



KATI ATIK DEPO ALANLARININ GEOTEKNİK TASARIMI

Suat AKBULUT

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240-Erzurum

Geliş Tarihi : 08.08.2002

ÖZET

Katı atık depoları atıkların muhafaza edilmesi, çevre kirliliğinin azaltılması, özellikle toprak ve su kirliliğinin önlenmesi açısından önemli mühendislik yapılarıdır. Atıkların neden olduğu çevre kirliliğini kontrol etmek için atıklar uygun şekilde depolama alanlarında muhafaza edilmelidir. Bu yüzyılın ortalarına kadar atıkların muhafaza edilmesi için kil şilteler kullanılmış fakat bu şilte sistemlerinin yetersiz olduğu gözlenmiştir. Günümüzde sentetik malzemeler kullanılarak daha ince ve daha geçirimsiz şilte sistemleri yapılmaktadır. Bu çalışmada atık depolarının değerlendirilmesi yapılarak sırası ile depo yerinin tespit edilmesi, doğal ve sentetik şilte sistemlerinin yapısı özetlenmiş ve bu sistemlerin tasarım özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ayrıca, sızıntı toplama ve uzaklaştırma tesisleri, depo gazı toplama üniteleri ve örtü tabakası birimleri detaylı olarak irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Katı atık depoları, Şilteler, Çöp suyu, Depo gazı, Örtü tabakası

GEOTECHNICAL DESIGN OF SOLID WASTE LANDFILL SITES

ABSTRACT

Solid waste landfills are important engineering structures for protection of wastes, decrease of environmental pollution, and especially prevention of soil and water pollution. Solid wastes should conveniently be maintained in landfill areas to control environmental pollution caused by waste disposals. Until the middle of this century clay liners were used for maintenance of waste disposal, but it was observed that these liner systems were insufficient. Today thinner and less permeable liner systems are constructed by using synthetic materials. In this study, by evaluating the waste landfills, site assessment of landfills and construction of natural and synthetic liner systems were summarized respectively, and especially the design properties of these systems were examined intensively. Also, leachate collection and removal facilities, landfill gas collection unites, and final cover unites were evaluated in a detailed way.

Key Words : Solid waste landfills, Liners, Leachate, Landfill gas, Cover layer

1. GİRİŞ

Giderek artan dünya nüfusu ve gelişen teknolojik ilerlemeler kaçınılmaz olarak kirlilik problemini de beraberinde getirmiştir. Kirlilik probleminin çözümünde karşımıza önemli faktörler çıkmaktadır, bunlar sırasıyla atıkların düzenli olarak sınıflandırılması ve tasfiyesi, doğal kaynakların korunması için atıkların geriye (Recycling)

kazandırılması, bu uygulamaların işlerlik kazanması açısından kamuoyuna çevre bilinci eğitiminin verilmesi ve gerekli hukuksal düzenlemelerin yapılmasıdır. Atıkların kesin olarak yok edilmesi söz konusu değildir. Bu nedenle kütleleri azaltılarak çevreye en az zarar verecekleri ve sonraki yıllarda teknolojik gelişmelerin tekrar kullanımına imkan sağlayacağı düzenli depolarda saklanmaları amaç edinilmelidir. Atık depo yerlerinin tespit edilmesinde, atıkların sınıflandırılmış olması

geoteknik incelemelerde önemlidir ve atıkların sınıflandırılması problemin çözümü kolaylaştırmaktadır.

Gerekli mühendislik çalışmalarından sonra depo bölgesi olarak tespit edilen arazinin toprak ve su kirliliğine neden olmaması için depo tabanı geçirimsiz doğal veya sentetik şiltelerle kaplanmalıdır. Bu amaçla, endüstriyel ve belediye katı atık depolarında geçirimsiz doğal kil şilteler kullanılmaktadır. Üretilen (düşük geçirimli) geosentetik kil şilteler veya sentetik geomembranlarda aynı amaçla depolarda kullanılmaktadır. Depo şiltelerinin dizayn amacı zemin ve yeraltı suyunun kirlenme tehlikesini azaltmak üzere depo altındaki zeminlere çöp suyunun sızmasını engellemektir. Seçilen şilte sistemleri bölge jeolojisi ve çevresel şartlara uygun olması önemlidir.

Depo yeri hazırlandıktan sonra, atık malzeme depolama metotlarına uygun bir şekilde depolanır. Depolanan malzemeden oluşacak sızıntı ve depo gazı aktivitelerini kontrol etmek ve bunları depo bölgesinden uzaklaştırmak için gerekli sızıntı uzaklaştırma ve depo gazı toplama üniteleri tesis edilmelidir. Bir katı atık deposu; temel girişleri katı atık ve su, başlıca çıkışları ise depo gazı ve sızıntı olan bir biyokimyasal reaktör olarak ifade edilebilir. Depo gazı kontrol sistemleri depo gazının atmosfere katılması ve atık içerisinde hareketini kontrol etmek için kullanılır. Elde edilen gaz zararlı bileşimlerin tehlikesini azaltmak için kontrollü olarak yakılır veya enerji üretmek için kullanılır. Depolama işlemi bittikten sonra katı atık tesisleri geçici veya sürekli şilte sistemleri ile kapatılır. Yüzeysel akışın tesise girmesini engellemek için yüzey suyu toplama ve uzaklaştırma sistemi yapılarak deponun dış görünüşü doğal çevre şartlarına uygun, üzerinde bitkilerin yetişeceği ve kamuoyunun kullanacağı sosyal saha haline getirilir.

