

**DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARININ
TASARIMI VE ÖRNEK BİR UYGULAMA**

Müjgan ERGÜL

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN

2018

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARININ TASARIMI VE ÖRNEK BİR
UYGULAMA**

MÜJGAN ERGÜL

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. ZEKİ ÜNAL YÜMÜN

TEKİRDAĞ-2018

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN danışmanlığında, Müjgan ERGÜL tarafından hazırlanan “Düzenli Depolama Sahalarının Tasarımı Ve Örnek Bir Uygulama” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER

İmza :

Üye : Doç. Dr. Erol KAM

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARININ TASARIMI VE ÖRNEK BİR UYGULAMA

Müjgan ERGÜL

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç.Dr. Zeki Ünal YÜMÜN

Hızlı tüketimin arttığı günümüzde katı atıkların yarattığı çevre kirliliği başlıca sorunlardan biridir. Evsel ve endüstriyel katı atıkların dışında maden sahalarından (madenlerin aranması, bulunması, zenginleştirilmesi, temizlenmesi, işlenmesi vb. işlemler sonucu) çıkan atıklar da (pasa) çevre kirliliğine yol açan oldukça önemli bir atık türüdür. Bu yüzden maden atıklarının da çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi gerekmektedir. Maden atıklarının bertarafında en çok kullanılan yöntem ise düzenli depolamadır. Günümüzde Maden Atıkları Yönetmeliği ve Atıkların Düzenli Depolanması Yönetmeliği'ndeki usul ve esaslar dikkate alınarak maden atıklarının bertarafı gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada yürürlükte bulunan mevzuatlar çerçevesinde düzenli depolama sahalarının taşınması gereken kriterler ele alınarak maden atıkları için örnek bir düzenli depolama sahası tasarımı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Maden Atığı, Düzenli Depolama, Atık Yönetimi

2018, 105 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

SOLID WASTE DEPOSITION FIELD DESIGNING AND SAMPLE AREA

Müjgan ERGÜL

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor :Zeki Ünal YÜMÜN

Environmental pollution caused by solid waste is one of the major problems in today's fast consumption. Apart from domestic and industrial solid wastes, the wastes from the mine fields (after searching, finding, enriching, cleaning, processing etc) are also a very important waste types that cause environmental pollution. Because of that, mining wastes should be disposed of without harming the environment. The most commonly used method of disposal of mining waste is regular storage. Nowadays, the disposal of mineral wastes is carried out taking into account the principles and procedures of the Regulation on Mineral Wastes and the Regulation on the Regular Storage of Wastes. In this study, a standard landfill site for mineral wastes was designed by taking into consideration the criteria that the landfills of maritime storage areas should carry around within the framework of the legislation in force.

Key words: Mine Waste, Waste Management, Landfill

2018,105 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında bilgisini, deneyimini, yakın ilgi ve desteğini eksik etmeyerek bu çalışmanın ortaya çıkmasını sağlayan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN' e,

Ayrıca eğitime verdiği öncelik ve çalışmalarına verdiği destek için Saray (Tekirdağ) Belediye Başkanı Sayın Nazmi ÇOBAN' a,

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Çevre Yüksek Mühendisi Melike ÖNCE ' ye,

Her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2018

Müjgan ERGÜL

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL DİZİNİ	vii
ÇİZELGE DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	5
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	6
4.1. Çevre Kanunu	6
4.2. Atık Yönetimi Yönetmeliği	6
4.3. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik	6
4.4. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	7
4.5. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği	8
4.6. Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği	8
4.7. Atık Yönetimi ve Düzenli Depolama Tesisleri.....	9
4.7.1. Düzenli depolama tesisleri.....	9
4.7.1.1. Düzenli depolamanın avantaj ve dezavantajları.....	10
4.7.1.2. Düzenli depolama tesislerinde genel olarak alınacak önlemler	10
4.7.2. Düzenli depolama tesislerinde toprak ve suların korunması için su kontrolü	11
4.7.3. Düzenli depolama tesislerinde depo gazı yönetimi.....	11
4.7.4. Düzgün depolama tesislerinin kurulmasında izlenen yasal süreç	11
4.7.5. Düzenli depolama sahası yer seçimi	13
4.7.5.1. Düzenli depolama sahası yer seçiminde dikkat edilecek hususlar.....	13
4.7.6. Mahalli çevre kurulu kararı.....	14
4.7.7. Fizibilite	14
4.7.8. Çevresel etki değerlendirme süreci	14
4.7.8.1. Düzenli depolama tesisleri ile ilgili ÇED raporlarında bulunması gereken bilgiler....	15
4.7.9. Uygulama projeleri.....	16
4.7.9.1. Düzenli depolama sahasında bulunması gereken ana unsurlar ve ekipmanlar	19
4.7.9.2. Düzenli depolama tesisinde bulunan yardımcı unsurlar	20

4.7.9.3. Tasarım öncesi yapılacak çalışmalar	20
4.7.9.4. Düzenli depolama tesisi tasarımı.....	21
4.7.9.4.1. Taban geçirimsizliğinin oluşturulması	22
4.7.10. Depo tabanının teşkili	23
4.7.11. Sızıntı suyu yöntemi	25
4.7.11.1. Sızıntı suyu toplama sistemi	26
4.7.11.2. Sızıntı suyu özellikleri	26
4.7.11.3. Sızıntı suyu arıtımı	27
4.7.12. Hidrojeolojik durum	29
4.7.12.1. Geçirimsizlik(Permeabilite)	29
4.8. Maden Atıklarının Düzenli Depolanması.....	51
4.8.1. Maden atığı bertaraf tesislerinin sınıflandırılması	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	53
5.1. Örnek Proje Tanıtımı.....	53
5.2. Coğrafik Konumu	54
5.3. Genel Jeoloji.....	55
5.3.1. Stratigrafi.....	55
5.3.2. Yapısal jeoloji.....	56
5.3.3. İnceleme alanının jeolojisi.....	58
5.4. Düzenli Depolama Sahası Tasarımı.....	60
5.4.1. Düzenli depolama sahası yapısal özellikleri.....	60
5.4.2. Düzenli Depolama Sahasının Vaziyet Planı ve Koordinatları.....	61
5.4.3. Atık sahası taban, tavan ve yamaç kaplama özellikleri.....	63
5.4.3.1. Dolum kapasitesi.....	64
5.4.3.2. Gözlem kuyuları ve koordinatları.....	65
5.4.4. Laboratuvar Analizleri.....	65
5.4.4.1. Geoteknik laboratuvar analizleri.....	65
5.4.4.2. Kimyasal Analizler.....	66
5.5. Duraylılık Analizleri.....	66
5.5.1. Duraylılık analizleri genel bilgileri.....	66
5.5.2. Güvenlik sayısı seçimi (Gs).....	68
5.5.3. Balya düzenli depolama tesisi sedde yapılarının duraylılık analizleri.....	69
5.5.3.1. İkinci Seddenin İlk Durumda A-A Kesitinin Duraylılık Analizi.....	70

5.5.3.2. İkinci sedde enjeksiyon sonrası duraylılık analizi.....	75
5.6. Hidrojeolojik Ve Hidrolik Hesaplamalar.....	80
5.6.1. Çalışma alanı ve çevresinin hidrojeolojik durumu.....	80
5.6.2. Kuşaklama kanalı hesapları	81
5.7. Atık Malzeme Bilgileri.....	87
5.7.1. Atık malzemesinin tane boyu dağılımı.....	87
5.7.2. Atık malzemesinin zemin sınıfı.....	89
5.7.3. Atık malzemesinin indeks özellikleri.....	89
5.7.4. Permeabilite analizleri.....	92
5.7.4.1. Düşen düzeyli permeabilite deneyinin uygulanışı.....	92
5.7.4.2. Atık malzemenin düşen düzeyli permeabilite yöntemiyle geçirimsizlik değerinin belirlenmesi.....	93
5.8. Enjeksiyon İşleri.....	94
5.8.1. Enjeksiyon deliklerinin açılması.....	94
5.8.2. Enjeksiyon deliklerinin yıkanması.....	95
5.8.3. Enjeksiyon Metodoloji.....	95
5.8.4. Enjeksiyonda kullanılacak malzemeler.....	95
5.8.4.1. Çimento.....	95
5.8.4.2. Su.....	96
5.8.4.3. Kimyasal katkı malzemeleri	96
5.8.5. Alüvyon enjeksiyonu.....	97
5.9. Sonuçlar.....	101
6.KAYNAKLAR.....	102
ÖZGEÇMİŞ.....	105

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4. 1: Düzenli depolama tesislerinin kurulmasında izlenen yasal süreç (ÇYGM 2014)...	12
Şekil 4. 2: Düzenli depolama tesisinin unsurları (Vesilind 2002).....	19
Şekil 4. 3: Taban geçirimsizlik tabakası teşkilinde değişik uygulamalar (Anonim 2015) 2015).....	25
Şekil 4. 4: Oksidasyon-redüksiyon reaksiyonu (Anonim 2015).....	25
Şekil 4. 5:Sızıntı sularının çeşitli stabilizasyon (ayırışma) fazlarındaki karakteri(Anonim 2015)	27
Şekil 4. 6: Geçirimsizlik katsayısının (k) belirleme yöntemleri (Şekercioğlu 1993).....	31
Şekil 4. 7: Lugeon deneyinin yapılışı (Şekercioğlu 1993).....	33
Şekil 4. 8: Lugeon deneylerinde gerçek basıncın hesaplanması (Şekercioğlu 1993).....	35
Şekil 4. 9: Tij ve manşonlardaki yük kaybını gösterir abak (Şekercioğlu 1993).....	36
Şekil 4.10: Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması (Şekercioğlu 1993).....	37
Şekil 4.11: Lugeon eğrilerinin yorumlanması (H. Cambefort).....	38
Şekil 4.12: Basıncılı su deneylerinde değerlendirme bölgeleri (Şekercioğlu 1993).....	39
Şekil 4.13: Basıncılı su deneyi değerlendirmelerinde 1. ve 2. Bölge sınırları (Şekercioğlu 1993).....	40
Şekil 4.14: Sızma deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması (Şekercioğlu 1993).....	42
Şekil 4.15: Nasberg - Terletskata deneyi (Şekercioğlu 1993).....	43
Şekil 4.16: Matsuo deneyleri (Geçirimsiz taban çok derinde) (Şekercioğlu 1993).....	43
Şekil 4.17: Matsuo deneyleri (Geçirimsiz taban çok yakında) (Şekercioğlu 1993).....	44
Şekil 4.18: Lefranc - Mandel deneyi (Şekercioğlu 1993).....	45
Şekil 4.19: Dupuit pompalama deneyleri (Şekercioğlu 1993).....	46
Şekil 4.20: Geçici akım yöntemi (Şekercioğlu 1993).....	47
Şekil 4.21: Geçici akım yöntemi (Şekercioğlu 1993).....	48
Şekil 4.22: Sabit düzeyli geçirimsizlik deneyinin şeması (Şekercioğlu 1993)	49
Şekil 4.23: Düşen düzeyli geçirimsizlik deneyinin şeması (Uzuner 2005).....	50

Şekil 5.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası (Yümün 2017).....	54
Şekil 5.2: İnceleme alanının genelleştirmiş kolon kesiti(MTA 1/100 000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılarak hazırlanmıştır.(Yümün 2017).....	55
Şekil 5.3: Balya güneydoğusunda yüzeyleyen kireçtaşı bloklarında görülen eklem sistemi (Yümün 2017).....	56
Şekil 5.4: Balya güneydoğusunda yüzeyleyen Karakaya Kompleksi'nin Hamuru konumunda olan kumtaşlarında görülen eklem sistemi(Yümün 2017).....	57
Şekil 5.5: Batı Anadolunun Aktif Tektoniği (Yümün 2017).....	58
Şekil 5.6: Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarının yakından görünümü (Yümün 2017).....	59
Şekil 5.7: İnceleme alanında yüzeyleyen kumtaşlarının yakından görünümü (Yümün 2017).....	59
Şekil 5.8: İkinci sedde B-B kesiti ve sedde geometrik yapısı (Yümün 2017).....	60
Şekil 5.9: İnceleme alanının 1/25000 ölçekli topoğrafik haritası ve konumu (Yümün 2017).....	61
Şekil 5.10: Düzenli depolama sahasının vaziyet planı ve seddelerin konumları(Yümün 2017).....	61
Şekil 5.11:Atık sahası taban (Sağdaki resim) ve tavan (Soldaki resim) kaplama kesitleri (Yümün 2017).....	64
Şekil 5.12: Şev Türleri	67
Şekil 5.13: İkinci sedde ilk durumda depremsiz duraylılık analizi kesiti (Yümün 2017).....	71
Şekil 5.14: İkinci sedde ilk durumda depremsiz duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017).....	71
Şekil 5.15: İkinci sedde ilk durumda depremliler duraylılık analizi kesiti (Yümün 2017).....	73
Şekil 5.16: İkinci sedde ilk durumda depremliler duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017).....	73
Şekil 5.17: İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremsiz duraylılık analizi kesiti (Yümün 2017).....	75
Şekil 5.18: İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremsiz duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017).....	75

Şekil 5.19: İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremlerli duraylılık analizi kesiti (Yümün 2017).....	77
Şekil 5.20: İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremlerli duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017).....	77
Şekil 5.21: İnceleme alanı ve yakın civarının 1/25000 ölçekli hidrojeoloji haritası	80
Şekil 5.22: İnceleme alanı ve yakın çevresinin hidrojeoloji haritası (yüzeysel su akım ve su ayırım çizgileri haritası) (Yümün 2017).....	82
Şekil 5.23: Birinci kuşaklama kanalı geometrisi (Yümün 2017).....	83
Şekil 5.24: İkinci kuşaklama kanalı geometrisi (Yümün 2017).....	84
Şekil 5.25: Tünel ikinci geometrisi (Yümün 2017).....	85
Şekil 5.26: Maden atığı birinci numunenin elek analizi grafiği (Yümün 2017).....	87
Şekil 5.27: Maden atığı ikinci numunenin elek analizi sonuçları (Yümün 2017).....	88
Şekil 5.28: Düşen düzeyli geçirimlilik deneyinin şeması (Yümün 2017).....	93
Şekil 5.29: Raymond International Inc. (1957)'e göre, boşluk oranları ile enjeksiyon çözeltisi alışları arasında ilişki (CECW-EG 1995)	99
Şekil 5.30: 2. Sedde enjeksiyon sonrası enkesiti (Yümün 2017).....	100

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4. 6: Sınıflarına göre düzenli depolama tesisi taban geçirimsizlik sistemi özellikleri (ÇYGM 2014).....	22
Çizelge 4. 7: Sızıntı suyunda kullanılan proseslerin etkileri (Anonim 2015).....	28
Çizelge 4.8: Kayaçların Lugeon birimine göre geçirimsizlik yönünden sınıflandırılması (Şekercioğlu 1993).....	29
Çizelge 4.9: Kayaçların (K) geçirgenlik katsayısına göre sınıflandırılması (Şekercioğlu 1993).....	30
Çizelge 5.1: Karakaya Kompleksi içerisinde yer alan kumtaşlarından ölçülen eklem durumları (Yümün 2017).....	57
Çizelge 5.2 : Düzenli depolama sahasının koordinatları (ED-50, 6 Derece) (Yümün 2017)...	62
Çizelge 5.3: Düzenli depolama sahasının koordinatları (ED-50, 6 Derece) (DEVAM) (Yümün 2017).....	63
Çizelge 5.4: Düzenli depolama alanı kapasite özeti (Yümün 2017).....	64
Çizelge 5.5: Gözlem kuyularının koordinatları (ED-50/6 Derece) (Yümün 2017).....	65
Çizelge 5.6: Geoteknik laboratuvar analizi sonuçları (Yümün 2017).....	65
Çizelge 5.7: Atığın kimyasal analizi sonuçları (B.Ü. NABİLTEM) (Yümün 2017).....	66
Çizelge 5.8: Yapılan duraylılık analizinde materyallere ait laboratuvar analiz sonuçları (Yümün 2017).....	70
Çizelge 5.9: İkinci sedde ilk durumda depremsiz duraylılık analizi hesap dataları(Yümün 2017).....	72
Çizelge 5.10: 2. Sedde ilk durumda depremliler duraylılık analizi hesap dataları (Yümün 2017).....	74
Çizelge 5.11: İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremsiz duraylılık analizi hesap dataları (Yümün 2017).....	76
Çizelge 5.12: İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremliler durum duraylılık analizi dataları (Yümün 2017).....	78
Çizelge 5.13: Duraylılık analizi özet tablosu (Yümün 2017).....	79

Çizelge 5.14: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Balıkesir Meteoroloji İstasyonunda (Yümün 2017).....	86
Çizelge 5.15: Maden atığı birinci numunenin elek analizi sonuçları (Yümün 2017).....	87
Çizelge 5.16: Maden atığı ikinci numunenin elek analizi sonuçları (Yümün 2017).....	88
Çizelge 5.17: Elek analizi sonuçlarına göre zeminin tane boyu dağılımı değerleri (Yümün 2017).....	89
Çizelge 5.18: Atık malzemesinin indeks özellikleri (Yümün 2017).....	91
Çizelge 5.19: Düşen düzeyli permeabilite deneyi sonuçları (Yümün 2017).....	94
Çizelge 5.20: Enjeksiyon metraj çizelgesi (Yümün 2017).....	100

1. GİRİŞ

Toplumların sosyo-ekonomik yapıları değıştikçe üretim, dağıtım ve tüketim alışkanlıkları da değışmekte, hızlı gelişme beraberinde sorunlar da getirmektedir. Nüfusun artması, yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojideki gelişmelerin artması sonucu, evsel ve endüstriyel katı atık miktarları da son yıllarda önemli miktarlarda artmıştır. Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddelere katı atık denilir. Katı atıklar kaynaklarına göre; evsel katı atıklar, endüstriyel atıklar, zirai atıklar, hastane atıkları, arıtma tesisi atıkları ve radyoaktif atıklar olarak sınıflandırılabilir. Katı atıklar genel olarak, bertaraf yöntemine göre ve dane büyüklüğüne göre sınıflandırılmaktadır (Sedef 2016).

