



İTÜ

**10. Endüstriyel Kirlenme
Kontrolü Sempozyumu
EKK'06**



**İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
İTÜ Süleyman Demirel Kültür Merkezi**

7 - 9 Haziran 2006

BİLDİRİLER KİTABI



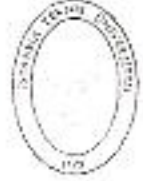
10. ENDÜSTRİYEL KİRLLENME SEMPOZYUMU
EKK2006

BİLDİRİLER KİTABI

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Erdem Görgün
Araş. Gör. Dr. Esra Genceli
Araş. Gör. Mahmut Altınbaş
Araş. Gör. Dr. Nevin Yağcı
Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat Aydın
Yrd. Doç. Dr. Güçlü İnel
Yrd. Doç. Dr. Özlem Karahan
Yrd. Doç. Dr. Elif Pehlivanoglu Mantas
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Yazgan
Araş. Gör. Serdar Doğruel
Araş. Gör. Elif Soyer

7-9 HAZİRAN 2006
İTÜ SÜLEYMAN DEMİREL KÜLTÜR MERKEZİ
İSTANBUL



KURULLAR

ONUR KURULU

Prof. Dr. Faruk KARADOĞAN
İTÜ Rektörü

Prof. Dr. Derin ORHON
İTÜ İnşaat Fakültesi Dekanı

Prof. Dr. Hasan Zuhuri SARIKAYA
T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşarı

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK
T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşar Yrd.

Prof. Dr. Veysel EROĞLU
DSİ Genel Müdürü

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Seniha ARAYICI (İÜ)
Prof. Dr. Nazik ARTAN (İTÜ)
Prof. Dr. Savaş AYBERK (KOÜ)
Prof. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA (İTÜ)
Prof. Dr. Hulusi BARLAS (İÜ)
Prof. Dr. Bilsen BELER BAYKAL (İTÜ)
Prof. Dr. Miray BEKBÖLET (BU)
Prof. Dr. Avni ÇAKICI (AÜ)
Prof. Dr. Filiz B. DİLEK (ODTÜ)
Prof. Dr. Ayşe FİLİBELİ (DEÜ)
Prof. Dr. Celal F GÖKÇAY (ODTÜ)
Prof. Dr. Orhan İNCE (İTÜ)
Prof. Dr. Işık KABDAŞLI (İTÜ)
Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU (GYTE)

Prof. Dr. Cumali KINACI (İTÜ)
Prof. Dr. Aysen MÜEZZİNOĞLU (DEÜ)
Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK (İTÜ)
Prof. Dr. Ahmet SAMSUNLU (İTÜ)
Prof. Dr. Füsün ŞENGÜL (DEÜ)
Prof. Dr. Seval SÖZEN (İTÜ)
Prof. Dr. İlhan TALINLI (İTÜ)
Prof. Dr. Rüya TAŞLI (İTÜ)
Prof. Dr. Olcay TÜNAY (İTÜ)
Prof. Dr. Orhan YENİGÜN (BÜ)
Prof. Dr. Ülkü YETİŞ (ODTÜ)
Doç. Dr. İdil ARSLAN ALATON (İTÜ)
Doç. Dr. Kadir ALP (İTÜ)
Doç. Dr. Gülen İSKENDER (İTÜ)
Doç. Dr. İsmail TORÖZ (İTÜ)

DÜZENLEME KURULU

Doç.Dr. Erdem GÖRGÜN (Başkan)
Araş.Gör.Dr. Esra GENÇELİ (Bşk.Yrd.)
Araş.Gör.Dr. Nevin YAĞCI
Araş.Gör. Mahmut ALTINBAŞ
Y.Doç.Dr. Ali Fuat AYDIN
Y.Doç.Dr. Mustafa YAZGAN
Araş.Gör.Dr. Güçlü İNSEL
Araş.Gör.Dr. Özlem KARAHAN
Araş.Gör.Dr. Elif PEHLİVANOĞLU
Araş.Gör. Serdar DOĞRUEL
Araş.Gör. Elif SOYER



10. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu
07-09 Haziran 2006
İstanbul



TEHLİKELİ ATIKLARIN ARAZİYE DEPOLANABİLİRLİĞİ BAKIMINDAN TOPRAKLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ ve GAP BÖLGESİ TOPRAK KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

M. İrfan YEŞİLNACAR

Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, mirfan@harran.edu.tr

Muhsin NAZ

Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, muhsinnaz@harran.edu.tr

ÖZET

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)' nin artan bir ivmeyle gelişmesi endüstrileşme, kentleşme gibi sektörlerinde yatırımını ve faaliyet alanını genişletmiştir. Özellikle, sanayileşme ve kentleşme süreciyle oluşan atıkların alıcı ortama gelişigüzel verilmesi çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir.

Tehlikeli atıkların araziye depolanmasında jeoloji, toprağın mühendislik özellikleri, jeomorfoloji, topografya, iklim vb. kriterlere gereksinim vardır. Bu kriterlerin en önemlilerinden biri toprağın mühendislik özelliğidir.

Bu amaçla bu çalışmada, toprağın mukavemet, hassasiyet, aşınabilirlik, geçirimsizlik, korozyon, şişme ve büzülme potansiyeli, pH vb. özellikleri irdelenmiştir. Ayrıca, GAP bölgesi için tarım ve sulama alanı dışında kalan alanların arazi kullanım durumu harita üzerinde gösterilmiştir. Bu sahaların, atık depolamada kullanılmamasının önemi vurgulanmıştır.

