılacak elektrik miktarından fazla olabilir. Bu durumda artan elektrik enerjisinin başka kullanıcılara verilmesi gerekmektedir (Öztürk ve Karali, 2009).

BÖLÜM 2: UŞAK İLİNDE ÜRETİLEN KATI ATIKLARIN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Uşak kentinde evlerde üretilen atıkların kompozisyonu ile fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacı ile Şubat 2010 ve Mart 2010 da iki farklı örnekleme çalışması yapılmış, yerinde ölçümler ve laboratuvar analizleri ile karakterizasyon çalışması tamamlanmıştır.

Birinci örnekleme periyodunda kentin İzmir- Uşak Karayolu ile bölünmesi sonucu doğal olarak oluşan Kuzey ve Güney bölgelerinde seçilen ve farklı gelir gruplarını temsil eden yedi mahalle ele alınmıştır. Örnekleme periyodu süresince her gün olmak üzere evsel katı atıklar mahallelerde belirlenen ve hane sayıları belli güzergahlarda yer alan çöp konteynırlarından araçlar ile karışık halde toplanmıştır. Örnekler daha sonra tartılmış, kompozisyonu belirlenmek üzere ayıklanmış, elenerek ince fraksiyonları belirlenmiş ve gerekli laboratuvar örnekleri alınarak analizleri yapılmak üzere buzdolabında saklanmıştır.

İkinci örnekleme periyodun da ise gene Kuzey ve Güney bölgelerinde seçilen ve gelir grubu farklı altı mahalle ele alınmıştır. Ancak bu kez örnekler mahallelerde belirlenen örnekleme noktalarında hane kapısından kül, geri kazanılabilir ve yiyecek atıkları olmak üzere üç poşet içinde ayrı halde toplanmıştır.

Bu iki farklı uygulama ile sokak toplayıcıları eliyle konteynırlardan ayıklanan geri kazanılabilir miktarının hem de gerçek kişisel üretim hızının ortaya konulması hedeflenmiştir. Örnekleme sonrasında tartım, kompozisyon belirleme ve fraksiyonların ortaya konulması çalışmaları birinci örneklemede olduğu gibi yerine getirilmiş ve laboratuvar örnekleri hazırlanmıştır.

Bu çalışmalara ilaveten talebimiz doğrultusunda ve Belediye yetkililerinin uygun organizasyonu ile birinci örnekleme periyodu boyunca katı atık depolama alanına giren araç sayıları ve taşıdıkları atık miktarı kayda alınmış ve tarafımıza iletilmiştir.

Böylelikle atık miktarının analiz bulguları ile karşılaştırılması ve bulguların yorumlanabilmesine olanak sağlayacak bir veri elde edilmesi söz konusu olabilmektedir.

Örneklerin mahallelerden alınması sonrasında gerçekleştirilen yerinde analizler ve laboratuarda gerçekleştirilen kimyasal ve fiziksel analizler aşağıdaki gibidir:

Yerinde Analizler

- Kişisel Katı Atık Üretim Hızı
- Kül(ısınma artığı), Yiyecek atığı ve geri kazanılabilir atık oranları ve üretim miktarları
- Geri Kazanılabilirlerin oranları
 - o Kağıt ve Karton
 - o Metal
 - o Cam
 - o Plastikler ve Nylon
 - o Tekstil
- Hijyenik Atık Miktarı ve Oranı
- Taş, Toprak, Seramik türü atık Miktar ve oranı

Laboratuvar Analizleri

- Atığın Su Muhtevası
- Atığın Kuru Maddesinin Organik Madde İçeriği
- Atığın Kuru Maddesinin Kalorifik (ısı) değeri
- Atığın birim hacminin ağırlığı (BHA)
- Atığın pH değeri (asitlik-bazlık seviyesi)
- Çözünabilir Organik Karbon ve Çözünabilir Azot Değerleri
- Toplam Organik Karbon ve Toplam Azot Değerleri

Bu çalışmalara ilaveten halen kullanılan katı atık depolama alanından alında belirlenen farklı depolanma sürelerine sahip üç alanda profil açılarak çeşitli derinliklerden alınan atık örneklerinde de kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır.

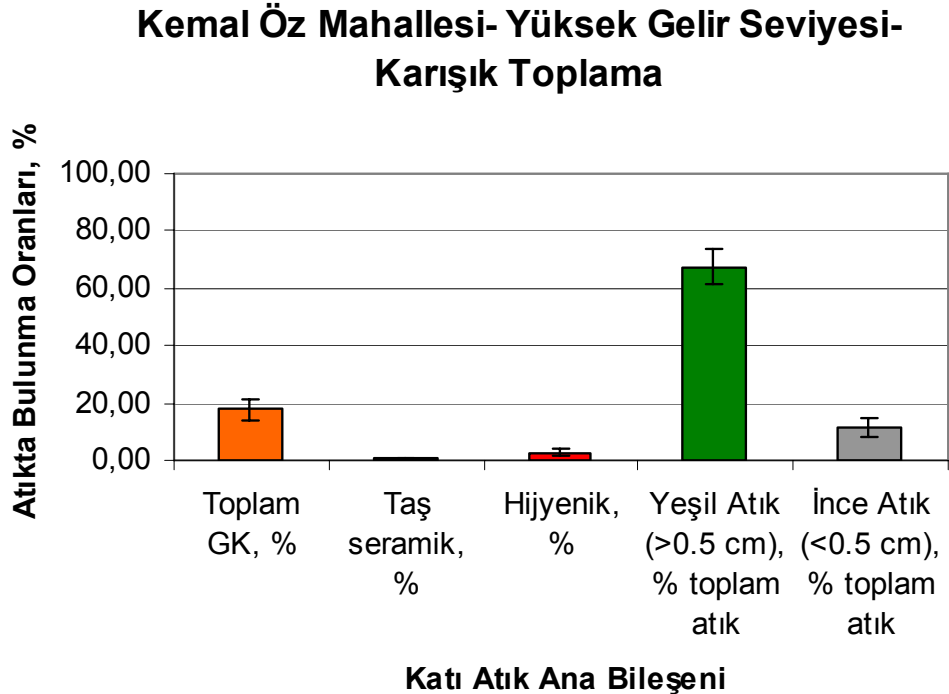
Ayrıca depolama alanında oluşan sızıntı suyu ve çevresine olan etkilerini belirlemek amacı ile bu bölge ve çevresindeki akarsu ve su kuyularından toplam dört su örneği alınarak kirliliğin göstergesi olabilecek belli başlı analizler tamamlanmıştır. Bu çalışmalara ait sonuçlar ve değerlendirmeleri Bölüm 3'te verilmektedir.

Örnekleme sürelerinde Uşak Katı Atıklarını Temsil eden toplam 107 adet katı atık örneği alınmıştır. Halen üretilen katı atıklara ait bulgular ve değerlendirmeleri ise aşağıda sunulmaktadır.

2.1. Karışık Toplama Periyodu Bulguları

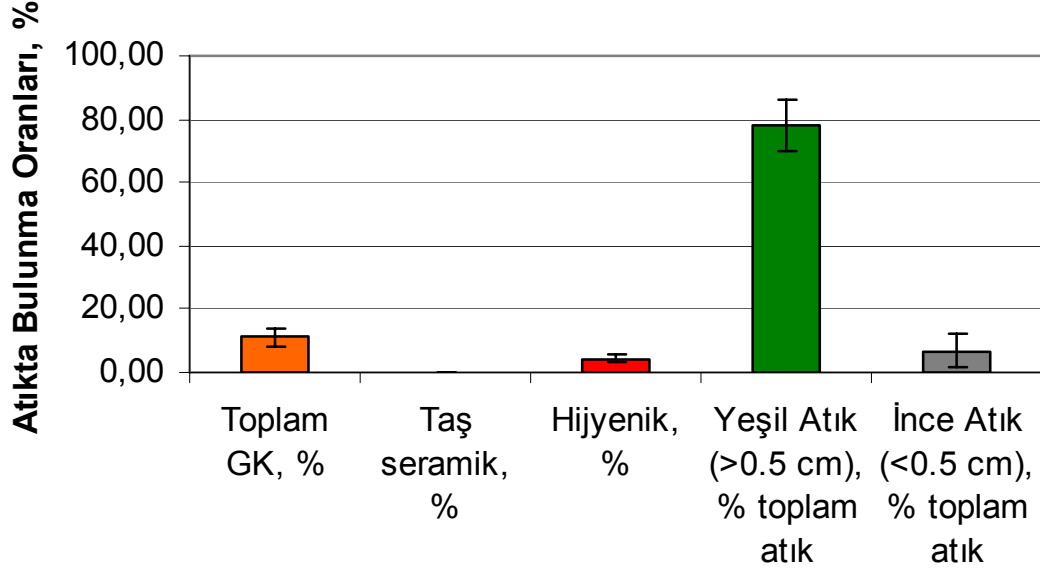
2.1.1. Yerde Analizlere ait Bulgular

Bu örnekleme periyodunda yüksek gelir seviyesini temsil eden Kemal Öz ve Cumhuriyet mahalleleri ele alınmıştır. Aşağıda Şekil 12, 13 ve 14 sırasıyla bu mahallelere ait ve ortalama atık kompozisyonu değerlerini vermektedir.



Şekil 12: Kemal Öz Mahallesi Atık Bileşenleri

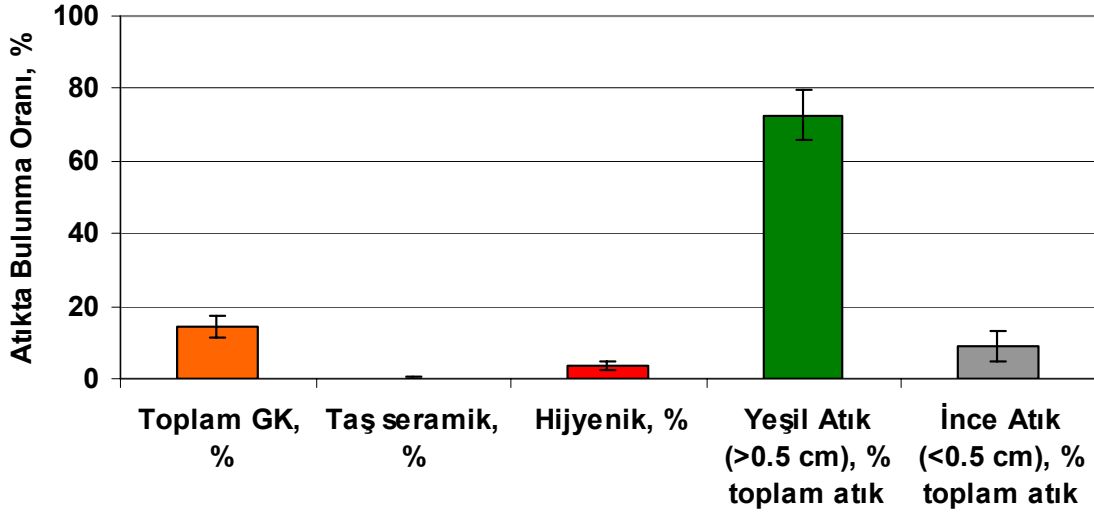
Cumhuriyet Mahallesi- Yüksek Gelir Seviyesi- Karışık Toplama



Katı Atık Ana Bileşeni

Şekil 13: Cumhuriyet Mahallesi Atık Bileşenleri

Uşak İli Yüksek Gelir Seviyesi Katı Atık Ana Bileşenleri- Karışık Toplama



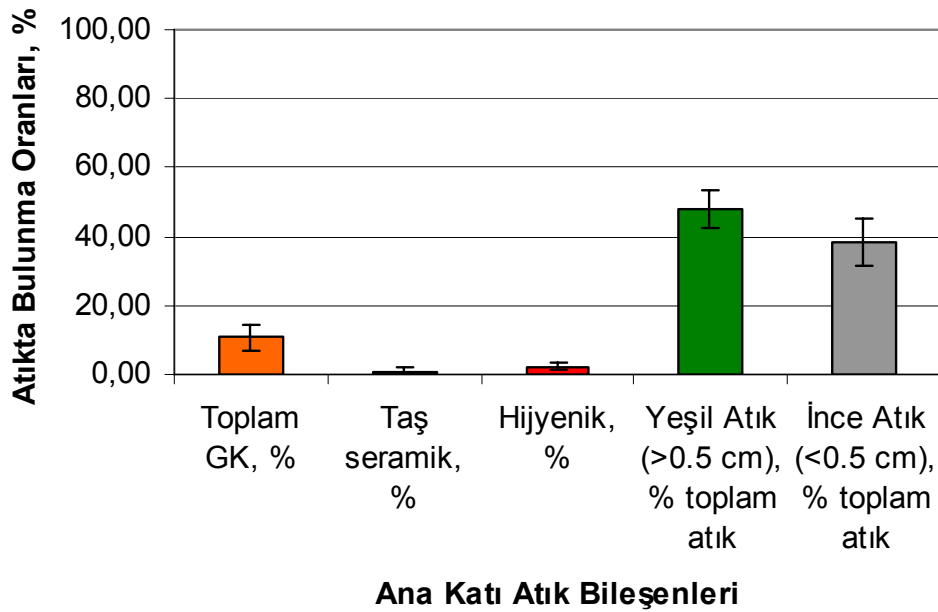
Katı Atık Ana Bileşenleri

Şekil 14: Karışık Toplama Durumunda Uşak İli Yüksek Gelir Seviyesi Ortalama Katı Atık Ana Bileşenleri

Karışık biriktirme bulgularına göre yüksek gelir seviyesi atıklarında % 15 geri kazanılabilirler, ve % 72 biyolojik parçalanabilir durumda yeşil atık (yiyecek atığı) bulunurken % 10 civarında yakıt kalıntısı yani kül bulunmaktadır.

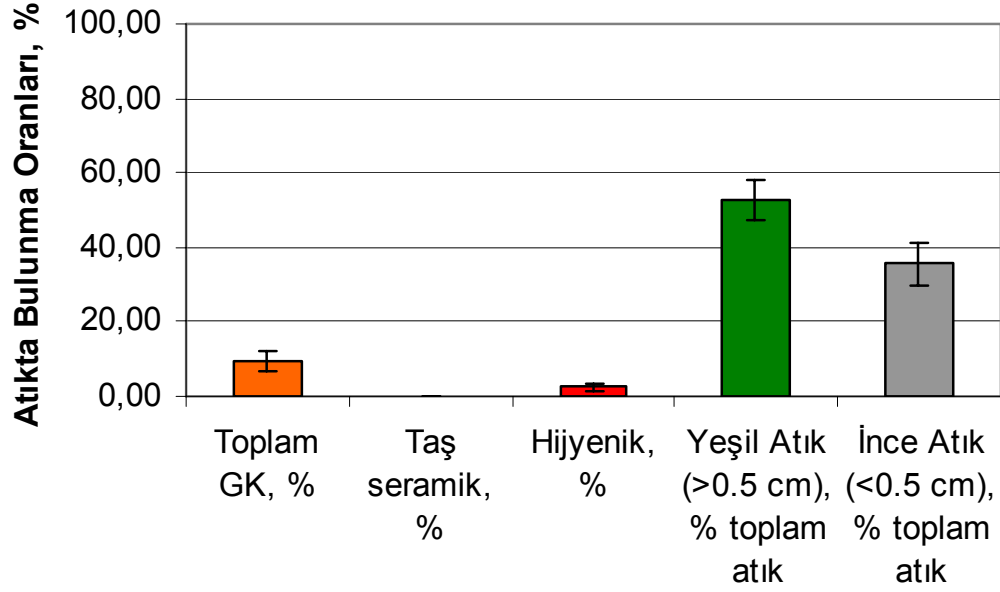
Orta gelir seviyesini temsilen Dikilitaş, Köme ve Fevzi Çakmak Mahallelerinde çalışılmıştır, bulgular ve ortalama değerler Şekil 15, 16, 17 ve 18 de verilmektedir.

Dikilitaş Mahallesi- Orta Gelir- Karışık Toplama



Şekil 15: Dikilitaş Mahallesi Atık Bileşenleri

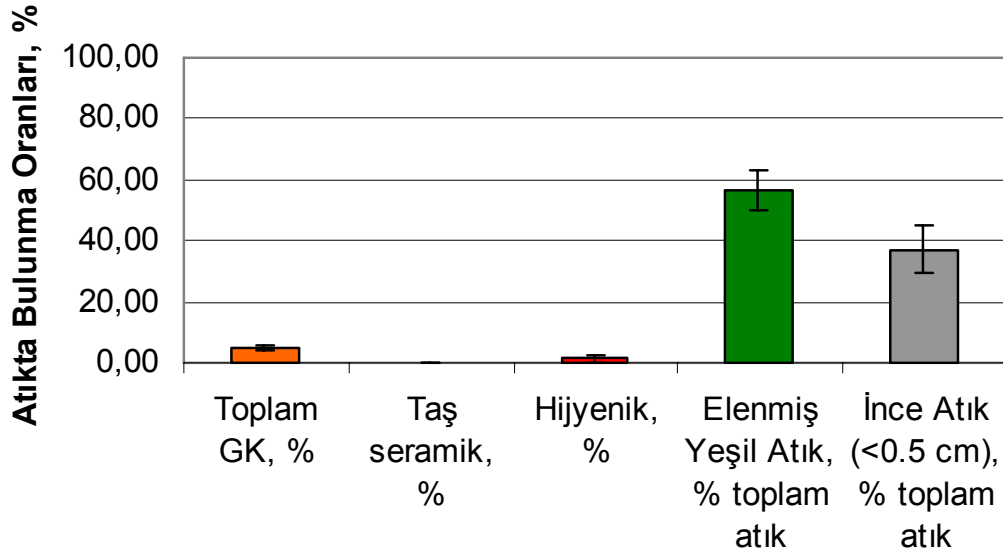
Köme Mahallesi- Orta Gelir- Karışık Toplama



Ana Katı Atık Bileşenleri

Şekil 16: Köme Mahallesi Atık Bileşenleri

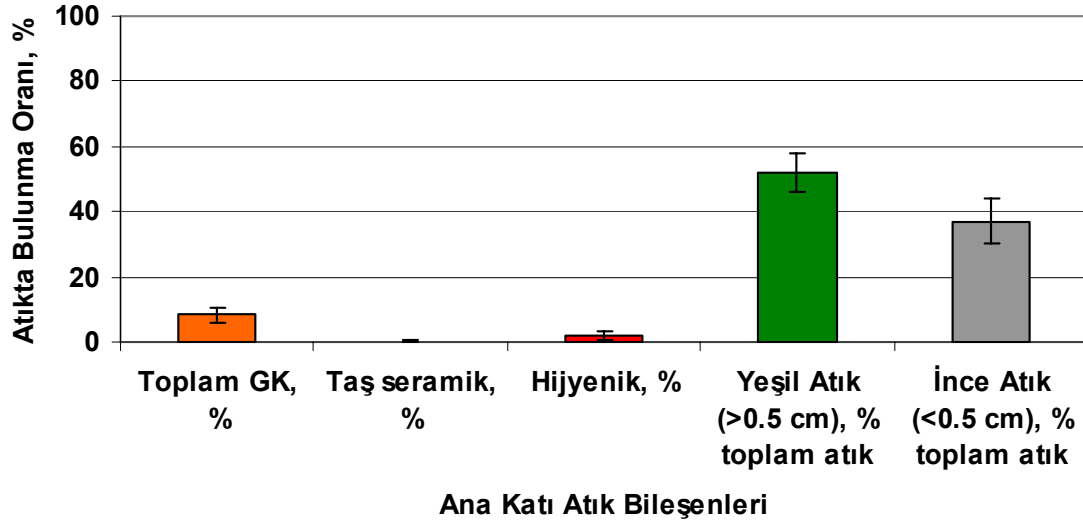
Fevzi Çakmak Mahallesi- Orta Gelir- Karışık Toplama



Ana Katı Atık Bileşenleri

Şekil 17: Fevzi Çakmak Mahallesi Atık Bileşenleri

Uşak İli Orta Gelir Seviyesi Katı Atık Ana Bileşenleri- Karışık Toplama

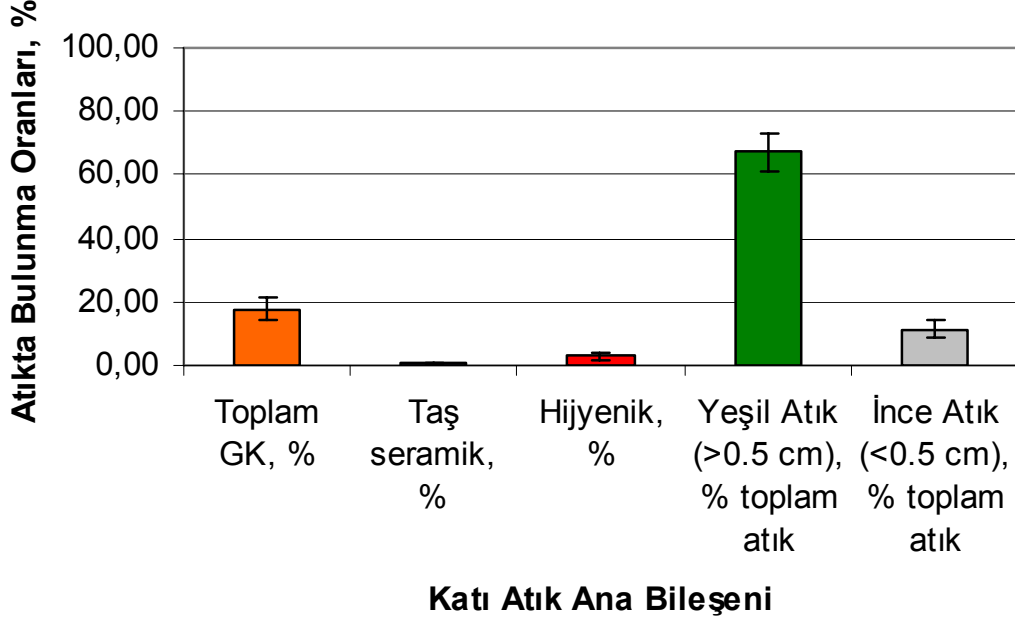


Şekil 18: Karışık Toplama Durumunda Uşak İli Orta Gelir Seviyesi Ortalama Katı Atık Ana Bileşenleri

Karışık örnekleme periyodunda elde edilen bulgulara göre orta gelir seviyesi evsel katı atıklarında % 8.4 geri kazanılabilirler, ve % 52 biyolojik parçalanabilir durumda yeşil atık (yemek atığı) bulunurken % 37 civarında yakıt kalıntısı yani kül bulunmaktadır.

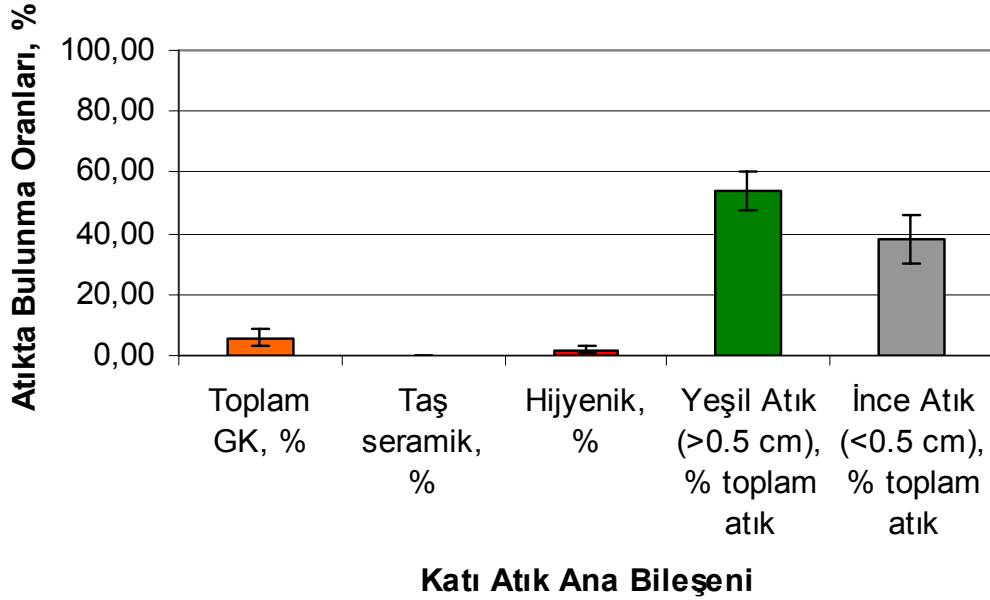
Düşük gelir seviyesinde ise Aybey ve Mehmet Akif Ersoy Mahallelerinde çalışılmıştır. Bulgular Şekil 19, 20 ve 21 de sunulmaktadır.

Aybey Mahallesi- Düşük Gelir Seviyesi- Karışık Toplama



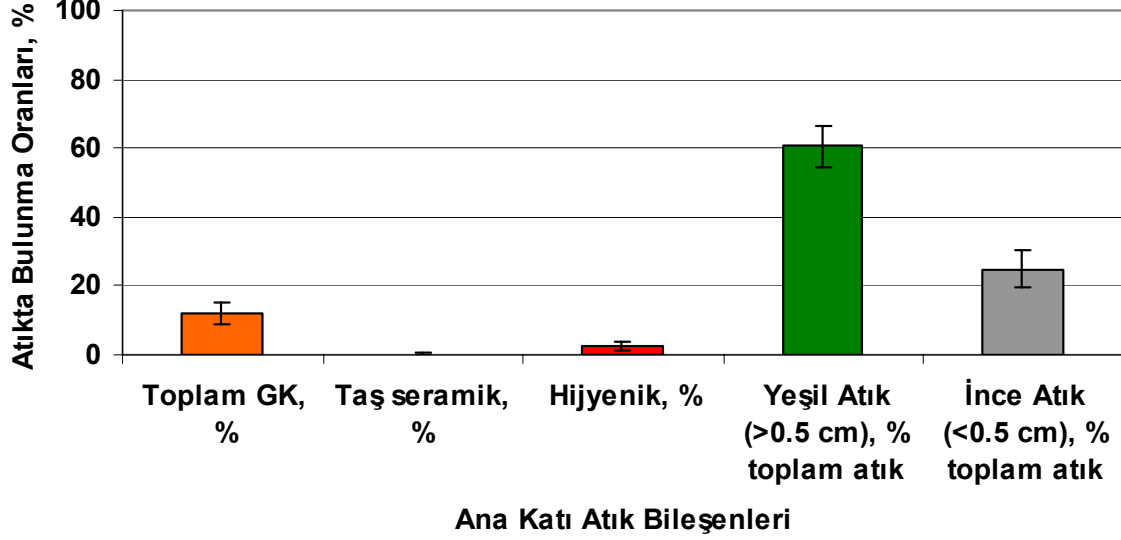
Şekil 19: Aybey Mahallesi Atık Bileşenleri

Mehmet Akif Ersoy Mahallesi- Düşük Gelir Seviyesi- Karışık Toplama



Şekil 20: Mehmet Akif Ersoy Mahallesi Atık Bileşenleri

Uşak İli Düşük Gelir Seviyesi Katı Atık Ana Bileşenleri- Karışık Toplama



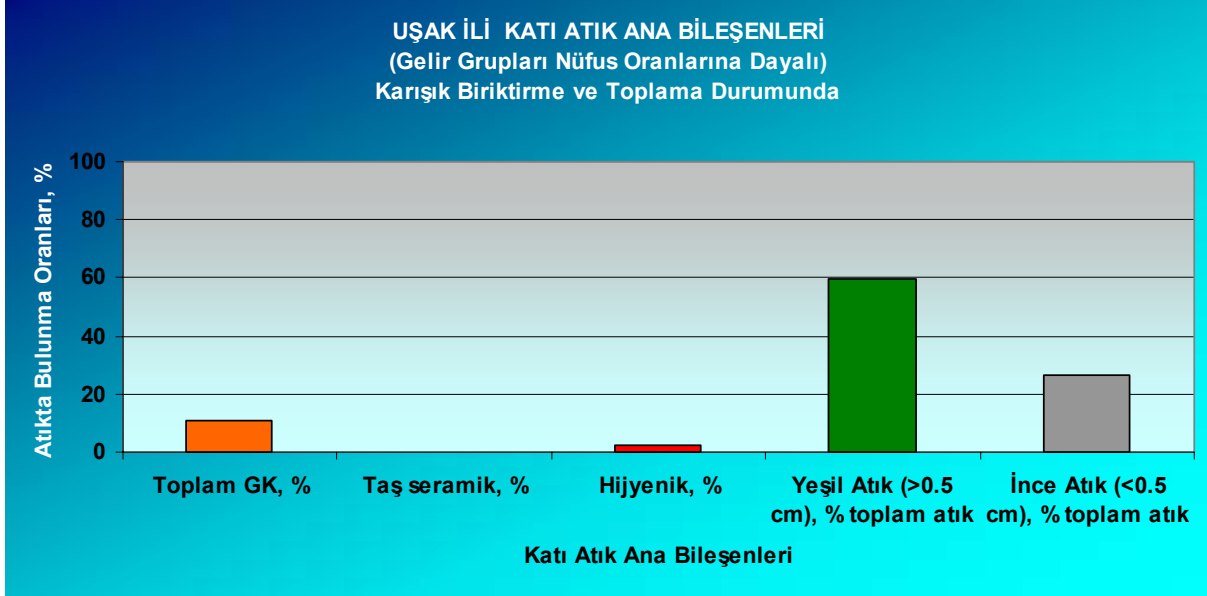
Şekil 21: Karışık Toplama Durumunda Uşak İli Düşük Gelir Seviyesi Ortalama Katı Atık Ana Bileşenleri

Karışık örnekleme periyodunda elde edilen bulgulara göre düşük gelir seviyesi evsel katı atıklarında % 12 geri kazanılabilirler, ve % 61 biyolojik parçalanabilir durumda yeşil atık (yiyecek atığı) bulunurken % 25 civarında yakıt kalıntısı yani kül bulunmaktadır.

Bu durumda karışık toplama uygulaması sonucunda Uşak İlindeki gelir grubu dağılımı da göz önüne alınarak ortalama atık kompozisyonu belirlenmiştir. Gelir grubu dağılımında TÜİK 2008 yılı verileri kullanılmış olup bu verilere göre Uşak nüfusunun % 19 unu yüksek gelir seviyesi, % 37 sini orta gelir seviyesi ve % 44 ünü ise düşük gelir seviyesi oluşturmaktadır. Atık kompozisyonuna dair özet bulgu grafiği Şekil 22'de sunulmaktadır.

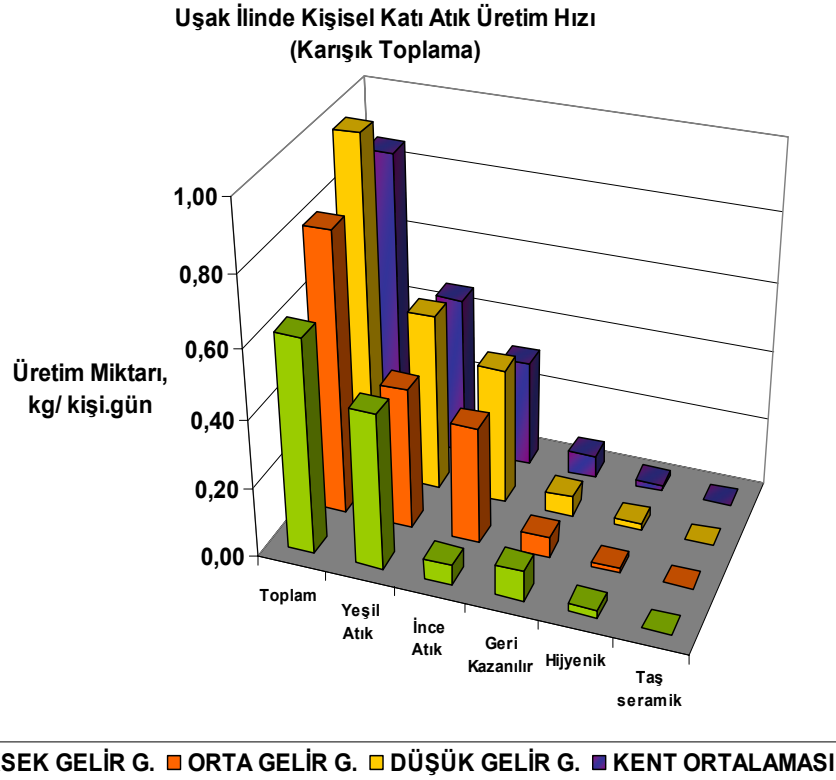
Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 22: Uşak Kenti Katı Atık Bileşenlerinin Karışık Biriktirme Durumunda Dağılımı

Aynı verilerden ve hane halkı kişi sayısından (4 kişi/hane kabul edilmiştir) yola çıkarak bir günde bir kişinin üretmekte olduğu atık miktarı da belirlenmiştir (Şekil 23)



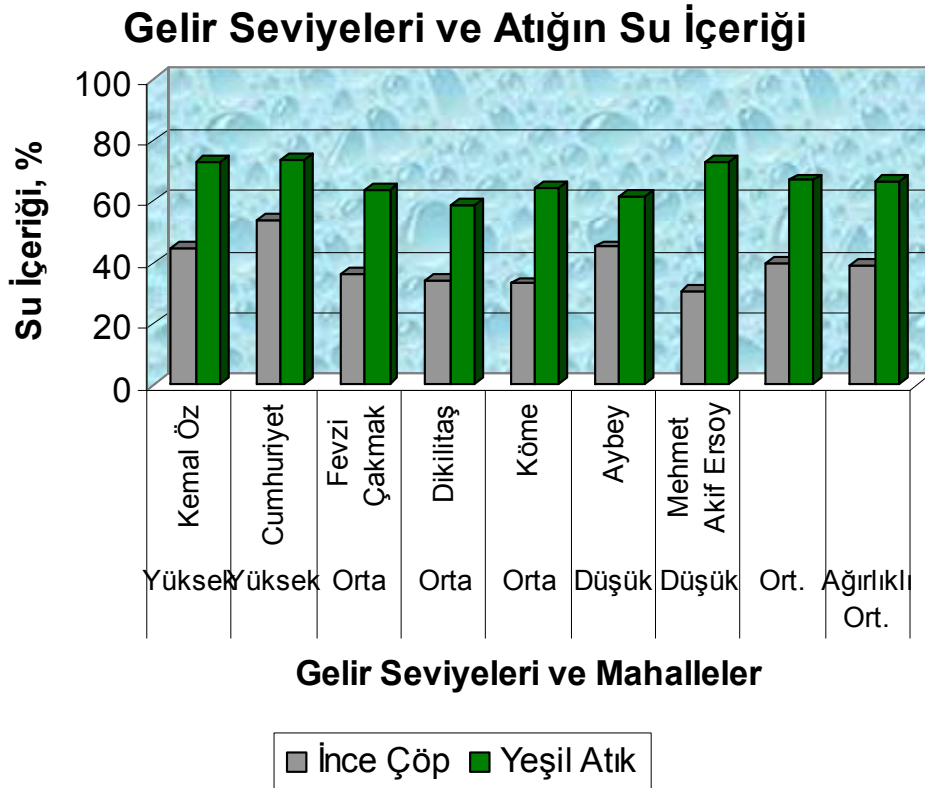
Şekil 23: Uşak İlinde Kişisel Katı Atık Üretim Hızı

Bu verilere göre kentte kişisel evsel atık üretim hızı 0.86 kg/gün dür.