2. ATIKLARIN SINIFLANDIRILMASI

Katı atıklar farklı başlıklar altında sınıflandırılmasına rağmen genelde üç ana grup altında toplanmaktadır. Bunlar belediye atıkları, endüstriyel atıklar ve zararlı atıklardır (Bouazza et al., 1996). Genelde belediye atıkları endüstriyel ve tarımsal atıkların dışında kabul edilir (Tchobanoglous et al., 1993). Belediye atıklarının bileşimleri, özellikleri toplumun büyüklüğüne, ekonomik ve kültürel yapısına ve endüstri tipi gibi faktörlere bağlıdır (Alberta, 1985). Endüstriyel atıkların kompozisyonu ve atık sızıntısı endüstriyel üretimin tipine bağlı olarak değişmektedir. Zararlı

atıklar endüstriyel ve çevresel kaynaklı atıklardan oluşabilir. Ayrıca, nükleer atıkların yukarıda sıralanan atıklar dışında değerlendirilmesi gerekmektedir (Sharma and Lewis, 1994).

Çevre bilinci gelişmiş toplumlarda atıkların sınıflandırılması evlerde başlayıp, modern bir depolama ünitesinde farklı ayrıştırma yöntemleri ile son bulmaktadır. Atıkların ayrıştırılması atıkların bir kısmının geriye kazandırılmasına imkan tanıyarak doğal kaynakların tüketimini azaltmakta ve aynı oranda çevre kirliliğini önlemektedir. Dolayısıyla ulusal ekonomiye bir gelir sağlamaktadır. Ayrıştırılan katı atıklar çevre ve insan sağlığına verecekleri zararlar göz önünde bulundurularak, farklı özelliklerde dizayn edilen depolarda biriktirilmelidir. Atıkların sınıflandırılması problemin çözümünün birinci ve önemli aşamasıdır.

3. DEPO YERİ SEÇİMİ

Depo yerlerinin tespit edilmesinde dikkat edilmesi gereken başlıca faktörler şunlardır; atık üretim birimleri, iklim, jeoloji, hidroloji, yüzey hidrolojisi, hava alanlarına yakınlık, nüfus yoğunluğu, arazi kullanımı, bölge halkına etkisi ve diğer faktörlerdir. Bunların dışında bölge sakinlerinin atık deposunun kendilerine yakın bir bölgede yapılmasını istememeleri diğer bir kamuoyu problemidir (Akbulut, 1995). Kamuoyu baskısını aşmanın farklı bir yolu da mevcut depo yerlerinin yeniden ıslah edilmesidir.

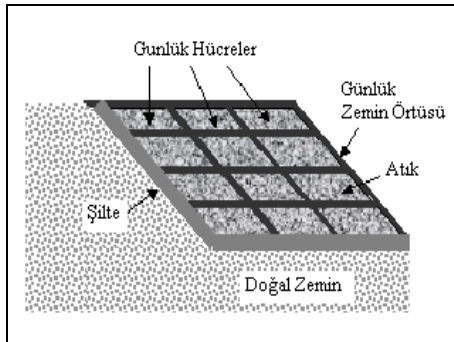
Bir depo yeri tespit çalışmasında temel mühendislik problemleri zemin profilinin saptanması, yer altı suyu koşullarının belirlenmesi, akiferlerin ve akiferlerdeki piyezometrik su seviyelerinin ölçülmesi, daha önceki su niteliği ve jeokimyasal şartlarının karakterize edilmesi, başlıca depo sahasındaki zeminin mühendislik özelliklerine karar verilmesi, zeminin geçirgenliği, jeokimyasal bozulma ve mukavemetinin tespit edilmesidir. Bölgedeki mevcut malzemenin inşaat malzemesi olarak değerlendirilmesi (şilteler için kil, drenler için granüler malzeme), alanın depo sahası olarak mevcut performans analizinin yapılması, yeraltı suyunda oluşacak muhtemel etkiler ve tesisin stabilitesinin tespit edilmesi gerekir. İdeal bir depolama bölgesi atık kaynağına yakın, uygun ulaşım imkanına sahip olmalı ve taşkın yatağına, düşük eğimli alanlara tesis edilmemelidir. Bölge oldukça dayanıklı malzeme ile temellendirilmeli ve iyi hidrolojik özelliklere sahip olmalıdır (Daniel and Wu, 1993). Bir depo yeri tespitinde başlıca kriterleri şöyle sıralanabilir (Dawson and Merger, 1973).

