

SEPIYOLİT VE ZEOLİT KARIŞIMLARIN TEHLİKELİ ATIK DEPONİ ALANI DİZAYNINDA KULLANILMASI

Kazım AKPINAR

İnşaat Mühendisi
İMO Ankara Şubesi, Selanik Caddesi
No:17/5 Kızılay,
06650, Ankara, 0 312 419 38 81,
kazimakpinar@yahoo.com

Mustafa TUNCAN

Prof. Dr.
Anadolu Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi,
İkieslül Kampüsü, Eskişehir,
0 222 321 35 50/6600,
mtuncan@anadolu.edu.tr

Ahmet TUNCAN

Prof. Dr.
Anadolu Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi,
İkieslül Kampüsü, Eskişehir,
0222 321 35 50/6600,
atuncan@anadolu.edu.tr

Yücel GÜNEY

Yard. Doç. Dr.
Anadolu Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi,
İkieslül Kampüsü, Eskişehir,
0 222 321 35 50/6600,
ygunes@anadolu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, sepiyolit ve zeolit karışımların tehlikeli atık deponi alanı dizaynında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneylerde zeolit + sepiyolit (%30) karışımı kullanılmıştır. Tehlikeli atıkların depolanmasında en önemli problem sızıntı sularının çevreye etkilerinin önlenmesidir. Bu aşamada geçirimsizlik tabakası malzemesi ve kalınlığın belirlenmesi ve araziye uygulanması önemlidir. Laboratuarda malzemelerin geoteknik ve fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiş ve ilgili yönetmeliklerde verilen kriterler altında geçirimsizlik tabakasında kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır.

1. GİRİŞ

Düzenli atık deponilerinin amacı, yeraltı sularını ve yüzeysel suları korumak, yanmaları ve patlamaları önlemek, koku ve gürültü sorununu ortadan kaldırmaktır. Burada en hassas kısım yeraltı sularının

tabakaların oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Geçirimsiz tabakayı oluşturan malzemelerin seçimi, atık özelliklerini ve ekonomikliğı göz önüne alınarak, iyi bir laboratuvar çalışması sonucunda yapılmalıdır.

Laboratuarda arazi uygulamalarını yansıtabilmek için minyatür deponi tankı kullanılmıştır. Minyatür deponi tankına indeks ve fiziko-kimyasal özellikleri belirlenen geçirimsizlik tabakası serilerek sıkıştırılmıştır. 28 günlük kür süresi sonunda, tankın bölümlerine Cu, Cr çözeltileri ve distile su ayrı ayrı ilave edilmiştir. 16 haftalık gözlem boyunca ortam sıcaklığı 15-18 °C'de tutulmuş, sıvıların buharlaşmasını engellemek amacıyla minyatür deponi üzeri naylonla kapatılmıştır. Sızan numuneler toplama kaplarına alınarak saklanmıştır. Gözlem süresi sonunda minyatür deponi tankındaki sıvılar boşaltılmış, analizleri yapılmıştır. Bölümlerdeki geçirimsizlik malzemelerinin geoteknik ve fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca malzemelerin mikro-yapısal özelliklerindeki değişimleri gözlemek amacıyla SEM fotoğrafları çekilmiştir.

2. AMAÇ

Büyük çoğunluğu endüstrilerin üretim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan tehlikeli atıkların bertaraf edilmesi, canlı sağlığı ve ekolojik dengeler açısından büyük önem taşımaktadır. Düzenli depolama, tehlikeli atıkların kontrol altında tutulabilmesi için gerekli olan bir yöntemdir. Geosentetik ve geomembranların kullanımının, uzun süreli stabilite ve sızıntı açısından nasıl davranacağı kesin olarak bilinmemesinden ve maliyeti bakımından düzenli depolama alanlarının geçirimsizlik tabaka sistemlerinde kullanım zorluğu vardır. Sıkıştırılmış kil tabakalar etkin maliyetleri, yüksek kirlilik tutma kapasiteleri, hasara, delinmeye karşı dirençlerinden dolayı geniş kullanıma sahiptirler.