2.1.2. Laboratuvar Analizlerine Ait Bulgular

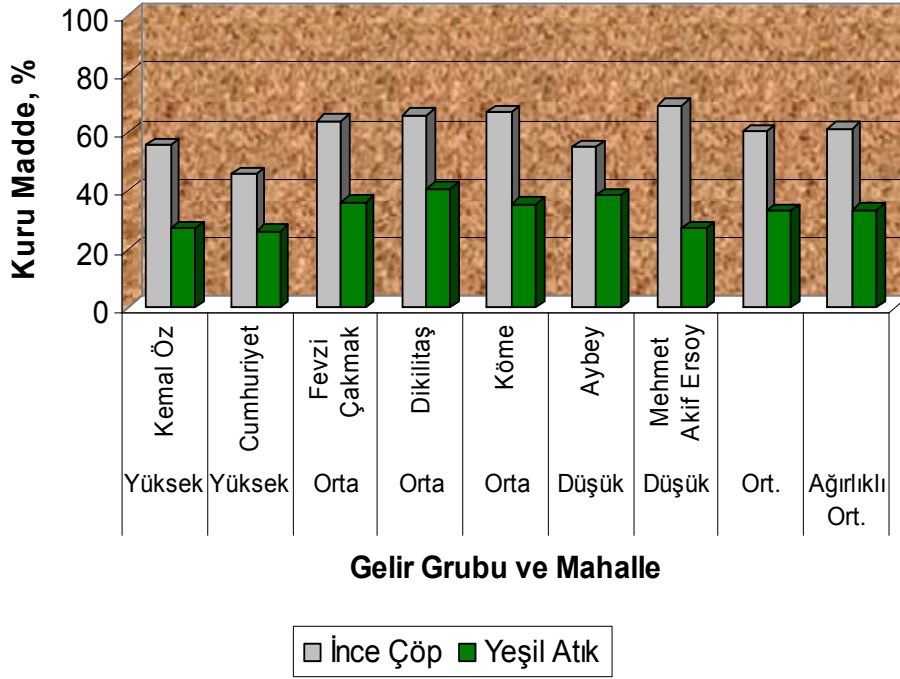
Laboratuvar analizleri yüksek, orta ve düşük gelir seviyeleri için ayrı ayrı yapılmış ve ağırlıklı ortalamaları ile beraber sunulmuştur. Analizler yerinde yapılan ölçümler sırasında geri kazanılabilirler ayıklandıktan sonra elde edilen atık karışımı iki fraksiyona ayrılarak gerçekleştirilmiştir. Birinci fraksiyon çapı 0,5 cm den küçük olan ve soba veya yakıt külü olarak adlandırdığımız kısım olup ince çöp olarak adlandırılmaktadır. Diğer kısım ise yeşil atık dediğimiz kısım olup bu analizler öncesinde yerinde ayrılması mümkün olmayan geri kazanılabilirler laboratuvarda ayıklanmış ve ayrıca değerlendirilmeleri yapılmıştır.

Şekil 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 ve 31 de su muhtevası, kuru madde, organik madde, kalorifik değer, pH, toplam ve çözünmüş karbon ile toplam ve çözünmüş azot değerleri ince çöp ve yeşil atık için grafik halinde gösterilmekte ve ayrıca laboratuvar ortamında ayrılan geri kazanılabilirler de (Şekil 32) verilmektedir.



Şekil 24: Atığın Su İçeriği- Karışık Toplama

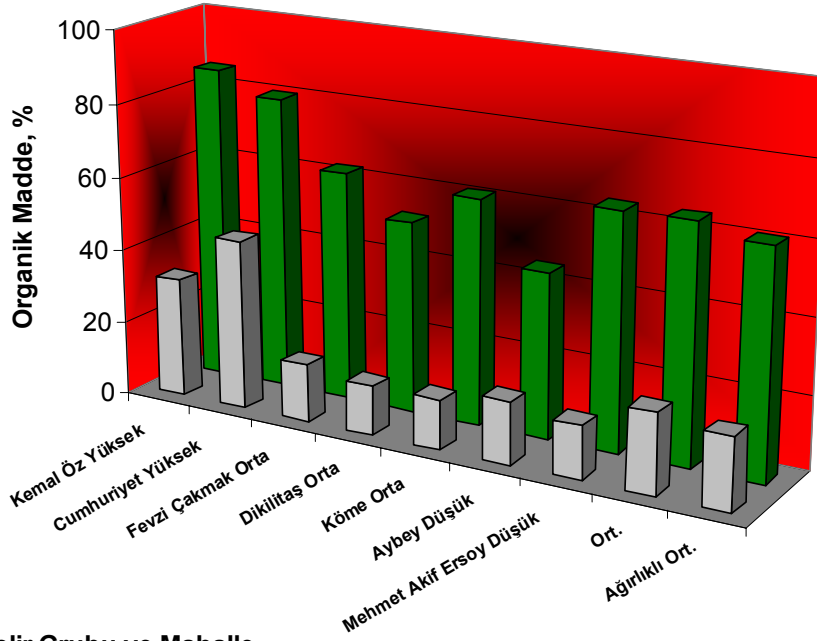
Gelir Seviyelerine Göre Atıkta Kuru Madde Oranı



Şekil 25: Atığın Kuru Madde İçeriği- Karışık Toplama

Görülebileceği gibi atığın biyolojik parçalanabilir kısmının su içeriği %67 dir. İnce çöpte (kül) ise bu değer %39 olarak belirlemiştir. Bu durumda Şekil 25 ten de görülebileceği gibi her 100 kg atıktan sadece 33 kg kuru atık elde edilebilmektedir.

Gelir Grubuna Göre Atığın Kuru Madde Organik İçeriği

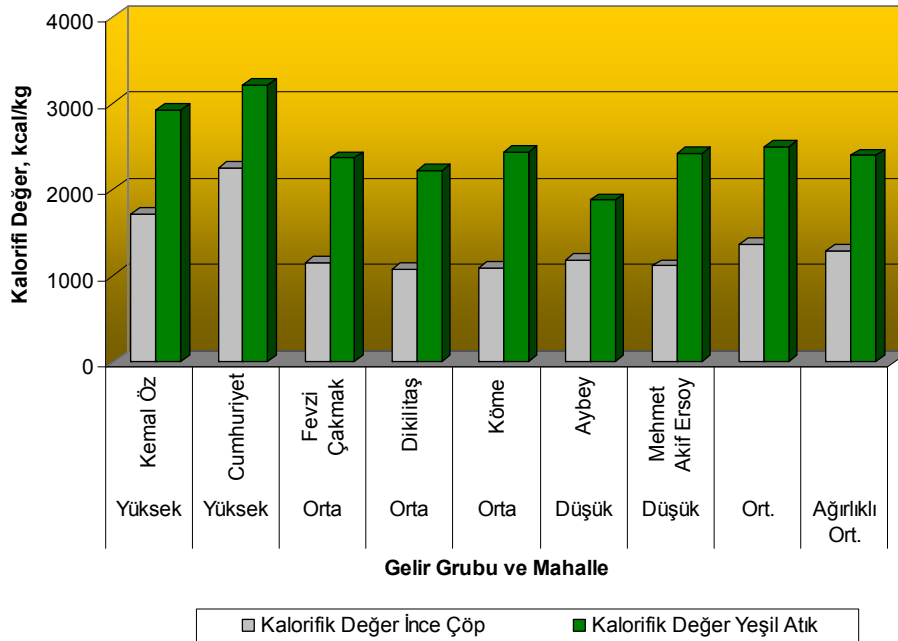


Gelir Grubu ve Mahalle

Organik Madde İnce Çöp Organik Madde Yeşil Atık

Şekil 26: Atığın Organik Madde İçeriği (Kuru Maddede)- Karışık Toplama

Gelir Grubuna Göre Atık Kalorifik Değeri- Karışık Toplama



Gelir Grubu ve Mahalle

Kalorifik Değer İnce Çöp Kalorifik Değer Yeşil Atık

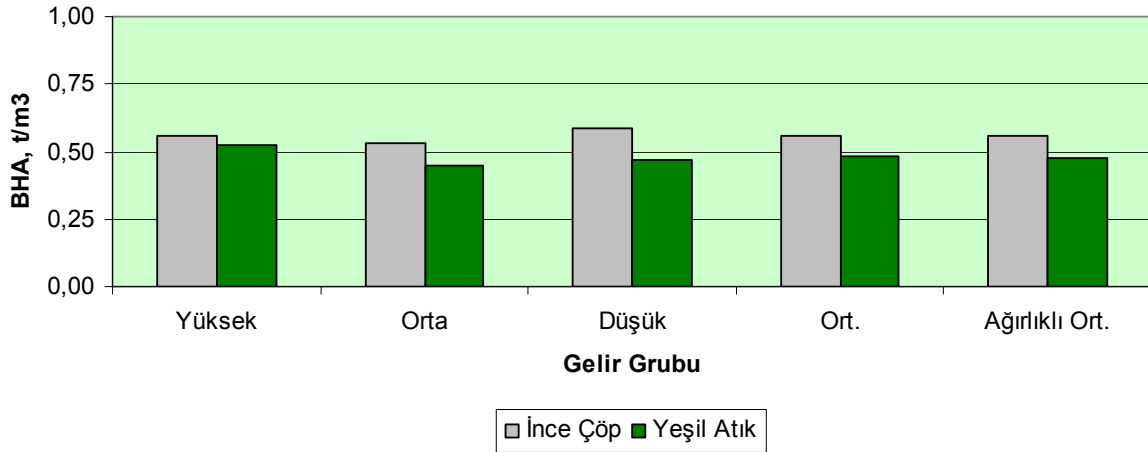
Şekil 27: Atığın Kuru Maddesinin Kalorifik (Isıl) İçeriği- Karışık Toplama

Bulgulara göre atığın organik maddesi ortalamada kuru maddenin %61 i kadardır. İnce çöpte ise bu değer oldukça düşerek %20 yi vermektedir. Bu değer de külden beklediğimiz seviyelerle örtüşmektedir.

Kalorifik değer de atığa karbonu sağlayan organik madde içeriği ile direkt ilişkili olduğu için organik madde miktarı ile ilintili olarak yeşil atık için ortalama 2400 kcal/kg, ince çöp içinse 1300 kcal/kg olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin kuru atıkta ölçüldüğü ve yeşil atığın %67 sinin su olduğu dikkate alınacak olursa net kalorifik değerlerin 1200 kcal/kg seviyesinde, yani oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Yüksek gelir seviyesi katı atıklarında kuru madde kalorifik değeri bir miktar daha yüksek olmakla beraber su içeriği daha fazla olduğu için bu bölgenin atığının da net kalorifik değeri ortalama değere oldukça yakın çıkmaktadır.

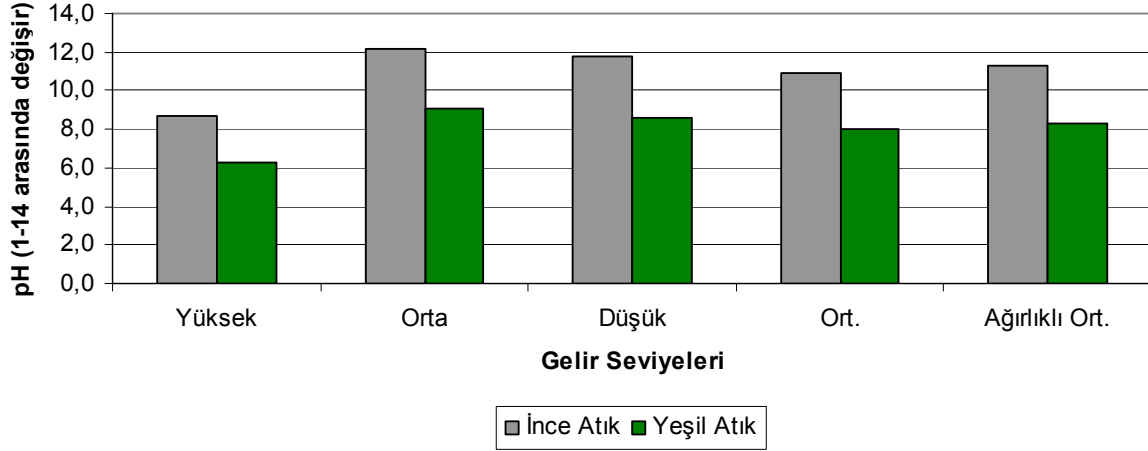
Gelir Grupları ve Atık Yoğunluğu (Birim Hacim Ağırlığı)



Şekil 28: Atığın Birim Hacim Ağırlığı- Karışık Toplama

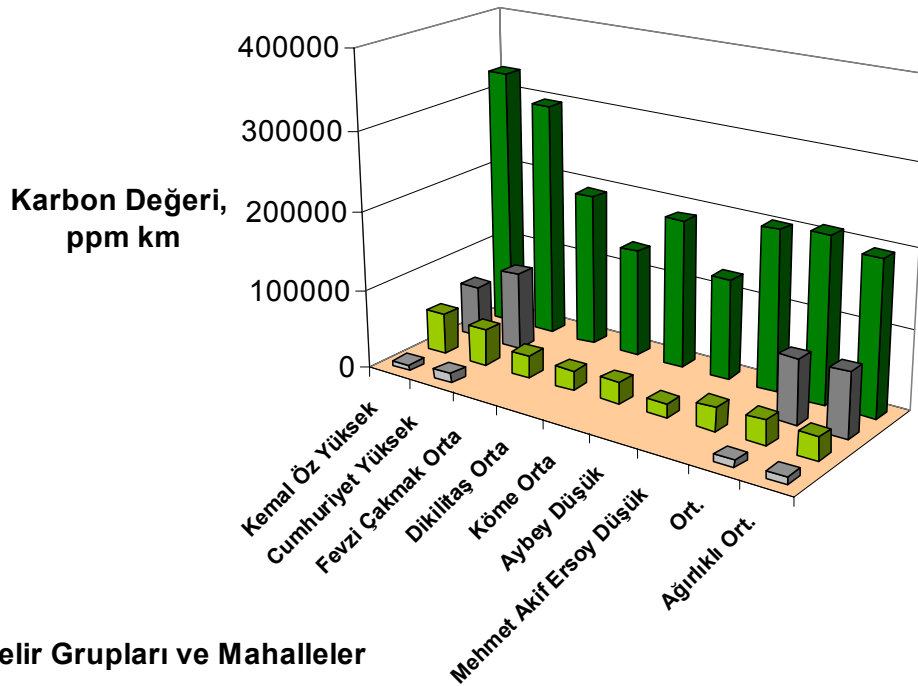
Atık birim hacim ağırlığı (yaklaşık yoğunluğu) ise Şekil 28 de görüldüğü gibi düşük gelir grubunda daha yüksektir. Bunun sebebi gerek kül oranının yüksekliği, gerekse katı yakıt kalıntısının orta ve yüksek gelirce tercih edilen sıvı yakıtı göre daha yüksek yoğunlukta olmasıdır.

Atık pH (Asitlik-Bazlık) Değeri



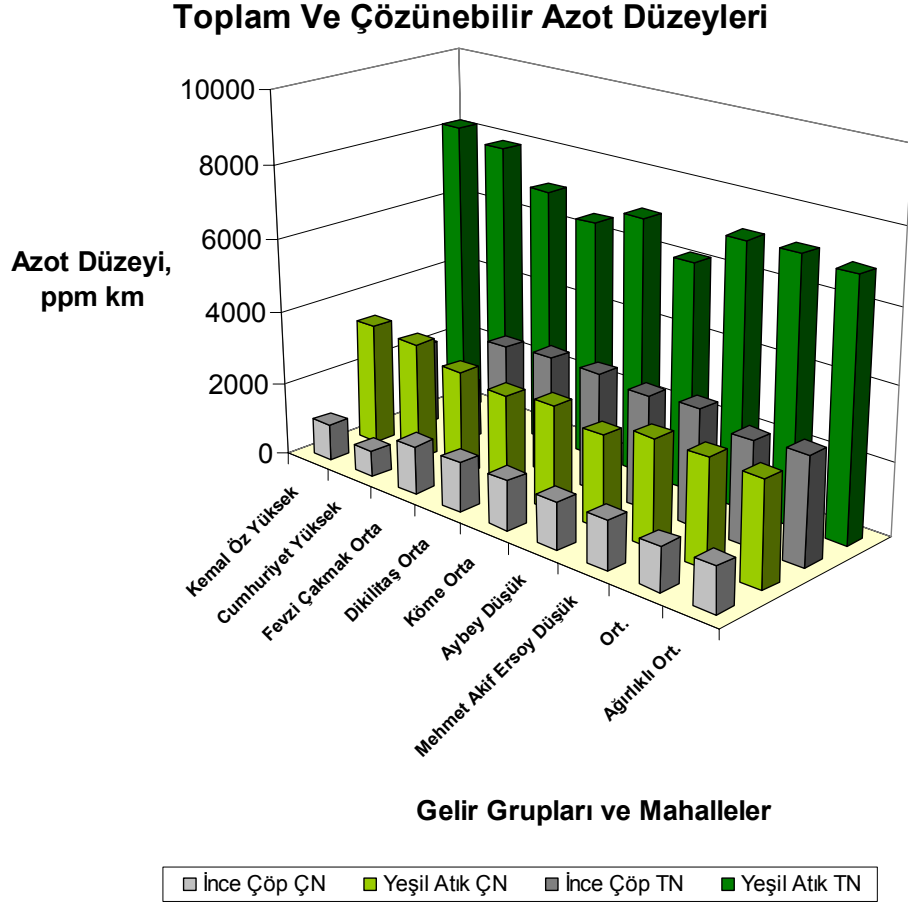
Şekil 29: Atığın pH değeri- Karışık Toplama

İnce çöp pH değeri genel olarak tüm gelir seviyelerinde oldukça bazik seviyededir. İnce çöp organik madde içeriği düştükçe baziklik artmaktadır. Ancak yeşil atıklarda elde edilen pH değerleri beklendiği gibi hafif asidik seviyede bulunmuştur.



Şekil 30: Atığın Toplam ve Çözünmüş Karbon değerleri- Karışık Toplama

Yeşil atıkta elde edilen toplam karbon değerleri oldukça yüksektir. Ancak çözünebilir karbon değerleri daha düşük seviyelerde bulunmuştur. İnce çöpte ise sadece birkaç örnekte karbon değerleri ölçülebilir seviyede bulunmuştur.

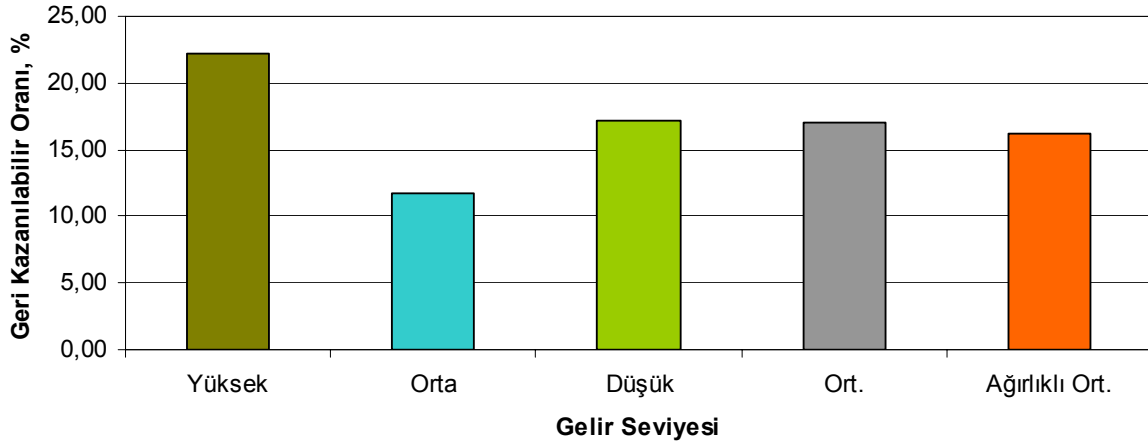


Şekil 31: Atığın Toplam ve Çözünmüş Azot değerleri- Karışık Toplama

Toplam ve çözülmüş azot değerleri de yeşil atıkta literatürle uyumlu bulunmuştur. Elbette ince çöpte elde edilen değerler oldukça düşüktür. Ancak yeşil atık için bulunan ortalama karbon azot oranı C/N: 29 gibi oldukça iyi düzeydedir.

Yeşil Atıktan laboratuvar ortamında ayrılan geri kazanılabilirler ise en fazla yüksek gelir grubunda fazla tespit edilmiştir. Ortalama olarak geri kazanılabilir atığın %16 sı normal şartlarda elle ayıklanamaz halde karışımında bulunmaktadır.

Yeşil Atık Poşetine Atılan Geri Kazanılabilirler



Şekil 32: Yeşil atıktan laboratuvarında ayrılan Geri Kazanılabilirlerin Oranları- Karışık Toplama

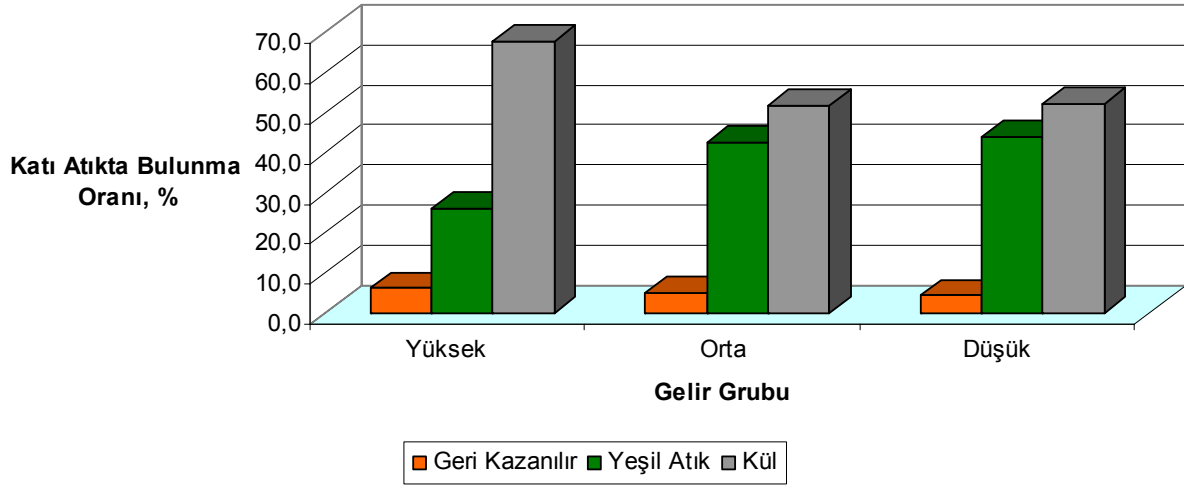
2.2. Ayrı Toplama Periyodu Bulguları

2.2.1. Yerinde Analizlere Ait Bulgular

Ayrı toplama uygulamasının yapıldığı örnekleme periyodunda Yüksek gelir seviyesinde Kemal Öz ve Ünalın, Orta Gelir Seviyesinde Fevzi Çakmak, Fatih ve Karaağaç, Düşük Gelir Seviyesinde ise Mehmet Akif Ersoy Mahallesiinde çalışılmıştır.

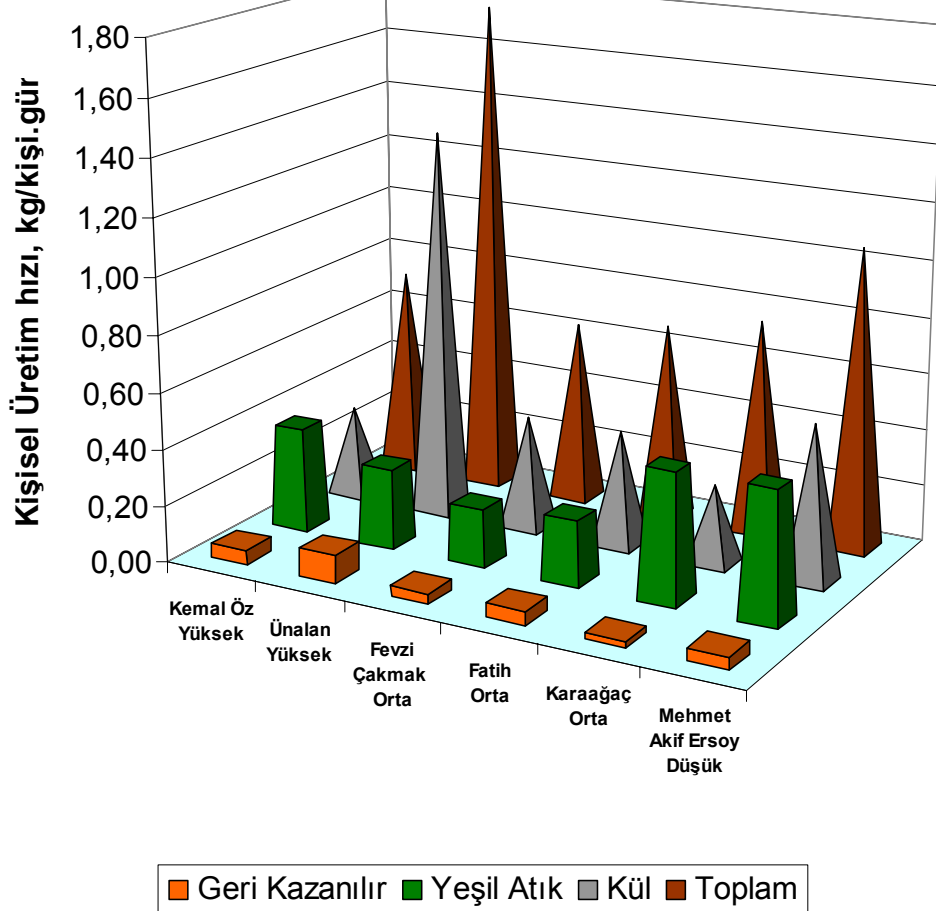
Ancak yerinde analiz bulgularından evlerden toplama sırasında kapıcının sadece uygulamaya katılan dairelerin değil apartmandaki tüm külleri teslim ettiği anlaşılmıştır (Şekil 33 ve34).

Gelir Grupları ve Üretilen Atık Oranları (uygulamaya katılmayan dairelerin külleri dahilken)



Şekil 33: Uygulama harici kül teslimi ile bulguların durumu (atık oluşum oranları)

Gelir Grupları ve Atık Üretimi- Ayrı Toplama

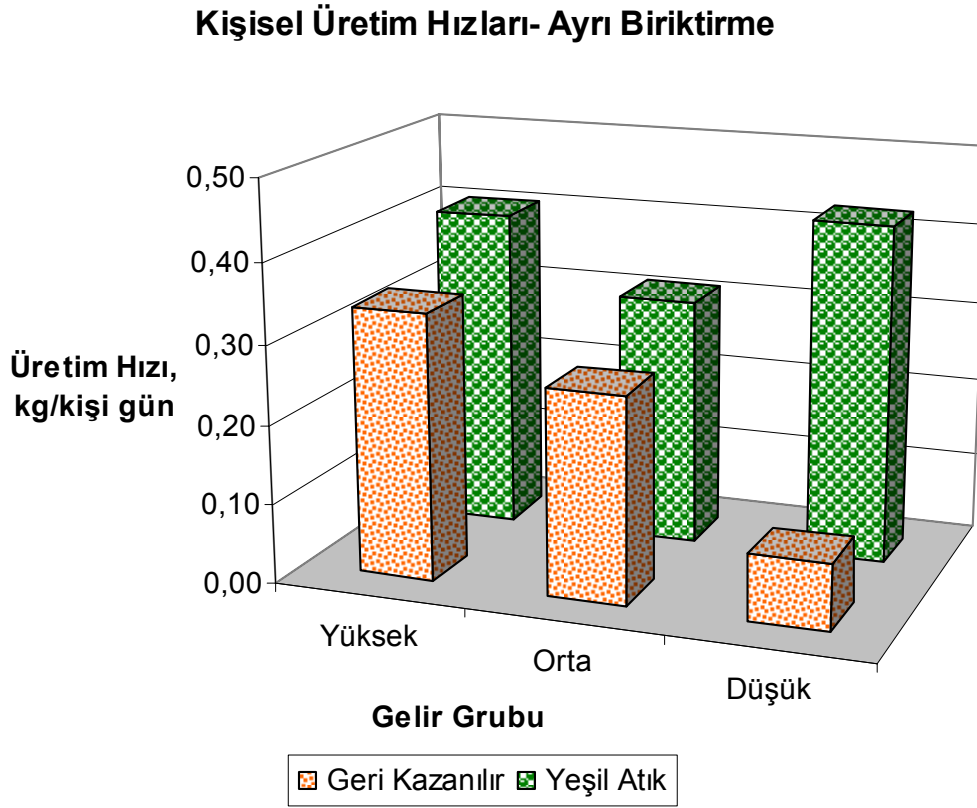


Şekil 34: Uygulama harici kül teslimi ile bulguların durumu (kişisel atık üretim hızları)

Görülebileceği gibi fazla kül teslim edilmesi ile ilk uygulamadakinin çok daha fazla kül oranları, oldukça düşük yeşil atık ve geri kazanılabilir oranları görülmüş, kişisel üretim hızları ise kül atığından tavan yaparken diğer atıklarda çok düşmüştür.

Bu durumda analizlerin yorumlarına kül değerleri dışarıda bırakılarak devam edilmiş ve değerlendirmelerde 1. Örnekleme periyodunda elde edilen kül değerleri esas alınmıştır.

Şekil 35 te Yeşil atık ve geri kazanılabilir için kişisel üretim hızları yer almaktadır.



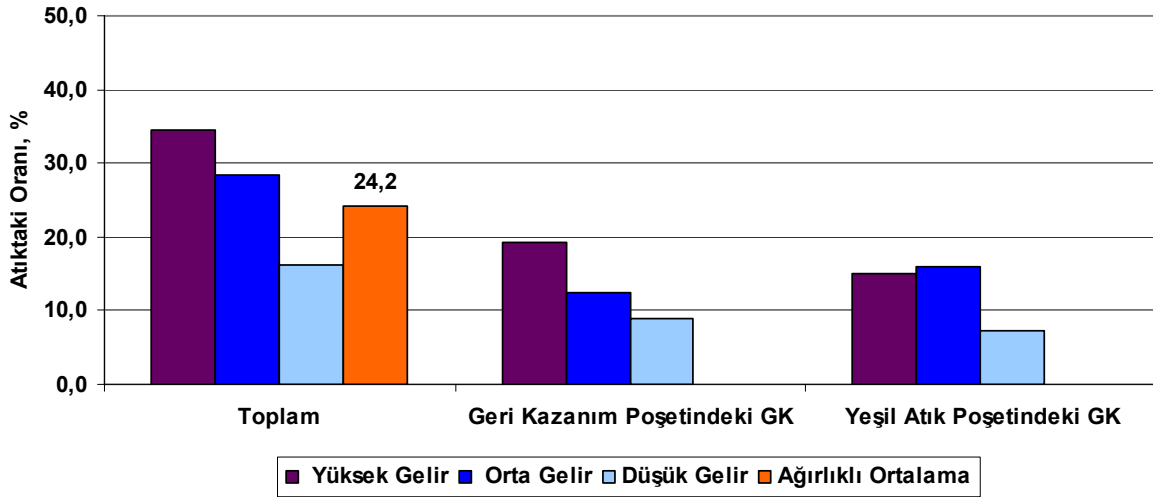
Şekil 35: Yeşil atık ve Geri Kazanılabilirlerin Kişisel Üretim Hızları- Ayrı Toplama

Karışık Biriktirme durumunda kişisel yeşil atık üretim hızı 0.46 kg/kişi gün olarak tespit edilmişken, ayrı toplama durumunda değer 0.4 kg/kişi gün olarak bulunmuştur. Bulgular tutarlı olmak beraber karışık biriktirme durumunda üretim hızının bir miktar

daha yüksek çıkmasının bir sebebi de yeşil atığa soba küllerinin bir kısmının yapışarak ağırlığı artırmasıdır.