- Atık Kriterleri
- Atık İşleme Yöntemleri
- Jeolojik Kriterler
- Fiziko-Coğrafik Kriterler
- Ulaşım Kriterleri
- İklim Kriterleri
- İnsan ve Çevre Kriterleri
- Su, Toprak, Hava Kriterleri
- Hidrolojik Kriterler
- Biyolojik Kriterler

Yer seçiminde yukarıda sıralanan kriterlere genel olarak uygunluk araştırılarak en uygun alternatif bölgeye karar verilmelidir.

4. ATIK TESİSLERİNDE KULLANILAN DOĞAL VE SENTETİK ŞİLTELER

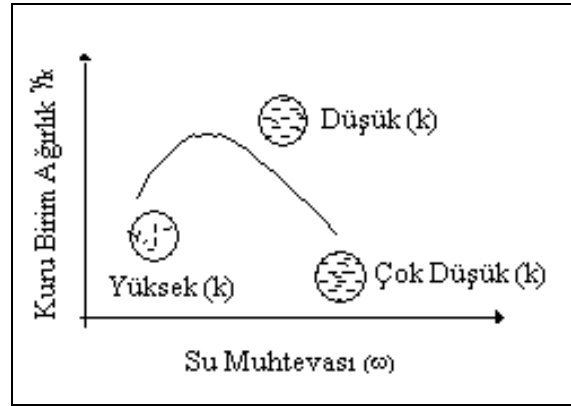
Atık depoları istenmeyen veya kullanılmayan atıkların en son depolandıkları yerlerdir. Genel olarak bir atık toplama tesisi mühendislik açısından uygun bir doğal zemin ve atığı örten doğal ve sentetik şilteler, örtü tabakaları ve diğer uzaklaştırma sistemlerinden oluşmaktadır (Şekil 1). Atık depolarında doğal olarak oluşmuş ince daneli zeminler şilte olarak kullanılabilir ve burada önemli olan zemin şiltelerinin geçirgenliğidir. Sıkıştırılan zemin şiltelerinin geçirgenliği, depolanan malzeme içeriğine bağlı olarak, $10^{-5} - 10^{-7}$ cm/sn değerleri oranında olmalıdır. Doğal şilte olarak kil zeminler yaygın kullanılmaktadır. Yaygın kullanılan kil grupları geçirgenliği oldukça düşük olan montmorolit kil grubudur. Depo alanı altındaki doğal zeminin koruyucu bir engel tabakası olarak çalışacak kadar yeterli geçirimsizliğe sahip olması ideal bir durumdur. Eğer tesis altındaki zemin yeterli mühendislik özelliklere sahip değilse o takdirde doğal zemin geçirimsiz bir kil zeminle değiştirilerek depo tabanında kil şilteler yapılmalıdır. Ayrıca, depolama çalışması bitmiş tesisin üzeri geçirimsiz örtü tabakası ile kaplanmalıdır.



Şekil 1. Atık deposundaki günlük hücreler (Daniel, 1993)

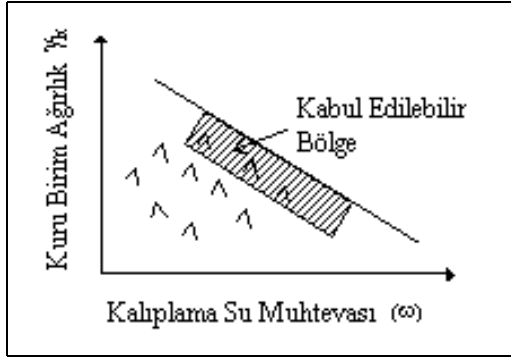
4. 1. Kil Şilteler

Kil şilteler atık içeren birimlerde temel ve şev şilteleri veya hidrolik engel tabakası (geçirimsiz) olarak veya benzer şekilde örtü kaplaması olarak kullanılır (Şekil 1). Sıkıştırılmış kil şilteler genelde doğal kil malzemelerden yapılır. Sıkıştırılan kilin geçirgenliği kil mineraline, boşluk yapısına, sıkıştırma anındaki su muhtevasına ve kompaksiyon metoduna bağlı olarak değişmektedir. Daha düşük bir geçirimsizlik elde etmek için sıkıştırılan kilin su muhtevası optimum su muhtevasından (ω_{opt}) daha yüksek su muhtevasında olmalıdır. Optimum su muhtevası (ω_{opt}) altında sıkıştırılan zemin, optimum su muhtevası (ω_{opt}) üstünde sıkıştırılan zeminlerden daha boşluklu yapıya sahiptir (Şekil 2). Dolayısıyla boşluk dizilişinin fonksiyonu olarak hidrolik iletkenliğin (k) değeri de değişmekte ve hidrolik iletkenlik (k) değeri optimum su muhtevası (ω_{opt}) üstünde daha düşük değerler verdiği ifade edilmiştir (Olsen, 1962).