Bu çalışmanın amacı, tehlikeli atık deponi alanı tabanında kullanılacak geçirimsiz malzemenin belirlenmesidir. Geçirimsizlik malzemesi olarak sepiyolit/zeolit= %30 karışımı kullanılmıştır. Laboratuar çalışmalarından sonra dizayn edilen minyatür deponi tankı yardımıyla ön arazi uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın sonunda tehlikeli atıklar için deponi dizaynı önerisi verilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Sepiyolit

Sepiyolit, fillosilikat (tabakalı silikat) grubuna dahil sulu magnezyum silikat bileşimli kil mineralidir. Bu çalışmada, yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip Eskişehir sepiyolit kili kullanılmıştır. Kullanılan sepiyolit dane özgül ağırlığı, 2.68, kation değişim kapasitesi 20-50 meq/100g ve dane çapının %40'ı silt, %60'ı ise kildir.

3.2. Zeolit

Zeolit, alkali ve toprak alkali metallerin kristal yapıya sahip sulu alümina silikatları olup çerçeve silikatlar grubundadır. Bu çalışmada, yüksek kation değişim kapasitesine sahip Balıkesir zeoliti kullanılmıştır. Kullanılan zeolit dane özgül ağırlığı, 2.37, kation değişim kapasitesi 160 meq/100g ve dane çapının %70'i kum, %20'si silt, %10'u ise kildir.

3.3. Kirleticiler

Bu çalışmada, kirletici olarak birçok sanayii atığında bulunan, bitkiler ve hayvanlar için öldürücü özellik taşıyan krom ve bakır ağır metalleri kullanılmıştır. Bu ağır metaller ile 1000 ppm'lik çözeltiler hazırlanmıştır.

Seçilen karışımın laboratuar deneyleri yapıldıktan sonra, dizayn edilen minyatür deponi tankına ait numunelerin de laboratuar deneyleri yapılmıştır.

Dizayn edilen minyatür deponiye ait görüntüler Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Geoteknik Özellikler

Geoteknik özellikler olarak, dane özgül ağırlığı, dane çapı dağılımı ve Atterberg kıvam limitleri gibi fiziksel özellikler, kompaksiyon deneyi, serbest basınç deneyi, permeabilite deneyi, üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon deneyi ve serbest şişme deneyi gibi mekanik özellikler belirlenmiştir.

4.1.1. İndeks özellikleri

4.1.1.1. Dane özgül ağırlığı

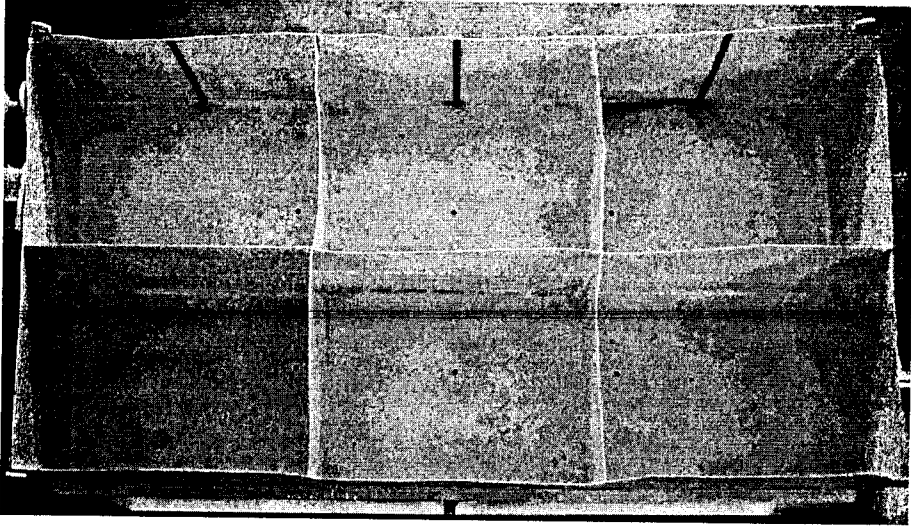
Çizelge 1. Sepiyolit ve zeolit karışımlara ait dane özgül ağırlıkları

Malzeme	Dane Özgül Ağırlığı
Sepiyolit/Zeolit= %30	2,39
Krom çözeltili karışım (tank)	2,40
Bakır çözeltili karışım (tank)	2,40
Distile sulu karışım (tank)	2,40