Öte yandan elde edilen her iki değer de geri kazanılabilirlerin yeşil atıktan ayrılması ile elde edilmiştir. Ayrı biriktirme durumunda her ne kadar Geri kazanılabilirler için ayrı torba verilmiş ve oranları Şekil 35 te sunulmuşsa da yeşil atık poşetinde de pek çok ve elle ayırması oldukça kolay olan geri kazanılabilir atık çıkmıştır. Bu durumda ayrı toplama halinde elde edilebilecek geri kazanılabilir atık miktarı Şekil 36 daki gibidir.

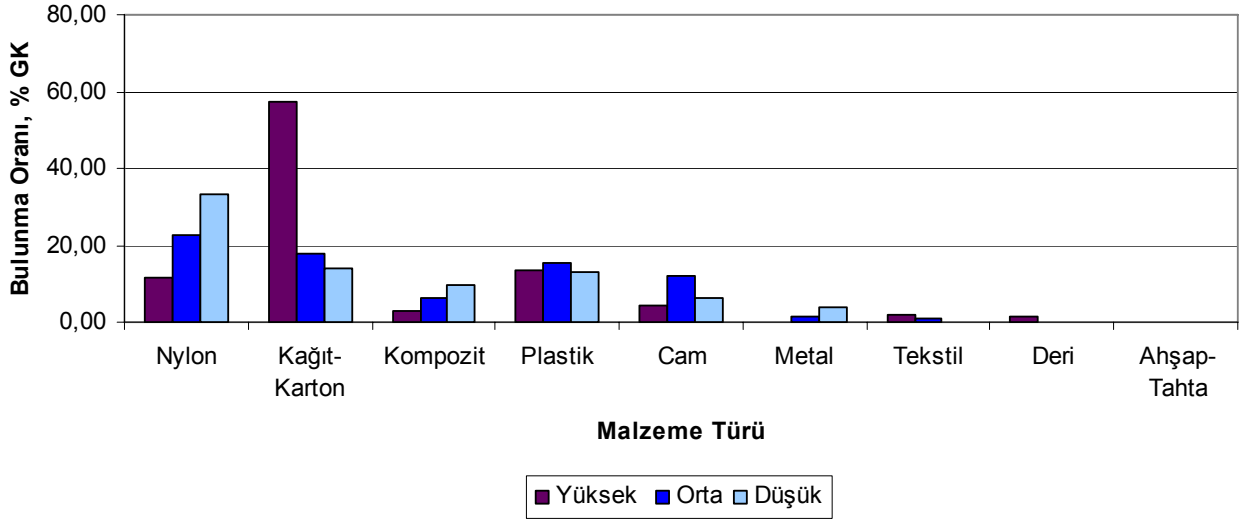
Ayrı Toplama Durumunda Geri Kazanılabilirler



Şekil 36: Geri Kazanılabilirlerin Toplam Bulunma Oranları- Ayrı Toplama

Uygulama sırasında yeşil atıkların atılması gereken poşete en fazla oranda geri kazanılabilir atan gelir grubu Orta Gelir seviyesi olup, ikinci sırada Yüksek gelir seviyesi yer almaktadır. Bu durumda düşük gelir seviyesinin daha bilinçli yaklaşımda olduğu anlaşılmaktadır. Netice olarak her iki poşetteki geri kazanılabilirlerin toplam oranı tüm atığın % 24.2 si kadar olmuştur. Karışık biriktirme durumunda bu değer % 11 iken ayrı biriktirme ve toplama uygulanması halinde değer 2 katından daha yüksek bulunması sokak toplayıcılarının etkisini açık şekilde ortaya koymaktadır.

Geri kazanılabilirlerin kendi içlerindeki dağılımları ise aşağıdaki gibidir (Şekil 37).

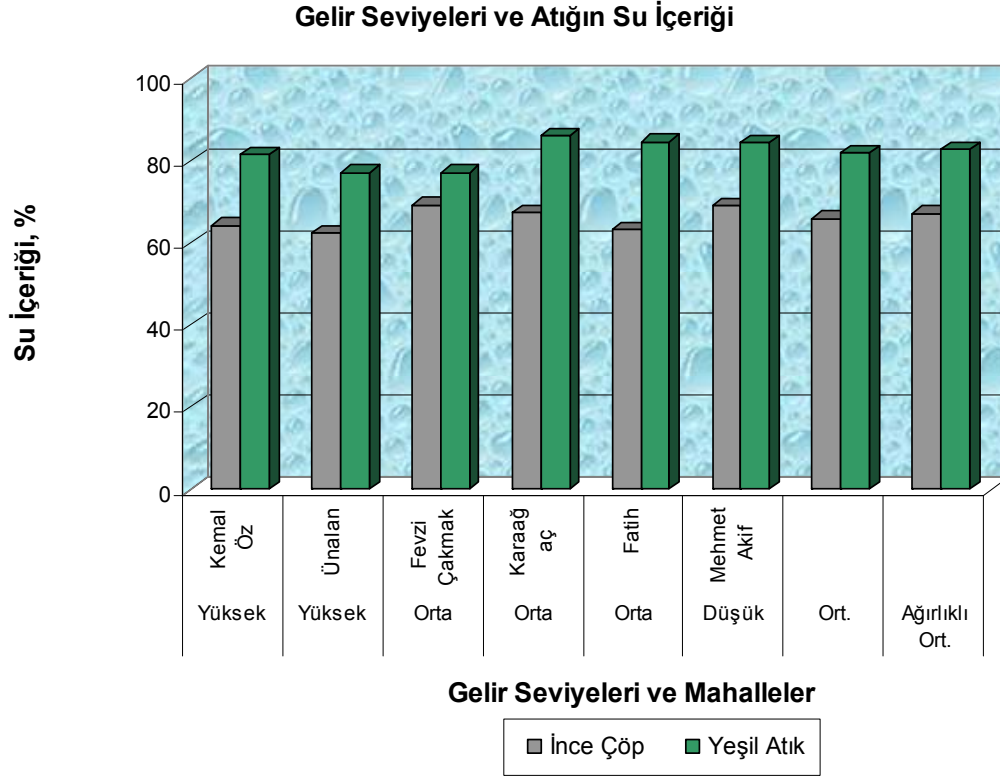
Gerı Kazanılabilirlerin Dağılımları**Şekil 37:** Gerı Kazanılabilirlerin Türlerine Göre Dağılımları-Ayrı Toplama

Bu verilere göre kağıt ve karton türü malzemeyi en fazla üretenler yüksek gelir seviyesi iken nylon türü malzeme en fazla düşük gelir seviyesinde üretilmektedir. Bu bakımdan herhangi bir gelir seviyesinin daha baskın tüm geri kazanılabilir türlerini en fazla oranda üretmesi gibi bir durum gözlenmemiştir. Ayrıca cam ve metal türü atıkların oldukça az üretildiği görülmüştür. Plastikler ise her gelir grubunca aynı oranda ortaya çıkarılmaktadır.

2.2.2. Laboratuvar Analizlerine Ait Bulgular

Laboratuvar analizleri yüksek, orta ve düşük gelir seviyeleri için ayrı ayrı yapılmış ve ağırlıklı ortalamaları ile beraber sunulmuştur. Analizler yerinde yapılan ölçümler sırasında geri kazanılabilirler ayıklandıktan sonra elde edilen atık karışımı iki fraksiyona ayrılarak gerçekleştirilmiştir. Birinci fraksiyon çapı 0,5 cm den küçük olan kısım olup ince çöp olarak adlandırılmaktadır. Bu deneme periyodunda kül ayrı toplandığı için ince çöp fraksiyonunda soba veya kalorifer külü bulunması beklenmemektedir. Diğer kısım ise yeşil atık dediğimiz kısım olup bu analizler öncesinde bu atık poşetine yanlışlıkla atılan geri kazanılabilirler laboratuvarda ayıklanmış ve kalan kısımda analizler yapılmıştır.

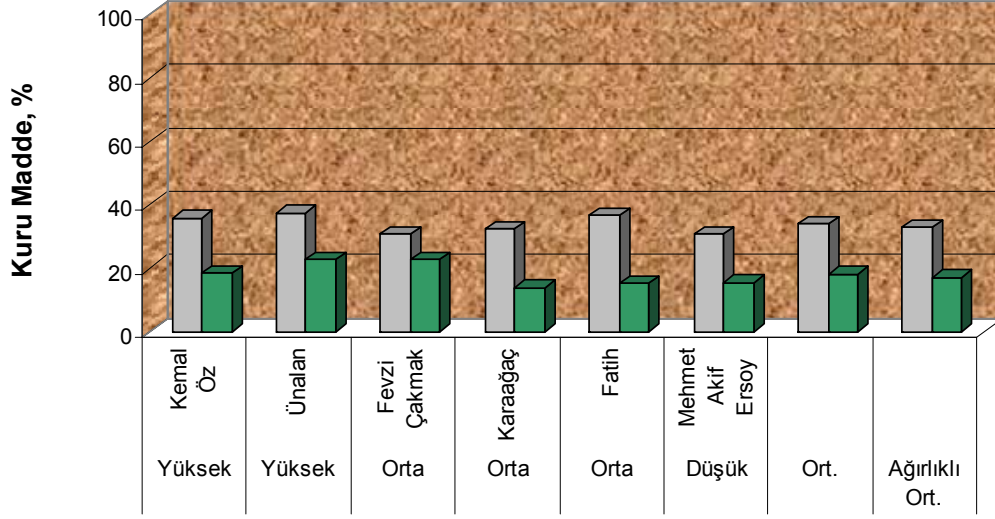
Şekil 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 ve 45 de su muhtevası, kuru madde, organik madde, kalorifik değer, birim hacim ağırlık, pH, toplam ve çözülmüş karbon ile toplam ve çözülmüş azot değerleri ince çöp ve yeşil atık için grafik halinde gösterilmektedir.



Şekil 38: Atığın Su İçeriği- Ayrı Toplama

Görüldüğü gibi atığın su içeriği ortama su içeriği yeşil atık için % 83 ince atığına ise % 67 olarak belirlenmiştir. Böylece Şekil 39 da da sunulduğu üzere kuru madde oranları yeşil atık için % 17, ince çöp içinse % 33 olmaktadır. Külün ayrı toplanması ile yeşil atıktan su emmesi ortadan kalkmış olup yeşil atık su muhtevaları böylelikle yükselmiş bulunmaktadır.

Gelir Seviyelerine Göre Atıkta Kuru Madde Oranı

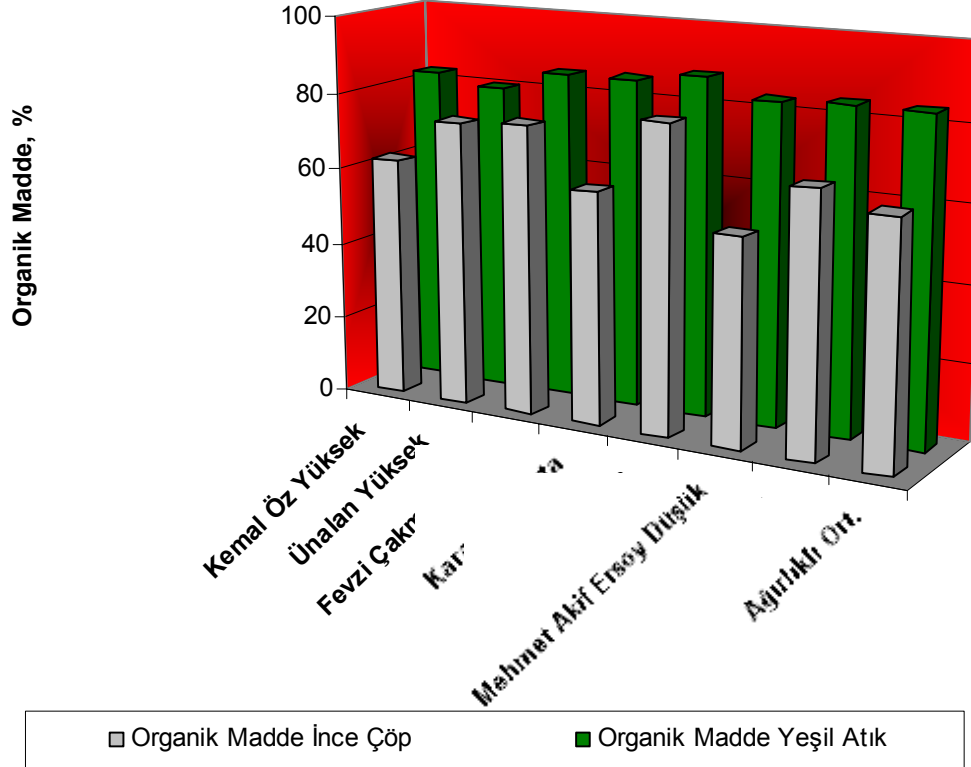


Gelir Seviyeleri ve Mahalleler



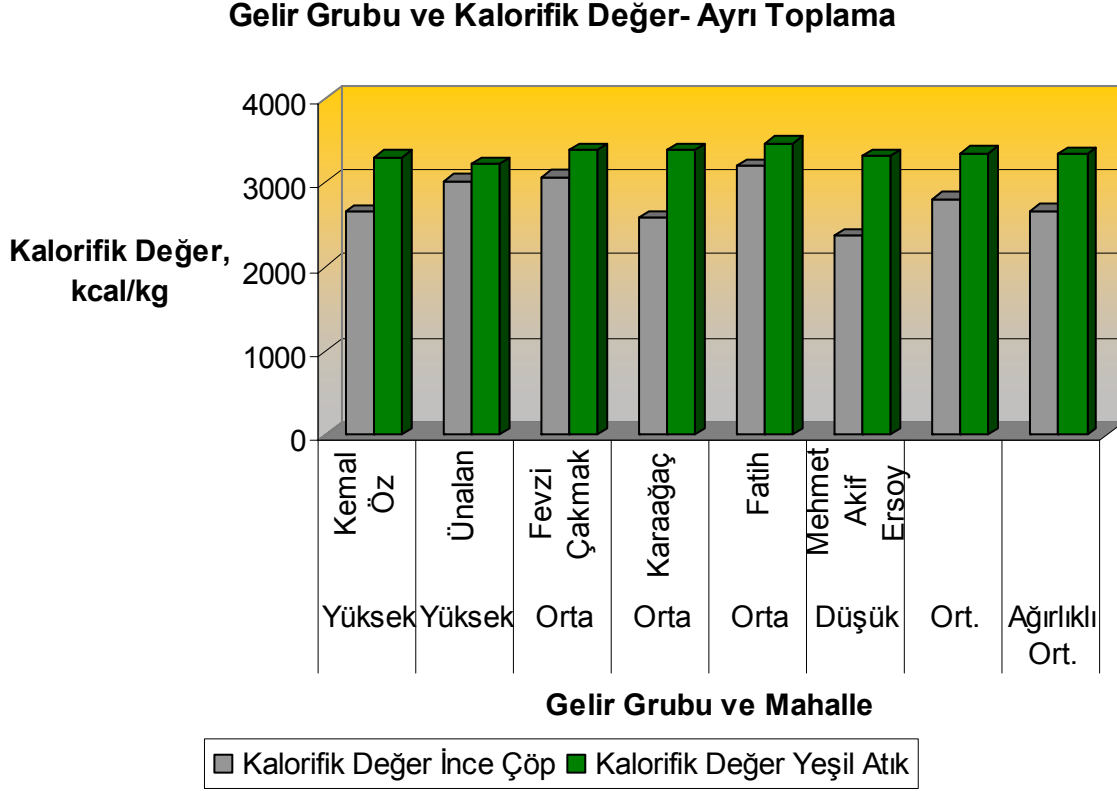
Şekil 39: Atığın Kuru Madde İçeriği - Ayrı Toplama

Gelir Grubuna Göre Atığın Kuru Madde Organik İçeriği



Şekil 40: Atığın Organik Madde İçeriği (kuru maddede) - Ayrı Toplama

Organik Madde içeriği kuru maddede belirlenmiş olup yeşil atık için yaklaşık % 84, ince çöp içinse % 63 tür. Bu değerler birinci örnelemeye göre daha yüksektir (Şekil 40).

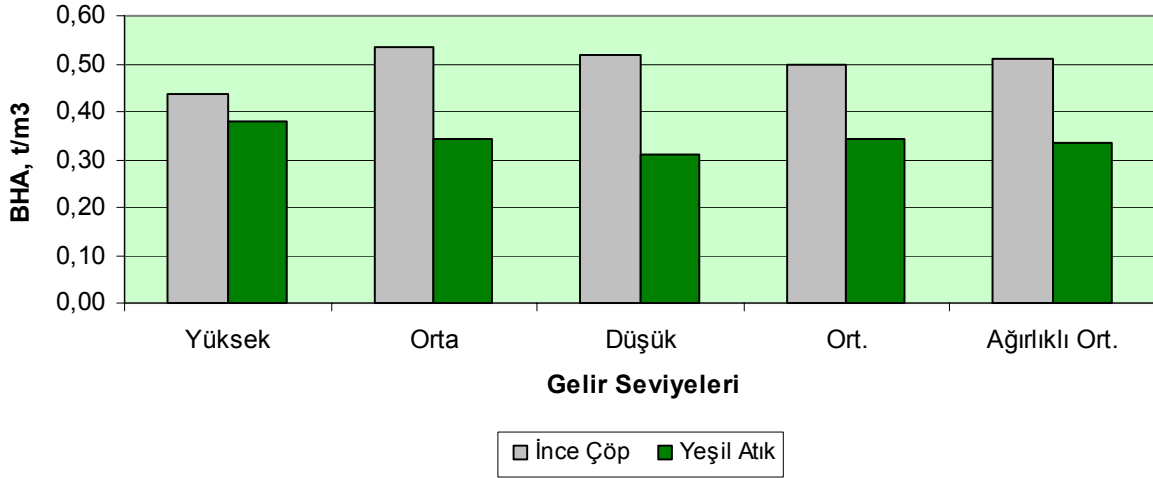


Şekil 41: Atığın Kuru Maddesinin kalorifik İçeriği- Ayrı Toplama

Şekil 41 de verilen kalorifik değerler de hemen hemen her gelir seviyesi için yakın seviyelerde belirlenmiş olup ortalaması yeşil atık için 3341, ince çöp içinse 2670 kcal/kg dır.

Bu kısımda belirtmemiz gerekir ki, her üç gelir grubu için de yeşil atığın elenmesi ile bulunan ve çapı 0,5 cm den küçük partikülleri içeren ince çöpün oranı %11 gibi oldukça düşük bir seviyededir. Bu durum ve ince çöpün yüksek organik içeriği bu atık fraksiyonunun yiyecek atıklarınca zengin olduğunu ifade etmektedir.

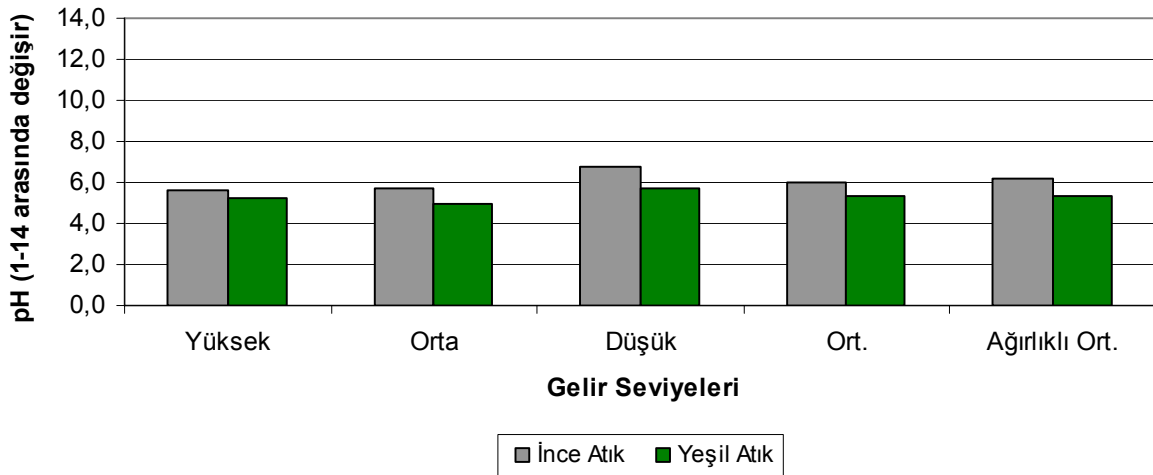
Gelir Grupları ve Atık Yoğunluğu



Şekil 42: Atığın birim hacim ağırlığı- Ayrı Toplama

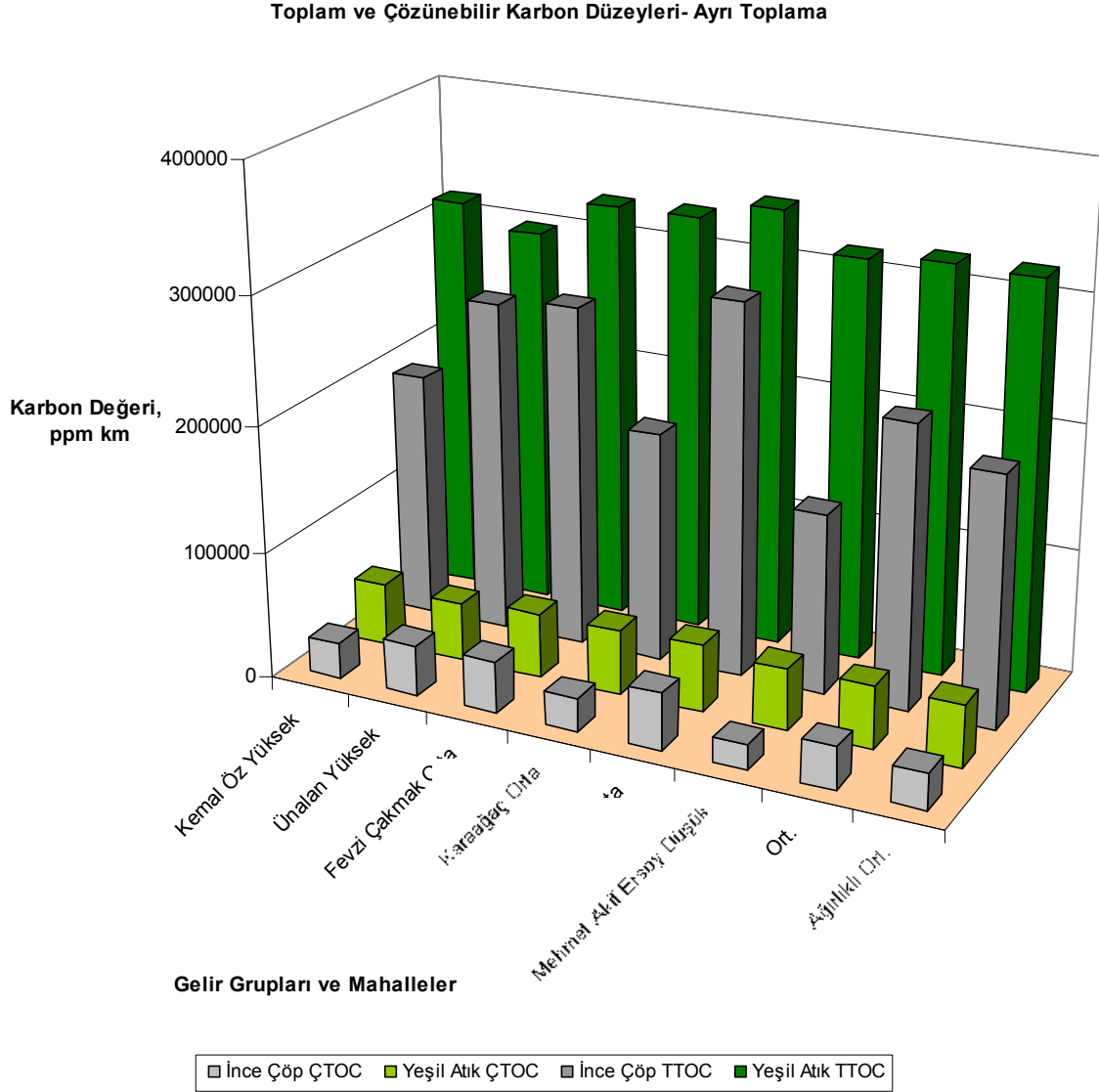
Yeşil Atığın birim hacim ağırlığı yeşil atık için 0,35 ton/m³ iken aynı parametre ince çöp için 0,55 ton/m³ seviyesindedir. Bunun neden yeşil çöpün kütle ağırlaşmamış olması, ince çöpün ise organik muhtevasının yüksek olması ve iyi su tutması olarak değerlendirilebilir.

Atık pH (Asitlik-Bazlık) Değeri



Şekil 43: Atığın pH değeri- Ayrı Toplama

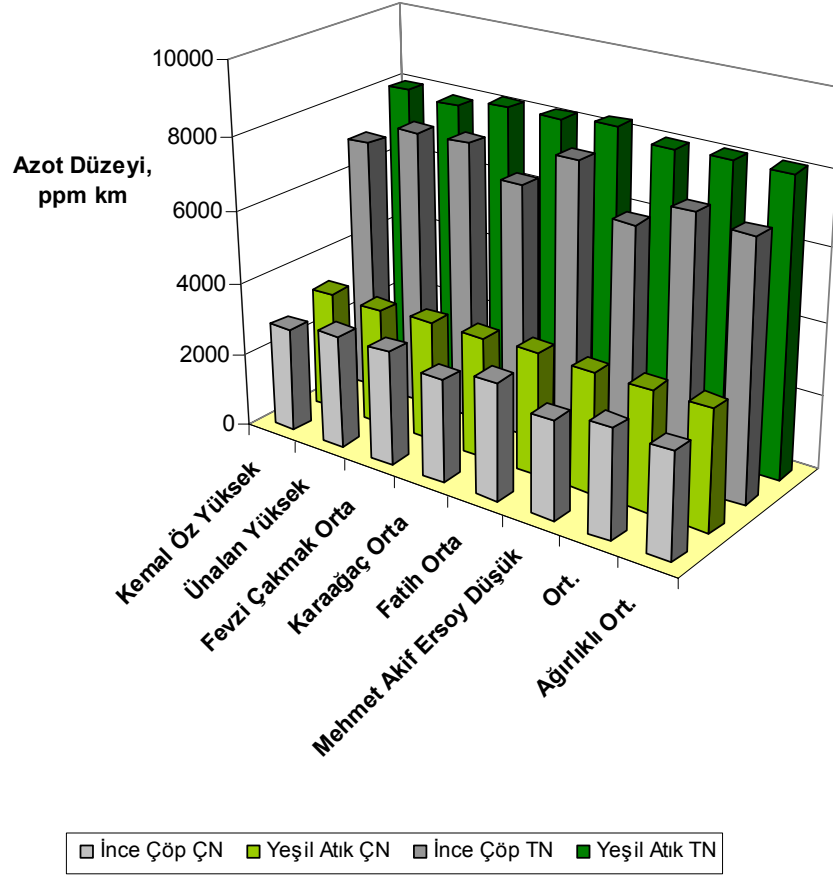
Atığa kül karışmadığı için pH değeri yeşil atıkta 5,5, ince çöpte ise 6 civarında belirlenmiştir ve nötral aralıktadır.



Şekil 44 : Atığın toplam ve Çözünebilir karbon seviyeleri- Ayrı Toplama

Yeşil atık karbon seviyeleri ilk örneklemeyle oldukça benzer çıkmakla beraber, organiklerce zenginleşen ince atıkta karbon seviyeleri oldukça yükselmiştir.

Toplam ve Çözünebilir Azot değerleri - Ayrı Toplama



Şekil 45 : Atığın toplam ve Çözünebilir azot seviyeleri- Ayrı Toplama

Azot değerleri de karbon değerleri ile uyumlu bulunmuştur. Bu durumda atığın C/N oranı ortalama olarak yeşil atık için 40, ince atık için ise 35 olarak belirlenmiştir. Bu da nutrientler bakımından zengin bir karışımı ifade etmektedir.

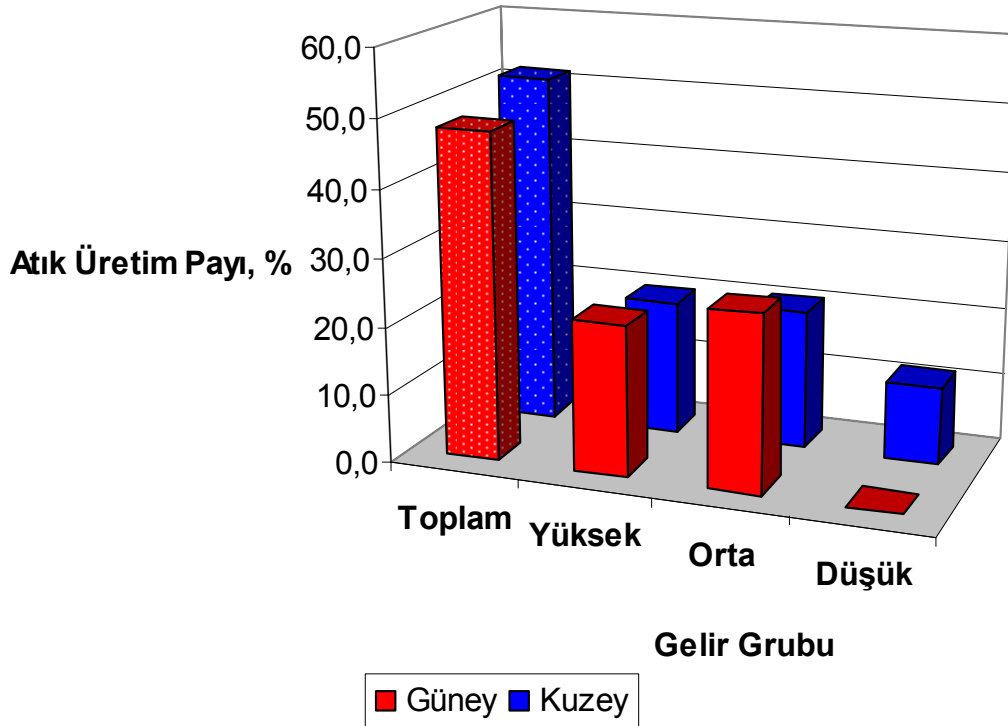
2.3. Depolama Alanına Giren Toplam Atığa Ait Veriler

Depolama alanına ulaşan atık kamyonlarının verileri incelendiğinde Uşak ilinde günde yaklaşık 194 ton kentsel nitelikli katı atık oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu durumda kişisel katı atık üretim hızı beyan edilen kentsel nüfus olan 173000 kişi esas alındığında 1.24 kg/kşi.gün olarak hesaplanmaktadır. Ancak gerek birinci ve ikinci örnekleme periyotlarında elde edilen bulgular gerekse nüfus istatistikleri ile ileriye yönelik olarak yapmış olduğumuz analizler incelendiğinde kişisel günlük katı atık

üretim miktarının 0.91 kg/kişi.gün olduğu ve nüfusun ise 2010 yılında 226000 kişi olduğu yönündedir. Bu durumda Uşak Merkez'de kayıtlı olmayan, ancak günlük faaliyetlerini veya yaşamını kent içinde geçiren ancak çevre kasaba veya köylere kayıtlı yaklaşık 50000 kişilik bir nüfusun varlığından söz etmek gerekmektedir.

Yapılan çalışmada Kentin Kuzey ve Güney kesimlerinde üretilen atık miktarının birbirine oldukça yakın olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 46).

Uşak Kenti Kuzey ve Güney Bölgeleri Atık Üretim Payları



Şekil 46 : Kentin Kuzey ve Güney Bölgelerinde Atık Oluşum Oranları

BÖLÜM 3: DEPOLAMA ALANININ VE ALANDA BULUNAN ATIĞIN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Depolama alanının ve alanda bulunan atığın özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çevre, jeofizik ve maden mühendislerinden oluşan çalışma grupları farklı çalışmalar yürütmüştür. Bu bölümde sırayla; kullanılan depolama alanındaki atık rezervinin saptanması, sondaj çalışmaları ve oluşan gaz özelliklerinin belirlenmesi ile geçmiş yıllardan bu yana alanda bulunan atığın özellikleri ve alanın gaz üretim kapasitesi konularında yürütülen çalışmalara yer verilmektedir.