Şekil 2. Su muhtevası ve boşluklu yapıların hidrolik iletkenliğe (k) etkisi (Benson and Daniel, 1990)

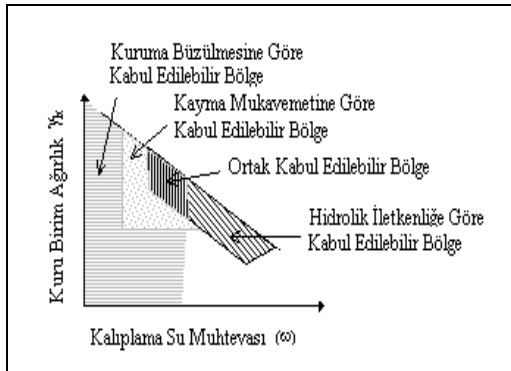
Killer optimum su muhtevasından (ω_{opt}) daha yüksek bir su oranında sıkıştırılırsa zeminin yumuşak ve yaş taneleri yeniden kalıplanır ve daha küçük boşluklu yapı elde edilir. Böylece daha düşük hidrolik iletkenlik (k) değerleri elde edilmiş olur (Daniel, 1993). Hidrolik iletkenlik (k) artan kompaksiyon enerjisi ile azalır. Genelde arazi çalışmalarında kil şilteler minimum kuru birim ağırlığı (γ_{kmin}) ve su muhtevasının tanımlanan aralığı içerisinde kompaksiyona tabi tutulur ve ihtiyaç duyulan hidrolik iletkenlik (k) değeri elde edilir. Bu tanımlanan aralık kompaksiyon ve hidrolik iletkenlik deneylerinden elde edilir. Kompaksiyon deneylerinden elde edilen hidrolik iletkenlik (k) değeri eğer müsaade edilen değere eşit veya daha küçük hesaplanırsa Şekil 3'de gösterilen ($\gamma_m - \omega$)'nin kabul edilebilir bir bölgesi elde edilebilir.



Şekil 3. Değişen kompaksiyon aralığında kabul edilebilir bölgenin belirlenmesi (Daniel and Benson, 1990)

Bu yaklaşımın diğer bir avantajı da $(\gamma_k-\omega)$ grafiğinden kabul edilebilir bir bölgenin zemin kesme kuvveti, zemin ve geçirgenlik şartları ve gerekli diğer faktörlerle ilişkilerinin elde edilebilmesidir. Kabul edilebilir bir bölgeyi kolayca tanımlayabilmek için permeabilite (k) ve kesme kuvveti şartlarından elde edilen kabul edilebilir bölgelerin çıkışması Şekil 4'de gösterilmiştir (Daniel, 1993).

Kattı atık depolarında şilte olarak kullanılacak killerin aşağıda sıralanan özelliklere sahip olması yapılacak şiltelerin niteliğini etkileyecektir; $k \leq 10^{-7}$ cm/sn, kurutulduğunda düşük çekme ve çatlama özelliği, yeterli kayma mukavemetine sahip olmak, 200 nolu elekten geçen kuru ağırlık yüzdesi $\geq 39-50$, Plastisite indisi (I_p) (ASTM D4318) $\geq 7-10$ ve 4 nolu elek üstünde kalan kuru ağırlık ≤ 20 olmalıdır (Sharma ve Lewis, 1994).

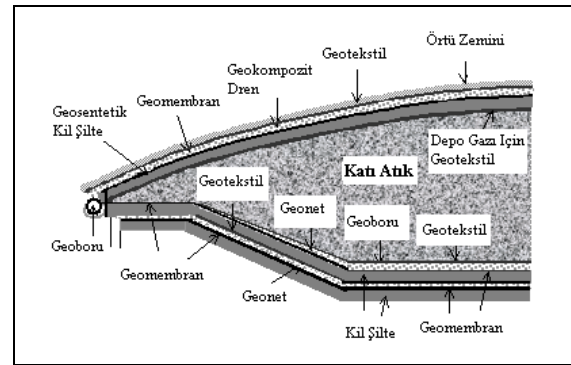


Şekil 4. Hidrolik iletkenlik, kayma mukavemeti ve kuruma büzülmesine bağlı kabul edilebilir bölgelerin oluşturulması (Daniel ve Benson, 1990)

4. 2. Sentetik Şilteler

Atık depolarında farklı amaçlar için kullanılan pek çok geosentetik mevcuttur. Bunlar geomembran,

geotekstil, geonet veya geogrid gibi sentetiklerdir. Kil şiltelerde geçirimsizlik sağlamak için geomembran kullanılmaktadır. Sıvı ve buhar yalıtımında kullanılan geomembranlar oldukça düşük geçirgenliğe sahip esnek, polimer levhalardır. Atık depolarında geomembranlar tipik olarak düşük geçirgenliğe sahip şiltelere ek olarak, bunların yüzeyinde taban/temel veya kaplama tabakası olarak kullanılırlar (Şekil 5). Atık içerisinde oluşacak çöp suyundan zemin ve zemin suyunun kirlenmemesi veya çöp suyunun zararlarının azaltılması için taban/temel şilteleri atık malzemenin altına yerleştirilir. Atık depolarının temel ve kaplama sistemlerinde en yaygınca polietilen (PE) geomembranlar kullanılmaktadır. Bu geomembranlar özellikle kimyasal direnç ve dayanıklılık bakımından önemli özelliklere sahiptirler. Temel kaplama sistemlerinde yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) geomembranlar kullanılır (Koerner, 1993). Ancak, atık içerisinde oluşabilecek büyük yerleşmeler nedeniyle kaplama sistemlerinde daha esnek bir geomembrana ihtiyaç duyulur. Bu nedenle çok düşük yoğunluklu polietilen (VLDPE) genelde bu uygulamalarda kullanılır. Bu malzeme daha esnektir ve delinmeden atık içerisindeki yerleşmelere daha kolay uyum sağladığı belirtilmektedir (Sharma and Lewis, 1994). Bunların dışında depolama üniteleri ve diğer geçirimsizlik yapılarında kullanılan farklı geomembranlar mevcuttur.