Anayasamızın 56 ıncı maddesine göre, herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir (Anayasa 56. madde) (Çevre Kanunu 1983). Bu kapsamda yürürlükte bulunan mevzuatlar da her geçen gün yenilenecek ya da genelgeler yayınlanarak düzenli depolama sahalarının taşınması gereken kriterler, atık yönetimi, atıkların bertarafı ve düzenli depolanması en hassas şekilde belirlenerek atık yönetimini mevzuatlara uygun gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Türkiye’de çevre koruma politikası esas olarak 1983 yılında yürürlüğe konulan 2872 sayılı Çevre Kanunu ve bu Kanuna göre hazırlanmış tüzük, yönetmelik ve tebliğlerden oluşur. Çevre Kanunu Türkiye’deki hem çevre ile ilgili köklü ve doğrudan yasal çalışmaların başlangıcı hem de çevre koruma politikasının temel çerçevesi olarak kabul edilir. Çevre Kanunu’nun 8. maddesi gereği; “her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili Yönetmeliklerde belirlenen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır (Bilgili 2002).

Yasal olarak ülkemizde çevrenin korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi, atıkların toplanması, taşınması ve geri kazanılması ile çevre ve insan sağlığına olumsuz etki yapmadan nihai bertarafına ilişkin yükümlülük, yetki ve sorumluluklar 5393 sayılı Belediye Kanunu kapsamında belediyelere ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu ile büyükşehir belediyelerine verilmiştir. Bu mevzuatlar güncel durum şartlarına uygun olarak sürekli güncellenmeli ve kendini geliştirmelidir. Aksi takdirde çevre kirliliği açısından günden güne eksik kalacaklardır (Bilgili 2002).

Devamlı artan atıklar zamanla depolama gerekliliğini ortaya koymuştur. Şehirleşmenin başladığı ilk yıllarda dikkate alınmayan bu atıklar, yıllar geçtikçe kötü kokulara ve görüntü kirliliğine yol açarak insanları rahatsız etmiştir. Bu nedenle katı atıkların depolanmasıyla ilgili birçok yöntem geliştirilmeye başlanmış ve bu çalışmalar halen devam etmektedir. Toplum ve çevre sağlığını korumak için katı atıkların usulüne uygun olarak bertaraf edilmesi gerekmektedir. Atıkların bertarafının tekniğine uygun yapılmaması durumunda yakın gelecekte olumsuz etkilerinin gündeme geleceği açıktır (Karaca 2008).

Katı atıkların düzenli depo sahalarında bertaraf edilmesi, yakma ve kompostlaştırma gibi diğer alternatif atık bertaraf yöntemleri arasında, ekonomik avantajları dolayısıyla en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Düzenli depolama, maliyetinin düşük olmasının yanında, atıkların kontrollü şartlar altında inert ve stabilize olmuş maddelere dönüşüncüye kadar ayrışmasına da imkan sağlamaktadır (Bilgili 2002).

Katı atık depo tesislerinin yer seçimi; kaya sınıflarına, yapısal özelliklerine ve geçirimsizlik (permabilite) özelliklerine ve ortam koşullarının ekonomik analizlerine göre değerlendirilmelidir. Depo sahalarında sızdırmazlık sağlamak için depo taban dizaynında; geomembranlar, geosentetik killi taban örtüleri, doğal kilden taban örtüleri, kompozit taban örtüleri kullanılmaktadır. Diğer yandan killerin kullanılması durumunda, killerin özellikleri ve sınıflandırılması aynı zamanda depo taban teşkili için uygun olup olmadığı incelenmelidir. Katı atık sahaları yer kabuğunda uygun yerlere yapılacağı için, yer kabuğunda bulunan kayaların bilinmesinde yarar vardır (Akbulut ve ark. 1999).

Tüm endüstriyel faaliyetlerde olduğu gibi madenlerin işletilmesi sonucunda da atık meydana gelmektedir. Madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması ve zenginleştirilmesi veya depolanması sonucunda oluşan katı veya şlam/sulu çamur şeklinde madde veya malzemeye maden atığı denir. Madencilik faaliyetlerinde atık/ürün oranına bağlı olarak büyük miktarlarda atık oluşmaktadır (Karapınar 2009).

Bu çalışma sonucunda yürürlükte bulunan mevzuatlar çerçevesinde düzenli depolama sahalarının taşınması gereken kriterler ele alınarak maden atıkları için örnek bir düzenli depolama sahası tasarımı yapılmış olacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hagerty ve ark. (1973), Toplumların kalkınmışlık düzeylerine, siyasal ve toplumsal özelliklerine bağlı olmayan çevre sorunları, su ve hava kirliliğinden sonra üçüncü kirlilik olarak adlandırmıştır.

Clayton ve Huie (1973), Evsel, ticari ve endüstriyel işlevler sonucu oluşan ve tüketicisi tarafından artık işe yaramadığı gerekçesiyle atılan ancak çevre ve insan sağlığı yanında diğer toplumsal faydalar nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken maddeleri atık olarak tanımlamıştır.

Tchobanoglous ve ark. (1977), Katı atık yönetimi kavramı, katı atıkların insan ve çevre sağlığı başta olmak üzere, mühendislik, ekonomi, kaynakların korunması, estetik ve diğer çevresel konularla birlikte toplumun üretim ve tüketim alışkanlıklarını da dikkate alarak atık miktarlarının kontrolü, toplama, biriktirme, taşıma-aktarma, işleme ve son uzaklaştırma aşamalarını kapsayan disiplin olarak tanımlamıştır.

EPA (1989), Dajani ve Warner (1980), Entegre katı atık yönetimi kavramı, kentsel katı atık yönetiminde etkinlik ve güvenliğin sağlanması amacıyla, insan ve çevre sağlığı üzerinde en az etkili olabilecek katı atıkların azaltımı, kaynağında azaltım, geri kazanım, tekrar kullanım, kompostlama, enerji kazanımı için yakma ve depolama gibi katı atık yönetimi uygulamalarının birlikte kullanılmasını anlatmaktadır. Entegre katı atık yönetimi planlaması ise katı atıkların miktar ve içeriği, yerel-bölgesel hatta ulusal ekonomik sosyal ve çevresel özellikler dikkate alınarak mevcut olanaklarla atıkların üretildiği kaynakta biriktirilmesinden başlayarak toplama, taşıma, işleme ve son uzaklaştırma süreçlerini kapsayan entegre planlama biçimi şeklinde tanımlanmıştır.

Agrawal (1990), Atık yönetimi atık oluşumu, toplama, işleme ve uzaklaştırma gibi temel unsurları yanında enerji, çevre koruma, kaynakların korunması, verimlilik artışı, istihdam gibi konularla bütünlük içinde sistem yaklaşımıyla ele alınmasını gerektirir. Atık yönetiminde sistem yaklaşımı, katı atıkların insan çevresinden sadece uzaklaştırılmasını değil; çevre ve toplum sağlığının korunarak geliştirilmesiyle birlikte ekonomik kalkınmanın sağlanmasına da olumlu katkılar sağlayacağını belirtmiştir.

WHO (1997), Güler ve Çobanoğlu (1996) , Tokgöz ve Sarmaşık (1982), Katı atıklar, içeriklerindeki hastalık yapıcı veya hastalık bulaştırıcı maddelerle gerek doğrudan; gerekse sinek, fare, böcek vb. diğer canlılar için beslenme ve üreme kaynağı olması nedeniyle dolaylı olarak çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

Özgür ve Azaklı (1999), Türkiye’de katı atıkların yönetimi, bilimsel ve deneysel bilgi birikimine uyulmadan, ciddi sağlık ve çevre sorunları ile yönetsel sorunlara yol açan alışagelen sıradan yöntemlerle sürdürülmektedir. Geri kazanım girişimleri ise genel eğitim amaçlı ve istenilen düzeyde değildir. En uygun yönetim uygulamaları için belediyeler arası işbirliği modellerinin geliştirilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Palabıyık (2001), Katı atıkların insan ve çevreye etkileri biyolojik, kimyasal ve fiziksel yönde olabilmektedir. Doğrudan veya ara hayvanlarla bulaşabilen cüzam, veba, kolera, dizanteri, tüberküloz, kuduz, sıtma gibi hastalıklar biyolojik olumsuzluklara örnek olurken; çöp depolama alanlarında oluşan sızıntı suları ve gazlar, hem kimyasal hem de biyolojik olumsuzluklara neden olmakta; çevreye sorumsuzca bırakılan atıklar da insanlara fiziksel zararlar verebilmektedir. Yetersiz atık yönetimi uygulamaları ile çevre ve insan sağlığı arasındaki ilişki kalkınmamış ve/veya kalkınmakta olan ülkelerdeki ilişkiyi incelemiştir.

Güç (2002), Antalya Katı Atık Düzenli Depolama Projesi, Taşkötü Depo Alanı, Jeoteknik Etüt Raporu başlıklı çalışmasında Antalya bölgesi Taşkötü Katı Atık Düzenli Depolama alanının jeolojik uygunluğunu incelemiştir. Çalışmasında jeolojik birimler ile depolanma sahasından kaynaklanan sızıntı suyunun etkileşimini incelemiştir.

Göçer (2005), Kırıkkale Katı Atık Düzenli Depolama Uygulama, Etüt Raporu başlıklı çalışmasında Kırıkkale Belediyesi Bedesten mevkiinde kurulması planlanan Katı Atık Düzenli Depolama inceleme alanının; jeolojik yapısı, yeraltı suyu durumu, birimlerin jeoteknik özellikleri ve zemin emniyet gerilmeleri ile depolanma sahasından kaynaklanan sızıntı suyunun etkileşimini incelemiştir.

Erdal (2006) ise çalışmasında jeolojik açıdan uygun olmayan bir bölgede yapılan “Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi” maliyeti ne kadar yüksek olursa olsun ne kadar güvenlik arttırılırsa arttırılsın her zaman risk taşıdığını belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında yönetmelikleri temel alan bir literatür çalışması ve özel bir şirket tarafından işletilen kurşun çinko tesisi atıkları için örnek bir düzenli depolama tesisi tasarlanmıştır.

Literatür taraması bu çalışmanın temelini oluşturmuş olup; araştırmalarda basılı bilimsel dergiler, konu ile ilgili kitaplar, önceden hazırlanmış tezler ve internet üzerinden yayınlanmış tüm çalışmalar kullanılmıştır.

Örnek düzenli depolama tesisinin tasarlanması için firma tarafından yaptırılan Jeolojik-Jeoteknik etüt verileri kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çevre Kanunu

Kanun Numarası: 2872

Kabul Tarihi: 9/8/1983

Yayımlandığı Resmi Gazete: 11.08.1983 / 18132

Bu Kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır (ÇSB 1983).

4.2. Atık Yönetimi Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı;

- a) Atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanmasına,
- b) Atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması ve atık yönetiminin sağlanmasına,
- c) Çevre ve insan sağlığı açısından belirli ölçütlere, temel şart ve özelliklere sahip, bu Yönetmeliğin kapsamındaki ürünlerin üretimi ile piyasa gözetimi ve denetimine, ilişkin genel usul ve esasların belirlenmesidir (ÇSB 2015).

4.3. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik

26 Mart 2010 tarih 27533 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak, 01.04.2010 tarihinde yürürlüğe giren Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, düzenli depolama tesislerine ilişkin teknik esaslar ile atıkların düzenli depolama tesislerine kabulü ve atıkların düzenli depolanmasına ilişkin usul ve esaslar ile alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri ve tabi olunacak sorumlulukları kapsamaktadır.

Yönetmelikte Düzenli Depolama tesisi," atıkların olduğu tesis içinde geri kazanım, ön işlem veya bertarafa gönderilmek üzere geçici depolandığı birimler, atığın geri kazanım veya ön işleme tabi tutulmak amacıyla üç yıldan daha kısa süreli ara depolandığı tesisler ile atığın bertaraf işlemine tabi tutulmak üzere bir yılı geçmeyecek şekilde ara depolandığı tesisler hariç olmak üzere atıkların yeraltı veya yer üstünde belirli teknik standartlara göre bertaraf edildiği sahalar" olarak tarif edilmektedir.

Yönetmelik ile düzenli depolama tesisleriyle ilgili genel hükümler, lisans, düzenli depolama tesislerinin inşaatı, düzenli depolama tesislerinin işletilmesi ve atık kabul kriterleri, işletme sırasında ve kapatma sonrasında kontrol ve izleme süreci ile ilgili hususlar belirlenmiştir.

Yönetmelikte düzenli depolama tesisleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

I. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi: Tehlikeli atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis.

II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi: Belediye atıkları ile tehlikesiz atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis.

III. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi: İnert atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis.

Düzenli depolama tesislerine atık kabulünde, atığın hangi sınıf depolama tesisinde bertaraf edileceğinin belirlenmesi amacıyla Yönetmelik Ek-1’inde listelenen kriterler, numune alma ve analiz yöntemleri kullanılır. I. sınıf düzenli depolama tesislerine sadece Ek-2’de I. sınıf düzenli depolama tesisleri için verilen kriterlere uyan tehlikeli atıklar kabul edilir. II.sınıf düzenli depolama tesisine; belediye atığı, Ek-2’deki kriterlere uyan tehlikesiz atıklar, Ek-2’de II. sınıf düzenli depolama tesisleri için verilen kriterlere uyan, katılaştırılmış veya camlaştırılmış atıklar gibi reaktif olmayan ve kararlı tehlikeli atıklar, reaktif olmayan ve kararlı tehlikeli atıklar kabul edilir. III. sınıf düzenli depolama tesislerinde sadece inert atıklar depolanır.

Yönetmeliğin hedefleri doğrultusunda işlenmeleri sonucu pratik bir fayda sağlanmayan atıklar ile teknik olarak işlenmeleri ve değerlendirilmeleri mümkün olmayan inert atıklar hariç olmak üzere atıklar, ön işleme tabi tutulmadan düzenli depolama tesislerine kabul edilmez (ÇSB 2010).

4.4. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı, tıbbi atıkların üretiminden bertarafına kadar;

- a) Çevreye ve insan sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesinin önlenmesine,
- b) Çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden kaynağında ayrı olarak toplanması, ünite içinde taşınması, geçici depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesine, yönelik prensip, politika ve

programlar ile hukuki, idari ve teknik esasların belirlenerek uygulanmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir (ÇSB 2017).

4.5. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı;

- a) Çevresel açıdan belirli ölçütlere, temel şart ve özelliklere sahip ambalajların üretimine,
- b) Ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, önlenemeyen ambalaj atıklarının tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yolu ile bertaraf edilecek miktarının azaltılmasına,
- c) Ambalaj atıklarının çevreye zarar verecek şekilde doğrudan ve dolaylı olarak alıcı ortama verilmesinin önlenmesine,
- ç) Ambalaj atıklarının belirli bir yönetim sistemi içinde, kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrılmasına ilişkin teknik ve idari standartların oluşturulmasına, yönelik prensip, politika ve programlar ile hukuki, idari ve teknik esasların belirlenmesidir (ÇSB 2011).

4.6. Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı; pil ve akümülatörlerin üretiminden başlayarak nihai bertarafına kadar;

- a) Çevresel açıdan belirli kriter, temel koşul ve özelliklere sahip pil ve akümülatörlerin üretiminin sağlanmasına,
- b) İnsan sağlığına ve çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama verilmesinin önlenmesine,
- c) Etiketleme ve işaretleme ile pil ve akümülatör ürünlerinin kalite kontrolünün, ithalatının kontrolünün ve içerdiği zararlı madde miktarının kontrolünün sağlanmasına,
- d) İthalat, ihracat ve transit geçişlerine ilişkin esasların belirlenmesine,
- e) Yönetiminde gerekli teknik ve idari standartların sağlanmasına,
- f) Zararlı madde içeren pil ve akümülatörlerin üretilmesinin, ihracatının, ithalatının ve satışının önlenmesine,
- g) Atık pil ve akümülatörlerin geri kazanım veya nihai bertarafı için toplama sisteminin kurulmasına ve yönetim planının oluşturulmasına, yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi için hukuki ve teknik esasları düzenlemektir (ÇSB 2004).

4.7. Atık Yönetimi ve Düzenli Depolama Tesisleri

Atığın kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, ara depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içeren bir yönetim biçimidir (Palabıyık 2001).