3.1. Depolama Alanı Mevcut Atık Rezervinin Belirlenmesi

Artan nüfusun yaşam standartlarına göre oluşturduğu evsel ve sanayi atıkları, açık alanlarda depolama yöntemiyle biriktirilemeyecek kadar büyük hacimler oluşturmaktadır. Klasik depolama (vahşi depolama) yöntemi olarak doğaya verilebilecek zararlar göz ardı edilerek biriktirilen çöpler yapay dağlar oluşturmaya devam etmektedir. Aslında doğal topografya üzerinde oluşan bu yapay yükseltiler ya da çukur alanların doldurularak atık bertaraf etme yönteminin yer içine verdiği zararlar hep göz ardı edilmiştir. Sadece depolama alanı etrafındaki yerleşim alanlarındaki ve kullanılan tarım arazilerindeki uçucu maddeler ile kokulu/kokusuz gazların oluşturduğu yüzey üstü kirlenmenin etkileri gündemde olmuştur.

Günümüzde yüzey üstünde oluşan her türlü kirlilik değerlendirmelerinin yerini, yaşamın anahtarı olan, yer içinde hidrojeolojik ve hidrodinamik koşullara bağlı olarak devinim halindeki su kaynaklarının kirlilik değerlendirmeleri almıştır.

Küresel iklim değişikliklerinin meteorik yağışlara olan azaltıcı etkisi, gerek tarımsal sulamalarda ve gerekse sanayi su kullanımlarında yeraltı sularının kullanımını artırmıştır. Yağışlarla beslenen yüzey sularının yetersizliği gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle sadece depolama gibi hiçbir ekonomik ya da doğa korumaya yönelik amaç içermeyen depolama alanları açılan taş ocaklarının rehabilitasyonunda kullanılacak bir dolgu maddesi olarak (evsel ve sanayi atıkları, nükleer atık, inşaat malzemeleri,

eski askeri atıklar) görülmüştür. Açılan taş ocaklarının neredeyse %70 den fazlasını kireçtaşı ocakları olduğu ve bu kireçtaşlarının da çatlak sistemlerinin iyi geliştiği düşünülürse, depolanan çöp atıklarından sızan kirleticilerin ne kadar kolaylıkla ve süratle yer altı su kaynaklarına ulaştığı görülür. Bu nedenle atık alanlarının seçiminde jeolojik yapının ve kayaçların fiziksel özelliklerinin bilinmesi önem arz etmektedir.

Toplanan atıklar, yaşamsal standartlara bağlı olarak, niteliği gereği, çok farklı özellik ve çeşitlilikteki toprak üzerine ya da içine depolanmış katı ya da sıvı organik ya da organik olmayan kalıntılardan oluşur. Bu atıkların zaman içindeki kimyasal davranışları da birbirinden farklı olacaktır. Bu davranış biçimleri göz önüne alınarak, birden fazla meslek odası uzmanlarının (Çevre, Kimya, Jeofizik, Jeoloji, Orman, Ziraat, meteoroloji, şehir plancısı vb.) ortak çalışmaları ile uygun alanların seçimi gerçekleştirilerek olası atık zararlarının en aza indirilmesi sağlanmalıdır. Uygun yer seçimi, aynı zamanda da atıkların en uygun bir şekilde bertaraf edilmesini de kolaylaştıracaktır. Atıkların toplanma yöntemi, depolanma yöntemi mutlaka bir şekilde geri dönüşüm(enerji) kazanımını da sağlayacaktır.

Katı atık depolama alanlarının biriktirme zaman periyodu ve yaşı da çok önemlidir. Biriktirme ya da depolama yaşına göre de çöp alanlarının kazanımları da farklı olacaktır. Özellikle yanıcı gazların elde edilerek enerji dönüşümü olarak kullanılmasında organik atıkların zaman içinde çürümesi, küleşmesi enerji verimliliğini azaltırken, kompost - gübre eldesini artırabilecektir.

3.1.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

Uşak bölgesinde Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı karasal çökeller ve volkanik ürünler geniş alanlarda yüzeylemektedir. Temeli Paleozoyik yaşlı Menderes masifi metamorfikleri oluşturmaktadır. Metamorfikler tabanda granitik gnayslardan oluşmuş Güneyköyü formasyonu ile başlamakta, bunlarla yanal ve dikey geçişli, iri feldspat ve kuvars gözlü, gözlü gnayslarla devam eden, daha üste doğru ince taneli gnays, mikaşist, amfibol şist, klorit şist, kalk şistler olarak izlenen Eşme formasyonu ile devam etmektedir. Eşme formasyonu Eşme ilçesi ile Uşak kuzeyinde geniş alanları kaplamaktadır. Şistlerin üzerine Permo-Triyas yaşlı oldukları kabul edilen, 150 m'yi

aşkın kalınlıkta, beyaz renkli, yer yer siyah bantlı dolomitik mermerler gelmektedir. Mermerlerin şistler üzerindeki durumu tartışmalı olup, bazı araştırmacılar (Schuiling, 1962; Özyardımcı-Konak, 1976) uyumlu olduklarını, bazı araştırmacılar ise (Akkuş, 1962; Akarsu, 1969; Ayan, 1973; Kalafatçıoğlu, 1962; Kutlu, 1955; Mariko, 1970) uyumsuz olduklarını savunmaktadırlar. Mermerler, Ulubey doğusunda Musadağı'nda, Banaz'da, Uşak kuzeybatısında yüzeylemektedir.

Mesozoyik; mermerler üzerine uyumsuz olarak yer alan, gri-mavi-beyaz renkli dolomitik kireçtaşlarından oluşan, Kızılcasöğüt köyünde yüzeyleyen, Jura yaşlı Kızılcasöğüt formasyonu ile başlamakta, Üst Kretase yaşlı ultramafit, radyolarit, çörtlü kireçtaşı, spilit, mermer vb oluşmuş, Uşak kuzeyinde yüzeyleyen Vezirler Melanjı ile devam etmektedir.

Neojen, alüvyon yelpazesi olarak çökelmiş, 180 m kalınlıkta, 1-500 cm katmanlı, orta, yer yer kötü boylanmış, ultramafit, şist, mermer, kireçtaşı vb çakılları içeren konglomeralardan oluşmuş, Kurtköy, Kızılcaören ve Çukurağıl köyünde yüzeyleyen Kürtköyü formasyonu (Alt Miyosen) ile başlamakta; üstüne uyumlu olarak, koyu sarı-turuncu renkli, konglomera-kumtaşı-kiltaşı-tüfit aralanmasından oluşan 800 m kalınlıktaki Orta-Üst Miyosen yaşlı Yeniköy formasyonu gelmektedir. Yeniköy formasyonunun çökelleri Uşak yöresinde geniş alanlarda yüzeylemektedir.

Dikendere volkanitleri Orta Miyosen yaşlı, iri sanidin kristalli riyolit-riyodasit lav ve tüflerden oluşmuştur. Yeniköy formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alan Üst Miyosen yaşlı Küçükderbent formasyonu 50-60 m kalınlıkta, gösel ortamda oluşmuş kumtaşı-kiltaşı-tüfit-marnlı kireçtaşı aralanmasından oluşmuştur. Formasyon Küçükderbent ve İlyaslı köyü civarında yüzeylemektedir. Miyosen riyodasit, andezit, trakiandezit ve tefritlerden oluşan Karaboldere volkanitleri ile sona ermektedir.

Pliosen bölgede İnay grubu ve Payamtepe volkanitleri ile temsil edilmiştir. İnay grubu; Ahmetler formasyonu, Beydağı volkanitleri ve Ulubey formasyonunu içermektedir. Ahmetler formasyonu bütünüyle Alt Pliosen yaşlı olup, Merdivenlikuyu, Balçıkdere ve Gedikler olarak 3 üyeye ayrılmıştır. Pliosen çökellerinin tabanında yer alan Merdivenlikuyu üyesi, 50-60 m kalınlıkta, köşeli metamorfik çakıl ve bloklarından

oluşmuştur. Merdivenlikuyu üyesi üzerine uyumlu olarak, en çok 200 m kalınlıkta, genellikle yataya yakın katmanlı, yer yer çapraz katmanlanma ve laminalanma gösteren, konglomera- kumtaşı- tüfit- kiltası- marn- kireçtaşı arduanmasından oluşun Balçıkdere üyesi gelmiştir. Gedikler üyesi Balçıkdere üyesi üzerine uyumlu olarak gelir ve en çok 60 m kalınlıkta, açık sarı-yeşil renkli siltaşı-kiltası-tüfit arduanmasından oluşmuştur.

Beydağı volkanitleri Pliosen boyunca süregelen andezitik lav, tuf ve aglomeraları içeren volkanizma ürünleri olup, Ulubey formasyonu ile yer yer yanıl geçişlidir. Ahmetler formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen, 250 m kalınlıkta Üst Pliosen yaşlı Ulubey formasyonu gölsel ortamda oluşmuş kireçtaşları, yer yer killi-marnlı düzeyler içerir ve kalın,düzgün,yatay-yataya yakın katmanlanma gösterir. Pliosen, gölsel kireçtaşlan üzerine gelen, bazaltik lavlar, yer yer de bazaltik tuf ve aglomeralardan oluşun Payamtepe volkanitleri ile son bulmuştur. Pliosen yaşlı çökellerin irdelenmesi sonucu, Pliosen'in eski masif kenarlarında oluşun yamaç molozu ile başladığı, akarsuların çökelttiği oluşuklarla süre geldiği ve gölsel oluşuklarla son bulduğı belirlenmiştir. Menderes masifinin bölgesel yükselmesiyle oluşun gerilim kuvvetleriyle yer yer 5-15 derecelik eğim kazanmış, yer yer kırılarak genellikle D-B yönlü faylar oluşmuştur.

Kuvaterner bölgede Asartepe formasyonu, Kula volkanitleri, travertenler, taraçalar, birikinti konileri ve alüvyonlarla temsil edilmiştir. Asartepe formasyonu (Alt Kuvaterner), çeşitli renlerde, genelde kızıl-turuncu, gevşek kireç, tuf, kil çimentolu, orta-kalın tabakalanmaları, çok kökenli, yan yuvarlanmış, çakıllı konglomera-kumtaşı arduanması şeklinde olup, yer yer ince marnlı-kireçli düzeyler içermektedir. Kalınlığı en çok 200 m'dir. Bölgedeki en genç volkanizma olan Kula volkanitleri sarımsı-kızıl-siyah ve mor renkli bazaltik lav akıntıları ve tüflerle temsil edilmiştir.

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Üye	LİTOLOJİ	Açıklamalar	
SENOZOYİK	KUVATERNER	Holosen				Alüvyon, Kum, Çakıl Uyumsuzluk	
		Pleyistosen	ASARTEPE	Payamtepe Volkanitleri 250		Blok ve çakıl büyüklüğünde elemanları olan çakıltaşı, üste doğru tane boyu küçülmesi ve yersel kireçtaşı mercerleri Uyumsuzluk	
	TERSİYER	Pliyosen	ULUBEY	Beydağı Volkanitleri 225		Kireçtaşı, killi-çakıllı kireçtaşı, yersel kil, ku, silt, tüfit ve linyit düzeyleri	
			Miyosen	YENİKÖY	Karaboldere Volkanitleri		Andezit, tuf ve aglomera
		Orta - Üst Miyosen		Dikendere Volkanitleri 675		Riyodasit, trakiandezit, andezit, tefrit, tuf ve aglomera	
		Alt	KÜRT KÖY	350		Turuncu, sarı renkli kumtaşı, yersel kil, kum, silt, şeyl, tüfit ve linyit düzeyleri	
	MESOZOYİK	KRETASE	Üst Kretase	VEZİRLER MELANJİ			Mermer, şist, radyolarit ve kireçtaşı karmaşığı ve metaltramafitler
		JURA	Liyas	Orta Liyas	KIZILCA SÖĞÜT		Gri-mavimsi - beyaz renkli dolomitik kireçtaşı
				AŞAĞI BELOVA		Baklan Graniti, biyotitli, alkali feldspatlı monzogranit, Sokulum yaşı Paleosen	
		PERMİYEN - TRIAS	BODUŞDAMI				Metakumtaşı, metaçakıltaşı Uyumsuzluk
EŞME						Gri-beyaz renkli mermer, kalkıştı mermer arıdanması, çörtlü kireçtaşı bantları ve yumruları	
PERMİYEN ÖNCESİ	KAYRAKTEPE				Granatıştı, Biyotit-muskovit, kuvars-grafitıştı, kuvarsit, biyotit-kuvars-mukovitiştı, klorit - serizitiştı ve fillitler ile mermer blok mercerleri		
						Gri, kahverengi, ince taneli gnays ve milonitik gnays	

Şekil 47: Uşak Civarının Genelleştirilmiş Stratigrafik Sütun Kesiti(Uşak İli Çevre Durum Raporu 2008).

Uşak civarında Mıdıklı köyü yakınında yüzlek vermesine karşın, batıda, Kula yöresinde geniş alanlarda yüzlekler vermektedir. Bölgede Üst Kuvaterner; sıcak su kaynaklarında yüzeyleyen (Emirfakılı, Aksaz, Örencik, Hasköy, Akbulak) travertenler, birikinti konileri, özellikle Gediz nehrinin oluşturduğu taraçalar, eski ve yeni alüvyonlarla temsil edilmiştir (Ercan vd.1978)

3.1.2. Rezerv Tespitine Yönelik Uygulanan Jeofizik Yöntem

Bu tür çöp depolama alanlarındaki çöp dolgularının değişik fiziksel özellikleri ile atıklardan çevreye sızan kirletici nitelikteki sızıntıların belirlenmesinde, atık miktarlarının belirlenmesinde, atık alanının enerji potansiyelinin ortaya konulmasında onlarca yıldan bu yana jeofizik arama yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bilindiği gibi Jeofizik arama yöntemlerinden bir ya da birden fazlası birlikte kullanılarak, depolama alanındaki çöp miktarı, dönemsel depolama izleri (mevsimlere bağlı çöp cins ve miktarının değişimi) yeraltı (çöp altı) kayaçlarıyla olan etkileşimi (kirletici sızıntıları, akıcı sıvıların çöp içlerindeki yapay haznelere birikimi, akış yönleri vb.) ortalama çöp yoğunluğu (laboratuvar ortamları dışında), atıkların enerji üretimine uygun olup olmaması belirlenebilir. Burada sadece uygun yöntemlerin seçimi ve yeni yazılım teknikleri kullanılarak elde edilen Jeofizik verilerin çevre jeolojisi de göz önüne alınarak değerlendirilmesi önemlidir. Jeofizik Arama Yöntemlerinin atık alanlarındaki çevre etkileşim sorunlarının çözümündeki başarıları nedeniyle günümüzde Çevre Jeofiziği bilim dalı oluşmuştur.

3.1.3. Yöntem Metodolojisi

Uşak Belediyesine ait, Karaağaç Mevkiinde yer alan Katı Atık Deponi alanında, Jeofizik Öz direnç Tomografi yöntemi ile, hali hazır mevcut çöp alanındaki çöp rezervi hesaplanmıştır.

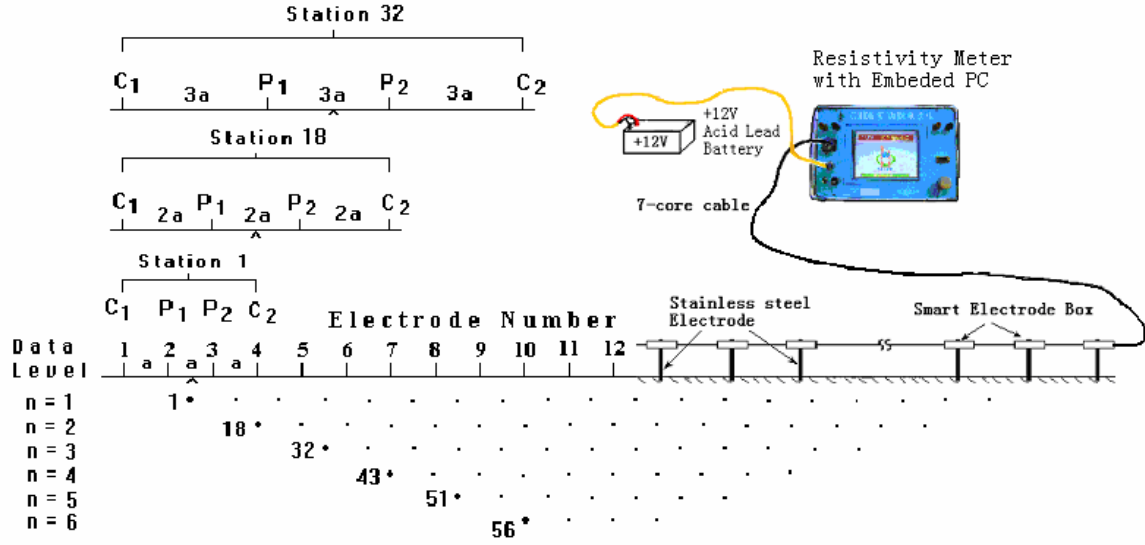
Ters-çözüm uygulamaları başlangıçta bir-boyutlu yapıların belirlenmesine yönelik olarak Düşey Elektrik Sondaj (DES) uygulamalarında yaygın bir biçimde kullanılmıştır. 1990'lı yıllarda ise, yöntemin iki- ve üç- boyutlu uygulamaları ile ilgili

gerekli kuramsal çalışmalar yapılmış ve izleyen süreçte de yöntemlerin uygulamadaki etkinliği hızla artmaya başlamıştır.

İki- ve üç-boyutlu çalışmalar özellikle arkeoloji, mühendislik, çevre, hidrojeoloji ve sığ amaçlı diğer tüm uygulamalarda etkili ve başarılı bir biçimde kullanılmaktadır (Drahor vd., 2005). Ters-çözüm yönteminin dolgu/çöplük alanlarındaki uygulamaları 1990'lı yılların başından itibaren yaygınlaşmaya başlamıştır (Barker, 1990, 1992; Carpenter vd., 1991; Bernstone vd., 2000; Chambers vd., 2002; Grellier vd., 2005). Öncelikle iki-boyutlu ortamların tanımlanmasına yönelik çalışmalarla başlayan öz direnç ters-çözüm uygulamaları, ilerleyen süreçte üç-boyutlu ortamların tanımlanmasına yönelmişse de, uygulama zorlukları ve veri toplama sırasında karşılaşılan zamansal sorunlar, iki-boyutlu uygulamaların daha yaygın kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, çöp alanlarında ortaya çıkan sızıntı sorunu ve özellikle bu sızıntıların içeriğindeki kirleticilerin izlenmesi ile ilişkili zamana bağlı öz direnç ters-çözüm uygulamaları da son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır.

Bölgede yapılan jeolojik gözlemler ve Jeofizik çalışmalar ayrıca çöp döküntülerinin altındaki topografyanın da belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen jeofizik arazi uygulamalarından doğru akım düşey elektrik sondajı (DES) ve Öz direnç tomografi (ÖT) uygulamaları problemin çözümüne büyük katkı sağlamıştır. Son aşamada ise, arazi ölçmeleri sonucunda elde edilen iki-boyutlu görünür öz direnç değerleri, robust yöntem (Loke vd., 2003) kullanılarak ve Res2dinv yazılımı (Geotomo Software, 2003) yardımıyla yapılan iki-boyutlu ters-çözüm hesaplamalarında girdi olarak kullanılmış ve ters-çözüm sonucunda olası doğru yeraltı modeli elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada çöplük alanı yatay tabakalanmış dolgu modeli esas alınarak, elektriksel zorlukları farklı birden fazla katmanın oluşturduğu yapı kabulü yapılmıştır. Tabakalar anakarasal topografik yüzey eğimine bağlı olarak yatay yada yataya yakın tabakalı ortam modeli düşünülerek yorumlamaya gidilmiştir.



Şekil 48: 2D Çoklu Elektrod Dağılımlı Elektrik Özdirenç Yöntemi Uygulaması ve Görünür Kesit Oluşumu (Dong,H. Downloaded on March 05,2010 at 07:05:40 EST from IEEE Xplore)

Çalışma alanında elektrod aralığı 5 m olan ve 300 m açılımlı profiller boyunca tomografi ölçüleri alınmıştır. Alanı karakterize edebilecek ve arazi uygulamasında kolaylık sağlayacak şekilde 8 adet tomografi profilleri alınmıştır. Bu profillerin içinden geçtiği çöp alanı da 5 ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgenin çöp karakteri, çöp döküm alan genişliği ve ortalama çöp kalınlığı göz önüne alınarak seçim yapılmıştır (Şekil 49).

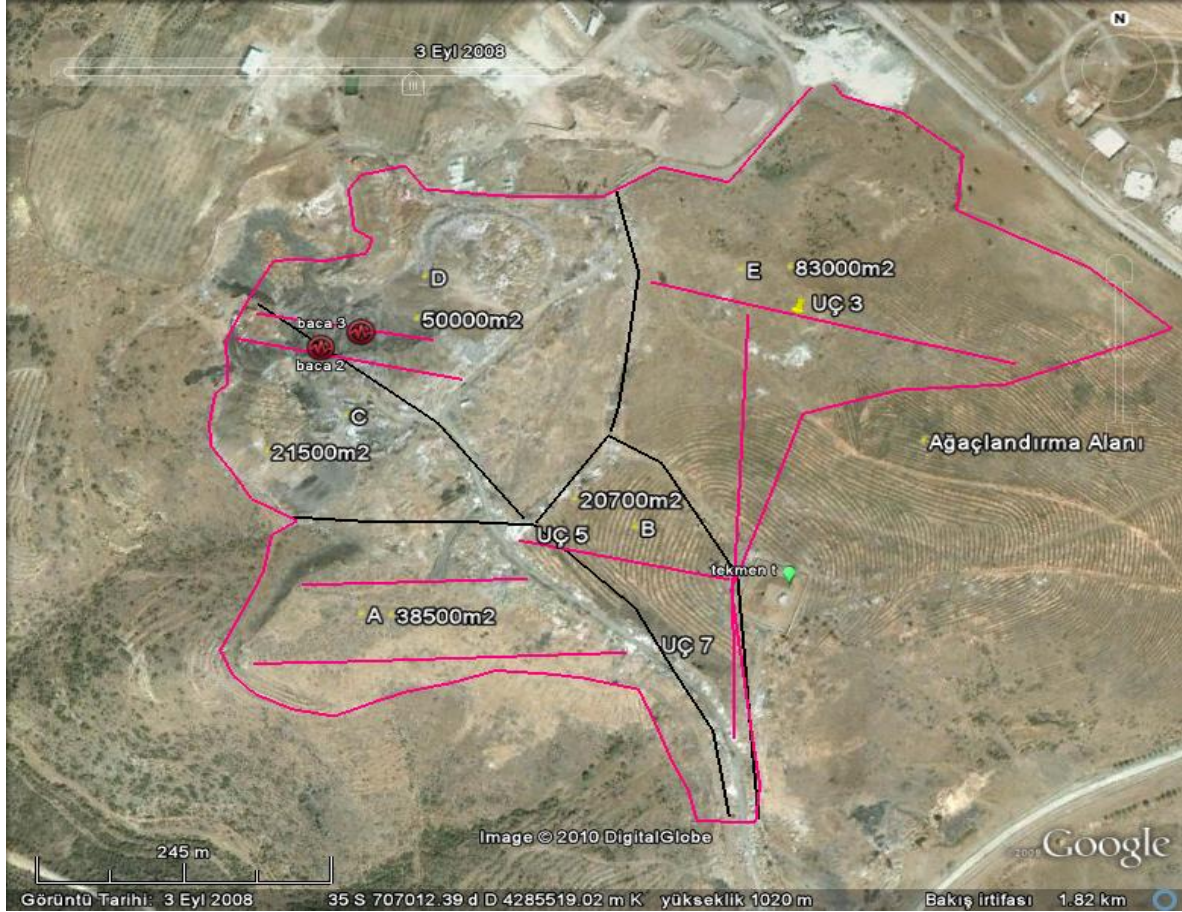
3.1.4. Arazi Uygulamaları

Yer bulduru haritasında da belirtildiği üzere alan A, B, C, D, ve E harfleri ile temsil edilen 5 bölgeye ayrılarak çalışılmıştır. Bölgelerde çalışılan profiller şekil üzerinde verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

A alanında UÇ1 ve UÇ 2 profilleri, B alanında UÇ 5 ve UÇ 7 profili, C alanında UÇ 8, D Alanında UÇ 4 ve UÇ 8 profilleri,E alanında ise UÇ 3 ve UÇ 6 profili üzerinde tomografi ölçümleri yapılmıştır (Şekil 49). Arazide alınan Özdirenç Tomografi ölçüleri bilgisayar destekli RES2D INV programı kullanılarak değerlendirilmiştir

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 49: Ölçü Profilleri Yer Bulduru Haritası

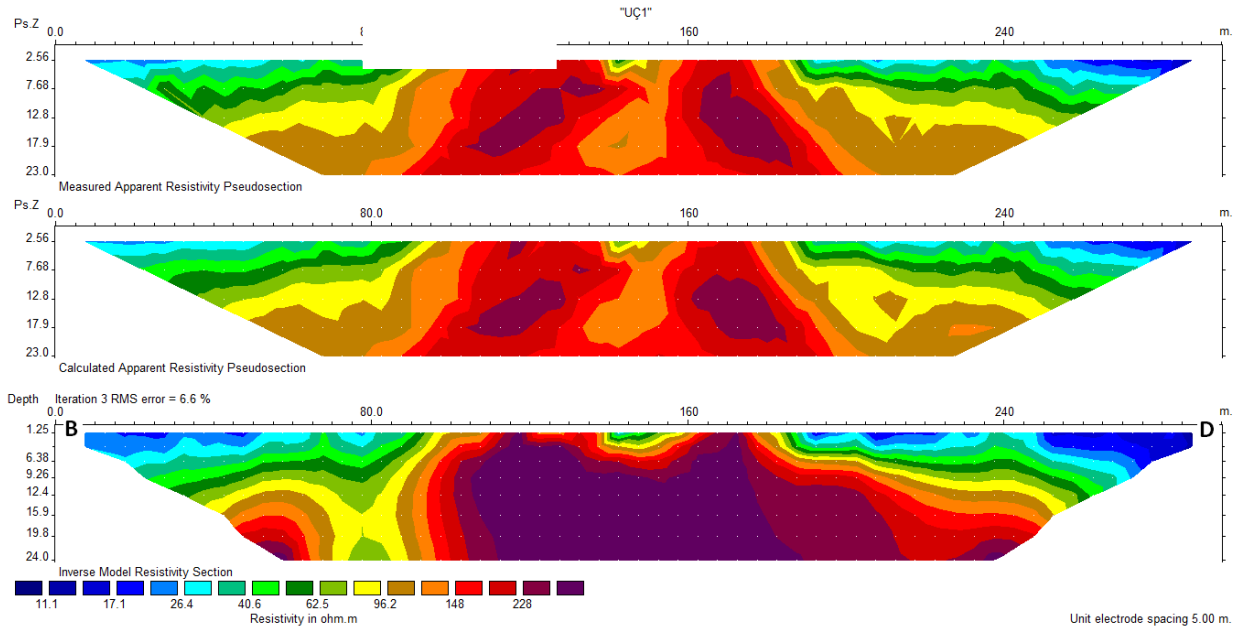
3.1.4.1 Jeofizik Kesitler Ve Değerlendirmesi

Yaklaşık 15 yıl önce döküm yapılması durdurulan bir alanın (A Alanı) üzerinde alınan UÇ1 ve UÇ 2 profillerinin yönü yaklaşık doğu-batı doğrultulu olarak alınmıştır. Batıdan çöp alanı içi ve kara yolu ile sınırlanan alanın doğusu, topografik eğime bağlı olarak gittikçe kalınlaşan bir atık alanı durumundadır. Çöp kalınlıkları batıda 1-2 m kalınlığında iken doğu da 9-11 m arasında değişmektedir. UÇ 2 Profili ise (Şekil 51) UÇ 1 'e göre daha kuzeyde (50 m) ve aynı doğrultuda alınmıştır. UÇ 1 Profilinde ana kaya(dolomitik kalkerler) profilin orta bölgesinde yüzeyde görülebilmektedir (Şekil 50). Taban topografyası nedeniyle orta alanda dolgu kalınlığı 0.5-1 m arasında, daha kuzeydeki UÇ2'de ise orta kısımlarda 4-6 m arasında değişmektedir. Profilin doğusunda ise atık kalınlığı 10-12 m'ye ulaşmaktadır. Bu alan yer bulduru haritasında yaklaşık 38.500 m² yüzey alanına(A) sahiptir. Yapılan örnekleme yoluyla yoğunluk

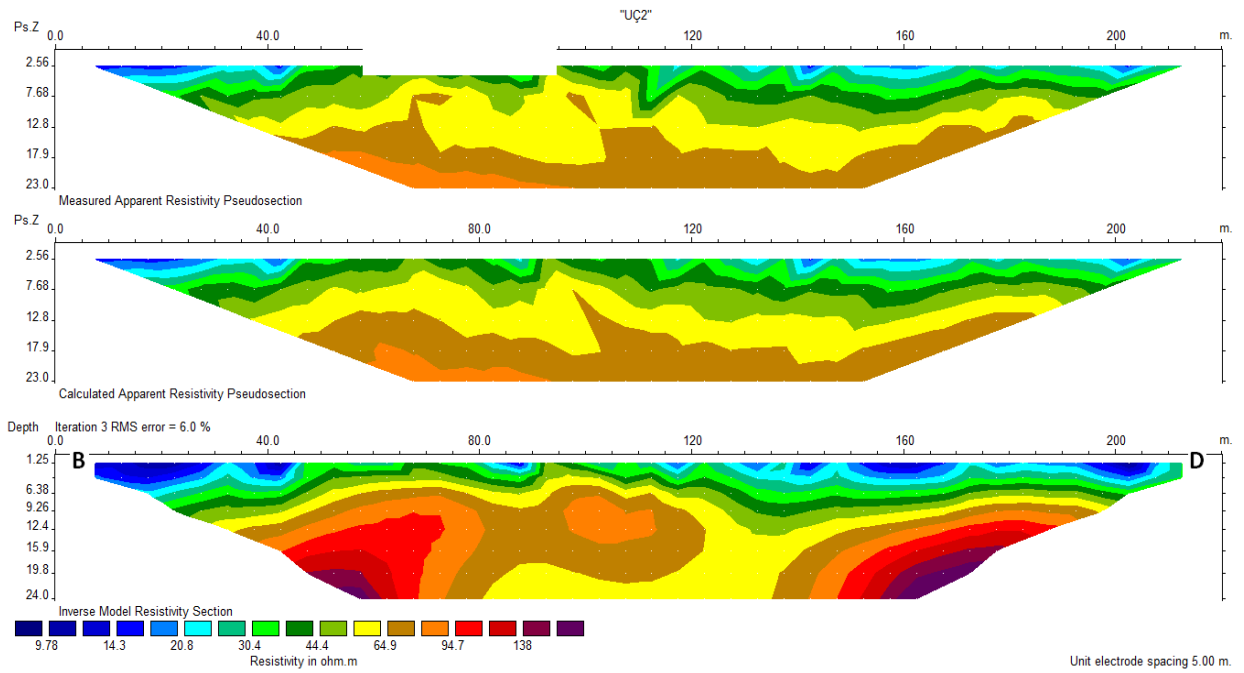
Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi

hesaplamalarında bu alanda bulunan atığın ortalama yoğunluğu alınan örneklerden elde edilen ortalama değerden yola çıkılarak 0.53 gr/cm^3 olarak kabul edilmiştir.

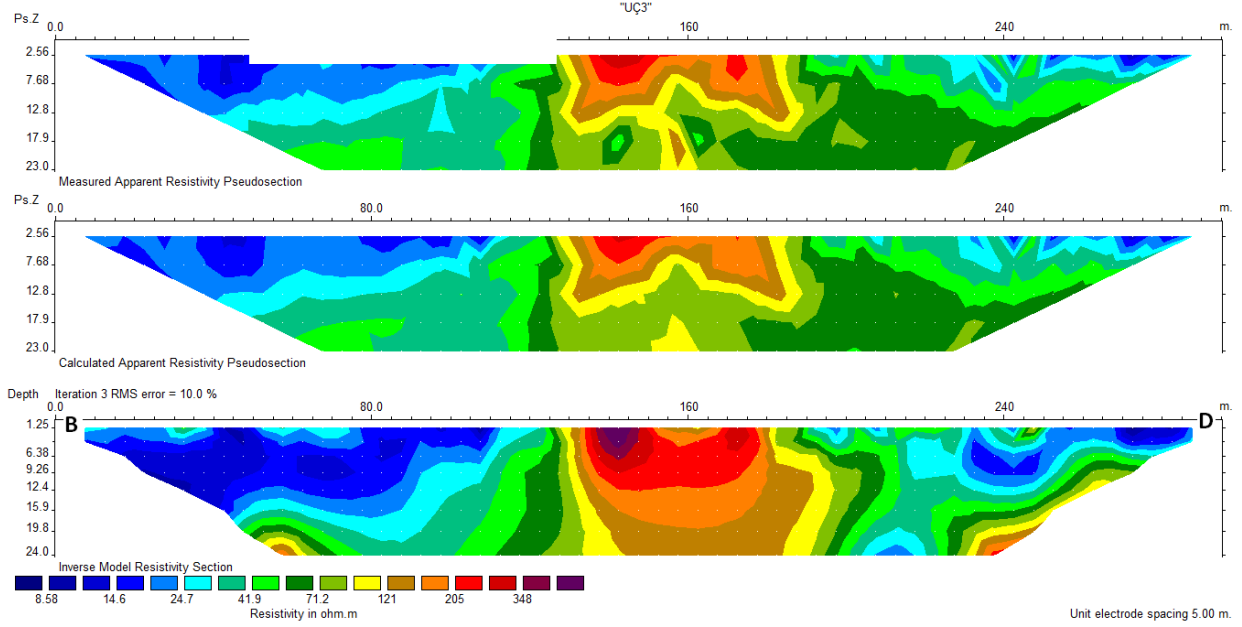


Şekil 50: UÇ 1 Nolu Profilde elde edilen Görünür özdirenç, Hesaplanan Özdirenç ve Ters Çözüm Kesitleri



Şekil 51: UÇ 2 Nolu Profilde elde edilen Görünür Özdirenç, Hesaplanan Özdirenç ve Ters Çözüm Kesitleri

UÇ 3 Profilinin (Şekil 52) bulunduğu alan, çöp döküm sahasının doğusunda yer almaktadır. Yüzeysel alan olarak yapılan sınıflandırmada en büyük parçayı oluşturmaktadır. Bu alanın büyük bir bölümü ağaçlandırma çalışmaları ile değerlendirilmeye ve rehabilite edilmeye çalışılmıştır. TOKİ konutlarına sınır durumundadır. Ağaçlandırma Tekmen tepeye kadar ulaşmıştır(Şekil 49, alan E).