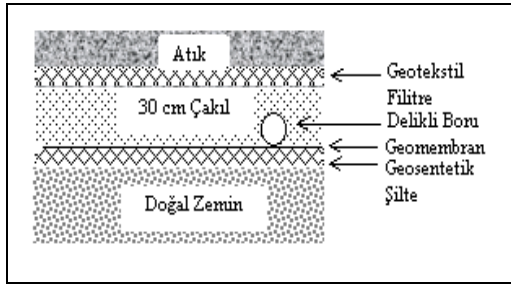


Şekil 5. Kattı atık depolama ünitesi (Daniel, 1993)

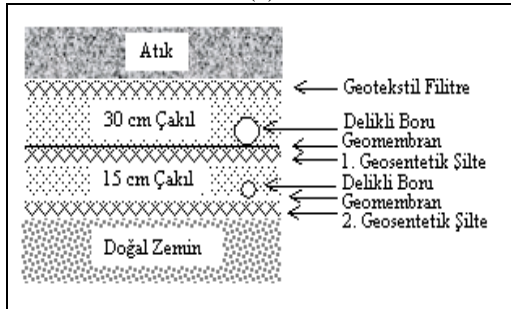
Şilte olarak geomembranlar dışında geotekstiller de atık düzenleme tesislerinde kullanılmaktadır. Geotekstiller filtre, ayırma, destek, yastık ve drenaj malzemesi olarak yaygınca kullanılmaktadır. Geotekstiller için nispeten yeni bir uygulama da atıklar için alternatif bir günlük kaplama olmasıdır. Geotekstiller dışında drenaj sistemlerinde geonet ve geoboru kullanılabilir. Depo ünitelerinde taşıma gücü problemleri olması durumunda geogridler de kullanılmaktadır. Atık düzenleme sistemlerinde geogridler zayıf zemin yüzeyi üzerindeki tabaka sistemlerini veya tepe atık şevleri üzerindeki örtü şiltelerini desteklemek için kullanılabilir.

4. 3. Geosentetik Kil Şilteler

Son yıllarda tasarım mühendisleri, çok düşük geçirimsizlik ve maliyet nedeni ile atık depolarında kaplama ve örtü sistemlerinde kil şiltelere alternatif olarak geosentetik kil şiltelerin kullanımını tercih etmektedirler (Bouazza, 2002). Geosentetik kil şilteler, geotekstil veya geomembrana kimyasal veya mekanik olarak yapışabilen tozlu bentonit veya zayıf granüller, tabakalardan oluşan çok düşük geçirgenliğe sahip yalıtkan malzemelerdir. Geosentetik kil şilteler (Geosynthetic Clay Liner, GCL) genelde arazide bir biri üzerine yerleştirilerek yapılırlar. Bunlar genelde sıkıştırılmış kil şiltelere alternatif olarak kullanılır ve GCL'ler sıkıştırılmış kil şiltelere göre bazı avantajlara sahiptir. Bunlar daha esnek, bir dereceye kadar kendini tutabilir ve yerleştirmesi kolay malzemelerdir. Düşük geçirgenli killerin hazır bulunmadığı yerlerde bunlar düşük yapı maliyeti bakımından tercih edilebilirler (Şekil 6). Günümüzde, pek çok araştırmacı Geosentetik Kil Şiltelerin özellikleri üzerine araştırma yapmaktadır (Lake and Rowe, 2000; Shackelford et al., 2000; Vangpaisal and Bouazza, 2001).



(a)



(b)

Şekil 6. Kompozit temel şilte sistemleri a) Tek tabakalı, b) Çift tabakalı (Koerner, 1985)

5. ÇÖP SUYU TOPLAMA VE UZAKLAŞTIRMA SİSTEMLERİ

Kattı atık depolama tesisinin verimli çalışabilmesi; atık deposu içerisinde oluşacak çöp suyu sızıntısını

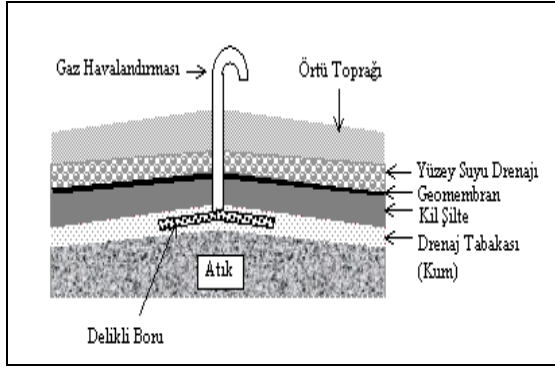
toplayacak ve uygun şekilde dağıtacak yada uzaklaştıracak sızıntı uzaklaştırma sisteminin bulunmasına ve çalışmasına bağlıdır. Çöp suyu toplama ve uzaklaştırma sistemlerinin tasarlanmasında; kullanılacak şilte sistemlerinin seçimi, çöp suyu ishalesi için boru şebekeleri, drenaj kanalları ve çöp suyu toplama havuzu içeren dereceleme planının geliştirilmesi önemlidir.