Atık işleme, ön işlemler ve ara depolama dâhil olmak üzere geri kazanım ya da bertaraf işlemlerini, atık işleme tesisi ise ön işlem ve ara depolama tesisleri dâhil aktarma istasyonları hariç olmak üzere, atıkları geri kazanan ve/veya bertaraf eden tesisleri ifade etmektedir.

Ön işlem, ayırma işlemi dâhil olmak üzere atıkların hacmini veya tehlikelilik özelliklerini azaltmak, yönetimini kolaylaştırmak veya geri kazanımını artırmak amacıyla atığa uygulanan fiziksel, ısıl, kimyasal veya biyolojik işlemlerden bir veya birkaçıdır (Clayton ve Huie 1973).

4.7.1. Düzenli depolama tesisleri

Düzenli depolama; evsel, ticari ve bazı endüstriyel katı atıkların (buna arıtma çamurları da dahil) uygun bir arazide kontrollü, düzenli ve sağlık şartları uygun bir şekilde depolanması aktivitesidir (INT-1).

Entegre atık yönetiminin en son adımını oluşturmaktadır. Hiçbir şekilde değerlendirilemeyen atıklar türüne uygun atık sahalarında depolanarak bertaraf edilirler. Düzenli depolama alanına giren katı atıklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlere uğrar. Bir reaktöre benzetilebilen bu sahalarda katı faz (çöp), sıvı faz (sızıntı suyu) ve gaz fazı olarak adlandırılan üç fiziki faz mevcuttur. Klasik depo sahaları, atıkların anaerobik ayrışmasına olanak sağlamalarına rağmen, çevre ve insan sağlığı üzerinde etkili olan iki önemli dezavantaja da sahiptir.

Bunlardan birincisi, yüksek konsantrasyonlarda organik kirlenici ve patojen ihtiva eden sızıntı suyunun oluşmasıdır. İkincisi ise, atıkların çok yavaş bir şekilde ayrışması ve buna bağlı olarak sahanın uzun yıllar boyunca, risklerin azaltılması bakımından kontrol edilme gerekliliğinin ortaya çıkmasıdır (Bilgili 2002).

4.7.1.1. Düzenli depolamanın avantaj ve dezavantajları

Düzenli Depolamanın Avantajları:

1. Uygun arazi bulunduğu takdirde ekonomik yöntemdir.
2. Ön yatırımı nispeten ez az olan yöntemdir.
3. Nihai imha metodudur. Her türlü çöp için uygulanabilir.
4. Esnek bir metottur. Katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla artırılabilir.
5. Kullanılan araziden, bazı diğer maksatlar için(rekreasyon vs.) istifade edilebilir.

Düzenli Depolamanın Dezavantajları:

1. Kalabalık yörelerde, ekonomik taşıma mesafesi içinde uygun yer bulmak zor.
2. Yerleşim yerlerine yakın deponi alanları için, halkın muhalefeti ile karşılaşılabilir.
3. Tamamlanmış deponi alanlarında göçük ve yerel çökmeler olabileceğinden devamlı bakım gerektirir.
4. Sıvı ve gaz sızıntıları, kontrol edilmezse, sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir (INT-1).

4.7.1.2. Düzenli depolama tesislerinde genel olarak alınacak önlemler

Depolama tesislerinden kaynaklanabilecek olumsuz etkileri asgari düzeye indirmek için tesislerde; koku ve tozların çevreye yayılmasını, rüzgârın etkisiyle kâğıt, naylon torba ve ince plastik gibi atıkların yayılmasını, gürültü ve trafik yoğunluğunu, kuşlar, haşerat, böcek ve diğer hayvanların alanda üremesi ve alandaki patojenleri çevreye taşımalarını, havada depo gazından kaynaklanan tabakalaşma ve aerosollerin oluşumunu, yangın ihtimalini azaltacak ve tesis çevresine etkilerini önleyecek sistemler kurulmak zorundadır. İşletme aşamasında depolama tesisine kabul edilen atıklar, sahanın yapısal sağlamlığını bozmayacak, iç ve dış şevlerde kayma ve yıkılmalara neden olmayacak güvenlik düzeyinde depolanır. Zemin stabilitesinin geçirimsizlik tabakasına zarar vermeyecek nitelikte olması sağlanmalıdır. Atıkların depolama çalışmaları sırasında, şev stabilitesini ve araçlarla makinelerin kolayca manevra yapabilmelerini sağlamak için lot şev eğimi ve atık hücresinin şev eğimi azami 1/3 olacak şekilde yapılır. Atığı getiren araçların geçişleri drenaj sistemine zarar vermeyecek şekilde planlanır. Depolama tesisi, izinsiz girişleri engelleyecek şekilde çevre çiti ve giriş kapısı ile donatılarak emniyet altına alınır. Tesiste izinsiz atık boşaltımını engelleyecek kontrol mekanizması oluşturulur (ÇYGM 2014).

4.7.2. Düzenli depolama tesislerinde toprak ve suların korunması için su kontrolü

Düzenli depolama tesisinin yer seçimi ve tasarımı, toprağın, yüzeysel suların ve yeraltı sularının kirlenmesini önleyecek şekilde yapılır, kapatma sonrası aşamada bu korumanın sağlanması için üst örtü teşkil edilir (ÇYGM 2014).

I. ve II. sınıf düzenli depolama tesisleri için sahanın özellikleri ve meteorolojik şartlar dikkate alınarak; depolama sahasına yağıştan kaynaklanan yüzeysel suların girmesini engellemek, sızıntı suyu toplama sistemine yağış suyu girmesini asgari düzeye indirmek, yüzeysel suların ve/veya yeraltı sularının depolanmış atığa temasını engellemek, kirlenmiş suları ve sızıntı suyunu toplamak, depolama sahasında toplanmış kirlenmiş suları ve sızıntı suyunu yönetmek gerekmektedir (ÇYGM 2014).

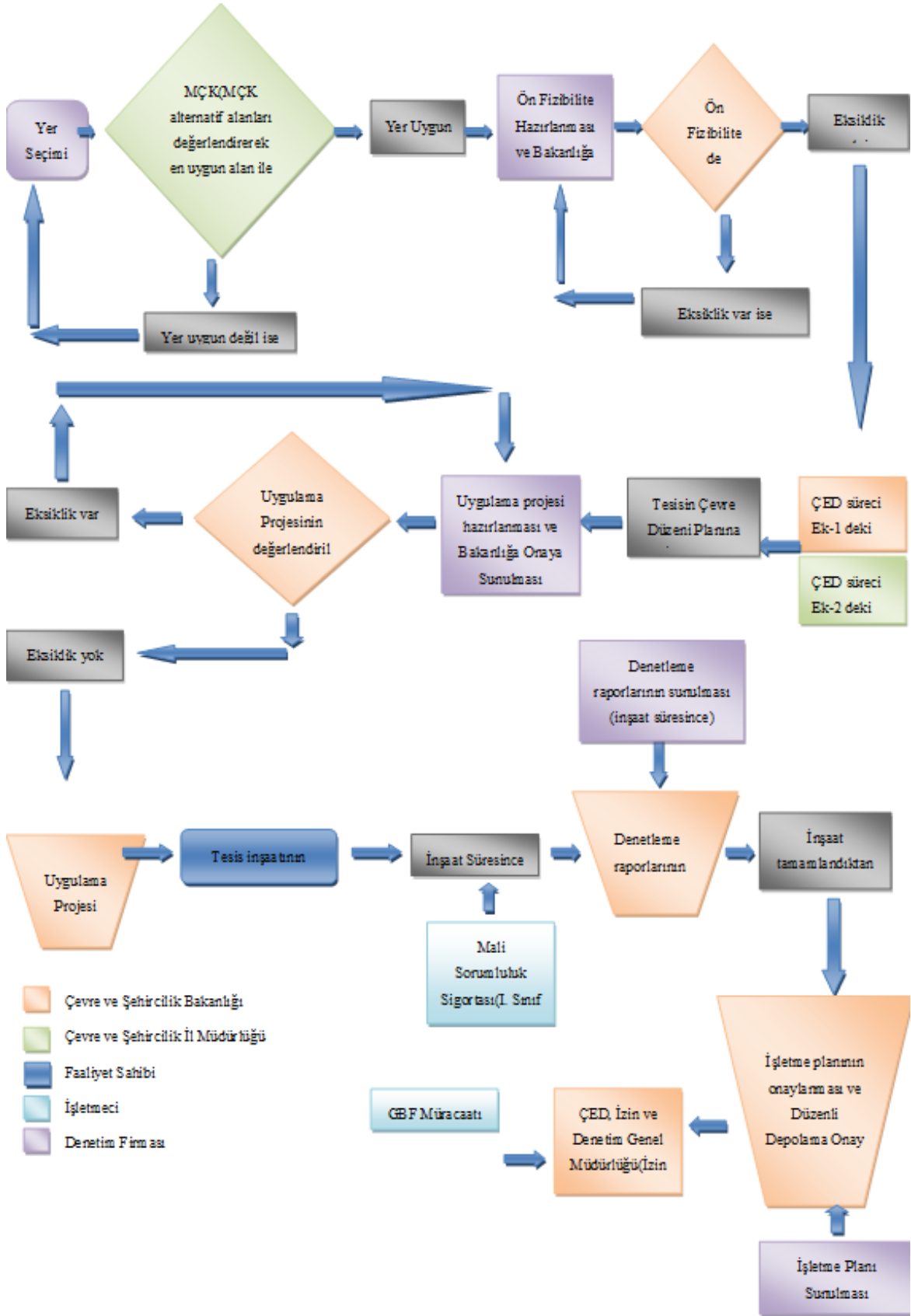
4.7.3. Düzenli depolama tesislerinde depo gazı yönetimi

Düzenli depolama tesisinde oluşan gazların toplanması, işlenmesi ve kullanılması işlemleri çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde yapılmak zorundadır (ÇYGM 2014).

Biyobozunur atıkları kabul eden tüm düzenli depolama tesislerinde gazlar toplanıp doğrudan veya işlenerek enerji üretiminde kullanılması, elde edilen depo gazının, enerji üretiminde kullanılmasının ekonomik olmaması halinde depo gazının meşalelerde yakılması gerekmektedir (ÇYGM 2014).

4.7.4. Düzenli depolama tesislerinin kurulmasında izlenen yasal süreç

Birlikler/Belediyeler/özel ve tüzel kişiler tarafından kurulan düzenli depolama tesislerinin yasal ve teknik yeterlilikleri ile işletme durumları Bakanlık tarafından takip edilmektedir. 26/03/2010 tarih ve 27533 sayılı Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğin Maddesine göre düzenli depolama tesisi kurmak isteyen gerçek ve tüzel kişiler, öncelikle kuracakları tesisin bu Yönetmelik ve diğer hukuki ve teknik düzenlemelerde istenen şartları sağlamak zorundadır (Şekil 4.1) (ÇYGM 2014).



Şekil 4. 1. Düzenli depolama tesislerinin kurulmasında izlenen yasal süreç (ÇYGM 2014)

4.7.5. Düzenli depolama sahası yer seçimi

Depo yerlerinin tespit edilmesinde dikkat edilmesi gereken başlıca faktörler şunlardır; atık üretim birimleri, iklim, jeoloji, hidroloji, yüzey hidroloji, 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 (ÇYGM 2014).

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğine göre; düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az bir kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli (250 m) metre olmak zorundadır (ÇYGM 2014).

Ayrıca, düzenli depolama tesisinin yer seçiminde; düzenli depolama tesisinin hava ulaşım güvenliğini etkileyip etkilemediği, orman alanları, ağaçlandırma alanları, yaban hayatı ve bitki örtüsünün korunması gibi özel amaçlarla koruma altına alınmış alanlara uzaklığı, bölgede bulunan yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ve koruma havzalarının durumu, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri, sahanın topografik, jeolojik, jeomorfolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik durumu, taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski, hâkim rüzgâr yönü ve yağış durumu, doğal veya kültürel miras durumu dikkate alınır (ÇYGM 2014).

Sahada akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları, yüksek gerilim hatları bulunmamalıdır (ÇYGM 2014).

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 (Akbulut 2003).

4.7.5.1. Düzenli depolama tesisleri yer seçiminde dikkat edilecek hususlar

1. Farklı arazi kullanım bölgelerine uzaklık (tampon bölge), eğim hesabı ve uygunluk açısından yeniden sınıflandırma vb. pek çok konumsal analizleri içermeli,
2. Karar verme sürecinde hangi faktörlerin göz önüne alınacağını ve hangilerinin hariç tutulacağı; ya da bu faktörlerin verilecek kararı hangi düzeyde etkileyeceği etkin ve tarafsız bir şekilde belirlenmeli,
3. Birbiriyle çelişen çok sayıda faktör değerlendirilmeli ve uygun bir karar alınmalı,

4. Alternatifler alanlar değerlendirilirken çevresel ve sosyal unsur ve hassasiyetler göz önüne alınmalı, ekonomik, teknik ve çevresel açıdan en sürdürülebilir ve tüm taraflarca kabul edilebilir yer seçilmelidir (Akbulut 2003).

Teknik olarak mümkün olabilecek depo yerlerini, çevreye muhtemel olumsuz etkileri bakımından değerlendirmek oldukça zordur. Buna rağmen depo alanları, belirlenebilir kısıtlarla değerlendirilebilir. Halk, düzensiz depolamada karşılaşılan yangın, koku, haşere üremesi, atıkların çevreye yayılması gibi problemler yaşanacağını düşünerek arka bahçesinde bir Düzenli Depolama Tesisinin de yapılmasına karşı çıkabilecektir. Bu sıkıntıların önüne geçmek için halkın düzenli depolama tesisi projelerine paydaş olarak katılımının sağlanması, halka kurulacak atık yönetim sistemi ve düzenli depolama tesisleri, çevresel etkilerin nasıl önleneceği, alınacak önlemler ve gerekli durumlardaki müdahaleler hakkında halkın katılımı toplantıları, özel bilgilendirme toplantıları düzenlenmesi önem arz etmektedir (Akbulut 2003).

4.7.6. Mahalli çevre kurulu kararı

Belirlenen alternatif alanlar üzerinde değerlendirmeler yapılarak, Mahalli Çevre Kurulu'nda görüşülerek ilgili kurum ve kuruluşlarca tekrar değerlendirilerek karara bağlanmalıdır (ÇYGM 2014).

4.7.7. Fizibilite

Düzenli depolama tesisi kurmak isteyen gerçek ve tüzel kişiler, öncelikle kuracakları tesisin Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik ve diğer hukuki ve teknik düzenlemelerde istenen şartları yerine getirebileceğini gösterir, mali fizibiliteyi de içeren ve atık yönetim planlarıyla uyumlu olduğunu gösterir raporu bakanlığa sunarak uygun görüş almakla yükümlüdür (ÇYGM 2014).

4.7.8. Çevresel etki değerlendirme süreci

Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği, ülkemizde ilk olarak 07 Şubat 1993 tarihinde yayımlanmış olup sırasıyla 1997, 2002, 2003, 2008 ve 2011 tarihlerinde değiştirilmiştir. Son olarak yatırım ortamının iyileştirilmesi çalışmaları göz önüne alınarak 03/10/2013 tarihinde revize edilmiştir (ÇYGM 2014).

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği kapsamında projeler, **Ek-I** ve **Ek-II** listesi olarak, kirleticilik vasıfları göz önüne alınarak iki grupta toplanmıştır. Ek-1

Listesi'nde 12. Tehlikeli ve özel işleme tabi atıklar başlığı altında Tehlikeli ve özel işleme tabi atıkların geri kazanılması yakılması (oksitlenme yoluyla yakma, piroliz, gazlaştırma veya plazma ve benzeri termal bertaraf işlemleri) ve/veya nihai bertarafını yapacak tesisler, 13. Günlük kapasitesi 100 ton ve üzeri atıkların yakılması (oksitlenme yoluyla yakma, piroliz, gazlaştırma veya plazma ve benzeri termal bertaraf işlemleri), belediye atıkları hariç olmak üzere alanı 10 hektardan büyük ve/veya hedef yılı da dahil günlük 100 ton ve üzeri olan atıkların ara işleme tabi tutulması ve/veya düzenli depolanması için kurulacak tesisler başlığı altında atık yönetim tesisleri yer almaktadır (ÇYGM 2014).

13. Madde kapsamında yer alan projeler için kapasite ve alan büyüklükleri ayrı ayrı geçerli olan sınırlayıcı değerleri ifade etmektedir. Kapasitenin 100 ton/gün değerinden büyük olması durumunda proje, alan büyüklüğüne bakılmaksızın Ek-1 kapsamında değerlendirilmelidir. Aynı şekilde alan büyüklüğünün 10 hektardan büyük olması durumunda proje, atık miktarına bakılmaksızın EK-1 kapsamında değerlendirilmelidir(Kül, cüruf depolanması gibi). Alan büyüklüğü ve atık miktarına bağlı olarak Ek-1'de yer almayan projeler ve belediye atıklarının yönetildiği tesisler Ek-2 Listedeki Belediye atıkları dahil olmak üzere atıkların kompost ve diğer tekniklerle ara işleme tabi tutulması, düzenli depolanması ve bertaraf edilmesi için kurulan tesisler kapsamında değerlendirilmelidir (ÇYGM 2014).