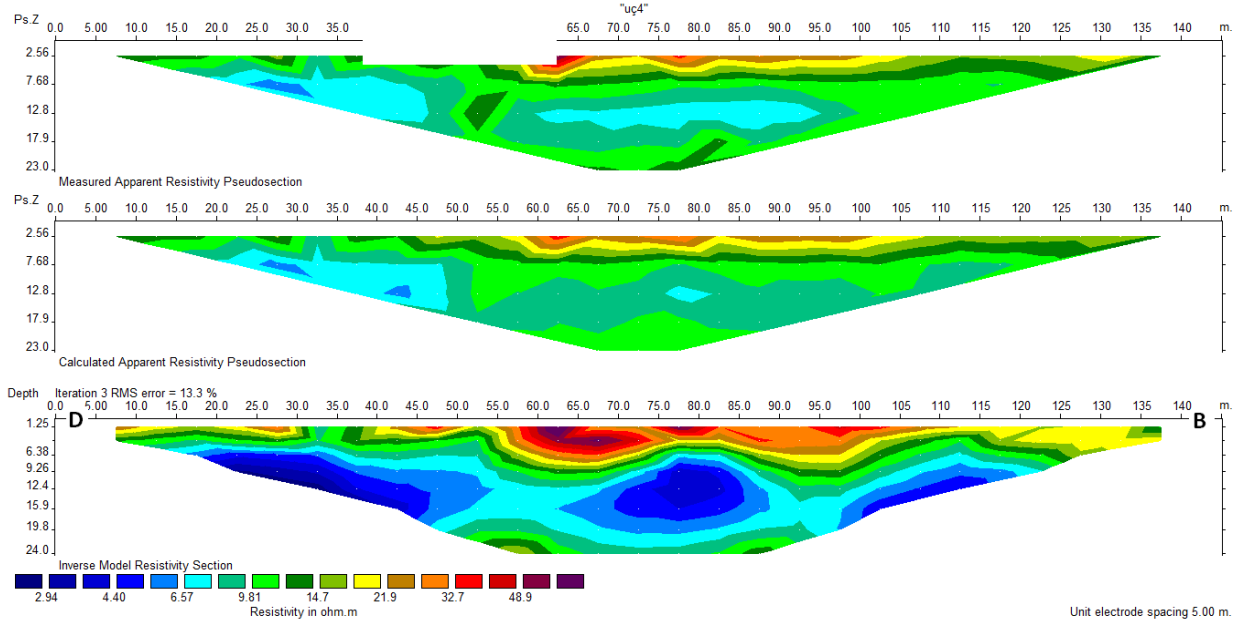
Şekil 52: UÇ 3 Nolu Profilde elde edilen Görünür öz direnç, Hesaplanan Öz direnç ve Ters Çözüm Kesitleri

UÇ 3 nolu profilin bulunduğu alan döküm sonlandırılmış eski depolama alanıdır. 135-180 m arasında anakaya yüzeylemiş gibi görünse de aslında bu bölge inşaat moloz atıklarının yoğun olduğu bir alandır. Elektriksel öz direnç değerlerinin yüksek çıkması tamamen iri inşaat atıkları arasında kalan boşluk ortamının tam sıkıştırılmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Yer yer bu alandaki atık kalınlığı 12-14 m'ye kadar ulaşmış görülmektedir. Profilin Batı bölgesi D döküm alanının sıvı sızıntılarının (ölçü alındığı dönemdeki aşırı yağışların) topografik eğime uygun olarak katı atık depolama alanını etkilemesi sonucu düşük öz dirençli ortam olarak görülmektedir. Bölgedeki anakaya göz önüne alındığında bu alanın tamamen katı atık dolgusu olduğu sonucuna varılır. Batıdaki ana kaya yükselimi ise Tekmen tepenin topografik yapısı nedeniyle ortaya çıkmış olabileceği Şekil 52'deki ters çözüm kesitinden görülebilir. Bu bölgenin değerlendirilebilir çöp yüzey alanı 83.000 m² olarak kabul edilerek potansiyel çöp hacmi hesaplamaları yapılmıştır. Görünürde çöp sınıflaması A alanına

benzemekte fakat henüz A alanına göre gevşek durumdadır. Bu ise birim yoğunluğu düşürmektedir.

UÇ4 ve UÇ 8 Profilleri (Şekil 52 ve 53) eski taş ocağını da içine alan ve halen çöp depolamasının devam ettiği bir alandır. Bu alanda depolama diğer alanlara göre biraz daha düzenli olarak yapılmaktadır. Çöpler döküm sahasında insan eliyle ayrıştırıldıktan sonra iş makineleri yardımıyla düzenli olarak yayılmakta ve dolayısıyla da kısmen sıkıştırılmaktadır.

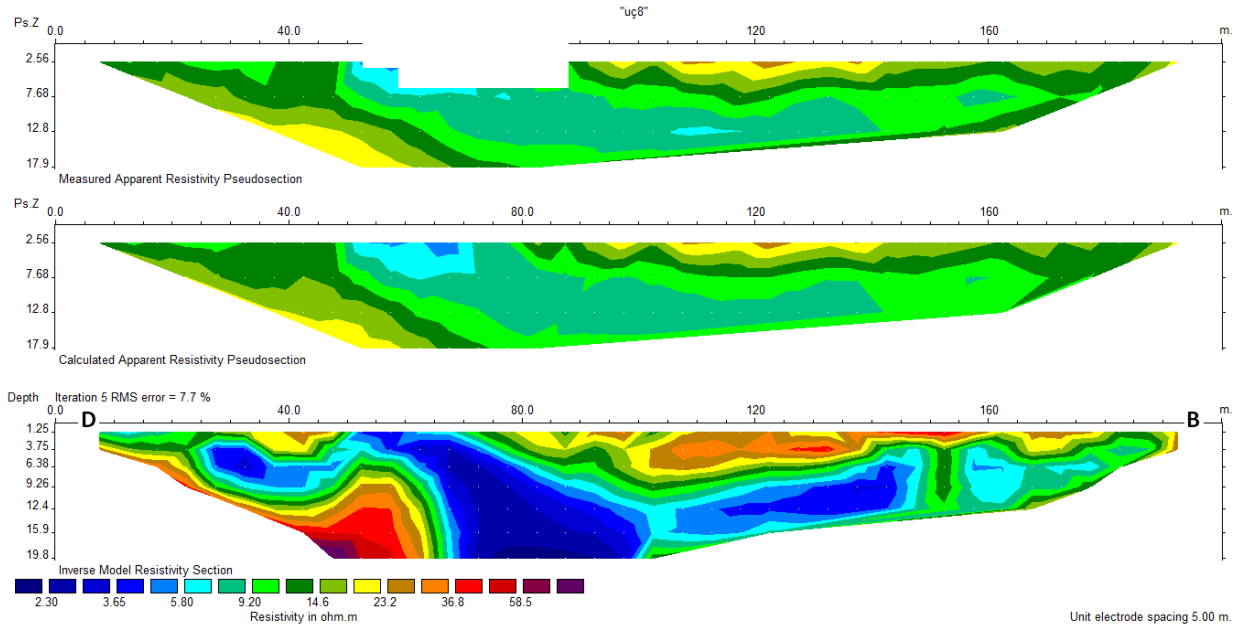
Şekil 53 deki UÇ4 profilinin jeofizik kesitlerine bakıldığında, dolgu alanının hemen hemen üst yüzeyinin tamamının yüksek öz dirençli bir katmanla örtüldüğü görülür. Bu katmanın yüksek öz direnç değerler vermesinin en büyük nedeni güncel çöp cinsinin plastikler ve evsel atıklardan oluşması nedeniyle sıkıştırılmamış olmasıdır. Gelecek zaman içinde ortam sıkışarak ve de plastikler arasında görünür su depo arakatları (tabaka) oluşturacakları düşünülmelidir. Jeofizik kesitlerden özellikle ters çözüm kesitinde yaklaşık 2-4 m'den sonra elektriksel iletkenliği yüksek ortamın etkisi görülmektedir. Bunun nedeni taban topografyasını oluşturan dolomitik kireçtaşlarının taş ocağı olarak işletilmesiyle açılan çukur alanın tabanında kil akıntıları nedeniyle geçici bir geçirimsiz yüzey oluşmasıdır.



Şekil 53: UÇ 4 Nolu Profilde elde edilen Görünür öz direnç, Hesaplanan Öz direnç ve Ters Çözüm Kesitleri (Yağışlı Dönem Sonrası)

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

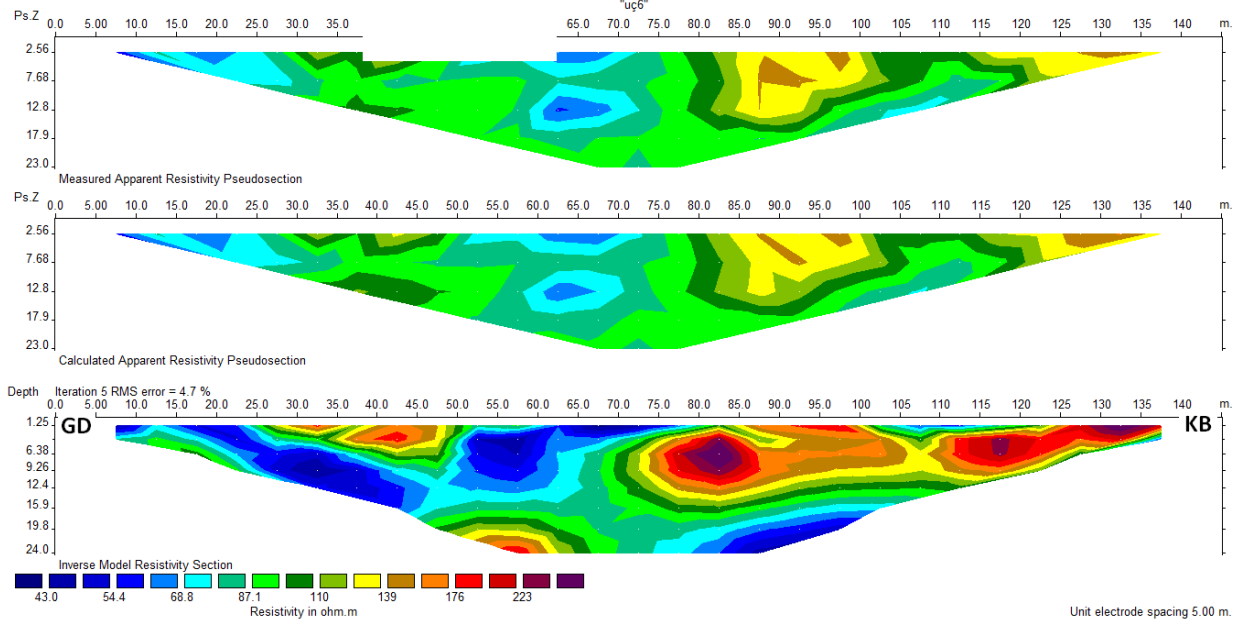
Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 54: UÇ 4 Profilinde elde edilen Görünür özdirenç, Hesaplanan Özdirenç ve Ters Çözüm Kesitleri (Yağışsız Dönem)

Bu geçirimsiz yüzey sadece su geçirimsizliğinin hızını yavaşlatmaktadır. Yoksa yer altı sularına bu sızıntıların geçmesini engelleyecek düzeyde düşünülmemelidir. Aynı D alanında ve UÇ4'e paralel ve çok yakınında (10m güneyinde) yaklaşık 20 gün sonra alınan UÇ 8 profilinde ki ters çözüm kesitine bakıldığında, tamamen farklı bir alanda gerçekleştirilmiş bir jeofizik çalışma olarak yorum yapılabilir. Özellikle yağış bol mevsimlerde, yeni döküm yapılan çöp deponi alanlarında sığ derinlikli jeofizik ölçü değerlerinde farklılıklar görülmesi beklenmesi gereken bir durum olmalıdır. Özellikle bu tür alanlardaki hava akıntıları ve ortamın gevşek yapısı, yüzeye yakın bölümlerde fiziksel şartların(dolayısıyla da elektriksel geçirimsizliğinin) değişimine yol açmaktadır. Hem ters çözüm kesitine, hem de ölçülerek elde edilmiş kesitlere dikkatle bakıldığında, aslında değişimin ortamı oluşturan yapıdan değil de yapının içerdiği sıvı kaynaklı kayıplardan oluştuğu gözlenebilir. Bu nedenle özellikle yeni döküm yapılan çöp alanlarında jeofizik değerlendirmeleri atmosferik ortam şartlarının değişimi ile birlikte değerlendirmek gerekir. Eski taş ocağı boşluğunun(kazı alanı) profil boyunca, doğuda 20 m başlayıp 160 m'ye kadar sürdüğü görülebilir. Buradan da eski taş ocağının dolan bölümünün çapının yaklaşık 140 civarında olduğu hesaplanabilir. Doğudaki yükselim gösteren özdirenç değerleri büyük olasılıkla buraya ilk dökülen moloz etkisini vermektedir. Bu alan yeni çöp dökümü yapılan ama en büyük çöp

kalınlığına sahip olması nedeniyle önemli görülmektedir. Yer yer kalınlık 22 m'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 53). Yüzeysel alan olarak bu D bölgesinin kapladığı alan 50.000m² olarak alınmıştır.

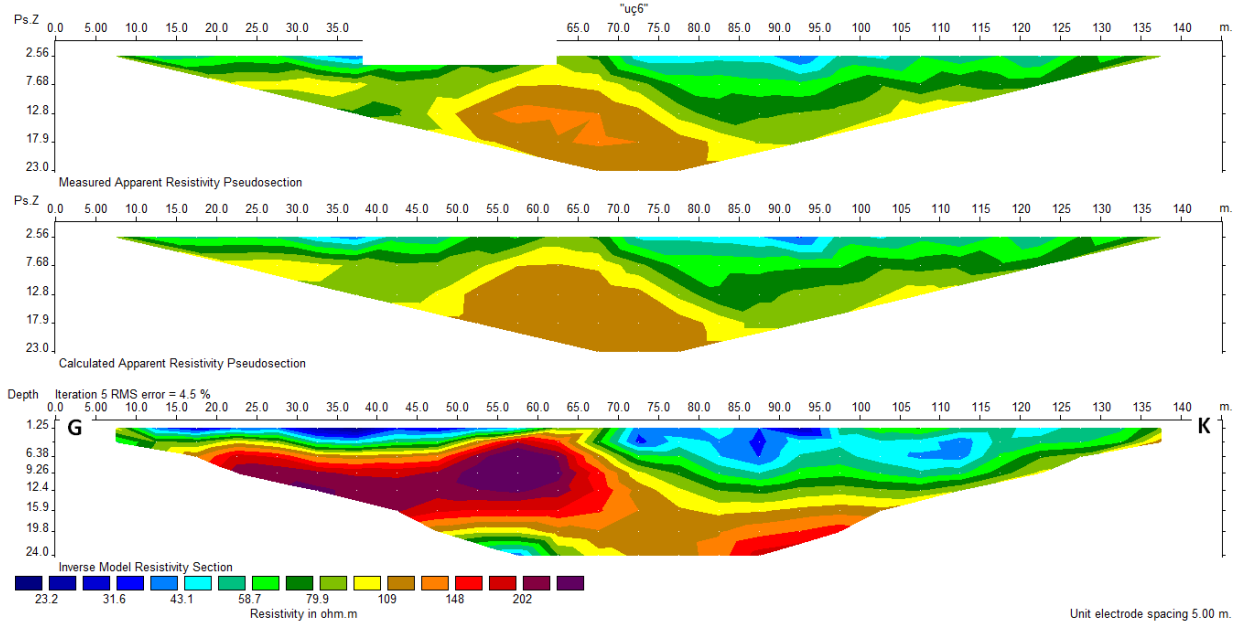


Şekil 55: UÇ 5 Nolu Profilde elde edilen Görünür öz direnç, Hesaplanan Öz direnç ve Ters Çözüm Kesitleri

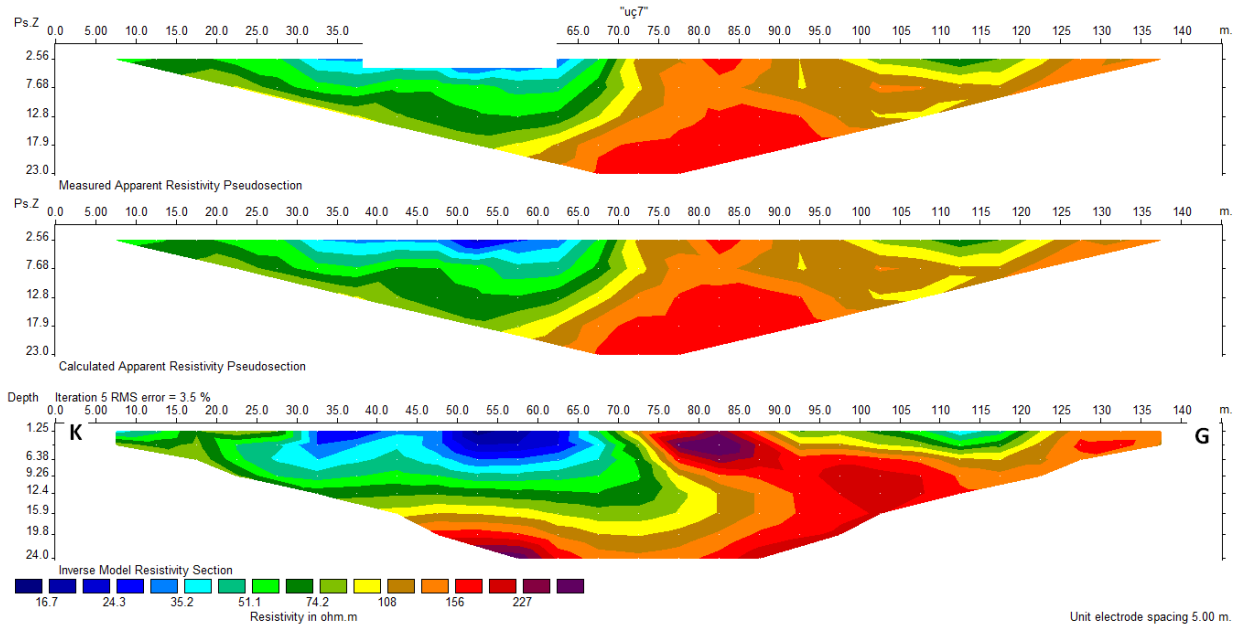
UÇ5, UÇ 6 ve UÇ 7 profilleri, Tekmen tepe zirvesi ölçü başlangıcı olarak alınmıştır ve B Alanı olarak tanımlanmıştır (Şekil. 49). UÇ 5 profili güney batıya doğru açılım yapılmıştır. Profilin KB ise tekmen tepe su deposu yanıdır. Ölçülen ve ters çözümlenme ile elde edilen kesitin doğusunda döküntü olmamasına rağmen Batıya gidildikçe çöp kalınlığının arttığı görülmektedir (Şekil 55). Aynı durum UÇ6 ve UÇ 7 de de görülmektedir. Özellikle tepeden 50 m kadar çöp örtü kalınlığı 0.50-1.0 m arasında iken 50 m'den sonra kuzeye ve batıya doğru çöp kalınlığının arttığı gözlenmektedir. UÇ 6 profilinin kuzey ucunda bu kalınlığın 9-11 m arasına ulaştığı söylenebilir. Bu kalınlık hesaplamalarını anakaya olarak kabul edilen kireçtaşı üzerindeki alüvyonal toprakta artırmaktadır.

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 56: UÇ 6 Nolu Profilde elde edilen Görünür öz direnç, Hesaplanan Öz direnç ve Ters Çözüm Kesitleri



Şekil 57: UÇ 7 Nolu Profilde elde edilen Görünür öz direnç, Hesaplanan Öz direnç ve Ters Çözüm Kesitleri

UÇ7 profili ise Tekmen tepenin güney yamaçlarından geçmekte ve çöp kara yoluna kadar uzanmaktadır. Yaklaşık 27.000 m² alanı oluşturan bu bölge, genellikle yol kenarına dökülen kaçak dökümlerin yapıldığı alandır (Şekil 56). Ters çözüm kesitinin 75-85 m arasında yer alan yüksek öz dirençli anomalinin kaynağı tamamen o alandaki

döküntü içeriğiyle ilgili olmalıdır. Zira doğal topografik yüzeyle ilgili bir yükselti değildir. Profilin güneyinde ise; geçen araçların çığnemesi nedeniyle civar ortama göre yüksek öz direnç kazanmış döküntü alanı etkisi görülmektedir.

Tüm kesitlere bakıldığında, elde edilen kesitlerin birbirleriyle ve arazi gözlem ve örnek açmalarıyla uyumlu olduğu görülmektedir.

3.1.5. Rezerv Hesaplamaları Ve Sonuçlar

Rezerv hesaplamalarının yapılması, düzenli çöp alanlarında jeofizik yöntemlerle daha kolaylıkla yapılabilirken, vahşi depolama alanlarında ancak mikro bölgeleme yoluyla, en uygun fiziksel özellikler tanımlanarak ya da saptanarak (açma, kazı, kuyu, sondaj numunesi vb) ayrıştırılan alanlarla hesaplamalar yapılabilmektedir. Her alanı karakterize edecek şekilde jeofizik ölçü profilleri seçilmiş ve tüm hesaplamalar da Jeofizik ayırtımlılık esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Hacim hesaplamaları, 1/2000 ölçekli topografik harita, Uydu verileri ve Jeofizik profillerden elde edilen öz direnç tomografik kesitler göz önüne alınarak hesaplanırken, döküntü ortamını oluşturan malzemenin yoğunluğu, ilgili bölgelerden alınarak çevre mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleştirilen ölçülerden elde edilen ortalama değer yöntemiyle belirlenmiştir.

Yapılan yoğunluk ölçmelerinde (gr/cm^3) ortalama olarak $0.5 \text{ gr}/\text{cm}^3$ alınmış ve buna göre toplam rezervuar hacim ve ağırlığı belirlenmiştir. Buna göre yapılan mikro bölgelemeye göre elde edilen rakamlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6: Bölünmüş Çöp Alanındaki Olası Ağırlık ve Hacimleri

	ALAN ADI ve Ortalama Atık Kalınlığı	YÜZEY ALANI (m²)	HACİM (m³)	AĞIRLIK TON
1	A ALANI (5m)	38.500	192.500	96.250
2	B ALANI (3m)	20.700	62.100	31.050
3	C ALANI (10m)	21.500	215.000	107.500
4	D ALANI (10m)	50.000	500.000	200.000
5	E ALANI (3m)	83.000	249.000	124.500
6	TOPLAM	213.700	1.218.600	562.300

3.2. Depolama Alanında Oluşan Gaz Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kontrol Altına Alınması

3.2.1. Sondaj Çalışmaları

Proje kapsamında, Uşak ili katı atık depolama alanında metan ve diğer gazların varlığının araştırılmasına yönelik olarak arazide yerinde yapılan incelemeler sonucunda belirlenen farklı geçmişe sahip kısımlarda gaz ölçüm bacası oluşturmak için sondaj lokasyonları belirlenmiştir.

Katı atık sahası, gaz ölçüm çalışmaları için 4 ana bölgeye ayrılmıştır (Şekil 58) Birinci bölgede 2 adet sondaj (MGK1, MGK2), ikinci bölgede 1 adet sondaj (MGK3), üçüncü bölgede 1 adet (MGK4) ve dördüncü bölgede 1 adet (MGK5) olmak üzere 5 adet sondaj yapılmıştır.

Belirlenen sondaj lokasyonlarında, çöp kalınlığından yaklaşık %5 daha fazla olacak şekilde sondajlar açılmıştır.

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 58. MGK4 no.lu sondajdan görüntüler

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

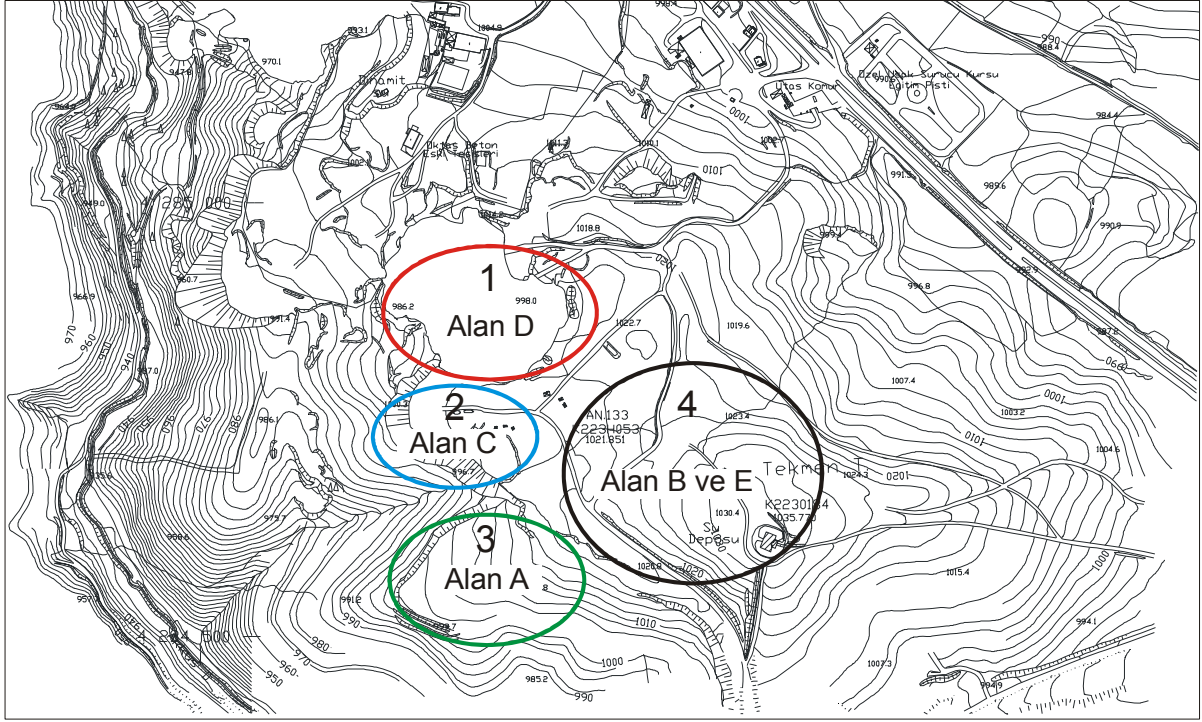
Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 59: MGK3 no.lu sondajdan görüntüler

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 60: Katı atık depolama sahasında belirlenen bölgeler

Açılan sondajların koordinat değerleri Çizelge 7de verilmektedir.

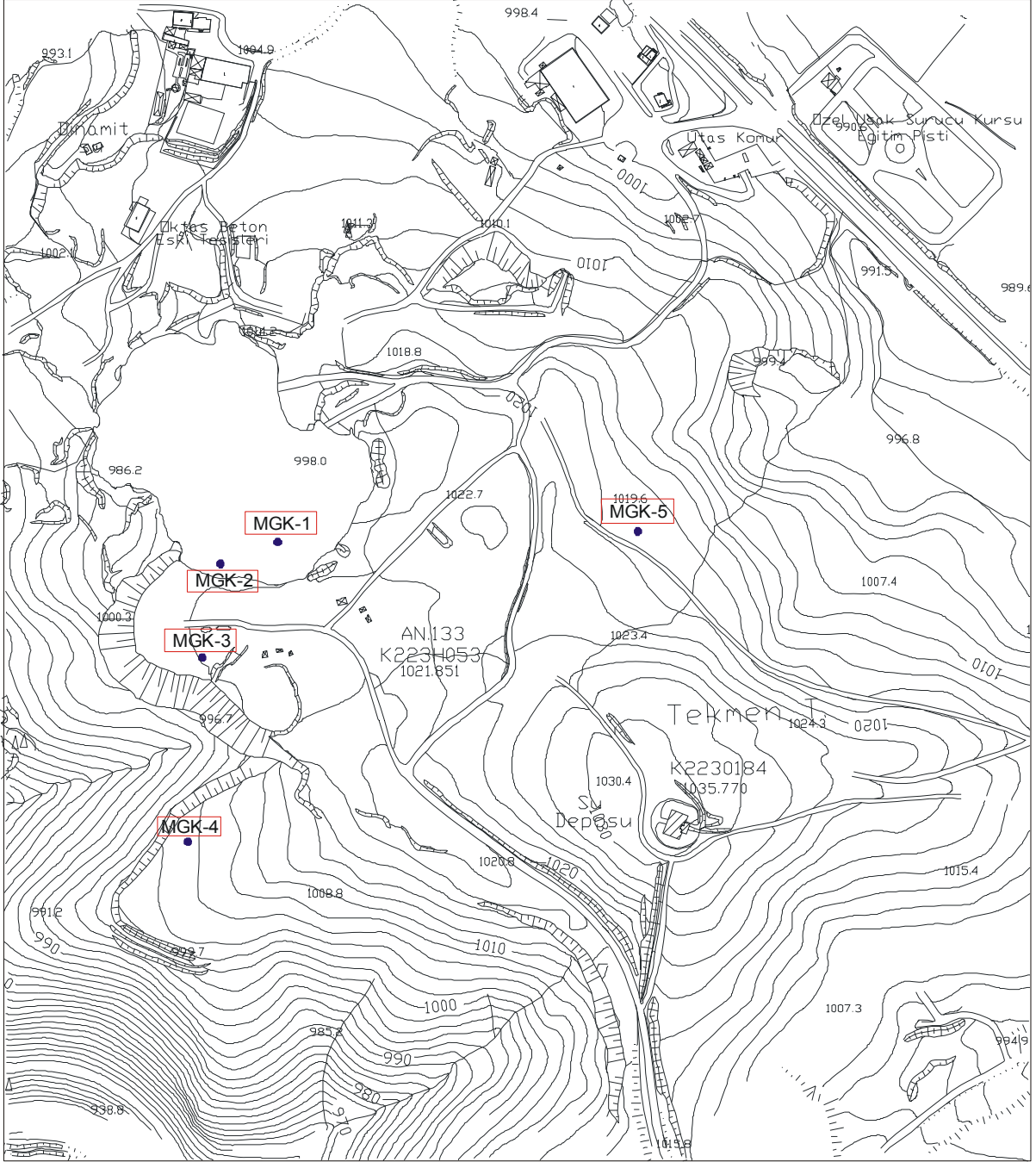
Çizelge 7: Açılan sondajların koordinat bilgileri

Sondaj No	Y (m)	X (m)
MGK1	445915.48	4284825.56
MGK2	445871.77	4284808.82
MGK3	445857.81	4284737.05
MGK4	445846.88	4284596.26
MGK5	446190.87	4284833.71

Sondajların tamamı 8,5" (inç) çaplı olarak, mevcut çöp kalınlığının yaklaşık % 5 fazlası metrajda açılmıştır. Açılan sondaj kuyularının tabanına kadar 4"(inç) kalınlığında filtreli PVC boru yerleştirilmiştir (Şekil 62). Sondajın yüzeyden yaklaşık 2 metrelik kısmı deliksiz kapalı boru olacak şekilde tasarlanmıştır.