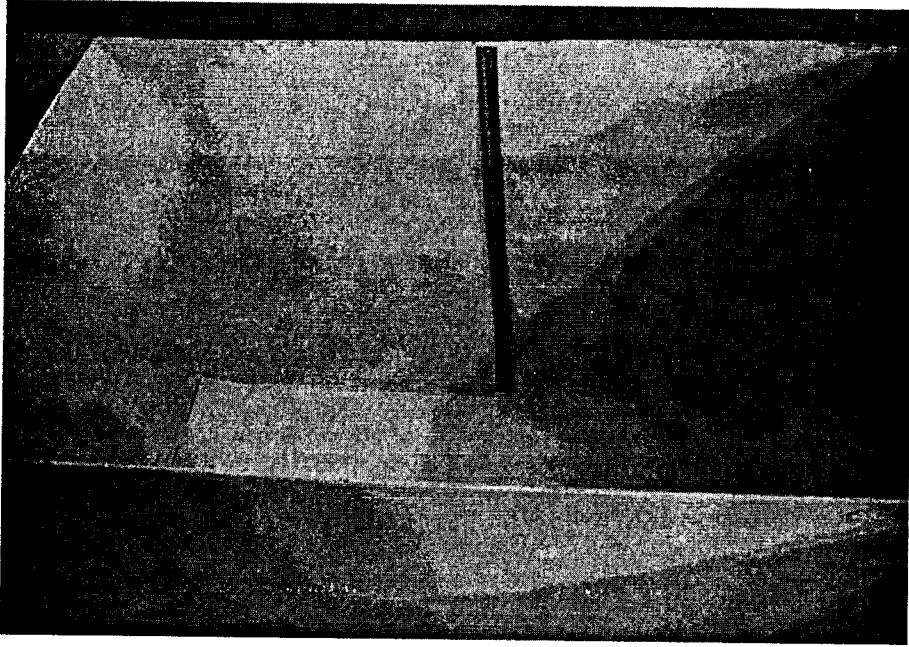
4.1.1.2. Dane çapı dağılımı

Çizelge 2. Dane çapı dağılımı sonuçları

Malzeme	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
Zeolit+(0,30)Sepiyolit	0	54	28	18
Cr çözeltili numune (tank)	0	52	20	28
Cu çözeltili numune (tank)	0	51	21	28
Distile sulu çözeltili numune (tank)	0	52	20	28



Şekil 1. Minyatür deponinin üstten görünüşü



Şekil 2. Tabanına iki kat poroz kağıt yerleştirilen deponi bölümleri

4.1.1.3. Atterberg Kıvam Limitleri

Çizelge 3. Sepiyolit, zeolit ve karışımlara ait Atterberg kıvam limitleri değerleri

Malzeme	LL (%)	PL (%)	RL (%)	PI (%)	Sınıfı	Sınıflandırma Sistemi
S/Z = %30	68	45	41	23	MH	USCS
Krom çözeltili karışım (tank)	73	65	-	8	MH	USCS
Bakır çözeltili karışım (tank)	75	59	-	16	MH	USCS
Distile sulu karışım (tank)	76	63	-	13	MH	USCS

4.1.2. Mekanik özellikler

Mekanik özellikler olarak, kompaksiyon deneyi, serbest basınç deneyi, permeabilite deneyi, üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon deneyi ve serbest şişme deneyi yapılmıştır.

4.1.2.1. Kompaksiyon deneyi

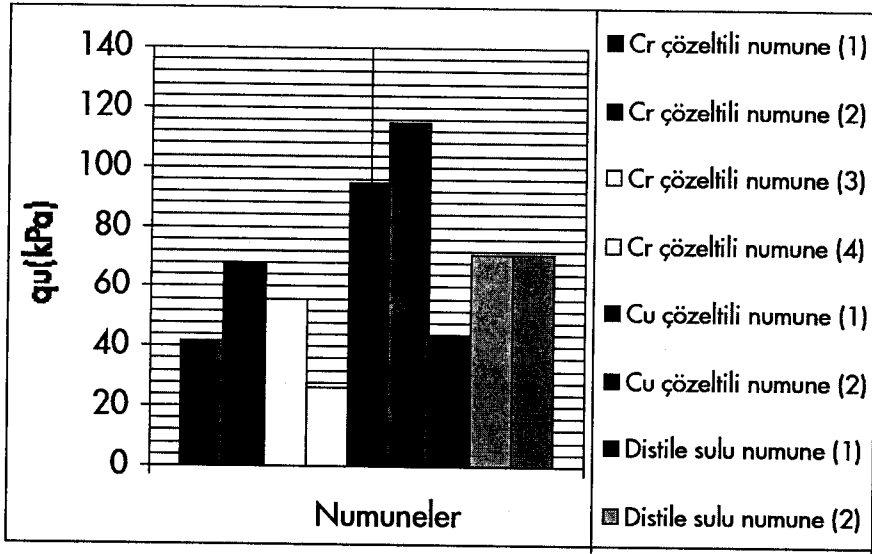
Çizelge 4. Sepiyolit/zeolit= %30 karışımına ait kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su muhtevaları