Sonuç olarak, GAP bölgesinde tehlikeli atıklar depolanırken bahsi geçen diğer kriterlere göre de ilgili haritalar derhal yapılmalı ve bu projeler uygulamaya geçirilmelidir. Aksi takdirde, gelecekte bölgede su ve toprak kaynaklarını tehdit eden çevre problemleri kaçınılmaz olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Araziye depolama, arazi kullanımı, tehlikeli atıklar, toprağın mühendislik özellikleri.

ENGINEERING PROPERTIES OF SOIL AND ASSESSMENT OF LAND RESOURCES OF GAP REGION WITH REGARD TO LAND DISPOSABILITY OF HAZARDOUS WASTE

ABSTARCT

Southeastern Anatolia Project (GAP) is growing with an increasing acceleration and also contributing to the industry, urbanization and other sectors from the point of investments. The waste materials produced by the industry and urbanization activities are given randomly to the input environment, which causes various environmental problems.

In land disposal of hazardous waste, there should be a lot of criterion such as geology, engineering properties of soil, geomorphology, topography, climate, and so forth. One of the most important of these criteria is the engineering properties of soil.

In this study, engineering properties of soil such as durability, sensitivity, corrosive, swelling-shrinkage potential and pH, etc., have been discussed. In addition, the lands which are under irrigation and use for agriculture have been excluded and indicated on the map. The significance of not using these lands for hazardous waste disposal has been emphasized in the GAP region.

As a result, related maps / projects must be prepared and applied taking the other criteria into account as well. Otherwise, a lot of environmental problems, which are against land and natural resources, will be encountered in the region in the future.

Keywords: Land disposal, land use, hazardous waste, engineering properties of soil.

GİRİŞ

Atıkların, çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmemesi önemli bir çevre problemidir. Zararlı atıkların yüksek teknolojiye bağlı olarak yeniden kazanılması, iyileştirilmesi, kısmen olanaklı olmakla beraber, ülkemizde bu yönde yeterli bilimsel ve teknik uygulama bulunmamaktadır. Çevreye zarar veren atıklar, kaynakları bakımından, tehlikeli atıklar, evsel atıklar ve özel atıklar olmak üzere üç ana grup altında toplanmaktadır.

Çalışmanın konusunu oluşturan tehlikeli atıklar, teknolojik gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan çevre ve insan sağlığını tehdit eden endüstriyel nitelikli atıklardır. Dolayısıyla bu tür atıklar doğrudan alıcı ortama verilememektedir.

Tehlikeli atıkların uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılan yöntemler, düzenli depolama ve yakmadır. Yakma tesislerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin çok yüksek olması ve özellikle havayı kirletmesi nedeniyle tercih edilmemektedir. Düzenli depolama projesi için özellikle yer seçimi evresinde jeoloji, toprağın mühendislik özellikleri, jeomorfoloji, topografya, iklim vb. disiplinlerden yararlanılır.

Bu çalışma iki bölümden oluşmuştur. Birinci bölüm, tehlikeli atıkların depolanabilirliği yönünden toprağın bulundurması gereken başlıca mühendislik özellikler, ikinci bölüm de ise GAP bölgesinin toprak kaynakları perspektifinden mevcut durumu irdelenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli GAP gelişme planı ile GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından hazırlattırılan, iki paftadan oluşan, 1/500.000 ölçekli GAP arazi sınıfları haritası kullanılmıştır.

Bu haritaların değerlendirilebilmesi için A4 tarayıcı yardımıyla taranarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Tarama, haritalardaki detayların korunması için 24 bit renk derinliği ve 100 dpi (dot per inches) çözünürlükte (resolution) gerçekleştirilmiştir. Taranan harita parçalarının aynı ölçeğe getirilmesi, üzerleme (overlay) ve birleştirme işlemi Adobe Photoshop 5.0 yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Haritaların kağıda döküm işlemi renkli plotter (çizici) yardımıyla yapılmıştır. Bu sayede, GAP projesi kapsamında yer alan tarım ve sulama alanı dışında kalan arazi sınıfları ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmada kullanılan 1/500.000 ölçekli orijinal pafta boyutu 50 x 100 cm' dir. Bu harita, bu çalışma için, A4 normuna indirgenerek verildiğinden detaylarda ve resim kalitesinde, kısmen de olsa, bir kaybın olması olasıdır. Ancak, bu konuda çalışan araştırmacıların, adı geçen haritaları ve ilgili doneleri, yazardan sağlayabilme olanakları mevcuttur.

TOPRAĞIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Toprakla uğraşan bilim dallarına göre toprağın tanımı, amaca göre farklı olarak yapılmıştır. Toprak bilimcilere göre; toprak, anakayanın parçalanması, ayrışması veya taşınması ile oluşan ana materyal üzerine zaman, iklim, bitki örtüsü, topografya ve drenaj faktörlerinin etkisi sonucu oluşan, horizon veya katmanları içeren, içerisinde geniş bir canlılar alemini barındıran, bitkilere durak görevi gören bir maddedir (Taysun, 1989).

Mühendislik açısından toprak ise, ayrıktan taneli (tutturulmamış) gereçten oluşmuş ve patlatma yapmadan kazılabilir doğal malzeme olarak tanımlanabilir. Toprak, belirli mühendislik kriterlerini sağladığı zaman, atıkları sığ derinlikte uzaklaştırmak için güvenli bir ortam sağlar.