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 61: Açılan sondaj lokasyonları



Şekil 62: Sondaj deliklerine yerleştirilen perfore PVC boru

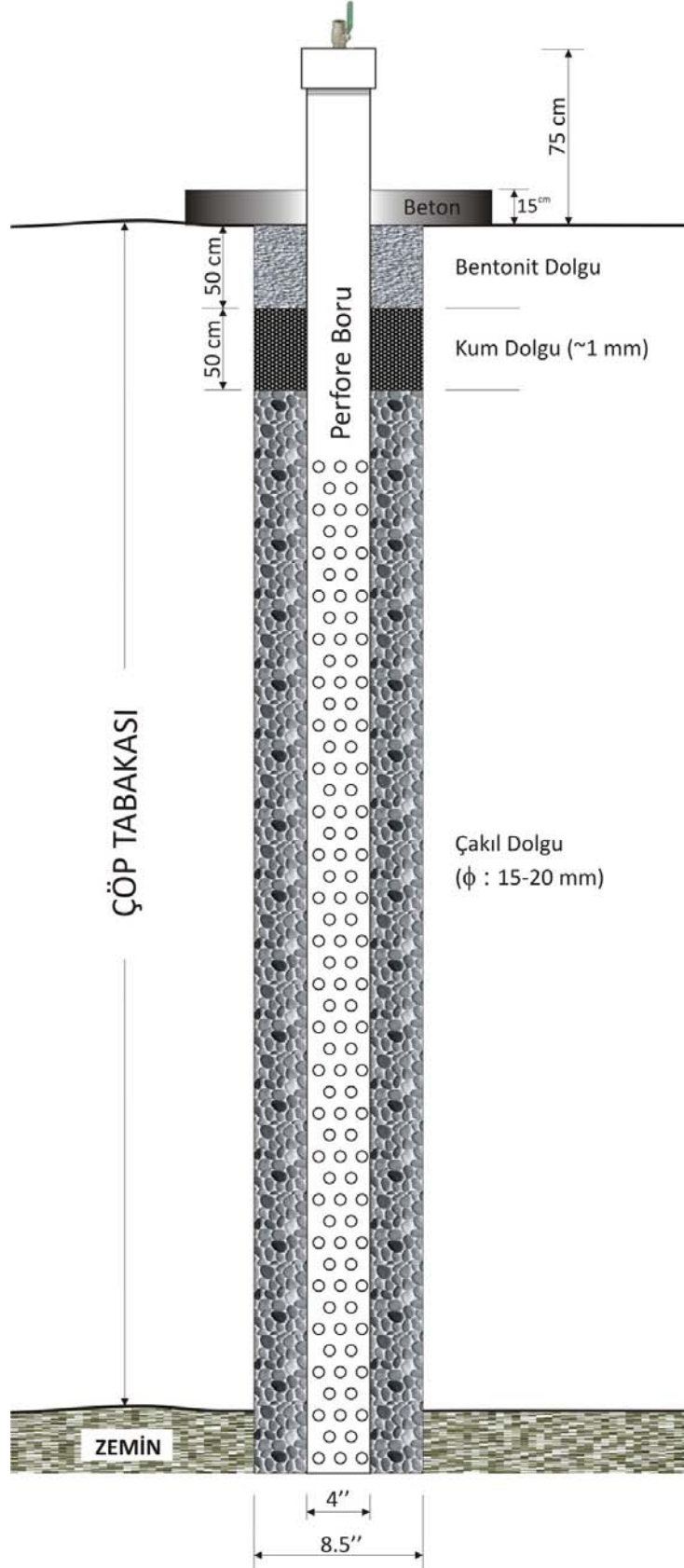
Borular yerleştirildikten sonra, sondaj kuyusunun yüzeyden itibaren 0 - 0.5 m.si bentonit dolgu, daha sonraki 0.5 - 1.0 metre arası boyutları maksimum 1 mm olan kum, kuyunun yüzeyden 1 metre sonrası tabana kadar 15-20 mm boyutlarında çakıl ile doldurulmuştur (Şekil 63). Gaz toplama sistemine hazırlık amacıyla perfore boruların yeryüzünde kalan ucuna küresel vana konulmuştur (Şekil 65).



Şekil 63: Perfore boru kenarına doldurulan çakıl ve kum

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 64: Gaz ölçüm kuyularının genel kesiti

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 65: Küresel vana monteli gaz ölçüm borusu



Şekil 66: Perfore boru ile gaz ölçüm kuyusu arasına yerleştirilen dolgu malzemeleri

80

Dolgusu yapılarak sızdırmazlığı sağlanan ölçüm kuyularının muhafazası amacıyla demir profillerden imal edilen korkuluklar, sondaj borusunun çevresine ortalamalı şekilde, beton dökülerek sabitlenmiştir (Şekil 67).



Şekil 67: Çalışmaları bitmiş gaz ölçüm bacası

3.2.2. Gaz Ölçüm Çalışmaları

Açılan sondajlarla oluşturulan gaz ölçüm bacalarında gerekli ön hazırlıklardan sonra gaz ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Şekil 68 de ölçüm çalışmalarında kullanılan metanometre ve dörtlü (H_2S , CO , O_2 , LEL) gaz ölçer cihazları gösterilmektedir.

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Şekil 68: Metan ölçer ve dörtlü gaz ölçer cihazları

Gaz gözlem bacalarında yapılan ölçümler sonucunda belirlenen gaz ölçüm değerleri Çizelge 8 de verilmektedir.

Çizelge 8: Gaz gözlem kuyularında yapılan ölçümler

Sondaj No		MGK 1	MGK 2	MGK 3	MGK 4	MGK 5
Koordinatlar	Y	445915.48	445871.77	445857.81	445846.88	446190.87
	X	4284825.56	4284808.82	4284737.05	4284596.26	4284833.71
Sıcaklık (°C)		14	15	15	12	11
Hava Durumu		Açık/Güneşli	Açık/Güneşli	Açık/Güneşli	Az Bulutlu	Az Bulutlu
Sondaj Bilgileri						
Sondaj Boyu		16	18	17	5	10
Çöp Kalınlığı		16	17	16	4	8,5
Ortalama Gaz Ölçümleri						
CH ₄	(%)	70,3	65	0,7	0	25,7
CO ₂	(%)	20.34	19.04	8.1	17.64	16.54
CO	ppm	13	74	4	0	0
O ₂	(%)	0,2	1,4	12,8	2,9	3,9
H ₂ S	ppm	70	70	9,2	0	3,5

Yapılan ölçümlerden elde edilen verilere bakıldığında, MGK1 ve MGK2 no.lu gaz ölçüm bacalarının bulunduğu aktif döküm bölgesinde metan oranları çok yüksek değerlerde seyretmektedir. Aktif çöp döküm sahasında bulunan, Belediye tarafından yerleştirilmiş bacalarda görülen yanma, yüksek konsantrasyondaki metandan kaynaklanmakta olup, burada yanan gaz metan gazıdır. Diğer gazlardan H₂S, CO₂ ve CO miktarlarında lokasyona göre farklı değerler elde edilmiştir.

Aktif çöp döküm sahasında görülen içten içe yanma sonucunda, alt kısımda malzeme kaybından kaynaklanan boşluklar oluşacaktır ve bu sebeple katı atık kütlelerinin kayması riski söz konusudur.

3.2.3. Sondaj Sonrası Laboratuvar Çalışmaları

Katı atık depolama sahasının zeminini oluşturan kayaç birimine bakıldığında; çoğunlukla gri, yer yer pembe renkli, çatlaklı bir yapı gösteren kireçtaşı birimleri görülmektedir. Sahada yer yer yumrular şeklinde bulunan pembe renkli çörtlü kireçtaşları; silis içeriklerinin fazla olmasına rağmen farklı yönlerde gelişmiş bol çatlak sistemine sahiptirler. Çatlaklar arası genelde kil dolgulu olup, dayanımları yüksektir. Bu bilgiler jeofizik bulgularla da örtüşmektedir.

Sahadan alınan gri ve pembe kireçtaşı numuneleri üzerinde fiziksel, fiziko-mekanik ve kimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik olarak Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında aşağıda belirtilen deneyler yapılmıştır.

- Birim hacim ağırlığı
- Özgül ağırlık
- Porozite
- Doluluk oranı
- Atmosfer basıncında ağırlıkça su emme
- Tek eksenli basınç dayanımı
- Deformabilite deneyi
- Kimyasal analiz

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi



Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi

Deneyler sonucunda elde edilen fiziksel, fiziko-mekanik değerler Çizelge 9 da verilmektedir.



Şekil 69:.. Deneyler için hazırlanan kireçtaşı numuneleri

Çizelge 9: Gri ve çörtlü kireçtaşlarının deney sonuçları

DENEY		Gri Kireçtaşı	Çörtlü Kireçtaşı
			
Birim Hacim Ağırlığı	(gr/cm ³)	2,65 ± 0,01	2,58 ± 0,01
Özgül Ağırlık	-	2,67 ± 0,01	2,64 ± 0,01
Porozite	%	0,88	2,52
Doluluk Oranı	%	99,12	97,48
Atmosfer Basıncında Ağırlıkça Su Emme	%	0,259 ± 0,101	0,621 ± 0,083
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	MPa	60,89 ± 9,55	72,35 ± 17,01
Elastisite Modülü	MPa	66580	74320
Poisson Oranı	-	0.29	0,32
KİMYASAL ANALİZ			
SiO ₂	%	6,87	81,48
Al ₂ O ₃	%	0,50	1,00
Fe ₂ O ₃	%	0,34	1,40
CaO	%	51,54	8,75
MgO	%	0,12	0,22
Na ₂ O	%	0,01	0,02
K ₂ O	%	0,04	0,45
MnO	%	0,05	0,02
Kızdırma Kaybı	%	40,48	6,65

3.2.4. Uşak Katı Atık Depolama Alanındaki Atık Dolguların Jeoteknik Parametreleri

Atıkların jeolojik maddeler olmaması; atıkların klasik zeminlerden ayrılmasına sebep olan en önemli özelliğidir. Bu farklılık, katı atık davranışının belirsizleşmesine yol açmaktadır. Dolgu içinde atık cinslerinin çeşitliliği ve miktarların rastgele dağılımı; jeoteknik parametrelerinin, kesin değerler almasını mümkün kılmamaktadır. Atıkların gelişigüzel dağılımından dolayı; dolguların çeşitli kısımlarında yapılan jeoteknik parametre belirleme deneylerinde bu nedenlerle farklı değerler elde edilmektedir.

Deneylerin değerlendirilmesi sonucu; atıkların, normal gerilme ile orantılı olan "Görünür Sürtünme Açısı" parametresi (ϕ_a) ve sarmal donatıyı belirten "Görünür Kohezyon" parametresi (C_a)' nin tespit edilmesi ile atıkların mekanik davranışı hakkında belirgin bir yorum yapılabilmektedir.

3.2.4.1. Mukavemet Parametreleri (Kayma Direnci)

Atıkların kayma dirençleri; atıkların kaynağına, yapışma ve sentezlerine bağlı olarak çok geniş aralıkta değerler almaktadır. 1990 yılında, Landva ve Clark isimli bilim adamları; 278 mm x 434 mm 'lik kesme kutusu ile yaptıkları deneyler ve 1990 yılında Siegel'in, 160 mm.lik kesme kutusu ile yaptığı deneyler sonucunda görünür sürtünme açısı için aşağıdaki çok geniş değer aralığı tespit edilmiştir.

$$\phi_a = 39^\circ - 81^\circ$$

Görünür sürtünme açısı değerini arttıran faktörler şunlardır:

- Atık dolgu yerleşiminin sıkı olması
- Köşeli ve açılı atık madde miktarının fazlalığı
- Atıkların dane çapı dağılımının iyi derecelenmiş olması
- Düşük boşluk oranı
- Negatif boşluk suyu basıncının varlığı
- Birim hacim ağırlık değerinin büyük olması

Çizelge 10: Çalışmada kullanılan jeoteknik parametreler

Katı Atığın Yapısı	Görünür Kohezyon (C_a)	Görünür Sürtünme Açısı (φ_a)
Parçalanmış atık	23	24 °
Eski atık	16	33 °
Taze atık	0	36 °
Plastik torba	0	9 °

Laboratuvar deneyleriyle desteklenmediği sürece hiçbir zaman stabilite analizi için kullanılacak sürtünme açısı, aynı koşullardaki eşdeğer granüler zeminin sürtünme açısını aşmamalıdır.

3.2.4.2. Konsolidasyon (Sıkışma) Parametreleri

Çeşitli deneyler sonucunda, sıkışma parametrelerinin birçok faktöre bağlı olarak değişken değerler aldığı gözlenmiştir. Sıkıştırma işlemlerinin yüksek enerjiler ile yapılması organik atıkların oranının az oluşu, gibi etkiler sonucu oturma miktarı ve oranı azalmaktadır. Landva ve Clark 1990 yılında yaptıkları çalışmalar sonucunda, sıkışma indislerinin değerini saptamak için, aşağıdaki bağıntıları çıkartmışlardır:

$$C_c = C_c / (1 + e_0)$$

Bu bağıntı ile hesaplanan sıkışma faktörü; 0,2 ile 0,5 arasında değerler almaktadır. Sekonder konsolidasyon katsayısı; C^α % 0,2~%3,0 arasında değerler almaktadır.

3.2.4.3. Katı Atıkların Oturma Sorunu

3.2.4.3.1. Oturma Çeşitleri ve Sebepleri:

Mekanik Oturma: Atıkların kamyonlarla çöp depolama sahasına taşınıp, üst üste boşaltılması sırasında, atıklar kırılmakta, çarpılmakta, kıvrılmakta ve ezilmektedir.

Mekanik zorlamalar ve etkiler sonucu, dolgu yığınlarında yeniden yerleşim oluşmaktadır. Bundan dolayı, atık kütesinin hacmi azalarak mekanik oturma oluşmaktadır.

Karışma: Oturma problemini en aza indirmek amacıyla uygulanan sıkıştırma işlemleri ve dolgunun kendi ağırlığı ile sıkışması sırasında; küçük atık parçacıklarının boşluklara yerleşerek dolgu hacminin azalmasına neden olmasıyla meydana gelen oturmalarlardır.

Biyo-kimyasal ayrışma: Anaerobik bakterilerin oksijensiz ortamdaki fermantasyonu sonucu büyük moleküllü atıklar, küçük moleküllü parçacıklar haline gelerek hacimleri azalmaktadır. Ayrıca saprofitler de atıkları çürütmektedirler. Bu sebeplerden dolayı zaman içinde oturmalar gözlenmektedir.

Oturmanın İkincil Sebepleri:

1. Dolgu yüksekliği arttıkça oturma miktarı da artmaktadır. Ancak aralarında doğrusal bir ilişki yoktur. Uşak katı atık depolama sahasında 1,5 m dolgu yüksekliği için 0,47 m., 3 m dolgu yüksekliği için de 0,78 m.lik oturma miktarı saptanmıştır. Dolgu yüksekliği iki katına çıkarıldığında, oluşacak oturma miktarı iki katından daha az bir oranda artmaktadır.
2. Oturma miktarı, başlangıç yoğunluğu ile ters; başlangıç boşluk oranı ile doğru orantılıdır. Bu yüzden kağıt, alüminyum kutusu gibi hafif maddelerin geri kazanım kampanyaları ile depolama alanlarına boşaltılmaması; oturma sorununun çözümlenmesine olumlu katkıda bulunmaktadır.
3. Gazlar ve ısı gibi (asitli çevresel faktörler, atık maddelerin moleküler yapılarının bozulmalarına sebep oldukları için oturma miktarını direkt olarak etkilemektedirler.
4. Dolgu içindeki besin atıkları, meyve kabukları, bitkiler, v.b. çürüeyebilir maddelerin oranı arttıkça, bakterilerin etkisi sonucu oturma miktarı da artmaktadır.
5. Sızıntı suyu seviyesi yükseldikçe, dolgu ağırlaşmakta ve oturma miktarı artmaktadır.

3.2.4.3.2. Oturma Miktarı

Atık dolgularda oluşan; alışlagelmiş zemin oturma miktarlarından kat kat fazla oranlardaki oturma değerleri; klasik zemin mekaniği problemleri ile uğraşanlar için şaşırtıcı büyüklüktedir. Dolguların; kendi ağırlıkları altında, yüksekliklerinin %5 ~ %30'u oranında oturabildiği, sürşarj yükü ile orijinal yüksekliğinin %50 oranında bile azaldığı gözlenmektedir.

Dolgu tamamlandığı andan itibaren ilk 1-2 ay içinde, çok büyük miktarlarda oturmalar gözlenir. 1-2 yıl içinde de toplam oturmanın büyük bir kısmı tamamlanır. Uzun yıllar boyunca azalarak devam eden, fakat ihmal edilemeyecek önemli miktarlarda 'ikincil oturmalar oluşur.

Oturma Hesapları:

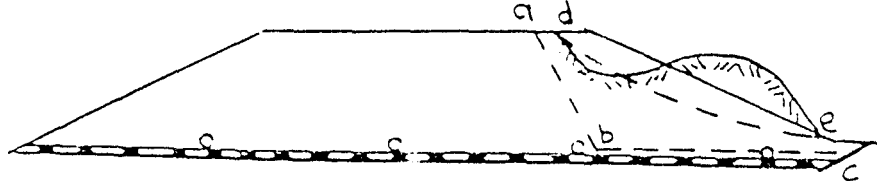
Yüksekliği 30 m.'yi geçmeyen atık dolgularda; dolgu yüksekliği ile dolgu oturmasının tamamlanması için gerekli süre arasında doğrusal bir ilişki gözlenmektedir. Atık dolgusu yüksekliğinin 30 m.'yi aştığı depolama tesislerinde, oturmanın tamamlanma süresinin, dolgu yüksekliğinin artmasına rağmen pek değişmediği görülmektedir.

Dolgu yüksekliği ile oturmanın tamamlanma süresi arasındaki doğrusal ilişki, yüksekliğin 30 m.'yi aştığı durumlarda geçerli olmamaktadır. 30 m.'den daha yüksek dolgular; 24-30 m. arasındaki dolgulara göre oturmaları çok daha kısa sürede tamamlamakta iken; 12-30 m. yükseklik değerlerine sahip dolgulardan biraz daha fazla sürede oturmalarını tamamlamaktadırlar.

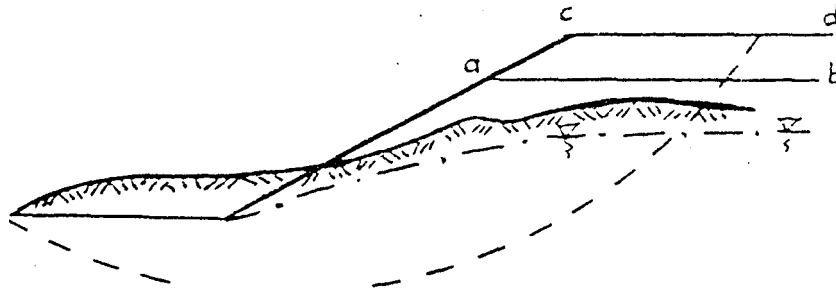
3.2.4.4. Uşak Katı Atık Dolgusunda Şev Stabilitesi

3.2.4.4.1. Stabilitate Kaybı Çeşitleri

Katı atık dolgusu şev stabilitesi iki durumda incelenmektedir



Şekil 70: Atık dolgusu sağlam zemin üzerinde



Şekil 71: Atık dolgusu zayıf zemin üzerinde

I- Sert, sıkı, basınç ile yapısı değişmeyen, dayanımı yüksek bir zemin üzerine atık dolgusu biriktirilmesi durumunda stabilite incelenmektedir (Şekil 70). Atıklar, kaya veya sıkı kum tabakasının üzerinde biriktirilmiş ve depolanmıştır. Tüm olumlu koşullar oluşturulmuş veya sağlanmıştır. Dolgunun alt kısmında drenaj sistemi oluşturulmuş olup, dolgu içindeki sızıntı suyu toplanarak uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca, toprak örtü dolgusu üzerine %3'ten daha fazla eğim verilerek yüzeysel drenaj da sağlanmaktadır. Böylece, atık dolgusu içinde stabiliteyi bozabilecek statik veya dinamik su seviyesi oluşmamaktadır.

Bu şartlar altında, iki türlü şev kayması görülebilir:

Birinci olasılık; atık dolgusu şev yüzeyi biraz daha yatık açıyla duruyorsa ve şev eğimi nispeten daha küçük ise, ab düzlemi boyunca düzlemsel kaymadır. Bu durumda, şev

eğiminden daha dik bir eğimle düz bir hat boyunca atık dolgusu kesilerek kaymaktadır.

İkinci olasılık ise; şev eğimi dışında tamamen aynı şartlarda dairesel kaymadır. Şev yüzeyi daha dik açıyla duruyorsa, şev eğimi daha büyük ise atık dolgusu dairesel bir yüzey boyunca kaymaktadır. Şevlerin nispeten dik eğimlerle düzenlenmesi, stabilite güvenliğini riske sokmakta ve dairesel kaymaya sebep olmaktadır.

Şev stabilitesini sağlamaya yönelik bir öneri olarak; günümüzde atıklar, şev eğimi 3:1 (yatay:düşey) oranını sağlayacak biçimde düzenlenmektedir. $\tan \alpha^\circ = 1/3$, $\alpha = 18.4^\circ$ 'dir. Güvenli şev eğimi; yaklaşık 18° şev açısı ile oluşturulmaktadır. Sadece 18° 'lik şev oluşturulması yeterli olmayıp, aynı zamanda, çok iyi drenaj sistemleri kurup dolgunun içini tamamen kuru tutmak ve sıkıştırılmış toprak örtü dolgusu yüzeyine %3'ten daha büyük eğim uygulayarak yüzeye düşen yağmur sularının atık dolgusu içine sızması da önlenmelidir.

Dolgu içinde kuru ortam oluşturarak, 18° 'lik şev açısı ile dizayn edilen; 6 m. yüksekliğindeki katı atık dolgu şevlerine (yarmalarına) stabilite bozulmadan, kaymaya uğramadan durabildikleri gözlenmektedir. Aynı tür kesme etkileri sonucu stabilite bozularak kaymaya uğramış atık dolgular incelendiğinde, 12 m.'den daha yüksek oldukları görülmüştür. Drenaj ile kuru ortamın sağlanamadığı zaman, sızıntı suyu seviyesi yükselerek stabilite sorununun doğmasına sebep olmaktadır.

Şekil 71'de, daha değişik şartlardaki bir stabilite durumu analiz edilmektedir. Burada tamamen zıt ortam ve koşulların oluşması durumunda stabilite incelenmektedir. Atıklar yumuşak, dayanımı düşük, gevşek, zayıf bir zemin kitlesi üzerinde biriktirilmiştir. Ayrıca mevcut temel zemini suya doygunudur. Yeraltı su seviyesi çok yüksekte veya zemin yüzeyindedir. Dolgu içinde drenaj sistemi çalışmaz durumdadır veya oluşturulmamıştır. Stabilitenin bozulmasına sebep olabilecek tüm olumsuzluklar mevcuttur.

Eğer dolgu yüksekliği arttırılmazsa, ikinci seçenek olarak; analizlerde suyun sebep olacağı olumsuz etkiler denge hesaplarına dahil edilecektir. Bu durumda, kayma

dairesi zayıf temel zeminini de kapsayacak şekilde oluşur. Atık dolgusu üzerine serilmiş toprak örtü dolgusu, şev eğimine paralel olarak kayabilmektedir. Kuru bir şekilde serilen bu toprak tabakası; yağmur,... gibi sebeplerle ıslanıp suya doymun hale geçebilmektedir. Drenaj ile yeterli oranda su boşaltılamaz ise toprak dolgu kaymaya uğrar. Suyu doymun hale geçmesi sonucu, toprak örtü tabakasının birim hacim ağırlığının artmasıyla ağırlaşmaktadır. Ayrıca, suyun olumsuz ortam oluşturması sebebiyle toprak dolgunun kayma mukavemet parametreleri küçülmekte ve içsel sürtünme açısının değeri düşmektedir. Sonuç olarak, kayma dayanımı azalmış olmaktadır.

Suya doymunluğun ve ıslaklığın sebebi, çoğu zaman doğal ve çevresel etkilere dir. Yağmurlar, karların erimesi,... v.b. ile oluşan sular yüzeyden derinlere doğru sızmaktadır. Diğer bir sebep olarak da; toprak (dolgusu) örtü tabakasındaki çatlakların, yarılmaların, boşlukların su sızıntılarına olanak vermesidir. Kötü drenaj sonucu, suların toprak dolgusundan uzaklaştırılmaması da önemli etkilere dendir.

3.2.4.5. Uşak Katı Atık Depolama Sahasında Şev Stabilesini Bozabilecek Olası Etkiler ve Alınması Gereklı Tedbirler

1) Yağış sızıntısı: Özellikle kış aylarında yağışlı günlerde atık dolgusu içerisine yüzey sularının sızması sonucu atık dolgu suya doymun hale gelebilecek ve dolgunun kayma parametrelerini azaltabilecektir. Bunu sonucunda, stabilizeyi bozucu kuvvetlerin artmasıyla şev stabilesi bozulabilecektir. Bu nedenle yağış sularının depolama sahasına beslenme alanları iyi belirlenip yüzey sularının katı atık depolama alanına sızması önlenmelidir.

2) Kötü drenaj: Atık dolgusunun üzerine düşen yağmur suları iyi bir drenaj sistemi ile en kısa sürede uzaklaştırılmalıdır. Eğer, toprak (dolgusu) örtü tabakası iyi sıkıştırılmamış, % 3'ten fazla bir eğim uygulanamamış ise doğal bir drenaj oluşamaz ve yağmur sularının yüzeyden dolgu içine doğru sızmasıyla stabilize bozulur.

3) Yetersiz toprak (dolgu) örtü tabakası: Depolama alanında, atıkların biriktirilmesi sonucu atık dolgusunun tamamlanmasından sonra, atık dolgusunun şevlerine ve üst

yüzeyine toprak serilerek sıkıştırılmaktadır. Şev yüzeylerinde toprak seddesinden sonra, en az 2.0 m. kalınlığında yapılması gereken bu toprak örtü tabakası, daha ince yapılı ve iyi sıkıştırılmaz ise atık dolgusu şevini koruyamaz, yağış suları sızıntılarını engelleyemez. Böylece stabilite bozulur.

4) Aşırı sıcak iklim: Yüksek sıcaklık derecelerine ulaşıldığında metan gazı, sızıntı suyu oluşumu artabilmektedir. Bu nedenle sahada oluşturulan gaz ölçüm bacaları ve oluşturulacak gaz drenaj bacalarından oluşacak gazlar ve sızıntı suları uygun drenaj yöntemleri ile drene edilmelidir.

3.2.4.6. Uşak Katı Atık Depolama Sahası İçin Güvenli Şev Açısı ve Basamak Yüksekliği Değerleri

Uşak katı atık depolama sahasında ve zemin numuneleri üzerinde laboratuarda yapılan çalışmalar sonucunda; depolama sahası için mevcut depolama şartları ve katı atık sahası ile dolgusunun jeoteknik parametreleri de göz önüne alınarak önerilen güvenli şev açısı değeri **18°-20°**, basamak yüksekliklerinin de **12-16 m** arasında yeterli olabileceği hesaplanmıştır.

Emniyetli şev açısının çok küçük olmasının sebepleri; atıkların boşluk suyu basınçları, sızıntı suları gibi etkilerden dolayı kayma parametrelerinin küçük değerler alması ve dolgunun kayma olasılığının artması sonucu; hesaplarda düşük kayma parametreleri kullanılmış olmasındandır.

3.2.4.7. Deponi Sahası Temel Kayasının Permeabilite ve Sızıntı Su Kirliliği Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi

Önceki bölümlerde görüldüğü üzere inceleme alanındaki aktif çöp deponi alanı eski bir kireçtaşı taş ocağında yer almaktadır. Buradaki bölgenin jeolojisinde de görülen kireçtaşı ve çört bantlı kireçtaşları çatlaklı ve poroziteli bir yapı arz etmektedir(Bknz Ek3). Serbest akifer konumundaki kireçtaşlarının porozitesi % **0,88 – 2,52** arasında değişkenlik arz etmektedir. Yapılan değerlendirmede deponi alanının temelini oluşturan temel kayaların **0,015 – 0,020 m/sn (Oldukça Geçirimli)** permeabilite

katsayısına sahip oldukları kabul edilmiştir. Söz konusu kireçtaşları geçirimli ve karstik akifer özelliği taşımaları nedeniyle katı atık deponi sahası olarak kullanım açısından **“uygun olmayan”** temel kayasını oluşturduğu da belirlenmiştir.



Şekil 72: Çöp deponi alanında gözlenen temel çörtlü kireçtaşı formasyonu

Halen vahşi depolama şartlarına sahip deponi alanında her hangi bir sıkıştırma işlemi oluşturulmadığı için, potansiyel kirlilik kaynağı konumunda olan sızıntı suyunun kalitesi, atık bölgesinde bulunan atıkların bileşimi, miktarı, çeşidi ve sıkışma derecesi ile ortamdaki su miktarı, su içeriği ve sıcaklık gibi faktörlerle değişmektedir. Sızıntı suyunun bileşimini belirleyen katı atıklar biyolojik parçalanmaya uygun organik madde, çözünebilir inorganik maddeler ve bazı metallerdir. Deponi içerisinde toplanan atık miktarı arttıkça, sızıntı suyunun kirlilik derecesi de o oranda artabilecektir. Aynı şekilde atık maddelerin çeşitliliği sızıntı suyunun kalitesi üzerinde önemli rol oynamaktadır.



Şekil 73: İnceleme alanında eski taş ocağında gözlenen vahşi depolama uygulaması

Depolanan katı atıkların gelişigüzel olarak biriktirilmesi suyun atıklar içine sızmasında ve atık içinde hareketliliğinde etkili olmaktadır. Sıkıştırmanın olmaması aynı zamanda atık içinde oksijen difüzyonuna da etki etmektedir.

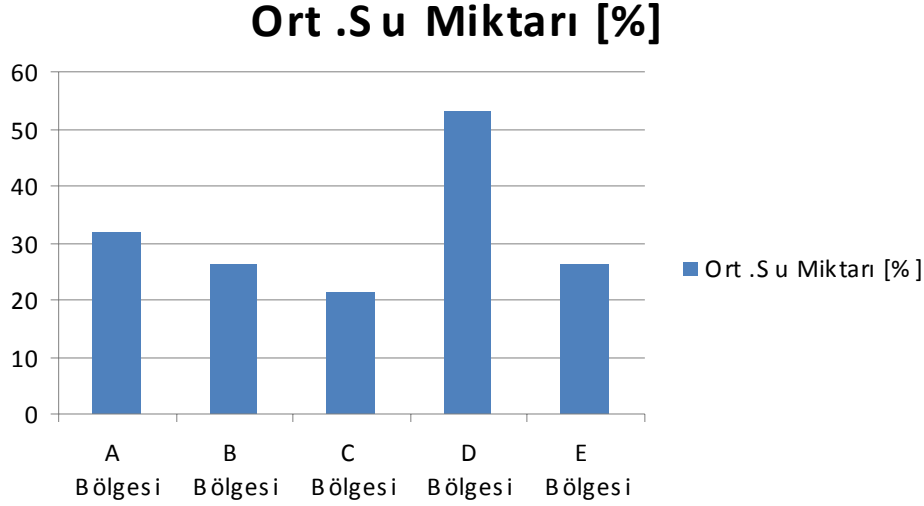
Söz konusu deponi alanı üzerinin tamamen geçirimsiz hale getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca deponi alanına gelebilecek çevre sularının deponi içerisine sızmasını önleyecek drenaj kuşaklaması yapılmasında da yarar görülmüştür.

3.3. Katı Atık Depolama Alanı Profil Çalışmalarına ve Su Örneklerinin Analizlerine Ait Bulgular

Halen kullanılan depolama alanında daha önceki yıllarda dolgu yapılan bölgelerindeki atık özelliklerini saptayabilmek amacıyla profil çalışması yürütülmüştür. Çalışma öncelikle karotlu örnekleme olarak planlanmışsa da depolama alanı içinde sıkışmış

olması muhtemel gazların tehlike yaratması ihtimaline karşı kepçe ile profil açtırılarak örnekler alınmış ve analizleri yapılmıştır.

A, B, C, D, ve E bölgelerinde gerek profil analizlerinden gerekse deneysel bulgulardan yararlanarak belirlenen atık parametreleri aşağıda sunulmaktadır.

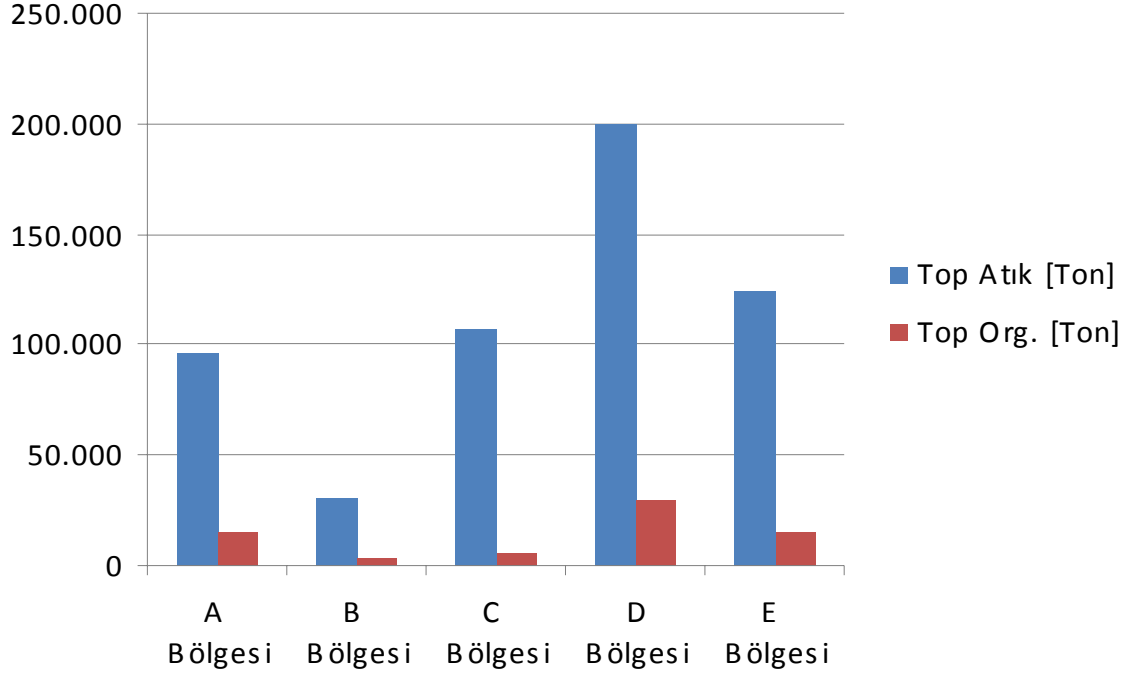


Şekil 74: Bölgedeki depolanmış haldeki katı atığın su içeriği (%)

Görülebileceği gibi halden dolguya devam edilen bölgede su içeriği en yüksektir. İnaktive olan veya yüksek oranda moloz bulunan bölgelerde su içeriği daha düşüktür. Bunun sebebi atıktaki bozluk oranının azalması ve su tutma kabiliyetini yitirmesidir. Ayrıca atık derinliği arttıkça su içeriğinde bariz bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu da sızıntı suyunun atık kütlelerini hızla terk ettiğini göstermektedir. Yağışlı dönemde elde edilen bu bulgunun sızıntı suyu kontrol tedbirlerinin ne kadar önemli olduğunu göstermesi açısından önemi büyüktür.