4.7.8.1. Düzenli depolama tesisleri ile ilgili ÇED raporlarında bulunması gereken bilgiler

1. Projenin açıklanması, proje nüfusu, (atık ve nüfus projeksiyonları) projenin hizmet edeceği alanlar, projenin ekonomik ömrü,
2. Tesise kabul edilecek atıkların kaynağı, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, miktarları ve ilgili yönetmeliklere göre sınıflandırılması,
3. Proje alanının yeri, büyüklüğü, sahanın koordinatları, arazi vasfı, mülkiyeti, yerleşim yerlerine, koruma alanlarına vb. mesafeleri, meteorolojik, jeolojik özellikleri, sel, taşkın, heyelan riskleri ve alınacak önlemler, yeraltı ve yüzeysel su kaynakları durumu,
4. Düzenli depolama tesisi tasarımı(depolar alanı dizaynı, lotların planları, ömürleri, zemin geçirimsizliği, yeraltı suyu seviyeleri, depo tabanı, yan yüzeyler ve üst örtü teşkili, drenaj sistemleri, sızıntı suyu toplanması, sızıntı suyu havuzu tasarımı, depo gazı toplanması ve bertarafı,
5. Arazinin hazırlanması aşamasında yapılacak hafriyat, hafriyat artığı malzemenin nerelere taşınacakları, nerelerde depolanacakları veya hangi amaçlar için kullanılacakları, dolgu

için kullanılacaksa hafriyat ve dolgu tabloları, depolama alanının nihai eğim açısı ve depolama sahası durumu,

6. Atık toplama ve taşıma sistemleri, transfer istasyonlarının yeri, tasarımı, araçların özellikleri,
7. Koku, toz, haşere, sinek üremesi vb. önlemleri,
8. Doğal afet veya kaza anında alınacak önlemler (Acil eylem Planı),
9. İşletme ve bakım yöntemleri, işletme sonrası rehabilitasyon çalışmaları, yer altı ve yerüstü kaynaklarının izlenmesi, gözlem kuyularının yerleri,
10. Ölçekli vaziyet planı (sağlık koruma bandının da gösterildiği).
11. ÇED süreci tamamlanan tesisler Çevre Düzeni Planlarına işlenir. ÇED Olumlu ya da ÇED Gerekli Değildir kararı verilen projelerin izlenmesi ve denetlenmesi; ÇED Raporunda veya Proje Tanıtım Dosyasında verilen taahhütler doğrultusunda projelerin izleme ve denetimi yapılmaktadır.

ÇED Uygulamaları sayesinde; projenin amacı ve kapsamı ayrıntılı olarak değerlendirilir. Proje sahipleri; projeyi yeniden gözden geçirme imkânına kavuşurlar, Bölge için farklı teknolojilerin değerlendirilmesi teknolojilerin çevresel etkileri ve maliyetleri konusunda bilgi sahibi olurlar, proje için alternatif alanların değerlendirilmesine, konuya ilişkin maliyetlerin tahmin edilmesine ve projeyi kamuoyuna duyurma imkânına sahip olurlar (ÇYGM 2014).

4.7.9. Uygulama projeleri: Düzenli depolama tesisleri uygulama projelerinin hazırlanmasında ülkemiz genelinde birliktelik sağlanması ve kurum/kuruluş/firmaların veya belediye/birlik başkanlıklarının verimli ve ekonomik bir düzenli depolama tesisine sahip olması ve çevresel yükümlülüklerini daha özenle yerine getirmeleri açısından uygulama projeleri Bakanlığımız onayına sunulmalıdır (ÇYGM 2014).

Uygulama projesi raporunda;

1. Nihai ÇED raporu,
2. Zemin etüt raporu,
3. Sedde duraylılık analizi,
4. Deprem risk analiz raporu,
5. Sızıntı suyu ve depo gazı yönetimi,
6. Paftalarda verilen bilgilerin detaylı açıklaması,

7. Enerji alış verişi yapılan kuruluştan temin edilen enerji müsaade yazısı veya sistem bağlantı anlaşması,
8. Taban geçirimsizlik malzemelerinin (kil, jeomembran, çakıl, vb.) teknik özellikleri, temin yeri ve kil grubu mineral geçirimsizlik malzemesi sıkıştırma test yöntemleri,
9. Su Yapıları Yetkili Denetim Firması veya Bakanlıkça düzenli depolama tesislerinin denetimine ilişkin olarak Yetkilendirilmiş Denetim Firmaları ile yapılan sözleşmenin aslı veya noter onaylı nüshası, yer almalıdır (ÇYGM 2014).

Detay paftalarda;

1. Coğrafi bilgi sistemlerine uygun ülke koordinatlarına applike edilmiş halihazır harita üzerinde topografik kotların yanı sıra arazi üzerindeki yol, su birikintileri, yapılar, elektrik, su ve boru hatları ve eğim başlangıç bitiş noktaları gösterilmelidir. Koordinatlar 3 derece ve 6 derece olmak üzere belirtilir.
2. Saha Genel Yerleşim Planında tesis üniteleri numaralandırılarak gösterilmeli, plan üzerinde etaplar, seddeler ve eğimler gösterilmelidir.
3. Sahaya ait gerekli sayıda boy kesit ve en kesit paftası (saha kesitleri) verilmelidir.
4. Kazı, dolgu, plan ve kesitlerinde saha taban eğimleri boyuna ve enine olmak üzere sızıntı suyunun verimli toplanabileceğini göstermelidir.
5. Kademe dolgu planları, depolama sahası atık dolum kademelerini ve kademelerin dolum sonrası kotlarını göstermelidir.
6. Nihai atık dolum planında, depolama sahasının tüm kademelerinin tam kapasite ile doldurulmuş hali gösterilmelidir.
7. Yüzey suyu drenaj planı ve detayları, drenaj sisteminin çevreden gelen suları toplayıp tahliye edecek şekilde sahanın etrafını sardığını ve eğimin akışı sağlayabildiğini göstermelidir.
8. Sızıntı suyu drenaj planı ve detayları, oluşacak sızıntı suyu miktarı dikkate alınarak hesaplanan ana ve tali boruların çaplarını göstermelidir. Sistem kamera ile kontrol edilecek ise boru çapının en az 350 mm olması gerektiği dikkate alınmalıdır.
9. Sızıntı suyu toplama bacası kullanılacaksa proje dosyasına baca kesit detayı ve koordinatları eklenmelidir. Sızıntı suyunun baca gerektirmeksizin borularla nakledilmesi durumunda bu detaya gerek yoktur.
10. Yol aplikasyon tablosunda koordinatlar, yol uzunlukları ve kurlar gösterilmiş olmalıdır. Sahanın atık dolum bölümlerindeki yol eğimleri en fazla %9 mertebesinde olmalıdır. Araç yoğunluğu az ise eğim %12' ye kadar çıkarılabilir. Dolgu bölgeleri

dışında kalan yolların eğimleri mevcut topografyaya göre tanzim edilmelidir. Atık taşıma sisteminin kamyon vb. araçlar dışında (boru, konveyör bant vb.) olması durumunda yol aplikasyon 2/5 tablosunun hazırlanmasına gerek yoktur. Ancak sahaya ulaşım yollarının ve atık taşıma sisteminin harita üzerinde gösterilmesi gerekir.

- 11.** Gaz toplama bacaları, bir bacanın ortalama 50 m çapındaki (etkin çap) bir alanın gazını toplayabileceği şekilde planlanmalı ve koordinatları verilmelidir.
- 12.** Depolama sahasında kullanılacak seddelere ait tip kesit/kesitler verilmelidir.
- 13.** Depo tabanı ve üst örtü sızdırmazlık sistemlerine ait kesitleri verilmelidir.
- 14.** Jeomembran ankraj detayları verilmelidir.
- 15.** Sahanın etrafına muhtemel sızıntı suyu kaçaklarını tespit etmek için en az üç adet gözlem kuyusu yerleştirilmeli, proje dosyasında bu kuyulara ait plan, kesitler ve koordinatları sunulmalıdır (ÇYGM 2014).

I.ve II. sınıf düzenli depolama tesisleri için hazırlanacak olan proje dosyasında saha uygulama projelerine ek olarak projenin özelliğine göre elektrik, mimari ve mekanik projeler ile ilgili detay çizimler de yer almalıdır. 13.05.2011 tarihli ve 27933 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Su Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği” kapsamında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yetkilendirilmiş “Su Yapıları Yetkili Denetim Firmaları” (SYDF) veya Bakanlıkça düzenli depolama tesislerinin denetimine ilişkin olarak Yetkilendirilmiş Denetim Firmaları (DDYDF) ile sözleşme yapılmalı, sözleşmenin bir adet aslı veya noter onaylı nüshası Bakanlığımıza sunulmalıdır. Bakanlığımız tarafından onaylanan uygulama projesinin bir nüshası inşaat denetimini yapacak olan DDYDF veya SYDF’ye Bakanlığımızca gönderilir. İnşaat denetimi aşamasında DDYDF veya SYDF tarafından yapılan işin fotoğrafları, numune sonuçları ve gerekli bilgi ve belgeleri içeren denetleme raporları Bakanlığa aylık olarak sunulur. İnşaatın tamamlanmasını müteakip denetimin tamamlandığına dair DDYDF veya SYDF tarafından denetleme nihai raporu sunulur (ÇYGM 2014).

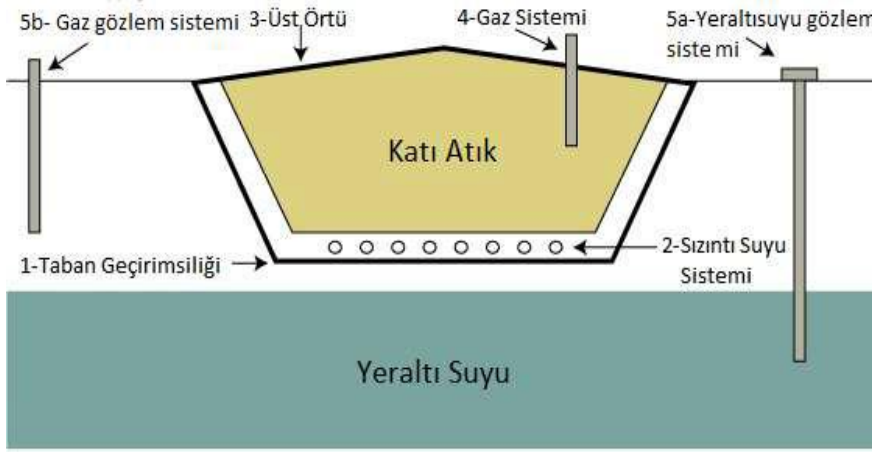
Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik yayımı tarihi öncesinde Bakanlık tarafından uygulama projeleri onaylanmış fakat inşa edilmemiş düzenli depolama lotlarının uygulama projeleri, bu Yönetmeliğe göre revize edilerek yeniden Bakanlık onayına sunulmalı ve yeni lot inşaatları da bu Yönetmeliğin hükümleri çerçevesinde yapılmalıdır (ÇYGM 2014).

Düzenli depolama tesisinin işletmesinde saha görevlisi olarak çalışacak teknisyen, tekniker ya da mühendislerin, Bakanlıkça belirlenecek eğitimleri alarak yapılacak sınavda

başarılı olmaları halinde Bakanlıkça saha yönetimi ve işletme yetki belgesi düzenlenir. Düzenli depolama tesislerinin Bakanlıktan alınmış saha yönetimi ve işletme yetki belgesine sahip personel tarafından işletilmesi zorunludur (ÇYGM 2014).

4.7.9.1. Düzenli depolama sahasında bulunması gereken ana unsurlar ve ekipmanlar

Genel ve basit olarak düzenli depolama tesisi Şekil 4.2 de gösterildiği gibi, depolamadan kaynaklanan sızıntı suyu, gaz ve görsel kirliliğin öncelikle etrafa yayılmasının engellendiği ve bunların çevreye zarar vermeyecek şekilde toplanıp değerlendirildiği ve/veya arıtıldığı depolama tesisleri olarak tanımlanabilir (Vesilind 2002).



Şekil 4.2. Düzenli depolama tesisinin unsurları (Vesilind 2002).

Düzenli depolama tesislerinin neden olabileceği çevresel etkilerin azaltılabilmesi için depo tabanında dizayn edilen geçirimsizlik tabakası sayesinde depo ortamından sızan çöp sularının toplanarak yer altı sularının ve yüzeysel sularının kirlenmesi önlenir. Düzenli depolama sahalarını, düzensiz depolama alanlarından ayıran en önemli farklarından biri de, sızıntı sularının ve depo gazının olumsuz etkilerini kontrol altına alacak bir tasarımının olmasıdır(Vesilind 2002).

Düzenli depolama tesisi, temel unsurlar ile yardımcı unsurlardan oluşmaktadır.

Bir atık depolama tesisinin beş temel unsuru vardır. Bunlar,

- Taban geçirimsizliği
- Sızıntı suyu yönetim sistemi (SS toplama ve arıtma)
- Üst örtü
- Depo Gazı Yönetimi (gaz toplama, değerlendirme ve yakma)
- İzleme sistemidir (Vesilind 2002).

4.7.9.2. Düzenli depolama tesisinde bulunan yardımcı unsurlar

Giriş yapıları (bekçi binası, kantar, kontrol ve çıkışta tekerlek yıkama): Yeterli kapasitede girip çıkan araçları tartan ve kaydeden, böylece tesise gelen atık miktarının kaydedildiği otomatik kantar ve bekçilerin bulunduğu binalar. Girişteki katı atıkların kontrol edildiği, radyoaktif madde içerip içermediğinin denetlendiği birim.

- İdare binası veya binaları ve laboratuvar: Bu bina içinde mesai sonrası personelin yıkanması için sıcak su ihtiva eden duşlar, soyunma dolapları, sağlık ve ilk yardım birimi, yemekhane, v.s. bulunmalıdır.
- Yollar, menfez ve köprüler: Her türlü iklim şartlarında ulaşım imkân verecek nitelikte tesise girişe ait yaklaşım yolları, tesis içi kalıcı ve geçici yollar; köprü ve menfezler.
- Garaj ve tamir atölyesi, teknik servisler: Sahada kullanılan iş makinelerin günlük bakım, arıza hallerinde tamir/onarımlarının yapıldığı atölyeler
- Kontrol ve gözlem sistemi: Yeraltı suyunu, sızıntı sularını ve depo gazlarını izleme ve ölçme kuyuları açılır. Bu kuyularda işletme planı çerçevesinde belirli aralıklarla, muhtemel sızıntı suyu ve depo gazı kaçaklarına karşı depo tesisi işleten kişi ve kuruluşlar tarafından ölçümler ve kontroller yapılır.
- Altyapı tesisleri: Elektrik, su, doğalgaz, telefon, içme suyu tesisleri ve diğer alt yapı tesisleri.
- Çevre çitleri
- Yağmur suyu uzaklaştırma sistemi
- Otopark
- Akaryakıt deposu
- Günlük örtü depo alan
- Yangın söndürme sistemi,
- İlk yardım seti,
- Trafik işaretleri,
- Araçlar (buldozer, yükleyici, skreyper, greyder, tanker, kamyon, ekskavatör, su pompaları, kompresör, jeneratör, kişisel güvenlik donanımı, yangın söndürücü vs.) (Vesilind 2002).

4.7.9.3. Tasarım öncesi yapılacak çalışmalar

Bir düzenli depolama tesisinin tasarımından önce tesise gelecek atık miktar ve özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun doğru yapılabilmesi için katı atık yönetim

planının ve fizibilitesinin yapılması gereklidir. Bu planda yer alması gerekli hususların önemlileri şunlardır;

- Mevcut durum (Nüfus, atık miktarı ve özellikleri)
- Gelecek tahminleri (Nüfus, atık miktarı ve özellikleri)
- Alternatif bertaraf usulleri
- Seçilen bertaraf usulü
- Depolamaya gelecek atık miktar ve özellikleri
- Sızıntı suyu deşarj yeri
- Gazla ilgili hususlar

Planda depolama sahasında bir ön işlem yapıp yapılmayacağı da belirlenmelidir. Bir düzenli depolama tesisinin projelendirilmesinin ve işletilmesinin uygun yapılabilmesi için en önemli ön şart uygun yer seçiminin yapılmasıdır. Bunun için alternatif sahalarda incelenirken topografik ve zemin (jeolojik ve hidrojeolojik) özelliklerin çok iyi değerlendirilmesi gereklidir. Topografik olarak uygun alternatif alanların zemin özelliklerinin ön incelemesi yapıldıktan sonra detaylı incelemeler yapılmalıdır. Bu incelemelerde zeminin taşıma gücü, kayma ihtimali ve yeraltı suyu dikkatlice incelenmelidir (Vesilind 2002).

4.7.9.4. Düzenli depolama tesisi tasarımı

Düzenli depolama Tesisleri projelendirilirken Atıkların Düzenli Depolamasına Dair Yönetmelik ve Bakanlığın Genelgeleri esas alınmalıdır. Mevzuatta olmayan hususlarda Avrupa Birliği ve diğer yurtdışı mevzuatlara, mühendislik ile fen ve sanat kaidelerine uyumalıdır. Tesisin projelendirilmesi planı yapılırken ilk yapılması gereken doğru bir yerleşim planı yapmaktır. Bunu yaparken öncelikle lot yerleri seçilirken sızıntı suyunun cazibe ile uzaklaşması tercih edilmelidir. İkinci öncelik ise yağmur suyu kontrolüdür. Ayrıca, saha içi ulaşım kolaylığı sağlanması hususu dikkate alınmalıdır (ÇYGM 2014).