Toprak bünyesinde; katı madde (tane), sıvı (su) ve gaz (hava) olmak üzere üç faz vardır. Toprağın özelliği ve kullanımı bu üç fazın birbirlerine oranına göre değişiklik gösterir. Mühendislik

özellikliğini belirleyen tane tipi, boyutu ve su muhtevasıdır. İnce taneli toprağı mühendislik amaçlı sınıflandırırken Atterberg limiti özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Bu özellikler, likit limit, plastik limit ve rötre limitidir. Likit limit toprağın bir sıvı gibi davrandığı su oranıdır. Plastik limit toprağın plastik bir madde gibi davranmaya başladığı minimum su içeriğidir. Rötre limiti ise toprağın katı halden yarı katı hale geldiği, yani büzülmeye başladığı andaki su içeriğidir. Likit limitle, plastik limit arasındaki fark plastisite indeksi diye tanımlanır. Bu da toprağın plastik malzeme olarak davrandığı su muhtevası aralığıdır. Plastisite indeksi %5 gibi çok düşük olan topraklar, çok az bir suyla katı halden sıvı duruma geçerler, %35'ten büyük olan topraklar bol miktarda su absorbe ederler ve su ile şişme özelliğine sahiptirler.

Toprağın en önemli mühendislik özellikleri, mukavemet (direnc), hassasiyet, sıkışabilirlik, aşınabilirlik, geçirimsizlik, korozyon, kazılabilirlik, şişme ve büzümeye potansiyeli, pH, katyon değiştirme kapasitesi ve mineralojik yapısıdır (Keller, 1988). Toprakların seçilmiş bazı önemli mühendislik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Mukavemet (Direnc)

Toprağın mukavemetini belirlemek için sayısal değerler vermek ve genellemek oldukça güçtür. Çünkü, toprağın fiziksel, kimyasal ve mineralojik yapısı farklı malzemelerden oluşmuştur. Bir toprağın mukavemeti, kohezyon ve içsel sürtünme açısının bir fonksiyonudur. Kohezyon, tanelerin birbirlerine yapışma kabiliyetinin ölçüsüdür. İnce taneli topraklarda taneciklerin birbirlerini çekmeleri moleküler ve elektrostatik kuvvetlerin varlığının bir sonucudur. Bu etki toprağın mukavemetini belirlemek için yeterli bir faktördür. Sürtünme kuvveti ise kum ve çakıl oranı yüksek topraklarda daha fazla önemlidir. Genellemek yanlış olmasına rağmen kil ve organik maddece zengin topraklar, iri taneli topraklara göre daha düşük mukavemetlidir (Keller, 1988).

Hassasiyet

Hassasiyet; toprağın mukavemetinin titreşim, kazı gibi dış etkenler tarafından değişmesidir. Örneğin; kil oranı çok düşük kum ve çakılın hassasiyeti çok azdır. Malzeme içindeki ince tane arttıkça hassasiyet artar. Bazı killi toprakların mukavemeti dış etkenler tarafından %75 oranında azaltılır (Keller, 1988).

Sıkışabilirlik

Sıkışabilirlik, hacimsel olarak azalma veya sağlamlaşma ölçüsüdür. Yapıların oturmasıyla doğrudan ilgilidir. Aşırı oturma nedeniyle mühendislik yapısında çeşitli deformasyonlar ve hasarlar oluşur. İri taneli malzemelerdeki oturma, ince taneli malzemeler göre daha azdır. Yani, ince taneli organik toprakların sıkışabilirliği oldukça yüksektir (Önalp, 1982).

Aşınabilirlik

Toprağın eroziv etkenlerle (su, rüzgar, buzul, dalgalar, yerçekimi vb.) bir yerden başka bir yere aşınıp taşınması olayıdır. Kohezif topraklar, %20'den fazla kil içeren topraklar ve çimentolu malzemeler kolayca aşınmazlar ve düşük aşınabilirliğe sahiptir (Keller, 1988).

Geçirimsizlik

Suyun toprağın içinden geçebilme özelliğidir. Temiz kum ve çakıl en yüksek geçirimsizliğe sahiptir. Günde birkaç yüz metreküp suyu bir metrekareden ($m^3/gün/m^2$) geçirebilme özelliğine sahiptirler. İçerisinde ince malzeme oranı artan toprakların geçirimsizliği azalır. Kil, en düşük permeabiliteye sahip malzemedir.

Korozyon

Korozyon yüzeyden başlayan derine doğru giden atmosferik koşullar etkisinde gelişen kimyasal bir bozunmadır. Toprağa gömülmüş her türlü malzeme (boru, kablo, direk, temel vb.) korozyonla karşı karşıya kalır. Bir toprağın korozif olması o toprağın ve gömülü malzemenin kimyasal yapısına ve su oranına bağlıdır. Bir toprağın elektriği kolay iletmesi (elektriksel kondüktivite) yani iletkenliğin fazla olması daha fazla korozif olduğunu gösterir. Bu nedenle toprağın elektriksel iletkenliği o toprağın korozif olma potansiyelinin bir tahminidir (Keller, 1988).

Kazılabilirlik

İnşaat esnasında kazı işlemi, belirli alet ve tekniklerin kullanılmasını gerektirir. Genel olarak üç çeşit kazı tekniği vardır. Yaygın kazı şekli ekskavatör veya benzeri bir makineyle yapılardır. Bu tür kazı şeklinde toprak daha önce tırtıklanmaz ve gevşetilmez. İkinci kazı şekli; önceden tırtıklanarak ve gevşetme yöntemiyle yapılan kazıdır. Üçüncü kazı şekli ise kazılabilirliği güç olan topraklarda patlatma ile yapılan kazılardır.