Depolarda çöp suyu ishalesi için değişik dizaynlar kullanmak mümkündür (Giroud and Soderman, 2000; Orsini and Rowe, 2001). Önemli dizaynlar depo tabanının eğimli bölmelere ayrılması veya tabanın boşlukla donatılmasıdır. Bölümler üzerinde oluşan çöp suyunun toplanması için bölmelere eğimli bir şekil verilmelidir (Şekil 6). Sızıntı toplama kanalının her birine yerleştirilen delikli borular merkezi bir sisteme toplanan çöp suyunu nakletmek için kullanılır. Çöp suyu merkezi sistemden yeniden kullanmak veya işlemek için depo yüzeyine gönderilir. Bölümlerin enine eğimi % 1-1.5, drenaj kanalının eğimi % 0.5-1 arasında değişir. Bunun amacı depo şilteleri üzerinde yeterli bir hidrolik yükseklik yaratarak depo altında sızıntı toplanmasına müsaade etmemektir. Drenaj kanalının uzunluğu ve eğimi, drenaj sisteminin kapasitesine göre seçilir.

Alternatif bir çöp suyu toplama sistemi de boru döşeli taban sistemidir. Boru döşeli taban sisteminde 60 cm aralıklarla yerleştirilen delikli boruların yerleştirildiği (0.00254 mm) tabana % 1.2-1.8 oranında eğim verilir. Depolama başlamadan önce her 6 m'de bir yapılan sızıntı toplama boruları 60 cm kum tabakası ile kaplanır. Ayrıca kum tabakası sızıntının toplanmasından önce sızıntının filtrasyonuna yardımcı olmaktadır. Kum tabakası üzerine kattı atık 1 m kalınlığında sıkıştırılmadan yerleştirilerek depolama işlemine devam edilir (Moshiri and Miller, 1992).

6. DEPO GAZI KONTROLÜ

Depo gazı kontrol sistemleri depo gazının atmosfere verilmesini veya atık içerisindeki dikey hareketini kontrol etmek için kullanılmaktadır. Elde edilen depo gazı enerji üretmek için kullanılabilir veya atmosfere verilerek zararlı bileşimlerin tahliyesini azaltmak için kontrollü şartlar altında yakılabilir (Tchobanoglous et al., 1993). Depo gazı kontrol sistemleri pasif ve aktif kontrol olarak sınıflandırılmaktadır. Pasif gaz kontrol sistemlerinde depo içinde toplanan gaz basıncı, gaz hareketi için bir sürücü kuvvet olarak çalışır (Şekil 7). Aktif gaz kontrol sistemlerinde vakuma neden olan enerji gaz akışını kontrol etmek için kullanılır.



Şekil 7. Depo gazı tahliye sistemi (Anon., 1989a)

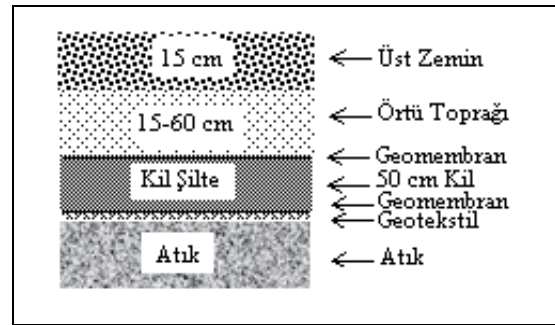
Aktif gaz toplama sisteminde depo içindeki gaz yatay ve dikey gaz toplama kuyuları kullanılarak toplanır. Dikey gaz toplama kuyuları genelde depo veya tamamlanan deponun bir kısmından sonra yerleştirilir. Eski depolardan enerji elde etmek ve gaz hareketini kontrol etmek için dikey borular yerleştirilir. Tipik olarak gaz toplama kuyusu 45-90 cm çapında kuyular içine yerleştirilen teçhiz borularından oluşmaktadır. Teçhiz boruları alttan üçte bir veya yarısına kadar olan kısmı delinir ve çakıl dolgunun içine yerleştirilir. Borunun kalan uzunluğu delinmeden etrafı toprak ve kille izole edilir (Anon., 1989b). Depo gazı toplama kuyuları atık kalınlığının % 80'ine kadar indirilmesi yeterli olabilir. Dikey gaz kuyularına alternatif olarak yatay gaz toplama kuyuları da kullanılabilir. Yatay gaz toplama üniteleri atık içerisine yerleştirilen yatay gaz toplama ünitelerinden oluşur. Yatay hendekler yaklaşık olarak 25 m dikey aralık ve 60 m yatay aralıklarla yerleştirilebilir (Cope et al., 1984).