Atık lotlarının taban geometrisi (kırmızı kot, model) yapılırken eğim mümkün olduğunca az yapılmalıdır. Taban şev eğimleri 1(dikey) /3(yatay)'ü geçmemelidir. Daha dik yapılması zorunluluğu varsa şev stabilitesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Yan şevlerin düşey yüksekliği 15 metreden fazla ise yan şevler sekili (palyeli) olacak şekilde yapılmalıdır. Şev eğimi 1/3'den daha dik ise, jeomembran ve jeotekstil sekilerde mutlaka kilitlenmelidir. Kilitler inşa edilirken hendek kenarları mutlaka yuvarlatılmalıdır. Lotlar aşırı büyük yapılmamalı, değişik sebeplerle lotlar büyük yapılırsa küçük seddelerle lotlar bölünmelidir.

Aksi takdirde çöpe yağmur suyu karışımı engellenememektedir. Bu da sızıntı suyu oluşumunu artırmaktadır (ÇYGM 2014).

Saha geometrisi yapılırken sedde oluşumundan mümkünse kaçınılmalı, değişik nedenlerle sedde yapımı gerekli ise seddelerin yüksekliği aşırı olmamalı ve sedde stabilitesi ilgili uzmanlarca tahkik edilmelidir (ÇYGM 2014).

Lot geometrisi oluşturulurken işletme sırasında sahaya atığın alınması ve üst kotu sağlayacak şekilde depolanmasının kolay olabilmesine dikkat edilmelidir. Saha geometrisi oluşturulurken alandaki zemin uygunsa kazı-dolgu saha içerisinde dengelenmesi tercih edilmelidir (ÇYGM 2014).

4.7.9.4.1. Taban geçirimsizliğinin oluşturulması

Düzenli depolama tesisinin tabanı ve yan yüzeylerinde, sızıntı suyunun yer altı suyuna karışmasını önleyecek şekilde bir geçirimsizlik tabakası oluşturulması gerekmektedir. Bunun için kil veya eşdeğeri malzemeden oluşturulmuş geçirimsizlik tabakası serilir. Geçirimsizlik tabakasının fiziksel, kimyasal, mekanik ve hidrolik özellikleri depolama tesisinin toprak ve yeraltı suları için oluşturacağı potansiyel riskleri önleyecek nitelikte olmak zorundadır. Geçirimsizlik malzemeleri teknik özellik bakımından Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmalıdır (ÇYGM 2014).

Çizelge 4.1. Sınıflarına göre düzenli depolama tesisi taban geçirimsizlik sistemi özellikleri (ÇYGM 2014)

Düzenli Depolama Tesisi	Doğal jeolojik geçirimsizlik kil permeabilitesi ve kalınlık	Yapay geçirimsizlik
I. Sınıf	$K \leq 1 \times 10^{-9} \text{ m / sn}$; kalınlık $\geq 5 \text{ m}$	En az 0.5 m
II. Sınıf	$K \leq 1 \times 10^{-9} \text{ m / sn}$; kalınlık $\geq 1 \text{ m}$	En az 0.5 m
III. Sınıf	$K \leq 1 \times 10^{-7} \text{ m / sn}$; kalınlık $\geq 1 \text{ m}$	En az 0.5 m

Jeolojik geçirimsizlik tabakasının verilen koşulları doğal olarak sağlayamaması halinde; bu tabaka yapay olarak oluşturulur ve jeomembran kullanılarak güçlendirilir.

Geçirimsiz mineral malzeme ile yapay olarak oluşturulacak geçirimsizlik tabakasının toplam kalınlığı 0,5 metreden az olamaz. Yapay geçirimsizlik tabakasının korunması amacıyla koruyucu örtü malzemesi kullanılması gerekmektedir (Anonim 2015).

Düzenli depolama alanının altındaki toprak tabakanın içerisine olabilecek sızıntıları önlemek amacıyla, alanın tabanına az geçirgen bir malzemedan oluşan ve birkaç malzemenin kombinasyonu ile elde edilen bir tabaka yerleştirilir. Bu sızdırmazlık tabakası sızıntı suyunu tutan ve toplama sistemine yönlendiren bir bariyer görevi görür. Ayrıca perkolasyonu azaltmak amacıyla örtü tabakasının veya gaz kontrol sisteminin bir parçası olarak da işlev görür. Sızdırmazlık tabakaları ile ilgili en önemli sorun geçirgenliğinin uzun vadede artmasıdır (Anonim 2015).

4.7.10. Depo tabanının teşkili

Depolama sahasında çevre açısından en riskli parametre olan çöp sızıntı suyunun kontrolü amacıyla depo tabanı geçirimsiz hale getirilir ve oluşan sızıntı suyu yeraltına sızmadan uygun dren sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılır. Mühendislik uygulamaları, öncelikle atığın boşaltılacağı bütün alanlara yerleştirilecek bir taban örtüsü sisteminin kurulmasından oluşmaktadır. Taban geçirimsizliğinin temini amacıyla çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bunlar genel olarak incelenirse;

- a- Doğal Kilden Taban Örtüleri :** Bu örtü tabakalarının kalınlığı genelde 10-25 cm, geçirgenliği ise 1.10⁻⁵ ile 1.10⁻⁹ m/s arasında değişir. Killi toprakların geçirgenliğini etkileyen belli başlı faktörler nem içeriği, sıkıştırma yöntemi ve sıkıştırma enerjisi, kilin toprak büyüklüğü ve toprak tabakaları arasındaki bağın derecesidir. Kile su eklendiğinde malzemenin yoğunluğu artar ve geçirgenliği genel olarak azalır. Bu işlem nem içeriği optimum düzeye erişene, yani toprak yoğunluğu maksimum düzeyde olana kadar devam eder. En düşük killi toprak geçirgenliği, toprağın nem içeriği optimum su içeriğinin % 0-5 fazlasına ulaştığında elde edilir (Anonim 2015).

Doğal killi taban örtülerinin avantajları şunlardır:

- Killi toprak genelde kolayca bulunur,
- Killi toprak sıkıştırıcılarının temini kolaydır,
- Genelde özel yapım ekipmanları gerekmez,
- Killi taban örtülerinin çatlaklarını kendi kendilerine kapatma özelliği vardır,

- Tipik bir taban örtüsünün tüm kalınlığı boyunca delinmesi zordur.

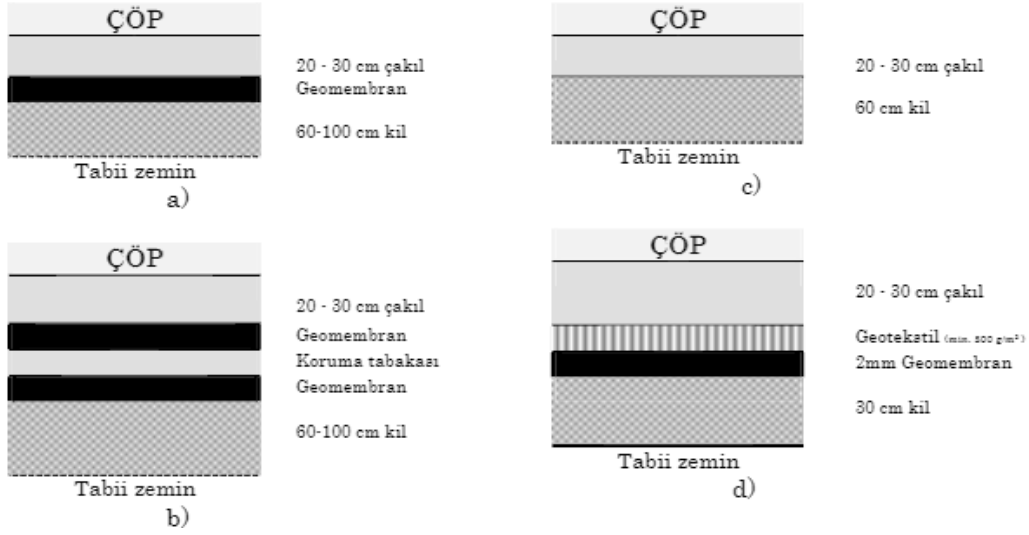
Doğal killi taban örtülerinin olası dezavantajları şunlardır:

- Yoğun, düşük geçirgenlikli bir kil örtüsü elde etmek için, yapım sırasında sürekli kalite kontrolü ve kalite garanti prosedürlerinin uygulanmasını gerektirir,
- Kil genelde ocaklardan veya açık kazılarla elde edildiği için killi malzemenin kalitesi değişiklik gösterebilir,
- Nem içeriğinin ve sıkışma enerjisinin sürekli izlenmesi gerekir,
- Kil taban örtüleri donma/çözülme koşullarından etkilenir ve korunmazlarsa kuruyarak hasar görebilir.

b- Geomembranlar: Katı atık dolgu alanlarında zemin taban örtüsü olarak bazı geomembranlar da kullanılmaktadır. Son yıllarda özellikle belediyelerin topladığı katı atıkların ve tehlikeli atıkların depolandığı katı atık dolgu alanlarında yüksek yoğunlukla polietilen (HDPE) gittikçe daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Bunun nedeni geomembranların bu tür tesislerde depolanan çok çeşitli kimyasal maddelere karşı dayanıklı olmasıdır

c- Geosentetik Killi Taban Örtüleri: Geosentetik Killi Örtüler (GCL) katı atık dolgu alanlarını tabanlarında ve son örtü yapımında yeni kullanılmaya başlanan bir üründür. GCL'ler, iki geotekstil arasında sıkıştırılan veya bir geomembrana yapıştırılan ince bir bentonit tabakasından oluşan prefabrik, killi taban örtüleridir. Bu ürünlerin kuru (hidratlaşmamış) kalınlığı yaklaşık 1-1.5 mm'dir. Geçirgenlikleri ise 1.10⁻⁹ ile 1.10⁻¹⁰m/s arasında değişir (Anonim 2015).

d- Kompozit Taban Örtüleri: Kompozit taban örtüleri yukarıda açıklanan elemanların olası kombinasyonlarından oluşturulur. Tipik bir katı atık dolgu alanı taban örtüsü kil ve geomembrandan oluşur. GCL'ler de kullanılmaktadır, ancak bunlar genelde iki ya da üç kat taban örtüsü serilen hücrelerde uygulanır. Kompozit taban örtüleri oluşturuldukları iki malzemenin de avantajlarına sahiptir ve bu malzemelerin bazı dezavantajlarının kompozit örtülerde ortadan kalktığı görülmektedir (Anonim 2015).



Şekil 4.3. Taban geçirimsizlik tabakası teşkilinde değişik uygulamalar (Anonim 2015)

4.7.11. Sızıntı suyu yönetimi

Sızıntı suyu katı atıkların içinden süzülerek birtakım kimyasal, biyolojik ve fiziksel olaylara maruz kalarak oluşur ve sızıntı suyu toplama sistemleri ile dışarı alınır. Katı atıkların içinden süzülen sızıntı suyu, katı atıkların muhtevassından kaynaklanan çok sayıdaki element ve bileşiği içerir. Demir ve manganın çözünmeyen yapıdan çözünebilen hale dönüşmesi, bu bileşiklerin sızıntı suyunda yüksek konsantrasyonlara ulaşmasını sağlar. Sızıntı aerobik şartlara maruz kaldığında çözünmeyen metal bileşikleri oluşur. Bunun sonucu olarak tıkanmalar oluşabilir. Çözünmeyen inorganik bileşiklerin sızıntı suyunda çözünebilir bileşiklere dönüşmesi kimyasal indirgeme ile meydana gelir. Aşağıda iki önemli oksidasyon-redüksiyon reaksiyonu görülmektedir (Anonim 2015).

Okside olmuş form		İndirgenmiş form	İleri reaksiyon ürünleri
Fe(III) iyonu FeS Fe ³⁺	anaerobik → ← aerobik anaerobik	Demir(II) iyonu	Demir sülfür, siyah, çözünmeyen
Sülfat SO ₄ ²⁻	→ ← aerobik	Hidrojen sülfür Sülfür iyonu, S ²⁻	

Şekil 4.4. Oksidasyon-redüksiyon reaksiyonu (Anonim 2015)

Katı atıkların içinde bulunan sülfatın yanında kül, alçı, jips (CaSO₄) gibi atıklar H₂S oluşumuna sebep olur.H₂S ise kuvvetli bir koku meydana getirir (Anonim 2015).

Düzenli depolama alanlarında çöp sızıntı suyu oluşumu sahaya giren su miktarıyla (yağmur vb) doğru orantılıdır. Depolama sahalarında oluşacak sızıntı suyu miktarı bölgedeki yağmur ve buharlaşma miktarına, dolgu sırasında sıkıştırmanın şekline bağlı olarak değişmektedir (Anonim 2015).

4.7.11.1. Sızıntı suyu toplama sistemi

Çöp sızıntı suyunun direkt olarak doğaya deşarjında en önemli etkisi yer altı suyu kirliliğine sebebiyet vermesidir. Bu sebeple depolama alanlarının inşa edileceği yer altı su seviyesi, depolama sahası tekniği, zemin toprak permeabilitesi, geçirimsizlik tabakası ve mühendislik uygulaması önemlidir.Oluşan sızıntı suyunun toplanması için üç değişik sistem düşünülebilir (Anonim 2015).Bunlar:

a)Alan Drenaj Sistemi :

Mineral maddeden teşkil edilen sızdırmazlık tabakası yağmur erozyonuna ve güneş ışınlarına karşı korunmalıdır. Çünkü güneş ışığı ile kil tabakası kuruyup çatlayabilmektedir. Bu bakımdan, sızdırmazlık tabakasının inşaatından hemen sonra alan drenajı yapılmalıdır (Anonim 2015).

b)Boru Drenaj Sistemi:

Bu sistemde sızıntı suyu toplanması borularla gerçekleştirilir. Borularla drenaj yapılması halinde dahi alan drenajının terk edilmesi uygun değildir. Çünkü, kuvvetli sağanak yağışlarda , güneşli havalarda mineral tabaka korunamamaktadır (Anonim 2015).

c)Birleşik Drenaj Sistemi:

Alan drenajı ile boru drenajının birlikte kullanıldığı sistemdir. Drenajın en sağlıklı yapılabileceği sistemdir (Anonim 2015).

4.7.11.2. Sızıntı suyu özellikleri

Sızıntı suyu özelliği; katı atık bileşenleri, depo yaşı, depo alanının hidrojeolojik durumu, depo içindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik aktiviteler, katı atıktaki su miktarı, ısı, pH, redox potansiyeli, stabilizasyon derecesi, katı atık depolama yüksekliği,depolama sahasının işletilmesi ve iklim şartlarına göre değişir. Bunların içinde en önemlisi atık bileşenleridir. Organik ve inorganik bileşenlerin biyolojik, kimyasal ve fiziksel prosesleri

genel olarak sızıntı suyu karakterini belirler. Yüksek miktardaki organik maddeler için en önemli proses biyolojik procestir. İnorganik atıkların çözünürlüğü de sızıntı suyu kompozisyonu için önemlidir. Atık bileşenleri ve reaksiyon ürünleri depo içinde süzülerek sızıntı suyu içinde eriyik veya gaz olarak dışarı çıkar. Değişik bileşenlerin azalması, tükenmesi ve redox potansiyeli, pH, sülfidler, iyonik kuvvet gibi kimyasal çevreden dolayı da atık ve sızıntı suyu kompozisyonu zamanla değişir. Katı atık depolama alanına ilave edilen (geri devir ettirilen) suyun miktarı maddelerin eriyebilirliği ve mikrobiyal parçalanmayı etkilediğinden sızıntı suyu kalitesini etkiler. Düşük hızlı filtrasyonda, anaerobik mikrobiyolojik aktivite sızıntı suyu organik madde konsantrasyonunu azaltan önemli bir faktördür. Fakat yüksek debili akımlarda ise çözünebilir organikler ve hatta mikrobiyal hücreler yüksek debili sızıntı suyu ile dışarı sürüklenirler. Bu gibi durumlarda mikrobiyolojik aktivite, sızıntı suyu kirletici konsantrasyonlarının azalmasında fazla bir rol oynamaz (Anonim 2015).