Aynı şekilde atık alanındaki farklı bölgelerde açılan profillerde organik madde analizleri de yapılmıştır. Laboratuvar bulguları ve profil analizlerine göre A Bölgesinde %16, B ve E Bölgesinde % 12, C bölgesinde %6 ve D Bölgesinde % 15 olmak üzere organik içerikler belirlenmiştir.

Derinliğe bağlı olarak birim hacim ağırlığının 0,36 ila 0,60 ton/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. pH değerleri ise 8.2 ila 8.9 arasında değişmekte olup bu alkali değerler oldukça yoğun kül ve moloz dolgusunu ifade etmektedir.



Şekil 75: Alanda Farklı Bölgelerde bulunan Toplam Atık ve Biyolojik Parçalanabilir Atık Miktarları

Görüldüğü üzere alanda halen 560.000 ton atık bulunmaktadır ve bölgelere göre farklı oranlarda olmak üzere bu atığın 70.000 ton kadarı biyolojik olarak parçalanabilir özelliğindedir. Alanda oluşan sızıntı suyu ve civarındaki yüzeysel su ve kuyu sularından alınan örnekler için bulgular ise Çizelge 11’de verilmektedir.

Çizelge 11: Sızıntı Suyu, Dere ve Kuyu Suyu Örneklerine Ait Analizler

	pH	AKM, mg/L	COD, mg/L	Alkalinite, mg/L
Dere	7,8	454	651,4	131
Şelale Huzur Park Kuyu Suyu	7,4	296	570,6	178
Depolama Alanı Şantiye Su Kuyusu	7,35	191,2	668,7	214
Aktif Bölge Sızıntı Suyu	8,2	4444	12429	8200
Sınır Değerler	6.5-8.5	.200****	25* 8**	250***

* Kıta içi I. Sınıf Sularda, **İçme Suyu Kaynaklarındaki Arıtma Öncesi Sınır Değeri

*** İçme ve Kullanma Suyu Sınır Değeri, **** Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Katı Atık tesisleri Sınır Değerleri

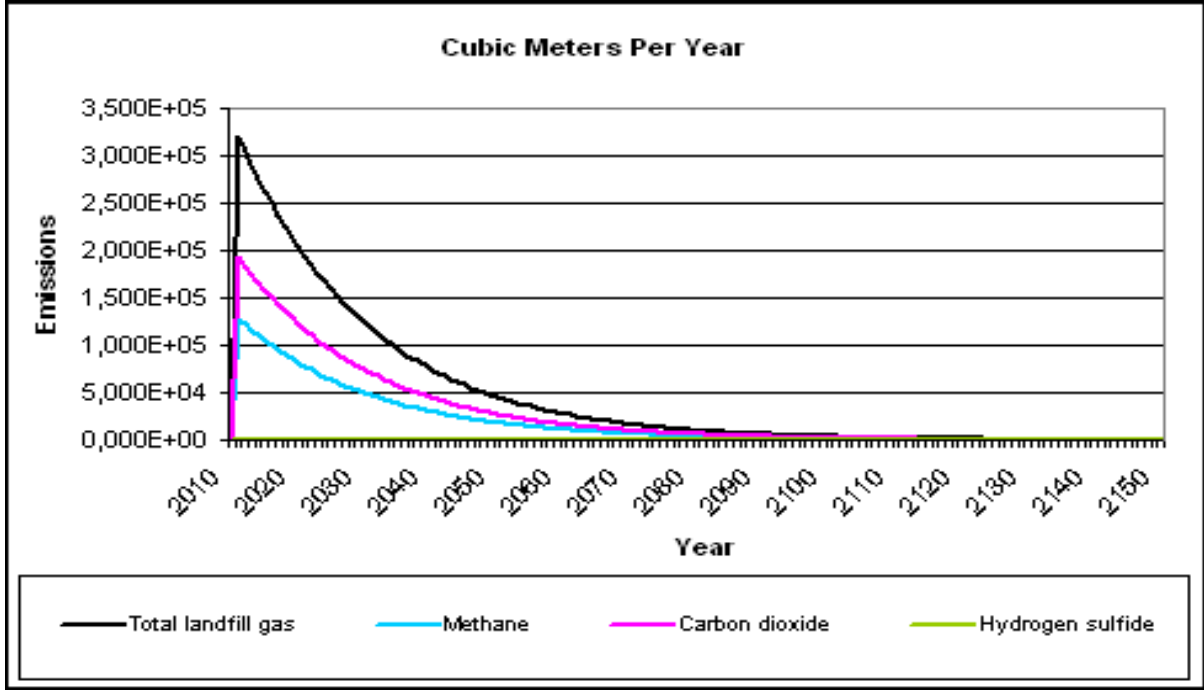
Şantiye alanı su kuyusu örneğinde belirlenen yüksek alkalinite ve bilhassa oldukça yüksek COD değerleri, bu suya sızıntı suyu karışma olasılığını göstermektedir. Ayrıca dereden alınan örnekte de COD değeri yüksektir. Depolama alanında halen aktif dolgu yapılan bölgenin tabanındaki küçük birikinti dışında, yağışlı dönemde dahi sızıntı suyu görülememiş olması da oluşması gereken metreküplere suyun yeraltı ve yüzeysel sulara karıştığıının habercisidir.

Tüm depolama alanı 213700 metrekarelik bir yüz ölçümüne sahiptir. Uşak iline en fazla yağış Aralık ayında 72 mm, en az yağış ise Temmuz ayında 17 mm olarak düşmektedir. Yağışın %30 u buharlaşmakta ve %15 lik bir kısmı ise atık tarafından tutulmaktadır. Bu durumda Aralık ayından alandan beklenen pik sızıntı suyu debisi günlük olarak yaklaşık 300 metreküp kadardır. Diğer yağışlı aylarda ise bu değer 150 ila 185 metreküp/gün arasında olması beklenmektedir. Oluşması beklenen bu sızıntı suyunun gözlenemeyişi çok büyük risk oluşturmaktadır.

3.4. Depolama Alanı Gaz Üretim Potansiyeli

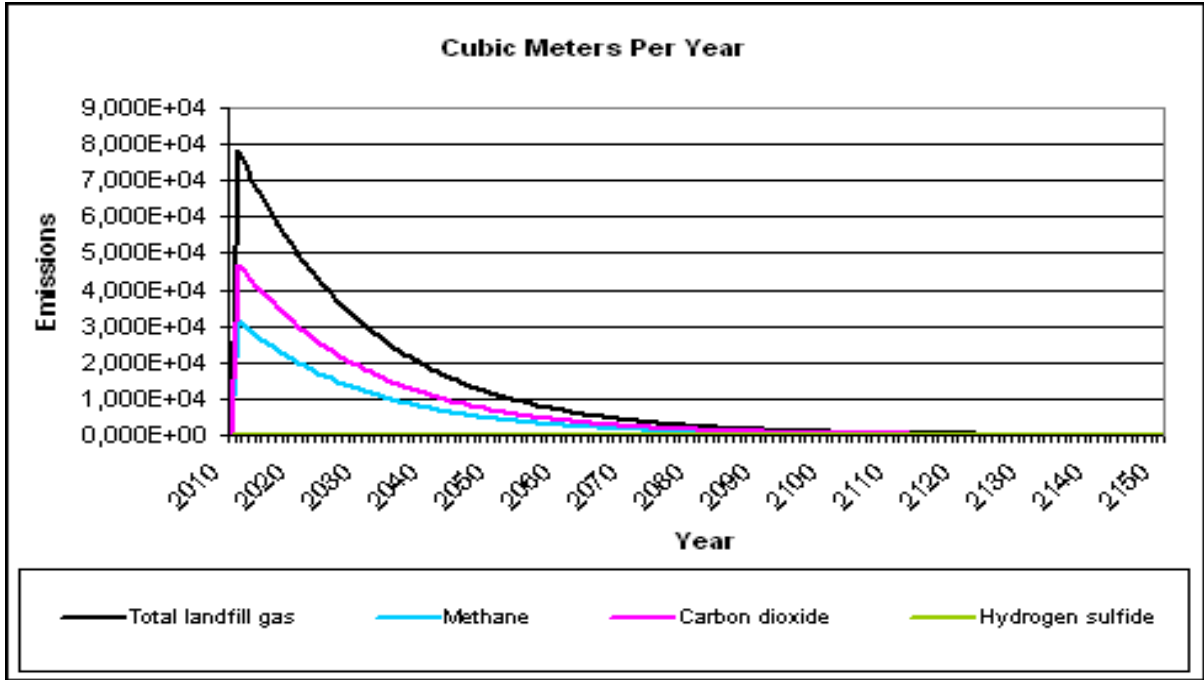
Depolama alanındaki farklı bölgelerin jeofizik ve günümüze ait kimyasal özellikleri dikkate alınarak USA EPA tarafından hazırlanan Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 Model Programı işletilmiş ve böylece her bölgeden gelecekte oluşması beklenen depolama alanı gazı ve metan miktarı belirlenmiştir.

Programın çalıştırılması sırasında bölgelerde açılan gaz gözlem bacalarından elde edilen metan verileri ile profil çalışması verileri ve mahalle çalışmaları sonuçları dikkate alınmıştır. Ayrıca gazın atmosfere ulaşmasının oldukça kolay olduğu bölgeler için ileride yapılabilecek izolasyon gibi düzenlemeler de göz önüne alınarak hesaplamalara yansıtılmıştır. A, B, C ve E bölgelerinde rehabilitasyon ve düzenlemelerin yapılması sonrasında elde edilecek LFL içinde ortalama % 40 oranında metan bulunabileceği kabul edilirken, aktif dolgu yapılmakta olan D bölgesinden elde edilen LFG'de ölçümlerimize dayanarak % 60 metan bulunacağı öngörülmüştür. Sonuçlar aşağıda grafikler halinde her bölge için sunulmuştur.



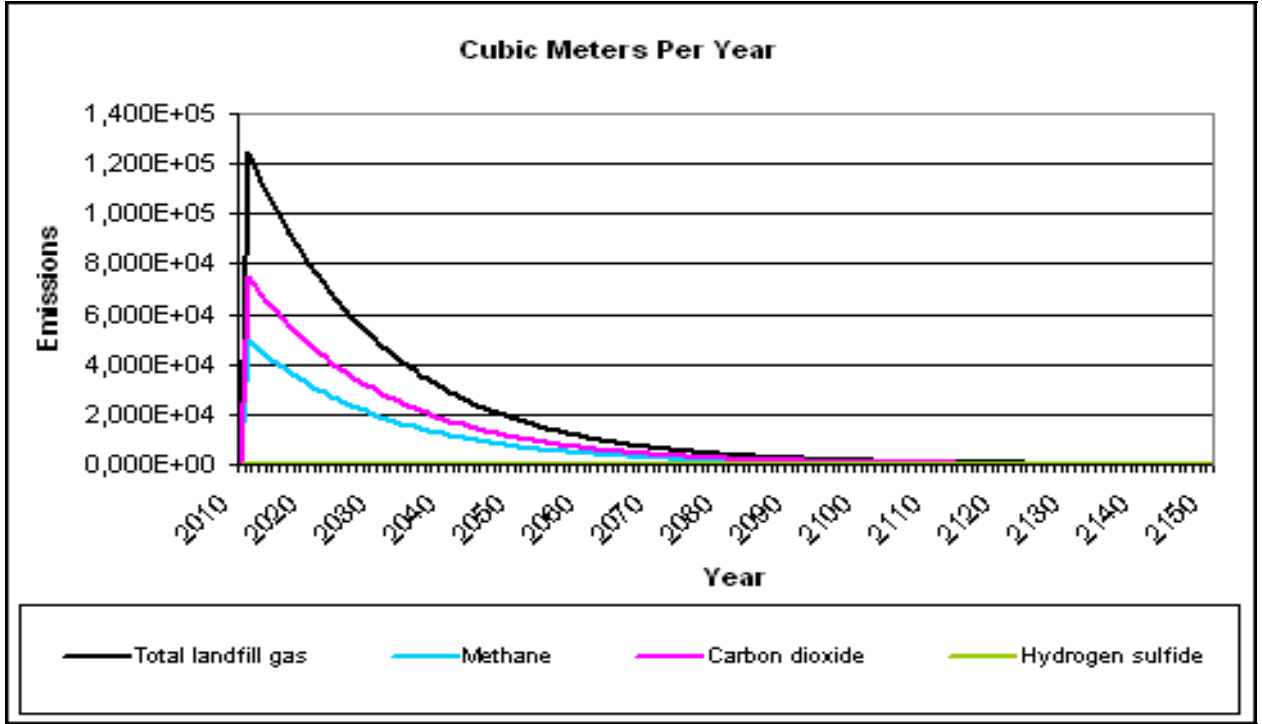
Şekil 76: A Bölgesi Gaz üretim potansiyeli

A Bölgesinde üretilmesi beklenen teorik toplam metan miktarı 2.6 milyon m³ olarak belirlenmiştir.



Şekil 77: B Bölgesi Gaz üretim potansiyeli

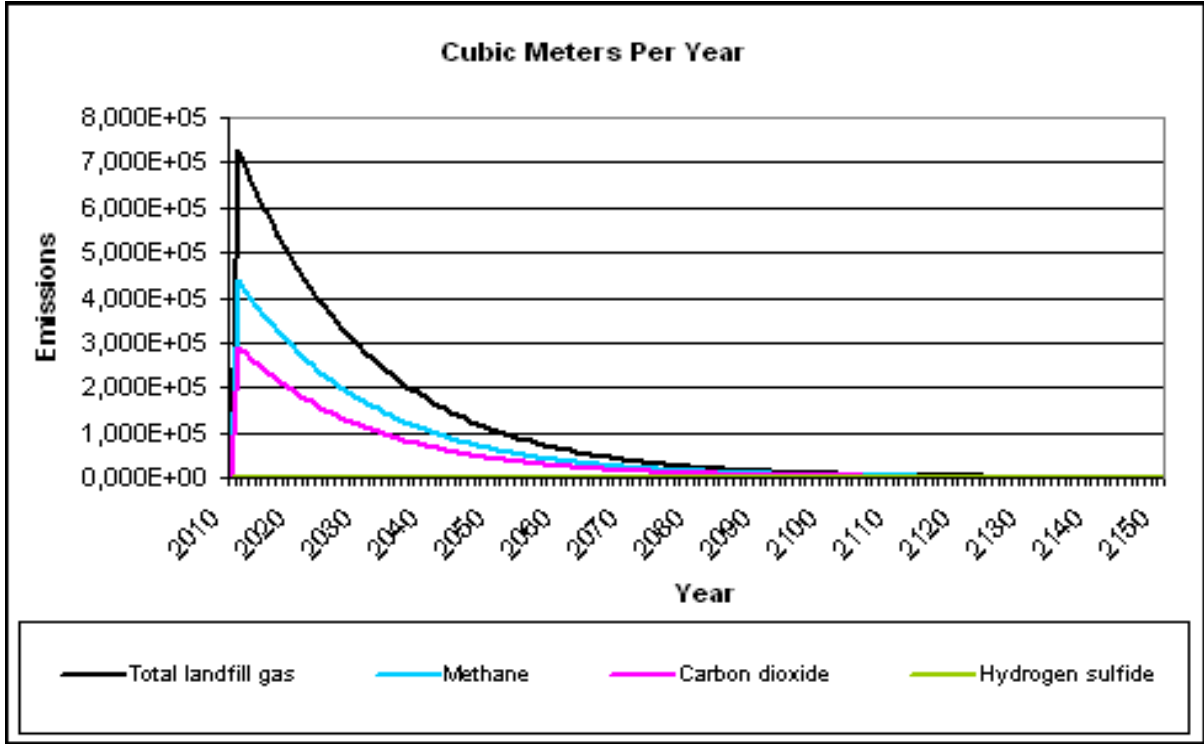
B Bölgesinde üretilmesi beklenen toplam metan miktarı 0,64 milyon m³ olarak belirlenmiştir.



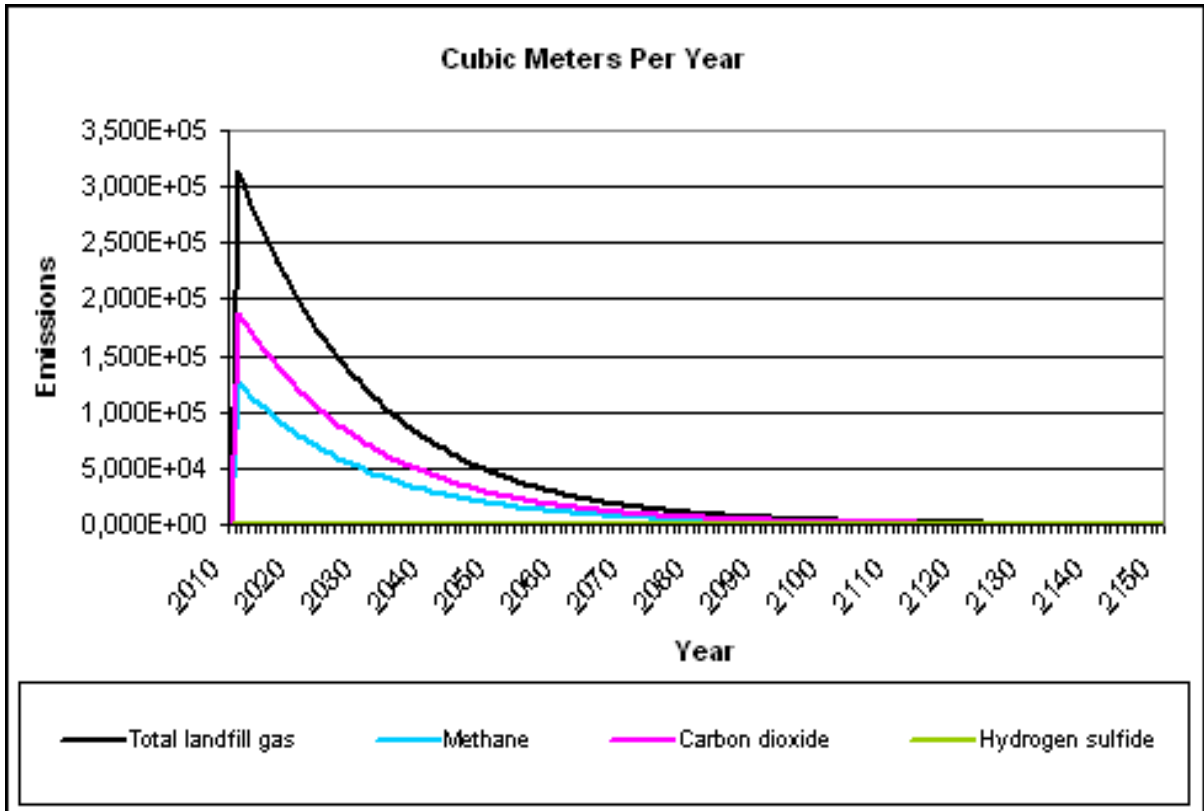
Şekil 78: C Bölgesi Gaz üretim potansiyeli

C Bölgesi halen yan kısımlarından atmosfere açık olması sebebi ile oluşmakta olan gazın büyük bir kısmı kaçmaktadır. Bu bölge izole edilebilirse oluşması beklenen teorik metan miktarı 1,02 milyon m³ olarak belirlenmiştir.

D Bölgesi halen dolguya devam edilen bölgedir, şekilde bu sene dolgunun sonlandırılması halinde elde dlebilecek gaz miktarları görülmektedir (Şekil 79). Görüleceği gibi depolama alanının bu kısmının 8.94 milyon m³ metana karşılık gelen bir kapasitesi vardır. Ancak, halen dolgu yapılan taş ocağının düzenlenmesi ve 5 yıl daha dolguya devam edilmesi halinde bölgenin teorik metan potansiyeli 20 milyon m³ e dek çıkabilir.



Şekil 79: D Bölgesi Gaz üretim potansiyeli



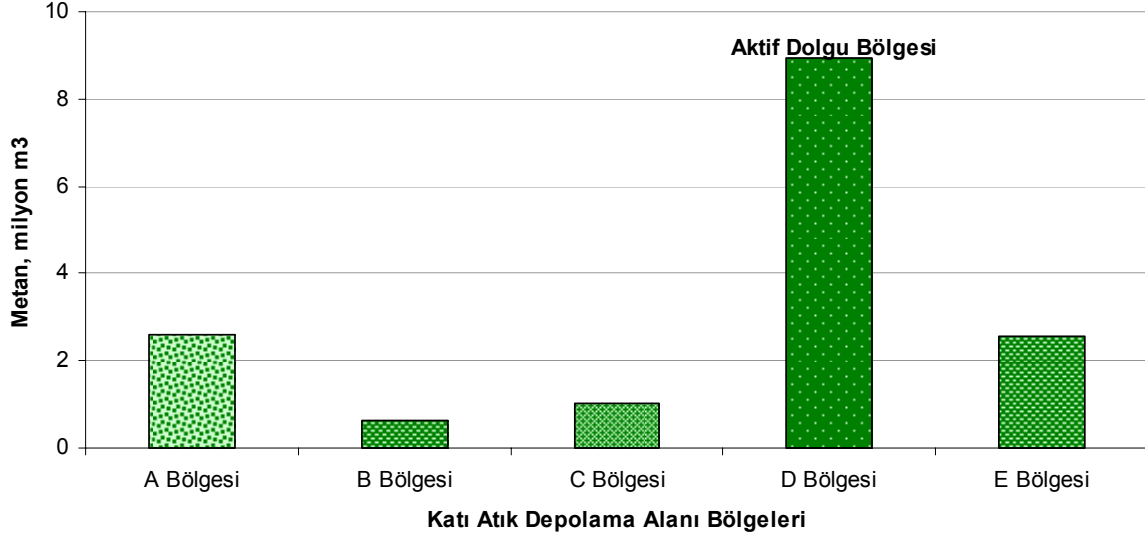
Şekil 80: E Bölgesi Gaz üretim potansiyeli

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi

E Bölgesinde ise beklenen teorik metan miktarı ise 2,57 milyon m³ olarak belirlenmiştir.

Böylece depolama alanı bölgelerine göre teorik olarak oluşması beklenen metan miktarı aşağıdaki grafikte özetle yer almaktadır.



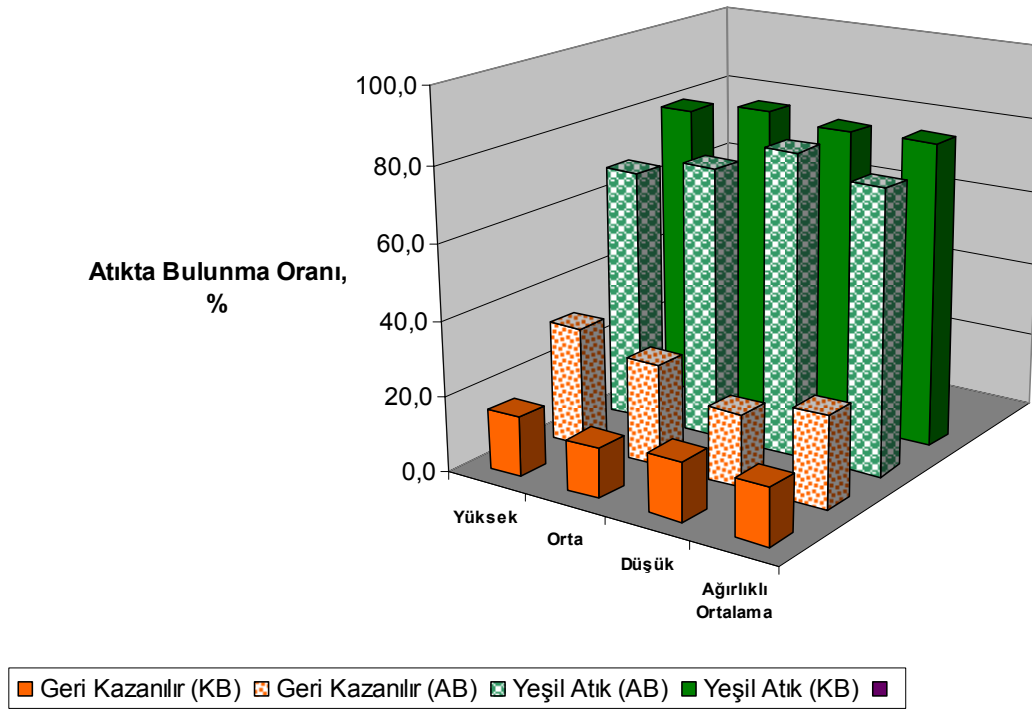
Şekil 81: Depolama Alanı Bölgelerinde Beklenen Metan Miktarları

Bilhassa aktif döküm yapılan D bölgesindeki potansiyelin değerlendirilmesi söz konusu olacak olursa oluşabilecek gazın yaklaşık % 70 kadarı ilk 15 senede alınabilir görülmektedir.

BÖLÜM 4: BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Halen oluşmakta olan atık kompozisyonu göz önüne alındığında Uşak İlinde kaynakta ayrı biriktirme ve toplama yapmanın elzem bir yöntem olduğu anlaşılmaktadır. Karışık toplama ve kış aylarında oluşan kül miktarının fazlalığı gerek depolama alanındaki biyolojik ayrışmayı geciktirmekte, gerekse geri kazanılabilir atıkların yeşil atıktan efektif şekilde ayrılmasını engellemektedir. Ayrı biriktirme durumu ile karışık biriktirme durumlarının karşılaştırılması aşağıda Şekil 82'de gösterilmektedir.

Ayrı ve Karışık Biriktirme Durumlarında Geri Kazanılabilir Oranları



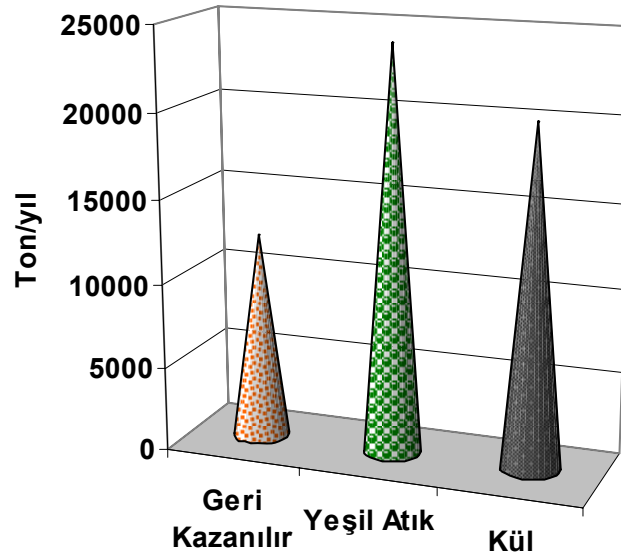
Şekil 82: Ayrı ve Karışık Biriktirme ve Toplama Durumunda Geri Kazanılabilirler

Ayrı biriktirme ve kapıdan toplama yapılması ile sokak toplayıcıları da devreden çıkarılmış olduğu için geri kazanılabilirlerin oranları %12 den %24 e çıkmaktadır. Bu durum Belediye'ye atıklarının ayrı biriktirilerek toplanması işini ihaleye verebilmek bakımından büyük bir avantaj kazandırabilir. Halen ön eğitim verilmeksizin ve herhangi bir alıştırmaya periyodu uygulanmaksızın gerçekleştirdiğimiz ayrı biriktirme ve toplama çalışmasında halkın yeşil atık poşetlerine de geri kazanılabilir attığı

belirlense de, en az hata yapan grubun düşük gelir grubu olması Uşak halkının yenilik ve modern teknolojilere açıklığının bir göstergesidir.

Uşak'ta yıllık bazda oluşan katı atık miktarları Şekil 83'de verilmiştir. Atıkların ayrı biriktirilmesi ile yüksek kalitede yeşil atık elde edilmektedir ve bu atığın karbon- azot oranı C/N: 25-39 arasında değişmektedir. Bu özellikler atığın biyolojik proseslerce kolaylıkla işlenebilmesine imkan vermektedir. Biyolojik prosesler olarak Bölüm 1'de açıklanan konvensiyonel metotlardan kompostlama veya gaz ekstraksiyonu amaçlı düzenli depolama önerilebilir.

Uşak Kenti Yıllık Katı Atık Üretim Miktarı



Şekil 83: Uşak Kenti Yıllık Atık Üretim Miktarı

Atık özellikleri incelendiğinde atığın kalorifik değerinin (Alt kalorifik değer) yakma sistemlerine ek yakıt kullanmaksızın izin verecek mertebenin oldukça uzağında olduğu anlaşılmaktadır.

Ayrı biriktirme-toplama çalışması sırasında alınan örneklerin analizleri bu konuyla ilgili net sonuçlara ulaşmamıza olanak vermiştir. Ayrı biriktirme sırasında toplanan yiyecek atıklarının % 89 u yeşil atık ve %11 i ince atıktır. Yeşil atığın kuru kısmının kalorifik değeri ortalama olarak 3341 kcal/kg, kuru ince atığın kalorifik değeri ise 2670 kcal/kg olarak belirlenmiştir. Ancak Bu atıkların su içerikleri de sırasıyla yeşil atık için

%83, ince atık için % 67 olarak tespit edilmiştir. Alt Kalorifik Değer hesabı aşağıdaki denkleme göre belirlenebilmektedir(T.C. Elektirik İşleri Etüd İdaresi verilerine dayanarak).

$$C_w = C_d * (1-Y) - (Y*L_w)$$

Burada C_w : Atığın Alt Kalorifik Değeri (doğal halde), kcal/kg

C_d : Kuru Atığın Kalorifik Değeri, kcal/kg

Y: Atığın Su içeriği (atıktaki su kütlesi/atığın doğal kütlesi), ve

L_w : Suyun Buharlaşıma Isısı (568 kcal/kg)

olarak kullanılmaktadır. Bu durumda eldeki verilere göre hesap yapıldığında Yeşil atığın net kalorifik değeri 96 kcal/kg, İnce atığın net kalorifik değeri 500 kcal/kg ve bu iki malzemenin karışımından oluşan yiyecek atıklarının net kalorifik değeri ise 140 kcal/kg olmaktadır. Yakma sistemlerindeki ısı ve yansıma kayıpları da göz önüne alındığından 1 ton atığı yakmak için ilave edilmesi gereken enerji yaklaşık 517.000 kcal olmaktadır. Bu değer 63 m³ doğal gaz veya 61 L mazota eşdeğerdir. Bu durumda her bir ton atığın sadece yakılarak bertarafı için yapılması gereken doğal gaz masrafı 40 TL olacaktır. İlk yatırım ve işletme maliyetleri bu hesabın dışındadır. Toplam oluşan atık miktarı 2010 yılında günde 194 tondur ve bu miktarın yaklaşık 70 tonu yiyecek atığıdır. Bu atıkların yakılması için gerekli ilave enerji ise 4410 m³ doğalgaza eşdeğerdir.

Öte yandan bu atık karışımına kentte oluşan nylon ve plastik atıklarının ilave edilmesi ile kalorifik değerin yükseltilmesi düşünülebilir. Bu durum aşağıda irdelenmektedir:

Kentte günlük olarak yaklaşık 4.8 ton plastik ve 8.5 ton nylon atığı oluşmaktadır. Bu tür atıkların kalorifik değerleri 9.000 ila 11.000 kcal/kg arasında değişmektedir. Geri kazanım piyasası düşük olan nylon atıkların yakma sistemine ilavesi ile 76.500.000 kcal seviyesinde bir enerji katkısı sağlanarak günlük 35.000.000 kcal kadar bir enerji çıktısı elde edilebilir. Bu değer yaklaşık 5000 m³ doğalgaza eşdeğerdir. Oluşacak ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi durumunda günlük 1221 kW lık bir

elektrik enerjisi üretimi söz konusu olacaktır. Bu getirinin yıllık karşılığı işletme masrafları düşüldükten sonra yaklaşık 40.000 TL dir ve elektrik üretimi yatırımı için cazip olmaktan çok uzaktır. Sadece sıcak su eldesi söz konusu olduğunda ise ortaya çıkacak ısının günde ancak 80°C de 3500 m³ sıcak su üretmesi mümkündür. Bu da saatte 145 m³ gibi düşük bir değerdir. Ayrıca plastiklerin atık karışımına girmesi baca gazı kontrolü açısından sakıncalar doğuracak, herhangi bir parametrenin emisyon sınırlarını kısa süreli de olsa aşması yakın yerleşimlerdeki kişiler üzerinde akut veya kronik etkiler yaratabilecektir.