7. ÖRTÜ TABAKASI

Atığın üzerini atmosfer, yağış ve yüzey sularından ayırmak için bir yüzeysel örtü tabakası kullanılmalıdır. Örtü kaplamasının başlıca amaçları depo tamamlandıktan sonra yağmur ve kar sularının sızıntısını azaltmak, depo gazlarının kontrolsüz kaçışlarını önlemek, yanma tehlikelerini sınırlamak, bölge yüzeyini bitki yetişmesi için uygun hale getirmek, koku yayılmasını önlemektir. Bu amaçlarla depo kaplaması;

- İklimsel değişikliklere dayanıklı,
- Rüzgar ve su erozyonuna dirençli,
- Yüzey sızıntılarına karşı stabil,
- Temel zemini atığın sıkışması ve depo gazının açığa çıkması nedeniyle oluşan farklı depo oturumlarının etkilerine, depo üzerindeki ekstra yüklerle karşı ve deprem nedeniyle oluşacak bozulmalara dayanıklı olmalıdır.

Modern bir depo kaplaması bir dizi tabakadan oluşmaktadır (Şekil 7, 8). Zemin veya kil tabakası deponun yüzeyini oluşturmak için kullanılır. Bazı kaplama planlarında depo gazının gaz toplama tesislerine taşınması için zemin tabakasının altına bir gaz toplama tabakası konulur. Depo gazının kaplama içerisinden kaçışını ve sıvıların depoya girişini sınırlamak için koruyucu sızdırmaz kil tabakası kullanılır. Geçirimsiz tabaka üzerindeki su basıncını azaltmak ve kaplama malzemesi içinden sızan kar ve yağmur sularını uzaklaştırmak için drenaj tabakası kullanılır. Drenaj ve geçirimsiz tabakayı muhafaza etmek için bir koruyucu tabaka kullanılır. Bitkilerin yetişmesine doğal bir ortam sağlamak ve deponun yüzeyini oluşturmak için kullanılan yüzey tabakası deponun uzun süreli örtü kaplaması olarak kullanılır. Yumuşak bir zemin üzerinde kil şilteleri sıkıştırmak imkansızdır ve kil tabakaların kuruma, donma ve çatlama gibi durumlarda onarımı zordur, bu nedenle depo kaplamalarında geçirimsiz kil tabakası yerine bir veya iki geomembran kullanılması tavsiye edilmektedir (Tchobanoglous et al., 1993).



Şekil 8. Örtü tabakası (Koerner, 1985)

Eğer depo bölgesindeki örtü toprağı bitkilerin yetişmesi için uygun değilse, bölgeye uygun örtü toprağı taşınmalıdır. Fonksiyonel olarak yüzey akışlarını azaltmak için zemin tabakasına uygun şekilde eğim verilmelidir.

8. SONUÇ VE TARTIŞMA

Sanayileşme ve hızlı nüfus artışı çevre kirliliği problemini de beraberinde getirmiştir. Tüketim alışkanlıklarında görülen değişiklikler ve üretimdeki çeşitlilik "atık" oluşumunda artışlara yol açmaktadır. Genelde çöp olarak isimlendirilen bu yığıntıların kontrol altında özel alanlarda depolanması gerekmektedir.

Atıkların düzenli olarak kontrol altına alınması çevreye verecekleri zararlı etkilerin azaltılması ve bir kısmının geri kazandırılması için atıklar

depolanmadan önce atık üretim kaynağından itibaren sınıflandırılması gerekmektedir.

Atık sahalarının seçilmesinde önemli bir faktör de teknik araştırma ve incelemelerdir. Bu evrede atık ve atık işleme kriterleri tespit edilmelidir. Bölgenin jeolojik, coğrafik, hidrolojik, zemin, ulaşım, iklim ve diğer ekolojik kriterleri araştırılarak bunların sonucunda proje için gerekli teknik çalışmalar yapılmalıdır.

Atık depoları için uygun görülen arazi üzerinde arazi ve laboratuvar deneyleri yapılarak zeminin geoteknik açıdan yeterliliği araştırılmalıdır. Özellikle zeminin taşıma gücü, hidrolik iletkenliği, yer altı suyu özellikleri, depremselliği ve bölgedeki doğal zeminlerin depo yapımı sırasında kullanılabilirliği belirlenmelidir.

Atık depolarının geoteknik yönden değerlendirilmesinde doğal ve sentetik şilte sistemlerinin dizaynı önemli yer tutmaktadır. Depolarda geçirimsizliği sağlamak için önceleri doğal kil şilteler kullanılırken, günümüzde üniform geçirimsiz bölgeler oluşturmak için sentetik ve doğal malzemelerin karışımından oluşan kompozit şilte sistemleri geliştirilmiştir.

Modern atık depoları tipik bölümler (hücreler) halinde yapılmaktadır. Başlangıçta depo çalışma alanı proje derinliğine kadar kazılır ve depo altı geçirimsiz şilteler ve çöp suyu drenajını sağlayacak şekilde düzenlenir. Modern atık depolarında kullanılan şilteler çöp suyu uzaklaştırma ve depo gazı toplama sistemleri ile donatılır. Bu şilteler atık deposunun daha güvenilir ve daha uzun süreli kullanımına imkan sağlar.