Numune	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Optimum Su Muhtevası (%)
S/Z = %30	1,21	36,5

4.1.2.2. Serbest basınç deneyi

Çizelge 5. Serbest basınç deneyi sonuçları

Numune	P (kPa) (7 günlük)	P (kPa) (28 günlük)
S/Z= %30	268	292



Şekil 3. Minyatür deponi tankı numunelerinin serbest basınç deneyi sonuçları

4.1.2.3. Permeabilite deneyi

Çizelge 6. Permeabilite Katsayıları

Numune	Permeabilite Katsayısı k (cm/sn) 10^{-8}	Hücre Basıncı σ_3 (Psi)
S/Z (%30)	2,5	Sabit seviyeli (10)

4.1.2.4. Üç eksenli basınç deneyi

Çizelge 7. Üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Deponi bölmesi	Kohezyon (C) (kg/cm ²)	İçsel sürtünme açısı (Φ) (°)
Sepiyolit/zeolit = %30	0,83	25
Krom çözeltili numune (tank)	0,24	9
Bakır çözeltili numune (tank)	0,32	16
Distile sulu numune (tank)	0,29	14

4.1.2.5. Konsolidasyon deneyi

Optimum su muhtevasında sıkıştırılmış zeolit + %30 sepiyolit karışımının konsolidasyon deneyi sonucunda sıkışma indisi değeri 0.24-0.30, kabarma indisinin değeri ise 0.033-0.067 aralığında bulunmuştur.

4.2. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Fiziko-kimyasal özellikler olarak, pH, elektriksel iletkenlik, ateşte kayıp miktarı, toplam metal miktarı ve katyon değişim kapasitesi deneyi yapılmıştır. Zeminin pH değeri, kirliliğin zemin içinde ilerlemesini azaltmak veya durdurmak için minimum 6 ile 8 arasında olmalıdır. PH değerleri bu aralıkta bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik, ateşte kayıp miktarı ve katyon değişim kapasitesi sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Tank numunelerine ait elektriksel iletkenlik, ateşte kayıp miktarı ve KDK sonuçları

Numune	Elektriksel İletkenlik (ms/cm)	Ateşte Kayıp Miktarı (%)	KDK (meq/100 gr)
Krom çözeltili geçirimsizlik tabakası	0.55	10.40	59
Bakır çözeltili geçirimsizlik tabakası	0.60	10.54	58
Distile su çözeltili geçirimsizlik tabakası	0.40	10.16	57

4.2.3. Toplam metal miktarı

Kullanılan geçirimsizlik tabakası ağır metallerin tamamına yakını absorbe etmiştir. Yapılan ağır metal analizleri sonucunda elde edilen değerler Çizelge 9’da verilmiştir. Bu değerler yönetmeliklerde verilen kriterlerin altında çıkmıştır.

Çizelge 9. Sızan tank numunelerine ait ağır metal tayini sonuçları

Ağır metal miktarı (mg/l)	
Cr Çözeltili Numuneler	Cu Çözeltili Numuneler
0,09	0,127
0,01	0,339
0,02	0,182
0	0,155
0	0,203