Çizelge 1. Toprakların Seçilmiş Bazı Önemli Mühendislik Özellikleri (Keller, 1988' den değiştirilerek)

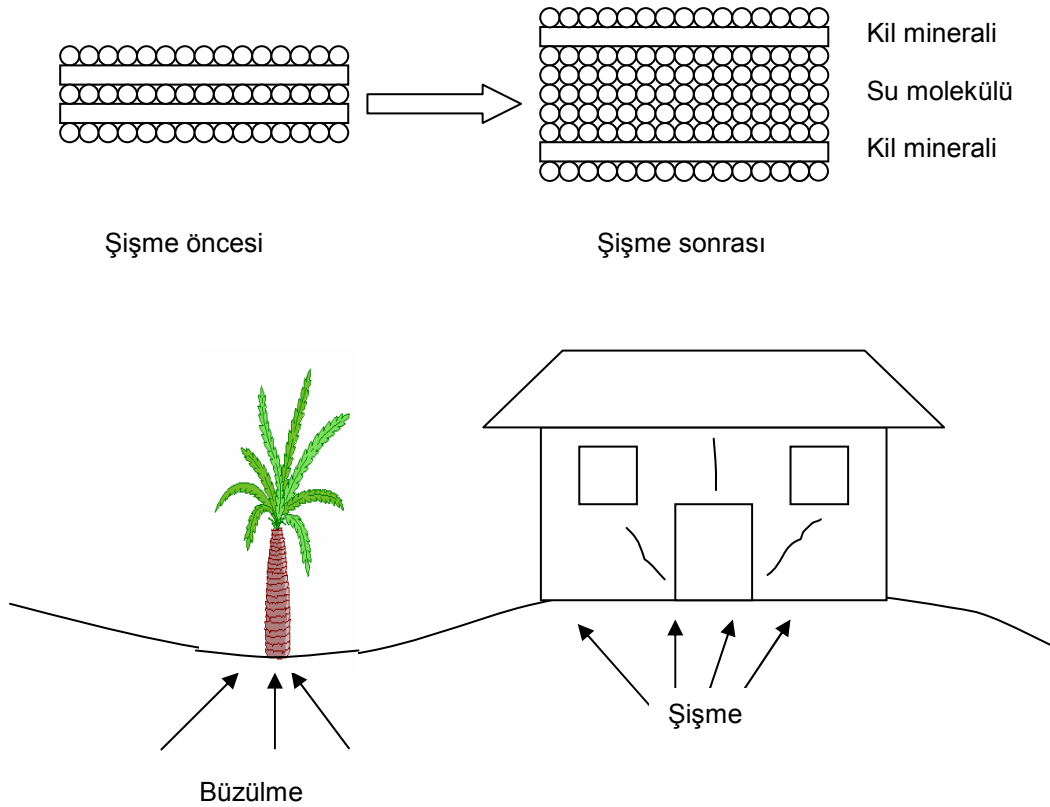
ÖZELLİKLER								
Grup	Toprak Singesi	Dayanım	Dona hassasiyet	Geçirimsizlik (sıkıştırıldıktan sonra)	Sıkışabilirlik (Sıkışmış ve doygun)	Aşınabilirlik (sıkıştırıldıktan sonra)	İnşaat malzemesi olarak genel kullanımı	
İn taneli topraklar	Çakıllar	++	--	++	~	+, ++	++	
	GW: iyi derecelenmiş çakıl	++	--	++	~	+, ++	++	
	GP: kötü derecelenmiş çakıl	++	+, ++	.	~	+, ++	++	
	GM: siltli çakıl	++	.	.	~	+, ++	++	
Kumlar	GC: kumlu çakıl	++	.	.	~	+, ++	++	
	SW: iyi derecelenmiş kum	++	--	++	~	++	++	
	SP: kötü derecelenmiş kum	++	.	++	~	++	+	
	SM: siltli kum	++	+, ++	.	~	++	+	
İnce taneli topraklar	SC: killi kum	++	+, ++	.	~	+, ++	+	
	ML: düşük plastisiteli silt	+	++	.	+	++	+	
	MH: yüksek plastisiteli silt	+	++	.	+	++	.	
	OL: düşük plastisiteli organik silt	.	++	.	+	++	+	
Killer	CL: düşük plastisiteli kil	+	+, ++	.	+	+	+	
	CH: yüksek plastisiteli kil	.	+	.	+	.	.	
	OH: yüksek plastisiteli organik kil	.	+	.	+	.	.	

+++ : çok yüksek, ++ : yüksek, + : orta, . : düşük, -- : çok düşük, --- : ihmal edilebilir, ~ : önemsiz

Şişme ve Büzülme Potansiyeli

Şişme-büzülme potansiyeli toprağın su emme ve su kaybetme eğilimidir. Şişme, yüksek plastisiteli bazı kil minerallerinin mikroskobik tabakalarının arasına kimyasal çekimler ile su moleküllerinin girmesi ile oluşur. Kil tabakaları genelde alüminosilikatlardan oluşmuştur. Bu tabakaların arasına suyun girmesi onu genişletir. Başka bir deyişle, su emmesi şişmeye, su kaybetmesi de büzülmeye neden olur (Şekil 1).