Parametre mg/lt	Biyolojik stabilizasyon fazları				
	Geçiş Fazı	Asit Fazı	Metan Fazı	Stabilizasyon Fazı	Aralık Değeri
BOI ₅	100-10900	1000-57500	600-3400	4-120	4-57700
KOI	480-18000	1500-71100	580-9760	31-900	31-71700
TOK	100-3000	500-27700	300-2230	70-260	70-27700
UYA (mgHAc/L)	100-300	3000-18800	250-4000	-	0-18800
BOI/KOI	0.23-0.87	0.4-0.8	0.17-0.64	0.002-0.13	0.02-0.87
KOI/TOK	4.3-4.8	2.1-3.4	2.0-3.0	0.4-2.0	0.4-4.8
TKA	180-860	14-1970	25-82	7-490	7-1970
NO ₃ -N	0.1-5.1	0.05-19	Yok	0.5-0.6	0-5.1
NH ₃ -N	120-125	2-1030	6-430	6-430	2-1030
NH ₃ -TKN	0.1-0.9	0-0.98	0.1-0.84	0.5-0.97	0-1
T. Fosfor	0.6-1.7	0.2-120	0.7-14	0.2-14	0.2-120
Alk. (mgCaCO ₃ /l)	200-2500	140-9650	760-5050	200-3520	140-9650
TKM	2450-2050	4120-55300	2090-6410	1460-4640	1460-55300
PH	6-7	4.7-7.7	6.3-8.8	7.1-8.8	4.7-8.8
ORP-pot.(mv)	(+40)-(+80)	(+80)-(-240)	(-70)-(-240)	(+97)-(+163)	(-240)-(+163)
Cu	0.085-0.39	0.005-2.2	0.03-0.18	0.02-0.056	0.005-2.2
Fe	68-312	90-2200	115-336	4-20	4-2200
Pb	0.001-0.004	0.01-1.44	0.01-0.1	0.01-0.1	0.001-1.44
Mg	66-96	3-1140	81-505	81-190	3-1140
Mn	0.6	0.6-41	0.6	0.6	0.6-41

Şekil 4.5. Sızıntı sularının çeşitli stabilizasyon (ayırışma) fazlarındaki karakteri (Anonim 2015)

4.7.11.3. Sızıntı suyu arıtımı

Sızıntı suyu arıtımı, istenilen arıtma seviyesinin gerçekleştirilebilmesi için bir dizi arıtma prosesinin kullanılmasını gerektirir. Arıtma prosesinin seçiminde ve tasarımında göz önüne alınması gereken önemli faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- **Sızıntı suyu karakteri:** Organik ve inorganik madde içeriği
- **Zararlılık potansiyeli:** Organik ve inorganik zehirli kimyasal maddelerin yüksek konsantrasyonları
- **Deşarj alternatifleri:** Yüzeysel sular, şehir atıksu kanal sistemi, arazide arıtma, depolama alanı üzerine geri devir
- **Arıtma derecesi:** Sızıntı suyu bileşimi, deşarj standartları
- **Arıtılabilirlik çalışmaları:** Elde edilen deneysel veriler, uygulanabilir teknolojiler
- **İşletme:** Ekipmanların bakım ve tamiri, personel güvenlik eğitimi, analitik testler
- **Maliyet:** Gerekli bütçenin bulunabilmesi, nihai örtü tabakası ihtiyacı

Sızıntı suyu bileşiminin depo yaşına bağlı olarak değişmesi, farklı arıtma proseslerinin uygulanmasına neden olur. Sızıntı suları çok yüksek kirlilik ihtiva etmediği durumlarda, yaygın olarak şehir kanalizasyon şebekesine direkt deşarj edilmektedir. Sızıntı suyu yüksek derecede kirleticiler ihtiva ediyorsa arıtılarak şehir şebekesine veya alıcı ortama deşarj edilir. Sızıntı suyu arıtımında kullanılan proses de oldukça önemlidir (Anonim 2015).

Çizelge 4.2. Sızıntı suyunda kullanılan proseslerin etkileri (Anonim 2015)

	BOİ [†] (mg/l)	KOİ [†] (mg/l)	TOP. N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	Ağır Metaller	AOX (mg/l)	Balık Zehirliliği
Biyolojik Arıtma	*	* 2)	*	*	&	&	7)
Adsorpsiyon		* 3)	&	&		*	7)
Flotasyon	&	&	&	&	&	&	7)
Hızlı/Yavaş Karıştırma		*3)	&	&	*5)	*	7)
Filtrasyon	&	&	&	&	&	&	7)
Ters Osmos	* 1)	* 1)	*	*	*	* 1)	7)
Membran Biyoreaktörler	* 1)	* 1)	*	*	*	* 1)	7)
Havalandırma	&	&		*	&	&6)	7)
Kimyasal Oksidasyon		*	&	&	&	* 4)	7)
Evaporasyon		* 4)	*	&	*	*	7)
Yakma	*	*	*	*	*	*	7)

*) Uygun, &) Uygun Değil

4.7.12. Hidrojeolojik durum

4.7.12.1. Geçirimsizlik (Permeabilite)

Katı atık sahalarının tabanında bulunan kayaçların geçirimsizlik özelliklerinin bilinmesi, katı atık sularının yeraltı suyu ve yüzey sularına karışmasının kontrolü için önemlidir. Bu suların içme veya kullanma sularına karışması durumunda, hem çevre kirliliği hemde canlı yaşamı tehdit edebilir durumda olabileceği bilinmektedir. Bu açıdan kayaçların permeabilite özelliklerinin belirlenmesi zorunlu bir durumdur. Zaten Katı Atık Yönetmeliğinde de Katı Atık sahalarının tabanında bulunan kayaçların geçirimsizliğinin yüksek olması durumunda, geçirimsizliği 10^{-9} m/sn olan kil örtü ile kaplanma zorunluluğu vardır (Şekercioğlu 1993).

14/03/1991 Tarih 20814 Sayılı Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

Madde 16: Düzenli depolama tesisi sınıflarına göre depo tabanının asgari aşağıda belirtilen geçirimsizlik özelliklerine sahip olması gerekir;

- I. sınıf düzenli depolama tesisi $K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/sn ,
- II sınıf düzenli depolama tesisi: $K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/sn,
- III. sınıf düzenli depolama tesisi $K \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/ sn

Kayaçların sıvı ve gazları iletme özelliğine geçirimsizlik (permeabilite) denir. Geçirimsizlik laboratuvarında örnekler üzerinde veya doğrudan doğruya arazide yapılan deneyler yoluyla belirlenir. Arazide yapılan deneyler göz önüne alınarak kayaçlar Lugeon birimine (1/m/dak) ya da K (cm/s) geçirimsizlik katsayısına göre sınıflandırılır (Şekercioğlu 1993).

Lugeon birimi: 1 m lik zonda 1 dakikada 10 atmosfer basınç altında 1 litrelik su iletimi olarak tanımlanır. Bu birime göre kayaçlar Çizelge 4.3. 'deki gibi sınıflandırılır.

Çizelge 4.3. Kayaçların Lugeon birimine göre geçirimsizlik yönünden sınıflandırılması
(Şekercioğlu 1993)

<u>Lugeon birimi 1/m/dak</u>	<u>Kaya Sınıfı</u>
<1	Geçirimsiz
1-5	Az geçirimsiz
5-25	Geçirimsiz
>25	Çok geçirimsiz

(K) geçirimlilik birimi: Birim yük kaybı altında birim uzunluk ve birim kesitteki prizmadan birim zamanda geçen su miktarıdır (Şekercioğlu 1993).

Geçirgenlik katsayısı göz önüne alınarak US Bureau of Reclamation'un yaptığı sınıflama Çizelge 4.4 'de görülmektedir (Şekercioğlu 1993).

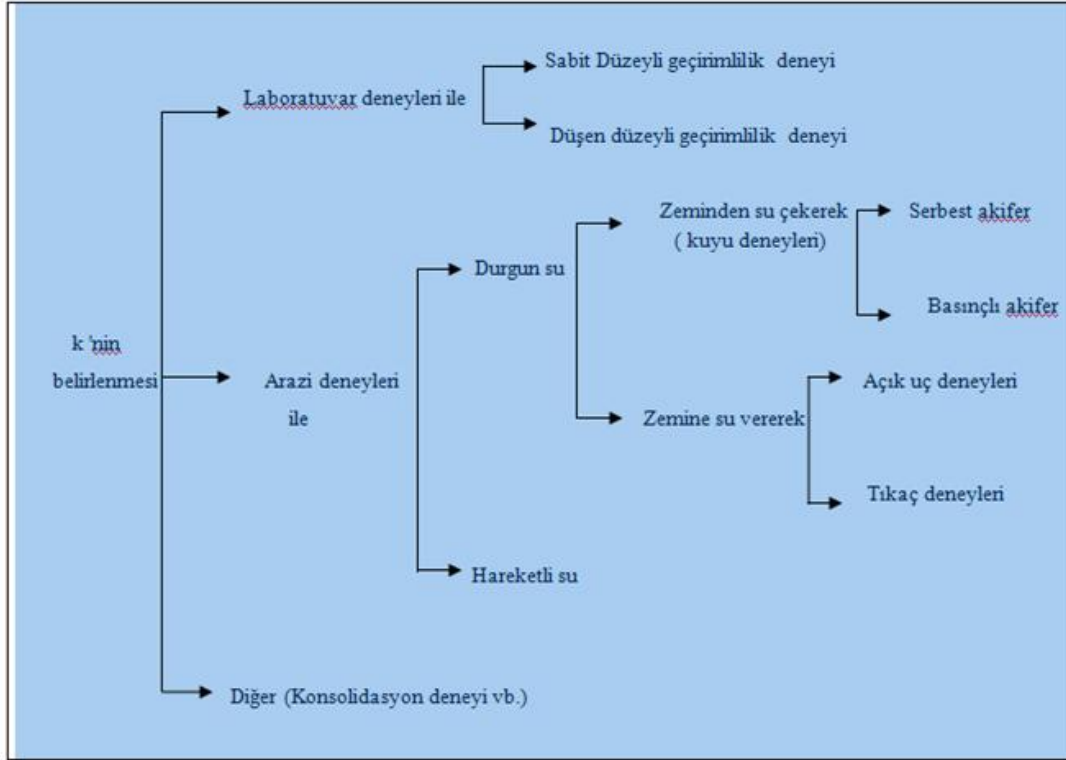
Çizelge 4.4. Kayaçların (K) geçirgenlik katsayısına göre sınıflandırılması (Şekercioğlu 1993)

<u>Geçirgenlik derecesi (cm/s)</u>	<u>Kaya Sınıfı</u>
$<10^{-6}$	Geçirimsiz
$10^{-6}-10^{-5}$	Az geçirimli
$10^{-5}-10^{-4}$	Yarı geçirimli
$10^{-4}-10^{-3}$	Geçirimli
$>10^{-3}$	Çok geçirimli

Geçirimliliğin deneysel yöntemlerle hesaplanması : Geçirimlilik, kayaçların sıvı ve gazları ileme özelliğidir. Kayacın petrografik özelliklerine, diyajenetik gelişmelere, tektonik olaylara ve morfolojik koşullara bağlı olarak değişiklik gösterir (Şekercioğlu 1993).

Geçirimlilik arazide ve laboratuvarında yapılabilen çeşitli yöntemlerle belirlenebilmektedir (Şekil 4.4) . Arazide yapılan deneyler sonucu bulunan değerler, örnek alma tekniğindeki hatalar nedeniyle laboratuvarında bulunan değerlerden daha fazla olmaktadır. Burada mühendislik jeolojisi çalışmalarındaki önemi nedeniyle sadece arazide yapılan geçirimlilik deneyleri konu edilecektir (Şekercioğlu 1993).

Arazide yapılan geçirimlilik deneyleri, zemin veya kayalarda etkin geçirgenlik değerlerini vermeleri açısından önemlidir. Kayaçta su hareketleri az veya çok, açık çatlaklar nedeniyle olur. Kırıkların neden olduğu büyük geçirgenlik laboratuvarında örnekler üzerinde yapılan deneylerle öğrenilemez. Bu, ancak yerinde yapılan deney sonuçlarının değerlendirilmesi ile öğrenilebilir. Bu amaçla Şekil 4.6. da gösterildiği gibi çeşitli ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.6. Geçirimsilik katsayısının (k) belirleme yöntemleri (Şekercioğlu 1993)

Geçirimsiliğin arazi deneyleriyle belirlenmesi :

A- Su basma deneyleri

- 1- Basınçlı su deneyleri
 - Lugeon
 - K permeabilite (USBR)
 - K permeabilite (Harry R. Cedergren)
- 2- Basınsız su deneyleri
 - K permeabilite (USBR)
 - Nasberg - Terletskata deneyleri
 - Matsuo deneyleri
 - Lefranc - Mandel deneyi

B- Su çekme deneyleri

- Dupuit yöntemi
- Geçici akım yöntemi
- Bir deney çukurundan pompalama
- Pompalama - basma deneyleri (Şekercioğlu 1993).

Arazide yapılacak geçirimsizlik ölçümlerinde, ölçüm yöntemini seçerken göz önünde bulundurulması gereken noktalar şunlardır (Şekercioğlu 1993).

Amaca göre: Temelden olacak kaçakları veya bunları önleyebilme olanaklarının araştırılması: Bu amaca yönelik olarak kaya temellerde en çok uygulanan basınçlı su deneyleridir. Alüvyonlarda tüm deneylerden yararlanılabilir. Bent yerinde sedimanter fasiyes özelliklerinin iyi bilinmesi durumunda Lefrance deneyleri yeterlidir. Bu deneylerden alınacak sonuçları pompalama deneyleri ile tamamlamak yararlı olur (Şekercioğlu 1993).

Bir kayacın herhangi bir seviyesinin veya bir enjeksiyon perdesinin geçirimsizliğinin araştırılması: Kayada basınçlı su deneyleri, zeminde ise Lefrance deneyleri ile geçirimsizlik belirlenebilir (Şekercioğlu 1993).

Temel özelliğine göre : Kuru zeminlerde tüm su basma deneyleri uygulanabilir. Homojen, kırıklı, ince taneli veya kaya temellerde ise basınçlı su deneyleri başarı ile uygulanmaktadır. Ancak karstik ortamlarda aynı başarı elde edilemez. Kars zonuna rastlanmayan kuyuda su kaybı çok azdır. Oysa karst boşluklarına rastlandığında verilen su tümüyle gitmektedir (Şekercioğlu 1993).

Parasal imkanlar ve ekipman durumu: İncelemeler sırasındaki parasal imkanlar ve ekipman durumu yararlanılacak yöntemlerin seçimini sınırlamaktadır. Örneğin su basma deneyleri az bir masrafla gerçekleştirilebilirken pompalama deneyleri filtreli kuyu yapımını gerektirdiğinden ekonomik olmamaktadır (Şekercioğlu 1993).

A. Su basma deneyleri: Çoğunlukla sondaj kuyularında uygulanan yöntemlerdir. Ancak diğer kuyularda hendek ve çukurlarda da gerçekleştirilebilirler (Şekercioğlu 1993).

A.1. Basınçlı su deneyleri: Basınçlı su deneyleri tıkaçların delik cidarına sıkı sıkıya oturmasına olanak veren kaya birimlerinde uygulanabilmektedir (Şekercioğlu 1993).

Kayaçların geçirimsizliğini belirlemek amacıyla basınç altında kuyuya su enjeksiyonu yapılması şeklinde gerçekleşir. Genellikle kayalarda açılan araştırma sondajlarına yapılır (Şekercioğlu 1993).

Kademe boyu deneyin yapıldığı kayacın yapısı ile ilgilidir. Genellikle 2 m olarak alınır. Bazı deneylerde 2 m lik kademe boyunda su kayıpları pompanın bastığı su miktarından daha fazla olabilir. Bu gibi hallerde kademe boyu küçültülerek istenen basınç sağlanır (Şekercioğlu 1993).

Basınçlı su deneyi, deney yapılan kayacın niteliğine bağlı olarak iki türlü yapılmaktadır.

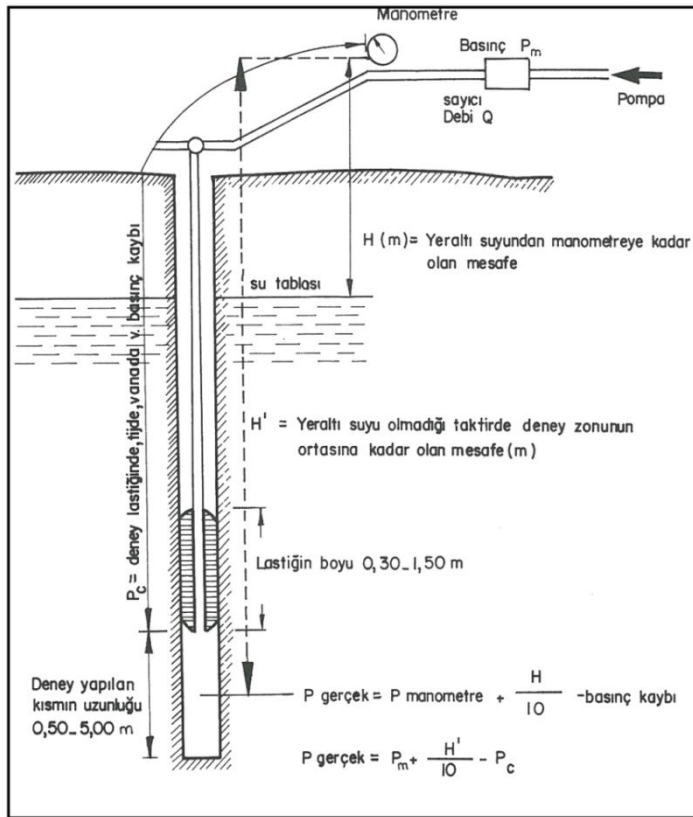
a) **Tek lastikli basınçlı su deneyi:** Bu yöntem zayıf özellikli ve göçebilen kayalarda uygulanır. Sondaj kuyusu 2-3 m derinleştirildikten sonra yeni delinen kısımda üst taraftan tıkaç tutturulmak suretiyle basınçlı su deneyi yapılır.

b) **Çift lastikli basınçlı su deneyi:** İyi nitelikli ve sağlam kayalarda sondaj deliği son derinliğe kadar delinir. Basınçlı su deneyine delik tabanından başlanır. Deney yapılacak kademelerin alt ve üst seviyelerinden tıkaç tutturulur ve su basılarak deney yapılır. Her kademede yapılan deneyden sonra basınçlı su deney takımı kademe boyu kadar yukarı kaldırılıp sondaj deliğinin boydan boya deneyi tamamlanır.