5. MİKRO-YAPISAL ÖZELLİKLER

5.1. Scanning Elektron Mikroskobu (SEM) Fotoğrafları

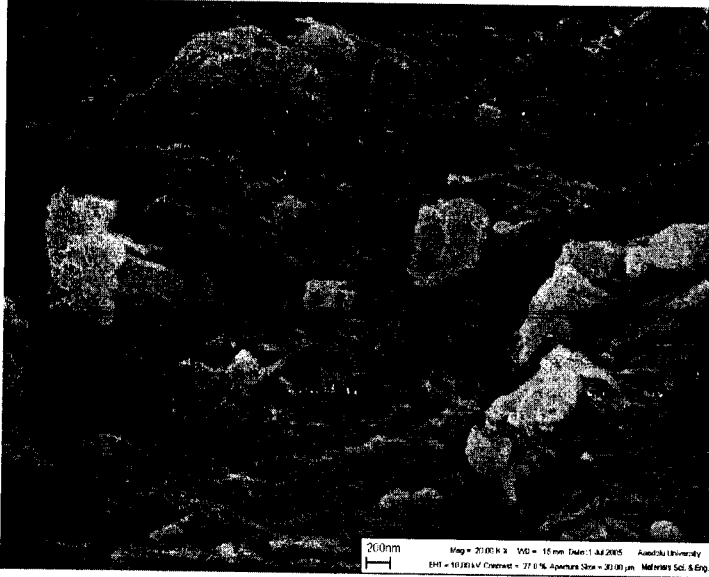
SEM fotoğraflarından görüldüğü üzere, su bulunan bölmelerdeki numunenin mikro-yapısal özellikleri kütleli, bakır (Cu) bulunan numune aglomera ve krom (Cr) bulunan numunelerin de dispers olduğu gözlenmektedir. Bunun neticesinde en sıkı yapı bakır karışımı numunede gözlenmiştir ve serbest basınç değeri diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Krom numuneyi parçaladığından, serbest basınç değeri en düşük kromlu numunelerde bulunmuştur ve bu numuneler dispers (ayrık) bir yapıya sahiptir. Çekilen SEM fotoğrafları Şekil 4-6'da verilmiştir.

5.2. EDX Analizi Sonuçları

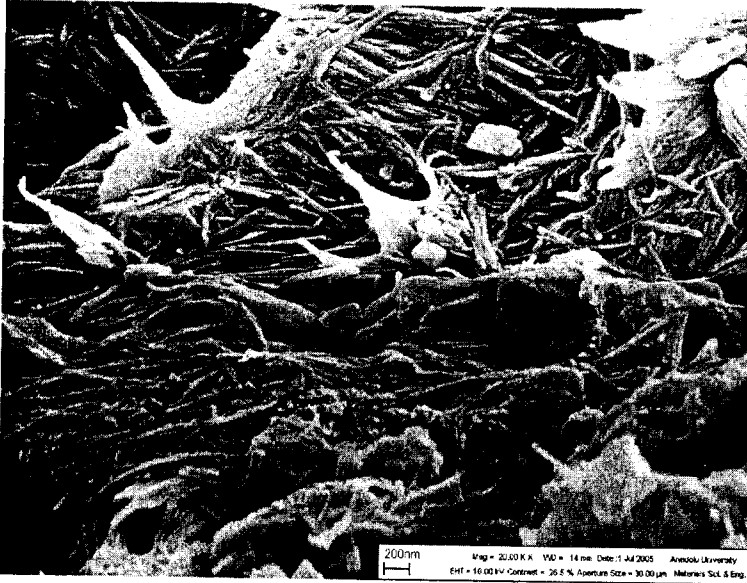
EDX analizi sonuçlarından da görüldüğü üzere Cu çözeltisi bulunan tabakanın Ca, Si, Al ve Mg yüzdeleri diğerlerine göre daha yüksektir, bunun neticesinde bu tabakanın dayanımı diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. En düşük dayanım ise Cr bulunan tabakada elde edilmiştir. EDX analizi sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir.



Sekil 4. Esas numuneve ait SEM fotoğrafi (20000X)



Şekil 5. Cu ile kirlenmiş sepiyolit/zeolit (%30) numunesine ait SEM fotoğrafı (20000X)



Şekil 6. Cr ile kirlenmiş sepiyolit/zeolit (%30) numunesine ait SEM fotoğrafı (20000X)

Çizelge 10. EDX analizi sonuçlarının karşılaştırması

Element	Ağırlık (%)			Bileşim (%)			Formül
	Su	Cu	Cr	Su	Cu	Cr	
C	3.94	3.37	2.36	14.45	12.35	8.63	CO ₂
Mg	3.24	3.04	2.94	5.37	5.04	4.88	MgO
Al	1.84	2.61	1.02	3.48	4.93	1.94	Al ₂ O ₃
Si	9.57	15.01	7.81	20.47	32.12	16.71	SiO ₂
Ca	3.36	4.12	2.61	4.70	5.76	3.66	CaO
Au	45.94	35.48	57.21	51.54	39.80	64.18	Au ₂ O ₃
O	32.11	36.37	26.04				
Toplam	100.00	100.00	100.00				