Öte yandan kül oranlarının atıkta yüksek bir paya sahip olması sebebi ile sadece kül için mutlaka bir düzenli depolama tesisi oluşturulması zaten gereklidir. Bu bakımdan atıkların ayrı biriktirilmesini takiben kompostlanması veya kül ve yeşil atıklar ayrı lotlarda depolanmak şartı ile düzenli depolama yoluna gidilmesi uygundur. Böylelikle yiyecek atıklarının düzenli depolanması ve oluşacak LFG'den enerji eldesi söz konusu olacaktır.

Halen kullanılan depolama alanında yapılması gerekenlerin başında rehabilitasyon çalışması yer almaktadır. Zira gerek sızıntı suyu oluşumu gerekse gaz oluşumu tamamen kontrol dışındadır. Çevresel su kaynaklarında kirlenmeler söz konusudur. Öte yandan gaz kontrolü ve ara örtüleme yapılmaması sebebi ile içsel yanmaların da etkisi ile bilhassa aktif dolgu yapılan bölgede kaymalar görülmesi çok olasıdır. Bu bölgede dolgu yüksekliğinin daha yüksek olması heyelan riskini artırmaktadır.

Çalışma sırasında yerleştirilmiş olan perfore sondaj boruları kısmen sıkışan gazı uzaklaştırmaya yardımcı olmaktadır ancak sayıca kesinlikle yeterli değildir.

İkinci bir husus ise aktif bölgenin halen metan üretimi ve enerji eldesi açısından iyi bir kaynak olduğudur. Diğer bölgelerde oluşan gazın da toplamda önemli bir enerji değeri vardır. Ancak derinliklerin daha az yüzeyin daha geniş olması ve bölgelerde yan cephelerin açık bulunması gazın kontrollü toplanmasına manidir. Bu bakımdan aktif ekstraksiyon yapılması gerekir ve ilk yatırım maliyeti açısından daha masraflı olacaktır. Ancak aktif dolgu yapılan D Bölgesi organik içerik ve biyolojik aktivite

açısından daha güçlü durumdadır ve gerek pasif gerekse aktif gaz ekstraksiyonuna uygundur.

Bölgelerde oluşan LFG gazının metandan enerji üretimi amaçlı ekstraksiyonunun söz konusu olması durumunda elde edilecek elektrik enerjisi miktarları da belirlenmiştir. Belirlemelerimizde elde edilen elektrik enerjisinin bir kısmının işletme içinde kullanıldığı ve metanın elektrik enerjisine dönüştürülmesindeki kayıplar da göz önüne alınmıştır.

Sonuç olarak her bölgeden ekstrakte edilecek LFG içeriğinde bulunan metanın elektrik enerjisi olarak karşılığı teorik olarak aşağıdaki gibidir. D Bölgesi için halihazırda bulunan çöp kütlesi dikkate alınmıştır.

Çizelge 12: Atık Alanı Bölgeleri ve LFG Potansiyeline Karşılık Gelen Elektrik Enerjisi Miktarı

Depolama Alanı Bölgesi	Elektrik Enerjisi Potansiyeli, kW
A Bölgesi	3361.000
B Bölgesi	82.750
C Bölgesi	132.000
D Bölgesi	1.150.000
E Bölgesi	330.000

Depolama Alanı Gazından (LFG) elektrik enerjisi üretimi ilk yatırım masrafı yüksek bir teknolojidir ve düşük enerji üretimleri yatırım ve işletme masraflarını karşılayamamaktadır. Bu durumda elektrik enerjisi elde edilmesi yönünde yatırım yapılabilecek depolama alanı kısmının D Bölgesi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bölgenin depolamaya uygun olan ve boş kısmının gerekli çevresel donanım ve tedbirler oluşturulduktan sonra 5 yıl daha depolama amaçlı kullanılması durumunda ise bölgenin elektrik üretim potansiyeli 2.590.000 kW seviyesine ulaşmaktadır.

BÖLÜM 5: SONUÇLAR

1. Günlük depolanan katı atık miktarı ortalama 194 ton olan Uşak İli katı atık depolama işletmesi çöp deponi işletmeleri sınıflaması bakımından **“küçük ölçekli işletme”** sınıfındadır. Bu nedenle mevcut deponi alanında katı atıkların serilmesinde ve sıkıştırılmasında küçük veya orta ölçekli traktör dozerden oluşan bir bare-bones ekipman donanımı, küçük bir çelik-tambur kompaktör, ve bir küçük veya orta ölçekli atık yükleyen/boşaltan paletli bir yükleyici kullanılmalıdır.
2. Uşak Kenti katı atıklarının yiyecek atıkları, kül ve geri kazanılabilirler olmak üzere evlerde ayrı biriktirilerek toplanması gerekmektedir. Bu uygulamanın başlangıç adımında yüksek ve orta gelir seviyesindeki mahalleleri hedeflemesi uygundur.
3. Atıkların ayrı ve hanelerden toplanması ile sokak toplayıcıları engellenmekte ve geri kazanılabilir oranları % 24 seviyesine çıkmaktadır. Belediyenin toplama taşıma firması ile yapacağı ihalelerde geri kazanılabilir oranlarının yüksek olmasını bir avantaj olarak kullanması önerilir.
4. Yukarıda 4. Bölüm’de de tartışıldığı üzere yakma prosesi atığa ancak bazı plastik ve naylon atıklarının karıştırılması ile mümkündür ve elektrik enerjisi veya sıcak su eldesi gibi yatırımların işletilebilir olmasını sağlayamamaktadır. Ayrıca baca gazı kontrolü açısından da riskler oluşturmaktadır.
5. En uygun yöntem olarak ayrı toplanan atıkların kül ve yiyecek atıkları kısımlarının ayrı ayrı lotlarda düzenli depolanması gerekmektedir. Böylece, öncelikle depolama alanlarının verimli işletimi mümkün olacaktır. Yiyecek atıkları metan içerikli LFG üretebilirler. Külün yiyecek atıklarına karışması bu üretim işlemini yapan bakterilere olumsuz etkilerde bulunmakta ve metan üretim verimi düşmektedir. Böylesi bir durumda atığın normal koşullarda parçalanma ve oturma hızı düşecek, depolama alanı daha kısa süre kullanılabilir olacaktır.
6. Kompostlayarak toprak iyileştirici gübre eldesi de yiyecek atıklarının değerlendirilmesi için uygundur. Uşak etrafındaki tarımsal alanların genişliği göz önüne alınarak yiyecek atıklarının % 30 luk bir kısmının kompostlanması

alternatifi önerilebilir. Atıkta bulunan C/N oranı kompostlama işlemi için oldukça uygundur.

7. Kullanılan depolama alanının özellikleri dikkatle incelenmiştir. Bulgulara göre depolama alanındaki her bölgede halen parçalanma reaksiyonlarını sürdürebilecek seviyede organik madde mevcuttur. Ancak metan ve elektrik eldesi amaçlı yatırımların yapılabileceği bölge D Bölgesi olarak kodlanan Aktif Döküm Alanıdır.
8. Kullanılan depolama alanının en acil şekilde rehabilite edilmesi gerekmektedir. Bunun muhtelif ve çok önemli sebepleri mevcuttur. Öncelikle alandan oluşması beklenen miktarda sızıntı suyu ne yüzeyde ne de alanın alt kodlarında belirlenememiştir. Bu durum sızıntı suyunun atık kütlelerini hızla terk ederek yüzeysel ve yeraltı sularına ulaştığı şüphesini doğurmaktadır. Depolama alanı yanındaki suyu kuyusundan, dereden ve diğer yakın kuyulardan alınan örneklerdeki bulgular da bu şüpheyi doğrulamaktadır. Depolama alanı çevresindeki içme suyu kuyularının acilen kapatılması gerekmektedir.
9. Sızıntı suyunun kontrol edilememesi haricinde başka bir sorun da, atık kütlelerinde belirlenen içten yanma problemi. Bilhassa aktif bölgede LFG'nin atık kütlelerine sıkışarak birikmesi ve aynı zamanda içsel yanmalar bir patlama veya heyelan riskini haber vermektedir.
10. Uşak katı atık depolama sahasında ve zemin numuneleri üzerinde laboratuvarda yapılan çalışmalar sonucunda; depolama sahası için mevcut depolama şartları ve katı atık sahası ile dolgusunun jeoteknik parametreleri de göz önüne alınarak önerilen güvenli şev açısı değeri **18°-20°**, basamak yüksekliklerinin de **12-16 m** arasında yeterli olabileceği belirlenmiştir.
11. Serbest akifer konumundaki kireçtaşlarının porozitesi **% 0,88 – 2,52** arasında değişkenlik arz etmektedir. Yapılan değerlendirmede deponi alanının temelini oluşturan temel kayaların **0,015 – 0,020 m/sn (Oldukça Geçirimli)** permeabilite katsayısına sahip oldukları kabul edilmiştir. Söz konusu kireçtaşları geçirimli ve karstik akifer özelliği taşımaları nedeniyle katı atık deponi sahası olarak kullanım açısından **“uygun olmayan”** temel kayasını oluşturduğu da belirlenmiştir.

12. Söz konusu deponi alanı üzerinin tamamen geçirimsiz hale getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca deponi alanına gelebilecek çevre sularının deponi içerisine sızmasını önleyecek drenaj kuşaklaması yapılmasında da yarar görülmüştür.
13. Bölgenin depolamaya uygun olan ve boş kısmının gerekli çevresel donanım ve tedbirler oluşturulduktan sonra 5 yıl daha depolama amaçlı kullanılması durumunda ise bölgenin elektrik üretim potansiyeli 2.590.000 kW seviyesine ulaşmaktadır.

Sonuç olarak Uşak ili katı atık deponi sahasında yapılan incelemelerimiz sonucunda halihazırdaki depolama koşullarının mutlaka gerekli ek önlemler ile iyileştirilmesi ve alanının rehabilitesi gerekmektedir. Alanda depolanmakta olan atığın miktar ve analiz özelliklerine dayanarak sadece aktif depolamanın sürmekte olduğu bölgenin tercihan metan gazı eldesi amaçlı yatırıma uygun olduğu belirlenmiştir. Yerleşimde günlük olarak oluşan atıkların hanelerden ayrı biriktirilme sonrasında toplanması gerek geri kazanılabilirlerin oranının yüksek olması gerekse kül ve yiyecek atıkları ile bu malzemenin birbirine bulaşmaması açısından önerilmektedir. Ayrı toplanan yiyecek atıklarının bertarafı için düzenli depolama ve metan ekstraksiyonu yöntemi önerilmekle beraber, atık özelliklerinin uygun olması sebebi ile kent kırsal bölgesinin ihtiyacı da gözetilerek oluşan miktarın % 30 luk bir kısmının kompostlanması da uygun görülmüştür. Atığın yakılabilme özellikleri ancak naylon ve plastik atıklarının atık karışımına eklenmesi ile mümkün olabilmekte ancak hiçbir enerji kazancı sağlamak mümkün olmamakta olup bu durum ayrıca baca gazı kalitesinin kontrolünde güçlüklerle karşılaşılması gibi riskler de içermektedir. Kül atıkları da mutlak suretle ayrı toplanarak ayrı bir lotta düzenli depolanmalıdır.

Seçilen rehabilitasyon ve katı atık bertaraf sisteminde yer alacak her bir tesis için ayrıca detay projelendirilme çalışmaları ve izleme denetleme sistemlerinin oluşturulmasında yarar görülmektedir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz. 05.04.2010, İzmir

KAYNAKLAR

1. Akpınar, N., Şen, M., (2006), “Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi”, Türkiye 10.Enerji Kongresi
2. Çevre ve Orman Bakanlığı, Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, “Katı Atık Yakma Tesisleri İçin Teknolojiler ve Yer Seçimi”
3. Erdin, E., (2006), “Kompostlaştırma”, D.E.Ü. Mühendislik Fak., Çevre Mühendisliği Bölümü, Ders Notları
4. Gendebien, A., Pauwels, M., Constant, M., Ledrut-Damanet, M.J. (1992), “Landfill Gas from Environment to Energy”
5. Onargan, T., Küçük, K. ve diğerleri (1999), “İzmir Büyükşehir Belediyesi Döküme Kapalı Olan Çiğli Çöp Depolama Alanında Metan Gazı Varlığının Araştırılması Projesi”, D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye Projesi
6. Onargan, T., Küçük, K. Ve diğerleri (2000), “İzmir Büyükşehir Belediyesi Katı Atık İşletmeler Müdürlüğü Uzundere Kompost Fabrikası Katı Atık Döküm Sahasında Metan ve Diğer Gazların Varlığının Araştırılması Projesi”, D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye Projesi
7. Öztürk, M., (2008), “Katı Atık Depolama Alanında Metan Gazı Oluşumu”, Ankara
8. Öztürk, M., Karali, İ., (2009), “Çöp Depolama Alanlarında Biyogaz Üretimi”, Ankara
9. Richardson, G., Koerner, R. (1987), “Geosynthetic design Guidance for Hazardous Waste Landfill Cells and Surface Impoundments”, Contract No:68-03-3338, USEPA, Ohio.
10. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., (1993), Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill, Inc.
11. Topkaya, B., (2006), “Metan Gazı Kontrolü Ve Enerji Elde Edilmesi” Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
12. Yalçın, E., Gürgen, S., (1995), “Madenlerde Havalandırma”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları No:251

UŞAK BELEDİYESİ KATI ATIK YÖNETİMİ

FİZİBİLİTE RAPORUNA ESAS

SONDAJLI ATIK SAHASI KARAKTERİZASYONU BELİRLENMESİ

VE GAZ VARLIĞININ ARAŞTIRILMASINA YÖNELİK

AR-GE PROJESİ

PROJE HAZIRLAMA EKİBİ:

Yrd.Doç.Dr. Görkem AKINCI	D.E.Ü. Çevre Müh. Böl.	
Prof.Dr. Turgay ONARGAN	D.E.Ü. Maden Müh. Böl.	
Yrd.Doç.Dr. M. Ali DANIŞMAN	D.E.Ü. Jeofizik Müh. Böl.	
Araş.Gör.Dr. Kerim KÜÇÜK	D.E.Ü. Maden Müh. Böl.	
Araş.Gör.Dr. Duyuşen GÜVEN	D.E.Ü. Çevre Müh. Böl.	
Araş.Gör. Gülden GÖK	D.E.Ü. Çevre Müh. Böl.	
Araş.Gör. Melayib BİLGİN	D.E.Ü. Çevre Müh. Böl.	

EKLER

EK – 1

UŞAK İLİ KATI ATIK SAHASI SONDAJ LOGLARI

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi

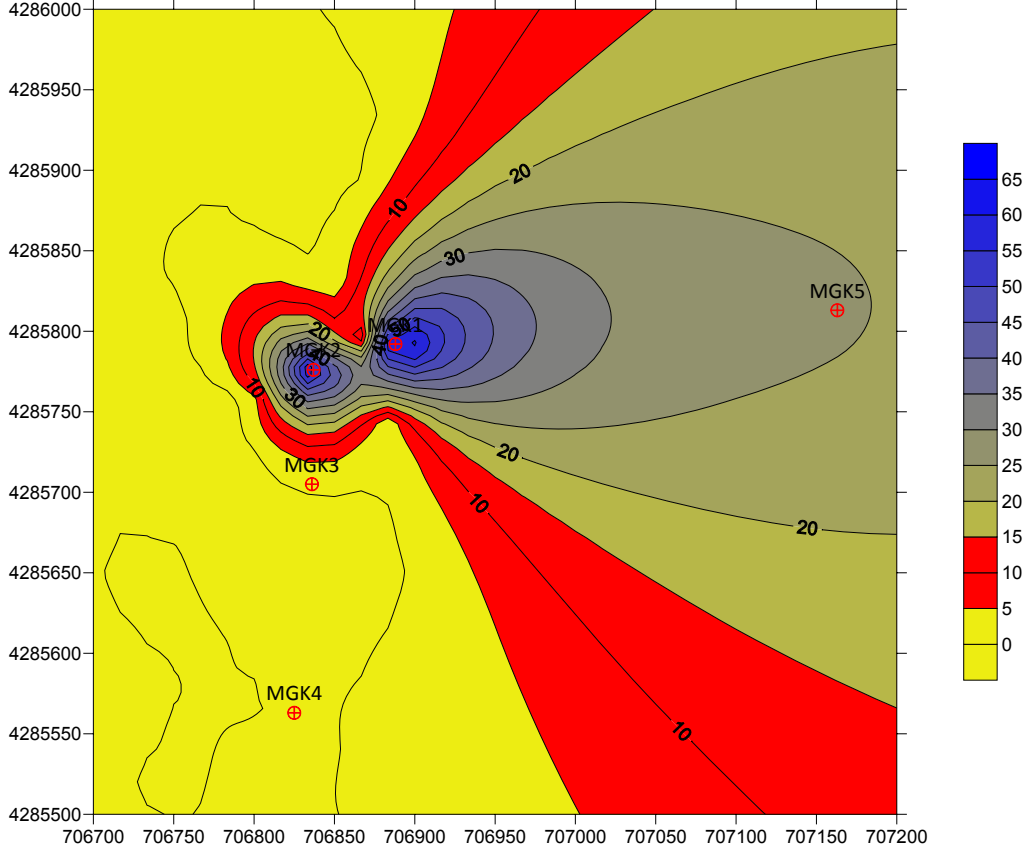
ÖZCOLAKOĞLU Ltd. Şti. TEL: +90 276 227 16 50 UŞAK		UŞAK KATI ATIK SAHASI SONDAJ LOGU - BORING LOG				SONDAJ NO: BORING NO: MGK4																	
İl/İlçe:		UŞAK		Zemin Kotu Gro:		Yeraltı Suyu Durumu Ground Water Data		Tarih Date															
Kesim Section		KATI ATIK SAHASI		Koordinat Coord:		Derinlik Depth (m)		Tarih Date															
Makine Tipi Rig Type				Koordinat Coord:																			
Sondaj Metodu Drilling Type		ROTARY		Derinlik Depth (m)		16.00																	
Başlama T. Start Date		02.03.2010																					
Bitiş T. Finish Date		02.03.2010																					
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Tabaka Derinliği Layer Depth	Numune Derinliği Sample Depth	Muhafaza Borusu	STANDART PENETRASYONI						Basınçlı Su Deneği Water Pressure Test	Lugeon												
				DARBE SAYISI			SPT GRAFIĞI					BASINÇSIZ SU DENEYİ PERMEABILITE											
				15	30	45	10	20	30	40	50	60	Su Kaybı	K (cm/sn)	Zemin Türü Group	İFEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA DESCRIPTION	Manevra Derinliği Core Depth (m)	Karot Çapı Core Diameter (mm)	Basınçlı (kg/cm ²)	5. Dak Kayıp (L)	5. Dak Kayıp (L)	Toplam Kayıp (L)
2																	ÇÖP : 4 m						
4																	Perforeli PVC Boru : 4 m						
																	Kireçtaşı						
6																	KUYU SONU=5.00 m						
				İn Taneli Coarse Grained		GEÇİRLİLİK - LUGEON		KAYA KALİTESİ TANIMI RQD		AYRIŞMA WEATHERING		SONDÖR DRILLER											
N:0-2 Çok Yumuşak Very soft				N:0-4 Çok Gevşek Very Loose		L1-1 Geçirimsiz		R1 0-2 % Çok Zayıf Very poor		W5 Tamamen Ayrışmış Completely Weathered		İSİM NAME											
N:3-4 Yumuşak Soft				N:5-10 Gevşek Loose		L2-1-5 Az Geçirimli		R2 25- % Zayıf Poor		W4 Çok Ayrışmış Highly Weathered		İMZA SIGNATURE											
N:5-9 Orta Katı Medium Stiff				N:11-30 Orta Sıkı M.Dense		L3-5-25 Geçirimli		R3 50- % Orta Fair		W3 Orta Derecede Ayrışmış MOD. Weathered		Logu Yapan-Logged By											
N:10-15 Katı Stiff				N:31-50 Sıkı Dense		L4-25 Çok Geçirimli		R4 75- % İyi Good		W2 Az Ayrışmış Slightly Weathered		İSİM NAME											
N:16-30 Çok katı Very Stiff				N:>50 Çok Sıkı Very Dense				R5 90- % Çok İyi Excellent		W1 Taze Fresh													
N:>30 Sert Hard								ÇATLAK SIKLIĞI METRE															
								F1-1MasifMassive1-3 F2- Az Çatlaklı kırıklı -Slight frac F3- 3-10 Kırıklı-Fractured															
								F4-10-50 Çok Çatlaklı-kırıklı- Highly Fractured F5- 50 Parçalanmış Crushed															

EK – 2

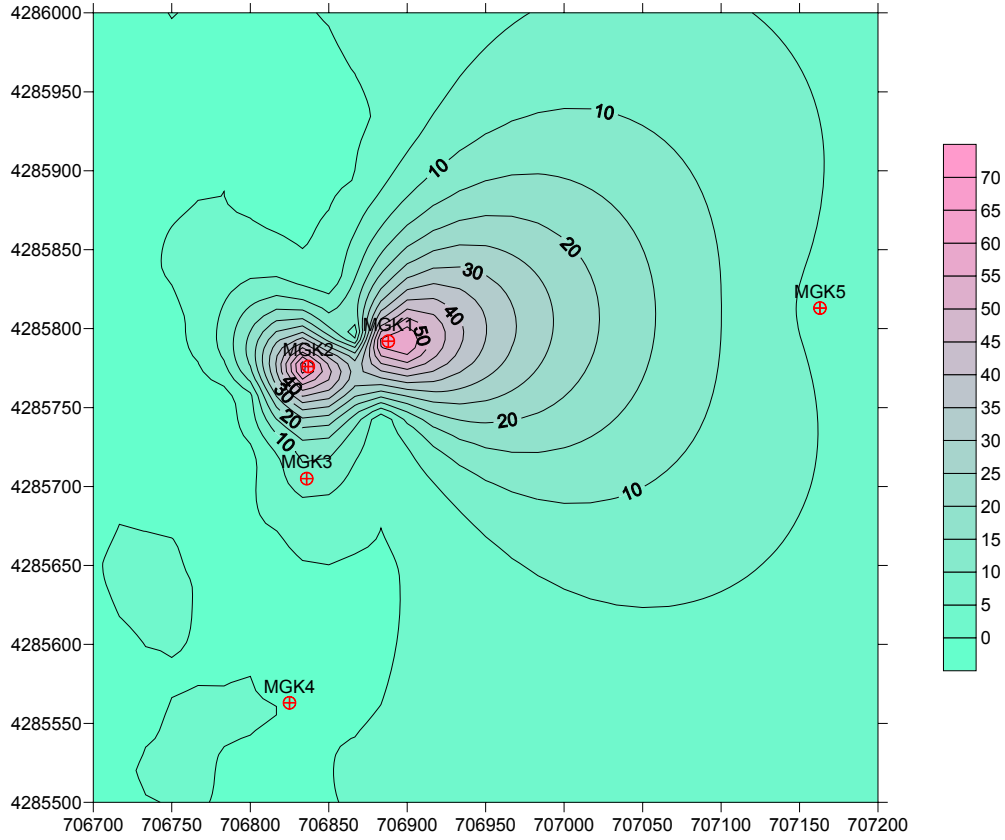
UŞAK İLİ KATI ATIK SAHASI GAZ YAYILIM HARİTALARI

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



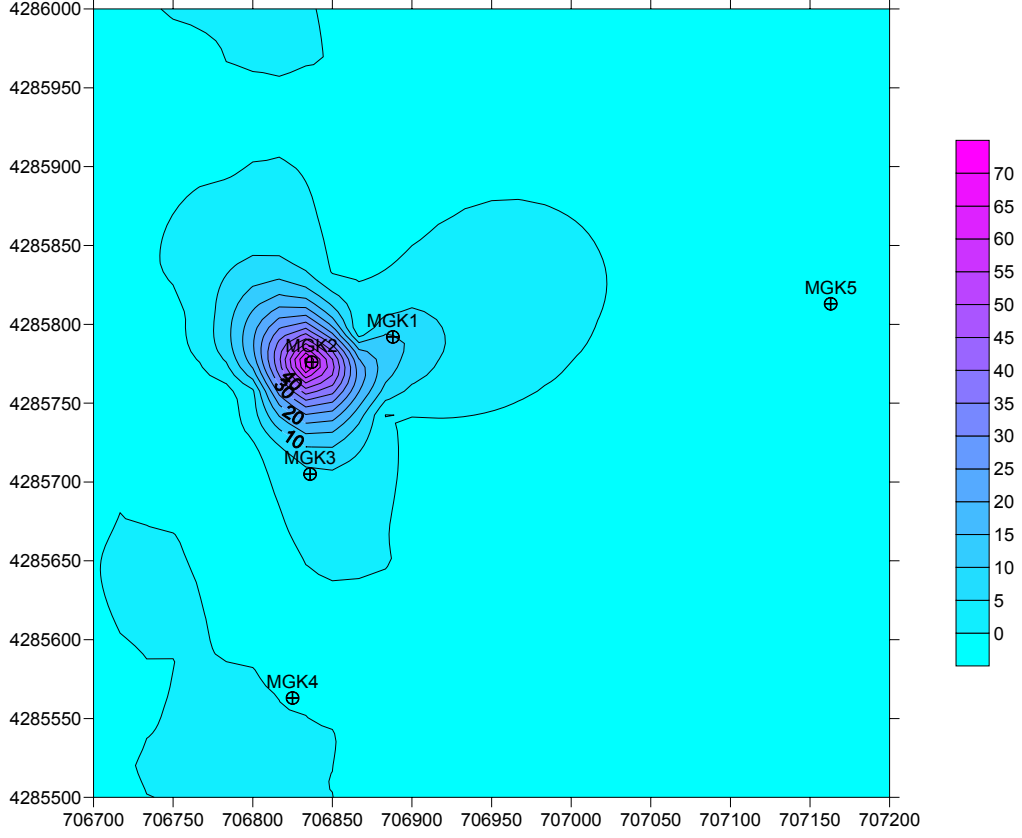
Uşak Katı Atık Depolama Sahası Metan (CH₄) Yayılımı



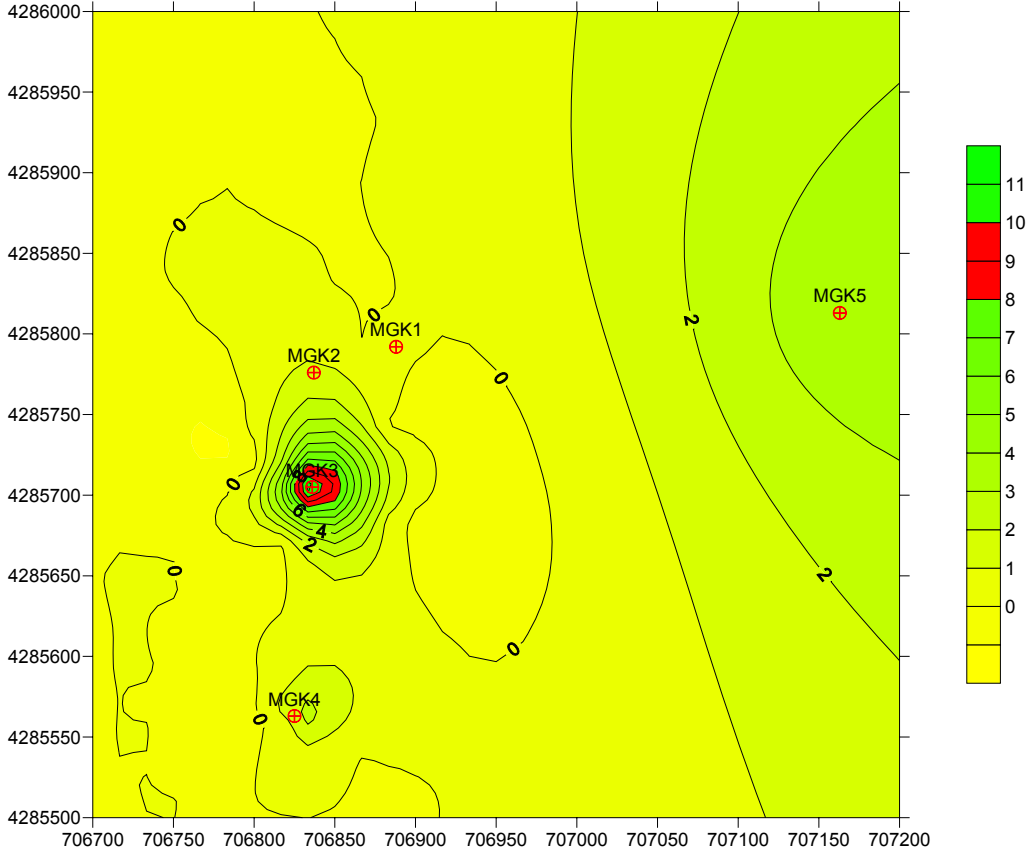
Uşak Katı Atık Depolama Sahası Hidrojen Sülfür (H₂S) Yayılımı

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Uşak Katı Atık Depolama Sahası Karbon Monoksit (CO) Yayılımı



Uşak Katı Atık Depolama Sahası Oksijen (O₂) Yayılımı

EK – 3

ARAZİ ÇALIŞMALARINA AİT GÖRÜNTÜLER

DEPOLAMA ALANINDA YAPILAN İLK ÇALIŞMALAR VE GÖZLEMLER



Mevcut Bacaların Aktivasyon Ölçümleri



Aktif Katı Atık Depolama Bölgesi (D Bölgesi)

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Mevcut Bacaların Aktivasyon Ölçümleri



Aktif Döküm Sahasının Alt Koddan Görüntüsü (D Bölgesi)

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Depolama Yapılan Taş Ocağının Jeolojik Durumu



Depolama Yapılan Taş Ocağının Boş Kısmı

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Atık Depolaması Yapılan Taş Ocağının Jeolojik Durumu ve Çatlaklı Yapısı



Çatlaklı ve Geçirimli Kayaların Yakın Görüntüsü

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Kaya Yapısı ve Çatlaklar



Taş Ocağından diğer bir Görüntü

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Depolama Alanında Tespit Edilebilen Tek Sızıntı Suyu Birikintisi



Önceden Yerleştirilen ve Atıl Hale Gelen Bir Gaz Bacası (Derinlik 6 m)

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Aktif Dolgu Bölgesi Taş Ocağı Cephesinin Yukarıdan Görünümü



Aktif Dolgu Bölgesinden Taş Ocağına Bakış

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Aktif Bölgeden Taş Ocağına Bakış

BİRİNCİ ÖRNEKLEME ÇALIŞMASI –KARIŞIK TOPLAMA



Karışık Toplanarak Gelen Katı Atık Görüntüsü



Karışık Atığın Elle Ayıklanması

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Karışık Atığın Elle Ayıklanması



Karışık Atığın Elle Ayıklanması

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Karışık Atığın Elle Ayıklanması



Karışık Atığın Elle Ayıklanma Sonrası Durumu (Kül ve Yiyecek Atığı Yığınları , Arka Planda Ayıklanmış Geri Kazanılabilir Poşetleri)

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Karışık Atığın Ayıklama Sonrası Elenmesi

İKİNCİ ÖRNEKLEME ÇALIŞMALARI- AYRI BİRİKTİRME VE TOPLAMA



Ayrı Biriktirilerek Toplanmış Atık Poşetleri (Siyah torbalar yiyecek, şeffaf torbalar geri kazanılabilir ve maviler kül atığı)



Ayrı Biriktirilerek Toplanmış Atık Poşetleri (Siyah torbalar yiyecek, şeffaf torbalar geri kazanılabilir ve griler kül atığı)

GAZ BACASI SONDAJ AÇMA ÇALIŞMALARI

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Gözlem Bacası Sondaj Çalışmaları



Deponi Gazı (LFL) Gözlem Bacası Sondaj Çalışmaları(Köpüklü Sondaj)

DEPOLAMA ALANI PROFİL ÇALIŞMASI



Kepçe İle Farklı Bölgelerde Profil Açılması



Kepçe İle Farklı Atık Derinliklerine Ulaşılması

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Farklı Derinliklerden Çıkarılan Atıklar



Farklı Derinliklerden Çıkarılan Atıklar

SONDAJ BACALARINDA GAZ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI



Sondajla Açılan ve Kontrol Altına Alınan Gaz Bacasının Nihai Hali

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Depolama Alanı Gazında (LFL) Metan Bulunma Oranının Ölçümü

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Metan Ölçümü

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Depolama Alanı Gazında (LFL) CO, CO₂, O₂ ve H₂S Bulunma Oranının Ölçümü

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR



Jeofizik Çalışmalardan Bir Görüntü



Jeofizik Ölçüm Cihazları

Uşak Belediyesi Katı Atık Yönetimi

Fizibilite Raporuna Esas Sondajlı Atık Sahası Karakterizasyonu Belirlenmesi & Gaz Varlığının Araştırılmasına Yönelik Ar-Ge Projesi



Arazide Jeofizik Ölçümler

□