Sondaj kuyularında yapılan basınçlı su deney sonuçlarının değerlendirilerek kayaların geçirimsizliğinin belirlenmesi için değişik yöntemler bulunmaktadır (Şekercioğlu 1993).

A.1.1. Lugeon yöntemi: Kayalarda yapılan basınçlı su deney sonuçlarının değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntemdir (Şekil 4.7) (Şekercioğlu 1993).

Lugeon, 10 atmosfer gerçek basınç altında 1 dakikada, 1 m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak basılan su miktarıdır. Deneyi ilk defa uygulayarak adını veren Maurice Lugeon'un kaya porozitesi kat sayısı dediği bu terime Lugeon birimi denmesi alışkanlık olmuştur (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.7. Lugeon deneyinin yapılışı (Şekercioğlu 1993)

Lugeon biriminin hesaplanmasında gerçek basıncın kullanılması gerekir. Gerçek basıncı (P_{eff}) bulabilmek için manometrede okunan basınca (P_m) yeraltı suyu tablası üzerindeki statik yükü ($H/10$) eklemek, deney zonu başlangıcı ile manometre arasındaki yük kaybını (P_c) ise elde edilen değerlerden çıkartmak gerekir. Lugeon deneyi, düşey, yatay ve eğik kuyularda yapılabilir (Şekercioğlu 1993).

Lugeon deneylerinde gerçek basıncın hesaplanması

- Düşey kuyularda:

*Deney yeraltı suyu seviyesi altında yapılıyorsa:

$$P_{eff} = P_m + \frac{H}{10} - P_c \quad (4.1)$$

*Deney yeraltı suyu seviyesi üstünde yapılıyorsa:

$$P_{eff} = P_m + \frac{H'}{10} - P_c \quad (4.2)$$

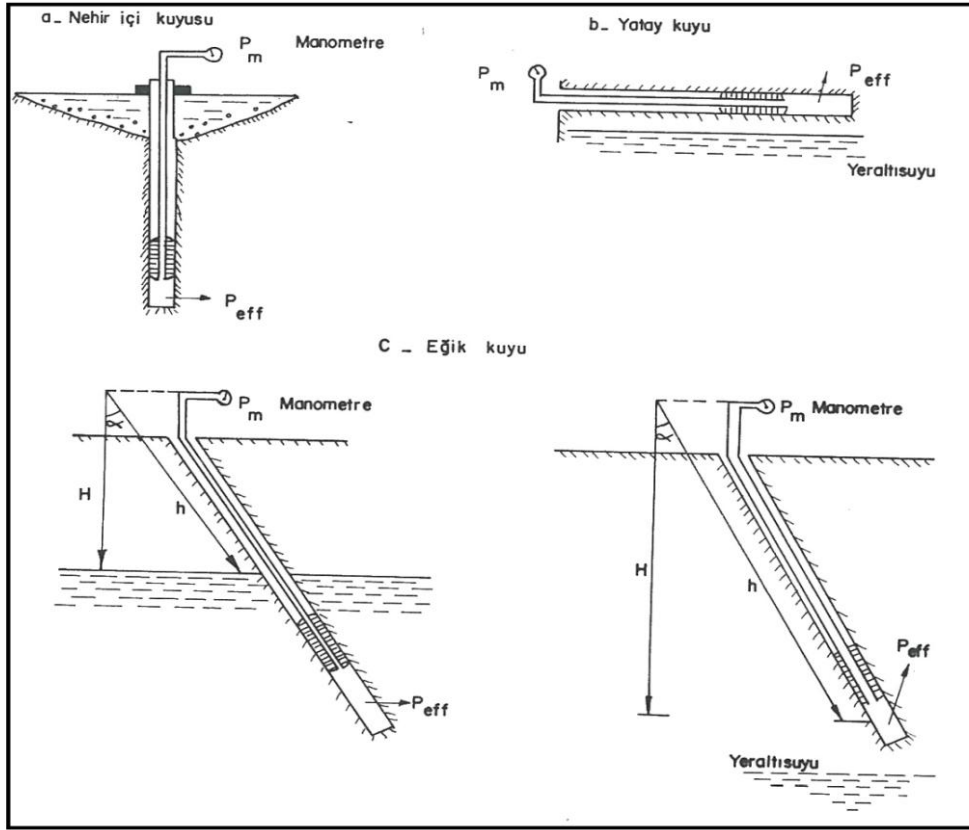
**Eğik kuyularda:

$$P_{eff} = P_m + \frac{\cos\alpha \cdot h}{10} - P_c \quad (4.3)$$

**Yatay kuyularda:

$$P_{eff} = P_m - P_c \quad (4.4)$$

şeklinde olmaktadır (Şekil 4.8) (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.8. Lugeon deneylerinde gerçek basıncın hesaplanması (Şekercioğlu 1993)

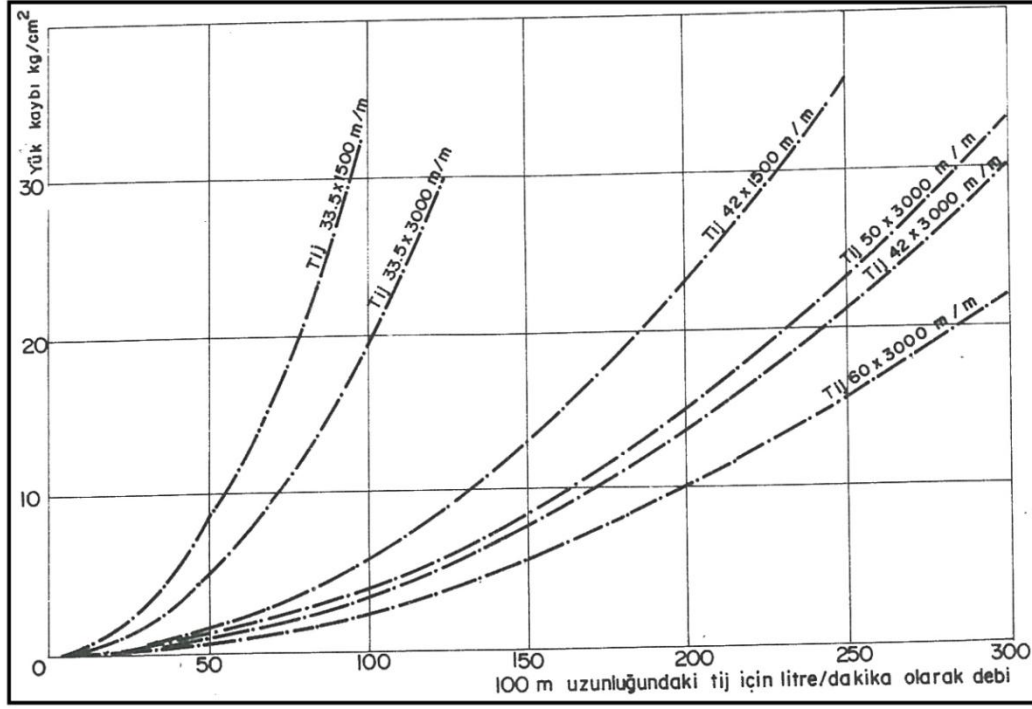
P_{eff} : Deneysel bölgedeki gerçek basınç (kg/cm^2)

P_m : Manometrede okunan basınç (kg/cm^2)

H : Yeraltı suyu seviyesinden manometreye olan dikey uzaklık (m)

H' : Yeraltı suyu bulunmadığında deneysel bölgenin ortasından manometreye kadar olan dikey uzaklık (m)

P_c : Manometre ile deneysel bölge başlangıcı arasındaki tıjlerde bağlantı yerlerinde, vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı (Şekil 4.9) (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.9. Tij ve manşonlardaki yük kaybını gösterir abak (Şekercioğlu 1993)

Deney yapıldıktan sonra değerler geçirimsizlik deneyi formuna işlenir. Her deney zonu için Lugeon eğrileri çizilir. Bu eğri üzerinde 10 atmosfer hakiki basınca karşıt gelen emilme katsayısı, deney zonunun lugeon birimi olarak geçirimsizliğidir (Şekil 4.9) (Şekercioğlu 1993). Emilme katsayısı: 1 m 'de 1 dakikada litre olarak emilen su miktarıdır (Şekercioğlu 1993). Çeşitli nedenlerle deney sırasında 10 atmosfer basınç uygulanamaması durumunda deney sonuçları şu şekilde değerlendirilir (Şekercioğlu 1993).

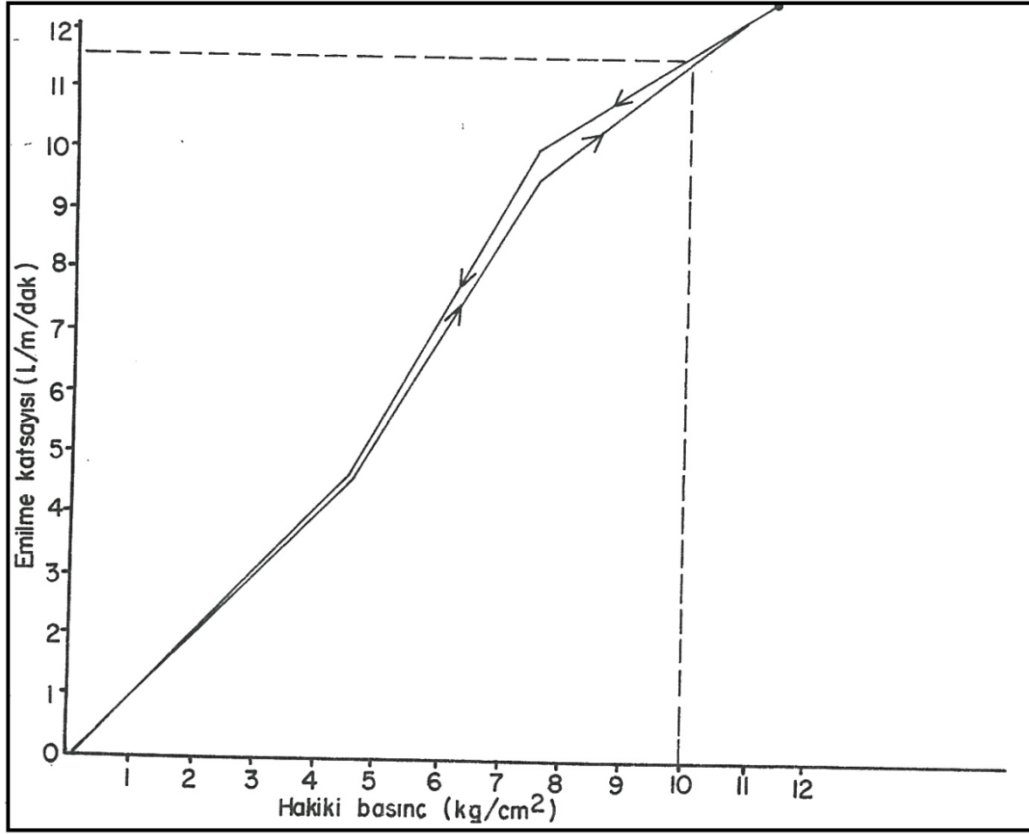
$$LU = \frac{Q \cdot 10}{P \cdot L} \quad (4.5)$$

$$LU = \text{Lugeon (1/dak/m)}$$

$$Q = \text{Kuyuya verilen su miktarı (1/dak)}$$

$$P = \text{Uygulanan gerçek basınç (kg/cm}^2\text{)}$$

$$L = \text{Kademe boyu (m)}$$



Şekil 4.10. Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması (Şekercioğlu 1993)

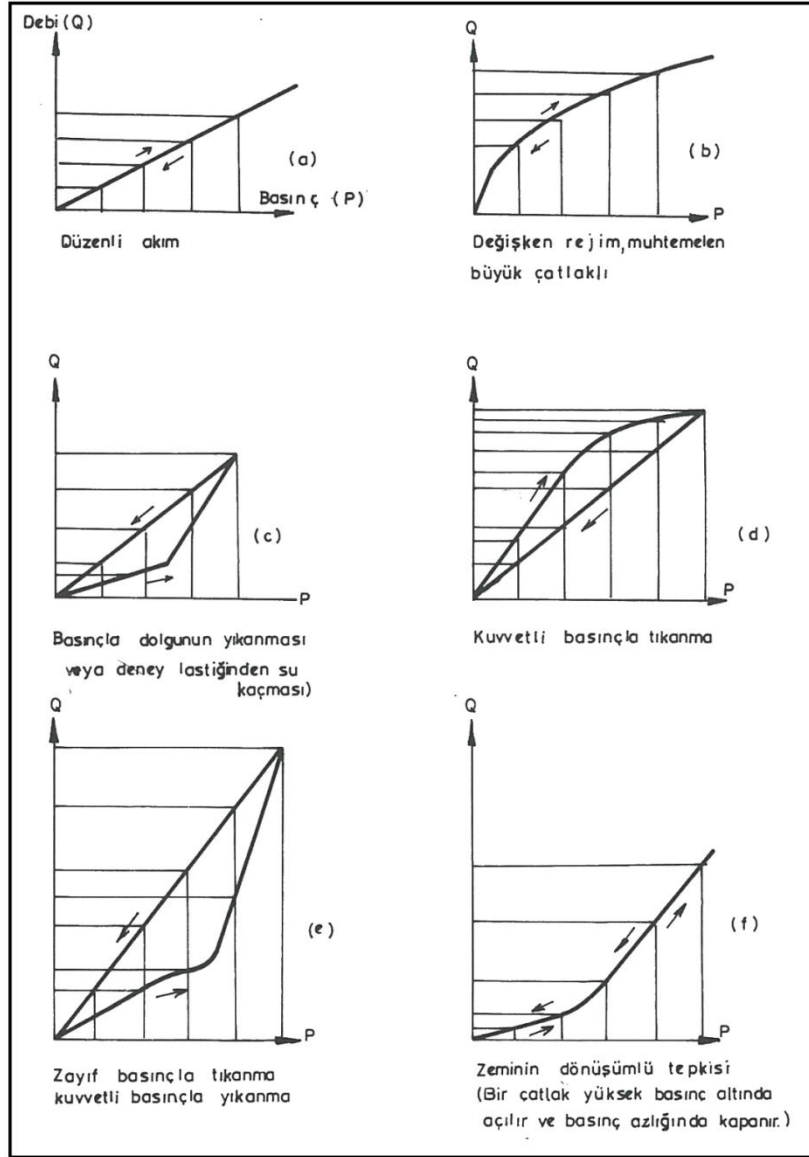
Lugeon deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre kayaçların geçirimsizliği konusunda bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamaya göre;

- 1 Lugeondan az Geçirimsiz
- 1 - 5 Lugeon Az geçirimli
- 5 - 25 Lugeon Geçirimli
- 25 Lugeondan çok Çok geçirimli

şeklindedir.

Basıncı su deneylerinden yararlanarak elde edilen Lugeon birimlerine göre eğriler çizilir. Bu eğrilerin yorumlanması oldukça önemlidir. Yorumlarda Henri Cambefort 'un çizdiği bazı eğri tiplerinden yararlanır (Şekercioğlu 1993).

Debi (Q) düşey ekseninde, basınç (P) yatay ekseninde olursa eğrilerin durumuna göre şu tür yorumlar yapılabilir (Şekil 4.11) (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.11. Lugeon eğrilerinin yorumlanması (H. Cambefort)

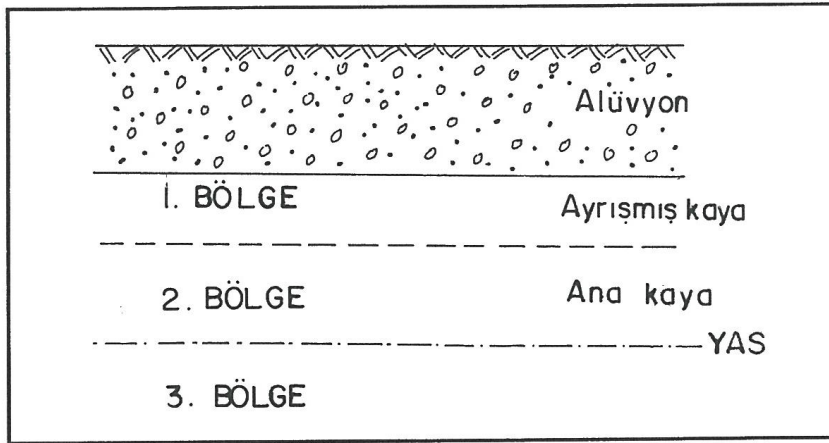
- a - Laminer akım, çatlaklarda tıkanma ve temizleme yok.
- b - Türbilanslı rejim, muhtemelen büyük bir çatlakın varlığını gösterir.
- c - Basınçlı çatlaklarda dolgu malzemesinin yıkanması veya deney lastiğinden kaçak.
- d - Kuvvetli basınçlı çatlakların tıkanması "doldurulması" (kaçak miktarında azalma olması)
- e - Düşük basınçlı çatlakların tıkanması, yüksek basınçlı çatlakların temizlenmesi
- f - Zeminin dönüşümlü tepkisi (Bir çatlak yüksek basınç altında açılır ve basınç azaldığında kapanır) (Şekercioğlu 1993).