Montmorillonit (smektit) grubu killeri en fazla şişme-büzülme potansiyeline sahiptir. Kaolinitik killerde ise bu potansiyel en azdır. Şişme-büzülme potansiyeli görülen topraklar üzerinde yapılan deponiler ya da sızdırmazlık tabakası olarak kullanımları durumunda şişmeden kaynaklanan yukarı doğru kaldırma kuvvetine maruz kalırlar ve deponi tabanında deformasyonların meydana gelmesine de neden olabilirler.



Şekil 1. Şişme ve Büzülmenin Etkilerinin Şematik Gösterimi (Keller, 1988)

Örneğin; şişme potansiyeli yüksek topraklar, Amerika'da çözümü en pahalı olan doğal çevre problemlerinden biridir. A.B.D.'de sadece otoyollarda bu zarar yılda 2 milyar dolardır. Bu zarar sel, deprem, fırtına vb. doğal çevre felaketlerinin toplamından daha fazladır. Ayrıca her yıl 250.000'den fazla ev bu topraklar üzerinde yapılır. Bunların %60'ında ufak çatlaklar oluşur, %10'u tamir edilemez şekilde zarar görür (Keller, 1988).

Şişme ve büzülme potansiyeli, kurak ve yarı kurak iklimlerde sıkça rastlanılması ve GAP bölgesi de bu tip bir bölgede yer alması nedeniyle üzerinde yeterince durulması gerekmektedir. Nitekim Harran ovası sulama kanalları inşaatlarında bu olaylarla sıkça karşılaşmaktadır. Killi zeminlerin şişme potansiyelinin tanımlanmasında kullanılan kriterler Çizelge 2'de özetlenmiştir.

pH

Bir kil tanesi elektrolit ortamına girdiğinde yüzeyi, çözeltinin özelliklerine bağlı olarak değişimlere uğramaktadır. Bu değişime neden olan başlıca etkenler; ortamın pH'sı, sıcaklığı, iyon yoğunluğu, değeri ve iyon çapıdır. Atık deponilerinden süzülen sızıntı suyunun kompozisyonuna göre ortamın pH'ının da etkisiyle hidrolik iletkenlikte artış veya azalışa neden olmaktadır. Katyonların adsorpsiyonu 7'den büyük pH değerlerinde artmaktadır (Çokça, 1996).

Çizelge 2. Killi Zeminlerin Şişme Potansiyelinin Tanımlanmasında Kullanılan Kriterlerden Bazıları (Yılmaz ve Karacan, 1998)

Referans	Kriter	Düşünceler
Holtz (1959)	CC>28, IP>35, SL<11 (çok yüksek) 20≤CC≤31, 25≤IP≤41, 7≤SL≤12 (yüksek) 13≤CC≤23, 15≤IP≤28, 10≤SL≤16 (orta)	CC, IP ve SL' ye bağlı olarak
Altmeier (1955)	LS<5, SL>12, PS<0.5 (kritik değil) 5≤LS≤8, 10≤SL≤12, 0.5≤PS≤1.5 (orta) LS>8, SL<10, PS>1.5 (kritik)	LS, SL, PS' ye bağlı olarak.
Raman (1967)	IP>32 ve SI>40 (çok yüksek) 23≤IP≤32, 30≤SI≤40 (yüksek) 12≤IP≤23, 15≤SI≤30 (orta) IP<12 ve SI<15 (düşük)	IP ve SI' ya bağlı olarak.
Sowers ve Sowers (1970)	SL<10 ve IP>30 (yüksek) 10≤SL≤12, 15≤IP≤30 (orta) SL> 12 ve IP< 15 (düşük)	IL=0.25 deki doğal su içeriğinde çok küçük şişme oluşacaktır.
Snethen (1984)	LL>60, IP>35, $\tau_{nat} >4$, SP>1.5 (yüksek) 30≤LL≤60, 25≤IP≤35, 1.5≤ τ_{nat} ≤4 ve 0.5≤SP≤1.5 (orta) LL<30, IP<25, τ_{nat} <1.5, SP<0.5 (düşük)	PS arazi şartları için ortaya konur, τ_{nat} olmadan kullanılabilir, fakat doğruluk azalır.
Chen (1988)	IP≥35 (çok yüksek), 20≤IP≤55 (yüksek) 10≤IP≤35 (orta) ve IP≤15 (düşük)	IP ye bağlı olarak.
Vijayvergiya ve Ghazzaly (1973)	$\log SP = (1/12)(0.44LL - w_o + 5.5)$	Eşitlikten
Nayak ve Christensen (1974)	$SP = (0.00229IP)(1.45c)/w_o + 6.38$	Eşitlikten
Weston (1980)	$SP = 0.00411(LL_w)^{4.17}q^{-3.86}w_o^{-2.33}$	Eşitlikten
C= kil, % CC= kolloid içeriği, % IL= sıvılık indeksi, % LL= likit limit LL _w =ağırlıkça likit limit, % LS= lineer büzülme, % IP= plastisite indeksi, % PS= muhtemel şişme, % q= sürşarj SI= büzülme indeksi= LL-SL, % SL= büzülme sınırı, % SP= şişme potansiyeli, % w _o = doğal su içeriği τ_{nat} = doğal zemin su emmesi, tsf		

Kasyon Değişirme Kapasitesi

Topraklarda kasyon değişirme kapasitesi (kdk) organik ve inorganik kolloidler ile yakından ilgilidir. Bu kolloidlerin agregatlaşmadaki etkinliği gözönüne alındığında kdk ile aşınım arasında ters bir ilişkinin varlığından söz edilebilir. Kdk'sı yüksek olan topraklar aşınımına karşı daha dirençlidir. Bu durum değişebilir kasyonlar ile yakından ilişkilidir. Değişim kompleksinde Ca^{++} ve Mg^{++} egemen ise kümeleşmeye uygunluk fazladır. Fakat değişim kompleksinde Na^+ iyonu daha fazla adsorbe olmuş ise agregatların bozulduğu ve dispersiyonun arttığı görülür. Yapının bozulması sızmayı azalttığı gibi yüzey akışına geçen su miktarını ve aşınım etkisini de artırır (Taysun, 1989).