Tamamlanan atık deposunun üstü, yüzey suyu drenajı ve gerektiğinde atık içerisinde oluşacak gazların tahliyesini kolaylaştırmak için bir drenaj ağı içeren ve arazinin doğal yapısını bozmayan uygun bir örtü tabakası ile kapatılarak depolama işlemine son verilir.

9. KAYNAKLAR

Akbulut, S. 1995. Katı Atık Depolarının Geoteknik Yönden Değerlendirilmesi, Atatürk Üniv., Fen Bil. Enst., Y. Lisans Tezi, Erzurum.

Alberta, E. 1985. Design and Construction of Liners for Municipal Wastewater Stabilization Ponds, Report, Alberta Environment Publication, Edmonton, Canada.

Anonymous, 1989a. EPA "Final Covers on Hazardous Waste Landfills and Surface Impoundments", EPA/530-SW-89-047, OSW, Washington, DC.

Anonymous, 1989b. SCS Engineers Inc. "Landfill Gas Monitoring and Control Systems", Procedural Guidance Manual for Sanitary Landfills, California Waste Management Board, Vol. 2, Sacramento, CA, April.

Benson, C. H., Daniel, D. E. 1990. "Influence of Clods on Hydraulic Conductivity of Compacted Clays", Journal of Geotechnical Engineering, pp 1231-1248, Vol. 113, No 12.

Bouazza, A. 2002. Geosynthetic Clay Liners, Geotextiles and Geomembranes, 20, pp. 3-17.

Bouazza, A., Van Impe, W. F. and Van Den Broeck, M. 1996. "Hydraulic Conductivity of a Geosynthetic Clay Liner Under Various Conditions", Proc. of the Sec. Int. Congress on Landfills, Vol. 1, Cagliari, Italy, pp. 595-610.

Cope, F. G. Karpinski, J. P. and Stein, L. 1984. "Use of Liners for Containment of Hazardous Waste Landfills", Pollution Engineering, Vol. 16, No 3.

Daniel, D. E. 1993. Geotechnical Practice For Waste Disposal, Chapman & Hall Pub. London, UK.

Daniel, D. E., Benson, C. H. 1990. "Water Content-Density Criteria for Compacted Soil Liners", Journal of Geotechnical Engineering, pp. 1811-1830, Vol. 116, No 12, December.

Daniel, D. E. and Wu, Y. K. 1993. "Compacted Clay Liners and Covers For Sites", Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 119, No 2, pp. 223-237.

Dawson, G. W., Merger, B.W. 1973. "Site Selection Criteria Areas as Delineated in The 1973 Report to Congress", Hazardous Waste Management, pp. 465-468.

Giroud, J. P., Soderman, K. L. 2000. Criterion for Acceptable Bentonite Loss From a GCL Incorporated into a Liner System. Geosynthetics International, 7 (4-6), pp. 529-581.

Koerner, R. M. 1985. "Landfilling, Liners and Covers for Waste Disposal", Construction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering, McGraw-Hill, Inc. New York.

Koerner, R. M. 1993. "Geomembran Liners", Geotechnical Practice for Waste Disposal, Chapman&Hill Pub., pp. 164-186, London, UK.

Lake, C. B. and Rowe, R. K. 2000. Diffusion of Sodium and Chloride Through Geosynthetic Clay Liners, Geotextiles and Geomembranes, 18, pp. 103-131.

Moshiri, G. A. and Miller, C. C. 1992. "An Integrated Solid Waste Facility Design Involving Recycling, Volume Reduction and Wetlands Leachate Treatment", Proceedings of the Constructed Wetlands for The Water Quality Improvement, University of West Florida, Pensacola, FL.

Olsen, H. W. 1962. "Hydraulic Flow Through Saturated Clay", Clay Miner, pp. 131-161, Vol. 9, No. 2.

Orsini, C., Rowe, R. K. 2001. "Testing Procedure and Results For the Study of Internal Erosion of

Geosynthetic Clay Liners", Proc. of the Geosynthetics 2001, Portland, USA, pp. 189-201.

Shackelford, C. D., Benson, C. H., Katsumi, T., Edil, T. B., Lin, L. 2000. Evaluating the Hydraulic Conductivity of GCLs Permeated With non-Standard Liquids, Geotextiles and Geomembranes, 18, pp.133-161.

Sharma, D. H. and Lewis, P. S. 1994. Waste Containment Systems, Waste Stabilization, and Landfills, Design and Evaluation, Waste Characterization and Solid-Waste Interaction, Jhon Wiley & Sons INC., pp 26-35, New York.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S., 1993. Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues, McGraw Hill, Inc., New York.

Vangpaisal, T., Bouazza, A. 2001. "Gas Permeability of Three Needle Punched Eosynthetic Clay Liners", Proc. of the Sec. ANZ Conference on Environmental Geotechnics, Newcastle, Australia.