6. SONUÇ

Deponi alanı tabakalarında kullanılacak olan malzemeler için $PI < \%50$ olması istenmektedir (Daniel ve Wu, 1993, Özdemir, 2004). Seçilen zeolit + (%30) sepiyolit karışımının PI'sı %8-23'tür ve bu koşulu karşılamıştır. Serbest basınç mukavemet değerinin ise 200 kPa değerinden büyük yada ona eşit olması gerekmektedir. Karışımının serbest basınç değeri 250 kPa'dır. Geçirimsiz malzemenin permeabilite değerinin literatüre göre $\leq 1,0 \times 10^{-7}$ cm/s kriterini sağlaması gerekmektedir. Karışımın permeabilite değeri $0,75-3,5 \times 10^{-8}$ cm/s arasında bulunmuştur, dolayısıyla bu kriter de sağlanmıştır. Zeminin pH değeri genellikle kirliliğin zemin içinde ilerlemesini azaltmak veya durdurmak için minimum 6 ile 8 arasında olmalıdır. Bulunan pH değerleri bu aralıktadır. Zemindeki tuz oranı elektriksel iletkenlikle belirlenir. Elektriksel iletkenlik değeri 4 miliSiemens/cm (4000 mikroSiemens/cm) değerinden fazla ise zemin tuzludur. Deneyler sonucunda bulunan elektriksel iletkenlik değerleri 4 miliSiemens/cm değerinin altındadır. Zemin tuzlu değildir. Yapılan ağır metal analizleri sonucunda elde edilen değerler, yönetmeliklerde verilen kriterlerin altında çıkmıştır. Minyatür deponi tankındaki numunelerin katyon değişim kapasiteleri 55-64

meq/100gr arasında değişmektedir. Bu değer atıklarda bulunan ağır metallerin tutulmaları için yeterlidir.

Tüm bu sonuçlara bakılarak, yüksek kasyon değişim ve ağır metal tutma kapasitesine sahip, stabilite koşullarını sağlayan ve belirtilen tasarım kriterlerini karşılayan, zeolit + (%30) sepiyolit karışımların tehlikeli deponi atık alanı dizaynında kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda önerilen deponi dizaynı Şekil 10.1’de verilmiştir.

KAYNAKLAR

1. AKPINAR, K., “Sepiyolit ve Zeolit Karışımların Tehlikeli Deponi Atık Alanı Dizaynında Kullanılması”, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, 2005.
2. USEPA, “Charecterization of Municipal Solid Waste in the USA”: 1990 update, Öfke of Solid Waste&Energy Response, EPA/530-SW-90-042, Washington, D.C., USA, (1990).
3. SARIKAVAKLI, A., “Bor İşletmesi Konsantratörü Atık Suyu Deponi Alanındaki Geçirimsizlik Tabakasının Oluşturulması”, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, 2003, 62 syf.
4. DANIEL, D.E., “Early Days of Enviromental Geotechnology, pp 3-14, Geotechnical Practice for Waste Disposal”, Edited by Daniel, D.E., Chapman&Hall Publ., London, UK., (1993).
5. ÖZDEMİR, A., H., V., “Sepiyolitin Çöp Deponi Tabakalarında Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi” , Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Haziran (2004).
6. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, (RG: 27.08.1995 ve Sayı: 22387)
7. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye Çevre Atlası, Ankara (2003)
8. DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu “Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri Iı (Mika-Zeolit-Lületaşı) Çalışma Grubu Raporu”, Ankara (2001)
9. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (RG: 10.12.2001 ve Sayı: 24609)
10. KABAKÇI, E., M., “Atık Depolama Alanlarının Tabanlarında Kullanılması Öngörülen Sepiyolit/Zeolit Karışımının Geoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, 2004, 115 syf.
11. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (RG: 04.09.1988 ve Sayı: 19919)

ABSTRACT

In this study, the possibility of using sepiolite and zeolite mixtures in the design of the hazardous landfill waste areas was investigated. In the experiments, the mixture of zeolite + sepiolite (30%) was used. The biggest difficulty for storing the hazardous wastes is to prevent the leakage from the impervious layer to the environment. In this stage, determining the impermeable layer and in-situ application becomes very important. The geotechnical and physico-chemical properties of the materials were determined in the laboratory. It was investigated that whether the materials can be used as an impermeable layer under the criteria given by the relevant regulations.