Mineralojik Yapı

Topraklardaki kil mineralleri, silikat grubundan fillosilikat ailesinin üyesidir. Başlıca kil mineralleri; kaolinit, montmorillonit (smektit) illit ve klorit grubu killerdir. Bu kil minerallerinin mineralojik, kimyasal yapıları ve diğer önemli bazı özellikleri çizelge 3' de verilmiştir.

Çizelge 3. Kil Minerallerinin Tipik Özellikleri (Önalp, 1982)

Kil grubu Özellikler	Smektit	İllit	Kaolinit	Klorit
Dane büyüklüğü	10 - 1 A°	0.1 - 2	0.1 - 5	5 max.
Dane şekli	Eş boyutlu yaprak	Pul	6 köşeli pul	Pul
Dane kalınlığı	10 A°	30 A°	0.05 - 2 A°	-
Tipik formülü	$Si_8Al_4O_{20}(OH)_4.nH_2O$	$Si_8Fe_4O_{20}(OH)_4$	$Si_4Al_4O_{10}(OH)_8$	$(SiAl)_8Mg_6O_{20}(OH)_4$
Özgül yüzey (m^2/g)	50 - 800	65 - 100	10 - 20	5 - 50
Likit limit (%)	110 - 710	60 - 120	29 - 70	44 - 47
Plastisite indeksi	51 - 100	34 - 60	26 - 38	8 - 12
Şişme-Büzülme potansiyeli	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük
Kdk	80 - 150	10 - 40	3 - 15	10 - 40
Özgül ağırlık	2.35 - 2.7	2.6 - 3.0	2.6 - 2.8	2.6 - 2.96
Doğada belirme	Sık	Sık	Sık	Olağan

Genellikle atık depolama alanları için; kalın, homojen, geçirimsiz, düşük şişme-büzülme potansiyeline sahip ve yüksek pH değerli kaolinitik topraklar tercih edilmelidir (Çetin, 1995). Siltli topraklar, donma-erimeye karşı göreceli olarak dirençli olduğundan, son örtü toprağında koruyucu tabaka olarak da kullanılabilir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

GAP'ın ana hedefinin su ve toprak kaynaklarının geliştirmeye yönelik olması nedeniyle bölgede yapılacak her türlü mühendislik projesinde, verimli topraklardan kaçınılması zorunluluğu vardır. Bu nedenle I., II. ve III. derece ve kısmen elverişli olan IV. derece tarım alanlarının konumu ve özellikleri aşağıda irdelenecektir.

Arazi Sınıfları

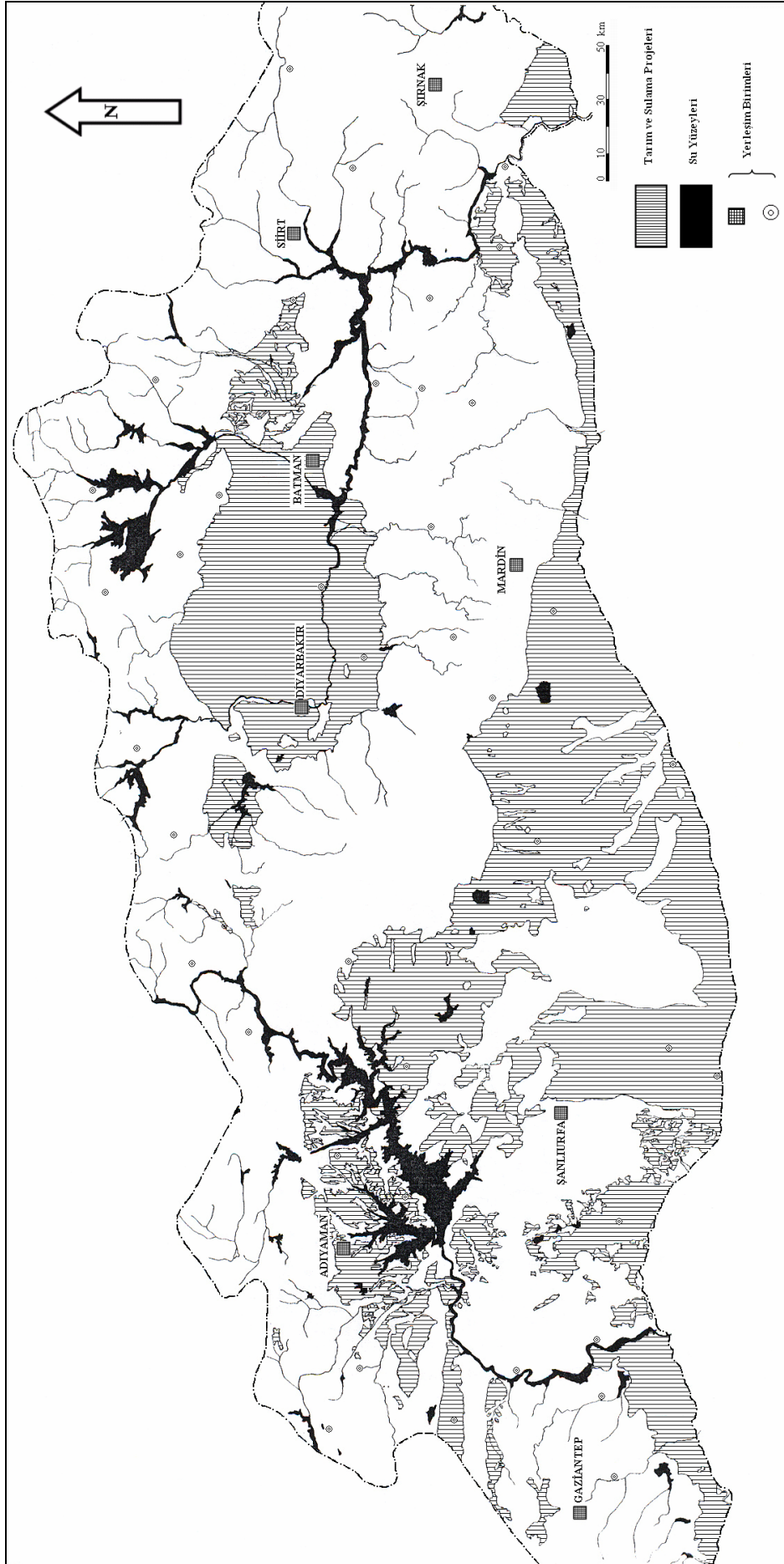
Bölge arazisi, sekiz sınıfa ayrılır. I., II., III. sınıflardaki tarıma en elverişli arazi, bölge topraklarının %34'nü (2.468.596 ha) oluşturur. Kısmen elverişli olan IV. sınıfta eklendiğinde GAP bölgesinde %44'lük (3.160.654 ha) bir alan tarıma elverişlidir (Çizelge 4).

GAP bölgesi toplam 3.081.170 ha tarıma uygun toprak potansiyeline sahiptir. Bölgenin mevcut arazi kullanımı Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi GAP bölgesi toplam alanının

%42.2'si tarımsal amaçlı kullanılan alan, %33.2'si çayır-mera, %20.5'i orman ve koruluk, %4.1'i de yerleşim alanları ve diğer kullanımları oluşturmuştur.

Şekil 2' de görüldüğü üzere arazi kullanımı ve tarımsal öneme sahip araziler dışında geriye kalan alanlar çok kısıtlıdır. Düzenli depolama için deponi yeri seçiminde bu kısıtlayıcı faktörler göz önüne alınmalıdır. I., II., ve III. sınıf verimli ve değerli arazilerden mutlaka kaçınılmalıdır. Proje için değerlendirmeler, IV VIII. sınıf araziler üzerinde yoğunlaştırılmalıdır.

Mutlak tarım alanları (I., II. ve III. sınıf) sadece atıkların depolanması amacıyla değil tüm endüstri ve kentleşme faaliyetleri içinde uygun olmayan ve yaşamsal öneme sahip topraklardır. Bu topraklar fauna ve flora için en önemli unsurlardır.



Şekil 2. GAP Bölgesinde Tarım ve Sulama Alanları Dışında Kalan Bölgelerin Arazi Kullanım Durumu (Yeşilnacar vd., 2001)

Çizelge 4. GAP Bölgesinde Arazi Kullanma Kabiliyeti Sınıfları Dağılımı (Gümrükçüoğlu ve Gökçe, 2000)

	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf	4. Sınıf	5. Sınıf	6. Sınıf	7. Sınıf	8. Sınıf
Alan (ha)	946.061	816.191	706.344	692.058	1.291	835.855	3.014.497	267.889
Oran (%)	13	11	10	10	0	11	41	4
Envanter								
İşlemeli Tarıma Uygun Arazi (1-2-3)						2.468.596 ha	% 34	
İşlemeye Kısıtlı Uygun Arazi (4)						692.058 ha	% 9,5	
İşlemeli Tarıma Uygun Olmayan Arazi (5-6-7)						3.851.644 ha	% 53	
Tarım Dışı Arazi (8)						267.889 ha	% 3,5	
Toplam						7.280.187 ha	% 100	

Çizelge 5. GAP Bölgesi Arazi Kullanımı (Ünver, 1993)

Arazi Kullanımı		Alan (ha)	Toplam Alan (ha)	Oran (%)
İşlenen Arazi	Kuru Tarım	2.628.703	3.081.170	42.2
	Sulu Tarım	120.740		
	Bağ-Bahçe	251.627		
	Diğer	80.074		
Çayır – Mera	Çayır	587	2.427.229	33.2
	Mera	2.426.642		
Orman ve Koruluk	Orman	60.401	1.493.926	20.5
	Koru	1.423.926		
Yerleşim Alanları		25.561	25.561	0.4
Diğer		268.304	268.304	3.7
GENEL TOPLAM		7.295.624	7.295.624	100

Düzenli depolama, ilgili yönetmeliklere ve mühendislik prensiplerine uygun olarak projelendirilip işletildiğinde toprağa, havaya ve suya en az veya hiç zarar vermeyecek kadar ekolojik ve ekonomik bir yöntemdir. Bu yöntem kullanılarak, zorunlu durumlarda, bu verimli topraklardan yararlanıldığında ise durum nispeten farklıdır. Çünkü depo sahası ömrünü tamamladığında, son örtü toprağının yerleştirilmesinden sonra saha, tarım ve rekreasyonel amaçla tekrar kullanıma açılabilir (Yeşilnacar, 2000).

SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, tehlikeli atıkların araziye depolanabilirliği bakımından toprakta bulunması gereken mühendislik özellikleri tartışılmıştır. Deponi tabanında kullanılacak toprak tabakasının; kalın, homojen, geçirimsiz, şişme-büzülme potansiyeli düşük, pH'sı ve sıkışabilirliği yüksek, elektriksel iletkenliği düşük ve kolay kazılabilir kaolinitik türü kilden olmasının ideal bir mineral sızdırmazlık malzemesi olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, GAP bölgesi toprak kullanımı da harita üzerinde gösterilerek, bu amaçla kullanılabilecek tarım dışı arazi varlığı ortaya çıkarılmıştır.

GAP bölgesinde, biri istisna, 196 belediye çöplerini gelişigüzel toprağa terk ettiği göz önüne alındığında, bölgedeki sorunun sadece amaç dışı arazi kullanımı ve bilinçsiz sulama olmadığı ve problemin farklı bir boyutunun da olduğu ortadadır.

Anılan harita ve/veya projelerin uzaktan algılama, Küresel Yer Bulma ve Coğrafi Bilgi Sistemi teknikleriyle de desteklenerek hazırlanması ve uygulamaya aktarılması, bölge için, yaşamsal bir öneme ve önceliğe sahiptir.

KAYNAKLAR

- Altmeyer, W.T., 1955, Discussion of Engineering Properties of Expansive Clays, Journal of The Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Testing and Materials, Vol.81, No.SM2, pp.17-19.
- Çetin, H., 1995, Design Methods, Technologies, and Site Selection in Land Disposal of Waste in The United States, Geosound Journal, Number:27., pp.23-40, Adana.
- Chen, F.H., 1988, Foundations on Expansive Soils, Elsevier, Amsterdam.
- Çokça, E., 1996, Sızıntı Sularının Geçirimsiz Kil Tabakaları İle Etkileşimi, GAP I. Mühendislik Kongresi, 29 Mayıs-01 Haziran 1996, Harran Üniversitesi Yayın No:3, s.74-79, Şanlıurfa.
- D.S.İ., 1994, GAP Gelişme Planı, D.S.İ. Gn.Müd., Ankara.
- GAP İdaresi, 1992, GAP Arazi Sınıfları Haritaları (1/500.000 Ölçekli), Ankara.
- Gümrükçüoğlu, M., Gökçe, F., 2000, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde GAP İle Ortaya Çıkabilecek Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Problemi, 3.GAP Müh.Kong. 24-26 Mayıs 2000, s.265-272, Ş.Urfa.
- Holtz, W.G., 1959, Expansive Clays-Properties and Problems, Journal of The Colorado School of Mines, Vol.54, No.4, pp.89-125.
- Keller, E.A., 1988, Environmental Geology, Merrill Publishing Comp., 533 p., Ohio-USA.
- Logan, T.J., Miller, R.H., 1981, Responsible Long-Term Use of Agricultural and Urban Land for Solid Waste Disposal, in Proceedings of the Fourth Life Sciences Symposium on Environment and Solid Wastes, pp.259-272, Gatlinburg, Tennessee.
- Nayak, N.V., Christensen, R.W., 1974, Swell Characteristics of Compacted Expansive Soils, Clay and Clay Minerals, Vol.19, pp.251-261.
- Önalp, A., 1982, İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, KTÜ Yayın No:187, Cilt:1-2, 1224 s., Trabzon.
- Raman, V., 1967, Identifications of Expansive Soils From The Plasticity Index and The Shrinkage Index Data, The Indian Engineer, Vol.11, No.1, pp.17-22.
- Snethen, D.R., 1984, Evaluation of Expedient Methods for Identification and Classification of Potentially Expansive Soils, Proceedings, 5th International Conference on Expansive Soils, Adelaide, Australia, pp.22-26.
- Sowers, G.B., Sowers, G.F., 1970, Introductory Soil Mechanics and Foundations, 3rd ed. Mcmillan, New York.
- Taysun, A., 1989, Toprak ve Su Korunumu, E.Ü.Zir.Fak.Teksir No:92-III, 186 s., İzmir.
- Ünver, İ.H.O., 1993, Kırsal Toprak Kullanımları Politikaları Açısından GAP, 4. Harita Kurultayı, 1-4 Şubat 1993, s.87-109, Ankara.
- Vijayvergiya, V.N., Ghazzaly, O.I., 1973, Prediction of Swelling Potential of Natural Clays, Proceedings, 3rd Int. Research and Engineering Conference on Expansive Clays, pp.227-234.
- Weston, D.J., 1980, Expansive Roadbed Treatment for Southern Africa, Proceedings, 4th International Conference on Expansive Soils, Vol.1, pp.339-360.
- Yeşilnacar, 2000, GAP Bölgesinde Tehlikeli Atıklar İçin Jeolojik Yer Seçimi, Doktora Tezi (yayımlanmamış), Ç.Ü. Fen Bil.Enst., 113 s., Adana.
- Yeşilnacar, M.İ., Pulcu, S., Selçuk, B., 2001, GAP Bölgesinde Evsel Katı Atık Sorunu ve Bazı Değerlendirmeler, 2001 Ulusal Sanayi-Çevre Sempozyumu, 25-27 Nisan 2001, s.243-251, Mersin.
- Yılmaz, İ., Karacan, E., 1998, Zeminlerin Şişme Özellikleri, Jeoloji Müh. Dergisi, 52, s.17-27, Ankara.