A.1.2. Basınçlı permeabilite (K) yöntemi (USBR): Basınçlı permeabilite (K) yönteminde her kademedeki değişen basınçlar (2, 4, 6, 8, 10 Atm) altında belirli sürelerle su basılarak su

kaçakları belirlenir. elde edilen veriler değerlendirilerek kayacın geçirimsizlik değerleri hesaplanır. Su kaçaklarının olduğu çatlak ve boşlukların durumları hakkında bilgi edinilmek istenirse su deneylerinin ayrıca geriye doğru (10, 8, 6, 4, 2 Atm) basınçlar altında tekrarlanması gerekir (Şekercioğlu 1993).

Bu yöntemde kayacın geçirimsizlik değerlerinin belirlenmesi, elde edilen verilerin, deney zonunun yeraltı suyu seviyesi altında veya üstünde olmasına göre değişiklik göstermektedir (Şekercioğlu 1993).

A - Deney zonunun yeraltı suyu seviyesinin üstünde olması durumu: Kayaçların yeraltı suyu seviyesinin üzerinde kalan kısımları fiziksel ve litolojik özellikleri yönünden yüzeye yaklaştıkça değişim gösterir. İletkenlik katsayılarının, porozitenin, ayrışma durumunun vb. özelliklerinin değişim gösterdiği bu bölge geçirimsizlik değerlerinin hesaplanması sırasında iki kısma ayrılır ve hesaplamalar ayrı değerlendirilir (Şekil 4.12) (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.12. Basınçlı su deneylerinde değerlendirme bölgeleri (Şekercioğlu 1993)

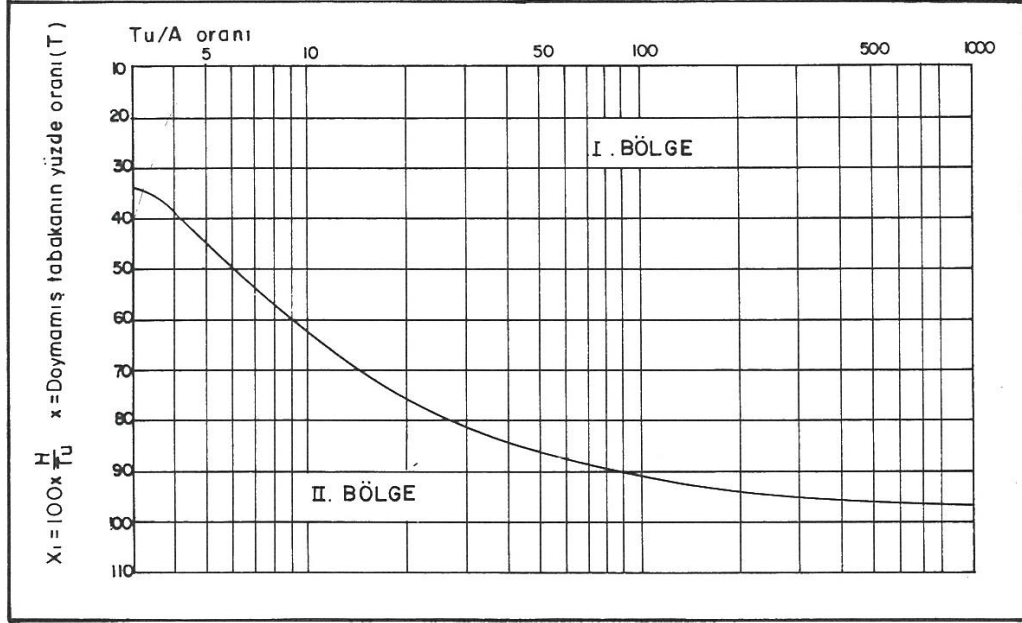
1 Numaralı bölgede K permeabilite katsayısının hesaplanması

$$K = \frac{1,66 \cdot 10^{-3} \cdot Q}{Cu \cdot r \cdot P} \quad (4.6)$$

2 Numaralı bölgede K permeabilite katsayısının hesaplanması

$$K = \frac{3,38 \cdot 10^{-3} \cdot Q}{[(Cs+4)r (Tu+P-A)]} \quad (4.7)$$

Basınçlı su deneyi yapılan kuyularda değerlendirmelere esas olmak üzere 1 ve 2 numaralı bölgelerin ayırt edilebilmesi için Şekil 4.13' de görülen grafik kullanılmaktadır (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.13. Basınçlı su deneyi değerlendirmelerinde 1. ve 2. Bölge sınırları (Şekercioğlu 1993)

B - Deney zonunun yeraltı suyu seviyesinin altında olması durumu: Yeraltı suyu seviyesi altında yapılan basınçlı su deneylerinde K permeabilite katsayısının hesaplanması

$$K = \frac{1,66 \cdot 10^{-3} \cdot Q}{(Cs+4) \cdot r \cdot P} \quad (4.8)$$

formülü yardımıyla olmaktadır. Bu formüllerde;

K = Geçirimsizlik (permeabilite) katsayısı (cm/s)

P = Efektif su basıncı (kg/cm²)

1. ve 2. bölgede $P = h_1 + h_2 - L$

h_1 = Hidrostatik basınç (kg/cm²)

h_2 = Manometredeki basınç (kg/cm²)

L = Borulardaki yük kaybı

Q = Kuyuya verilen su (l/dak)

A = Deneydeki kademe boyu (cm)

r = Kuyu yarıçapı (cm)

C_u = Suya doymamış tabakanın iletkenlik katsayısı

C_s = Suya doymuş tabakanın iletkenlik katsayısı

U = Suya doymamış tabakanın kalınlığı (m)

D = Kuyu derinliği

\ln = e tabanlı logaritma

$$T_u = U - D + H$$

$$C_u = \frac{2(2AH - A^2)}{rH \left[\sin h^{-1} \left(\frac{A}{r} \right) \cdot \frac{A}{P} \right]} \quad C_s = \frac{2\pi A}{r \cdot \ln \cdot \frac{A}{r}}$$

A.1.3. Basınçlı permeabilite (K) yöntemi (Harry R. Cedergren - 1975): Harry R. Cedergren sondaj kuyularında yapılan basınçlı su deneylerinde elde edilen verileri aşağıdaki formüle göre değerlendirerek K geçirimsizlik katsayısını bulmaktadır.

$$K = 6,1 \cdot 10^{-4} \frac{Q}{L \cdot P} \log \frac{L}{r} \quad (4.9)$$

Bu formülde ;

K = Geçirimsizlik katsayısı (cm/s)

Q = Kademeye verilen su miktarı (1/dak)

L = Kademe boyu (m)

$$P = P_m + \frac{h'}{10}$$

P_m = Manometrede okunan basınç (kg/cm²)

h' = Ölçme noktasından YAS tablasına uzaklık (m)

r = Test yapılan sondajı yarıçapı (m) (Şekercioğlu 1993).

A.2. Basınçsız su deneyleri

A.2.1. K permeabilite (sızma) deneyi (USBR:) Sondaj yapılarak veya çakma yolu ile borular zemine yerleştirildikten sonra içleri iyice temizlenir. Perfore edilmiş borunun birkaç metre yukarısında su seviyesini sabit tutmak üzere kuyuya devamlı su verilir. Su derinlikleri beşer dakika ara ile ölçülerek seviye değişimleri olup olmadığı kontrol edilir. Bir kademede deney tamamlandıktan sonra boru 2 m daha çakılarak veya delinerek deney tekrar edilir. Böylece tüm zemin içinde boydan boya geçirimsizlik deneyi yapılmış olur (Şekercioğlu 1993). Basınçsız K permeabilite deneyinde de basınçlı K permeabilite deneyinde olduğu gibi deney zonu üç ayrı bölgeye ayrılmakta ve değerlendirmeler değişik olmaktadır. Her bölgeye ait K permeabilite katsayıları:

1 Numaralı bölgede:

$$K = \frac{1,64 \cdot 10^{-3} \cdot Q}{C_u \cdot r_e \cdot H} \quad (4.10)$$

2 Numaralı bölgede:

$$K = \frac{3,38 \cdot 10^{-3} \cdot Q}{\left[\left(C_s + 4 \frac{r_1}{r_e} \right) r_e \right] [T_u + H - A]} \quad (4.11)$$

3 Numaralı bölgede:

$$K = \frac{1,64 \cdot 10^{-3} \cdot Q}{[(C_s + 4 \frac{r_1}{r_e})] r_e \cdot H} \quad (4.12)$$

formüllerine göre hesaplanır. Bu formüllerde:

K = Permeabilite katsayısı (cm/s)

Q = Zemine verilen suyun debisi cm^3/s)

H = Kuyudaki suyun yüksekliği (cm)

A = Perfore edilmiş boru uzunluğu

r_1 = Borunun dış yarı çapı (cm)

r_e = Efektif kuyu yarı çapı (cm)

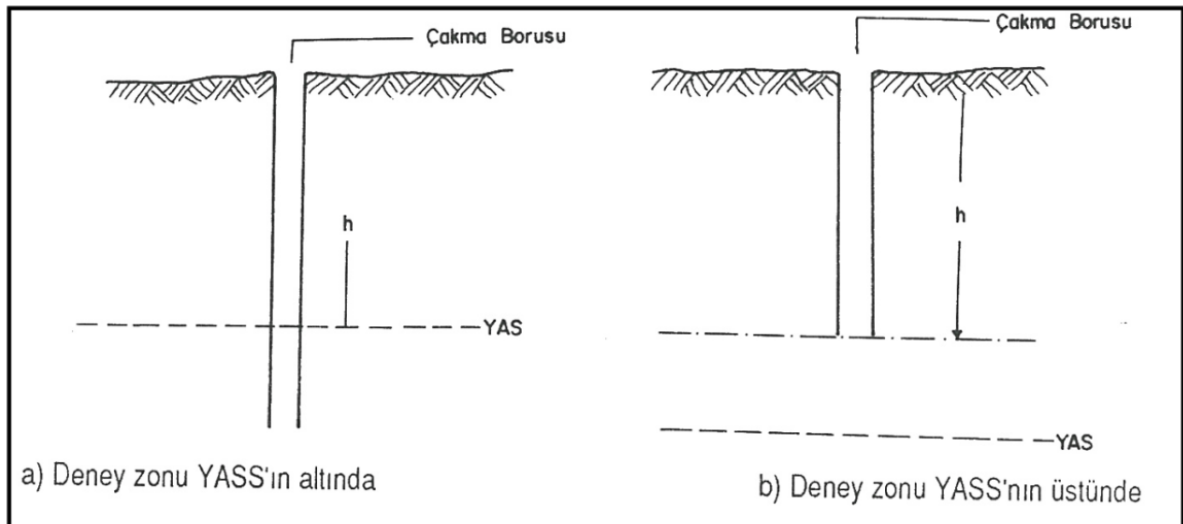
$$r_e = r_1 \cdot \frac{\text{Delikli borunun alanı}}{\text{Perfore edilen borunun dış alanı}}$$

C_u = İletkenlik katsayısı

C_s = Suyu doymun zeminde iletkenlik katsayısı

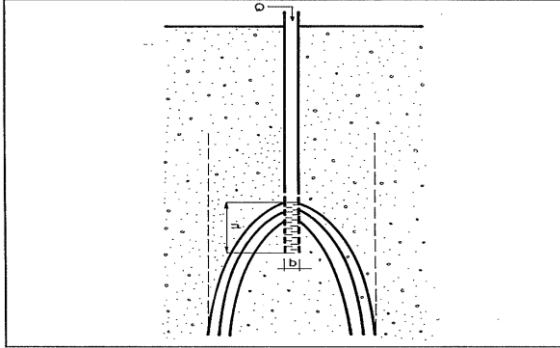
T_u = Kuyudaki su seviyesinden su tablasına olan düşey uzaklık (cm) (Şekercioğlu 1993).

Sızma deneyi yapıldıktan sonra permeabilite değeri daha basit bir yöntem olarak Şekil 4.14 'de gösterilen formülde de hesaplanabilir (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.14. Sızma deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması (Şekercioğlu 1993)

A.2.2. Nasberg - Terletskata deneyleri: Nasberg - Terletskata deneyleri yeraltı suyu olmayan veya yeraltı suyu seviyesinin üstündeki alüviyal zeminlerin geçirimsizliğinin öğrenilmesi amacıyla yapılır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Nasberg - Terletskata deneyi (Şekercioğlu 1993)

Nasberg, torik olarak zeminde herhangi bir noktadan çıkan suyun kuru zemindeki akımını incelemiş, Terletskada ise deneyi daha da geliştirerek bir delikte meydana getirilen (h) su sütunu yüksekliğini (Q) debili su göndererek sabit seviyede tutacak bir formül ortaya koymuştur. Buna göre zeminin permeabilite katsayısı: (Şekercioğlu 1993).

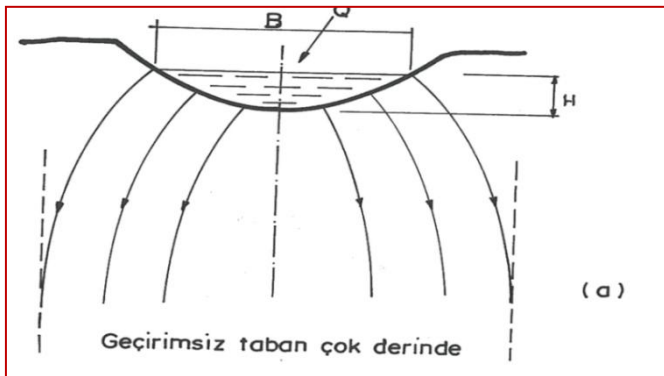
$$K = \frac{0,423}{h^2} \cdot Q \log \frac{4 \cdot h}{d} \quad (4.13)$$

h = Kuyudaki su yüksekliği (cm)

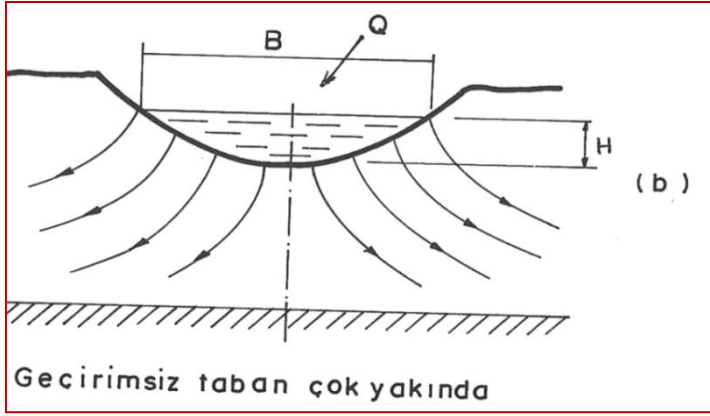
d = Kuyu çapı (cm)

Q = Kuyuya verilen suyun debisi (cm³/s)

A.2.3. Matsuo deneyleri: Matsuo, kuru bir zemin üzerinde açılan deneme çukurundan süzülen suyun debisinden yararlanarak değişik bir geçirimsizlik ölçüm yöntemi ortaya koymuştur (Şekil 4.16 ve 4.17) (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.16. Matsuo deneyleri (Geçirimsiz taban çok derinde) (Şekercioğlu 1993)



Şekil 4.17. Matsuo deneyleri (Geçirimsiz taban çok yakında) (Şekercioğlu 1993)

Bu yöntemde B genişliğindeki deneme çukurunda su seviyesini (H) sabit tutabilen akımlarla ilgili olarak aşağıdaki formüller bulunmuştur (Şekercioğlu 1993).

$$B = \frac{Q}{K} - 2H \quad (\text{Geçirimsiz zemin çok derinde ise}) \quad (4.14)$$

$$B = \frac{Q}{K} + 2H \quad (\text{Geçirimsiz zemin deney çukuruna yakın ise}) \quad (4.15)$$

Q = Deney çukuruna verilen suyun debisi (cm³/s)

H = Deney çukurunda sabit seviyede tutulan su yüksekliği (cm)

B = Deney çukurunun genişliği (cm)

Deney, dikdörtgen şeklinde açılan bir deney çukurunda su seviyesini sabit tutmak için ilave edilen suyun debisi ölçülerek gerçekleştirilir. Daha sonra deney çukuru derinleştirilerek debi yeniden ölçülür. İki debi arasındaki fark yeni açılan kısımdan süzülen suyun debisi olur (Şekercioğlu 1993).

A.2.4. Lefranc - Mandel deneyi: Lefranc-Mandel deneyi akifer şeklinde su tablası bulunduran alüvyonların bir noktasındaki geçirimsizlik katsayısının güvenilir bir şekilde ölçülmesini sağlar. Bu yöntem statik su seviyesinin altındaki zemine düşük, fakat sabit basınçla su vermekle uygulanır. Debi ve basıncın hassas olarak ölçülmesi geçirimsizlik katsayısının gerçeğe yakın bir şekilde bulunmasını sağlar (Şekil 4.18) (Şekercioğlu 1993).

$$Q = c \cdot K \cdot \Delta H \quad (4.16)$$

Q = Verilen suyun debisi (cm/s)

ΔH = Uygulanan basınç (kg/cm²)

c = Geometrik şekil ve boyutlara bağlı katsayı

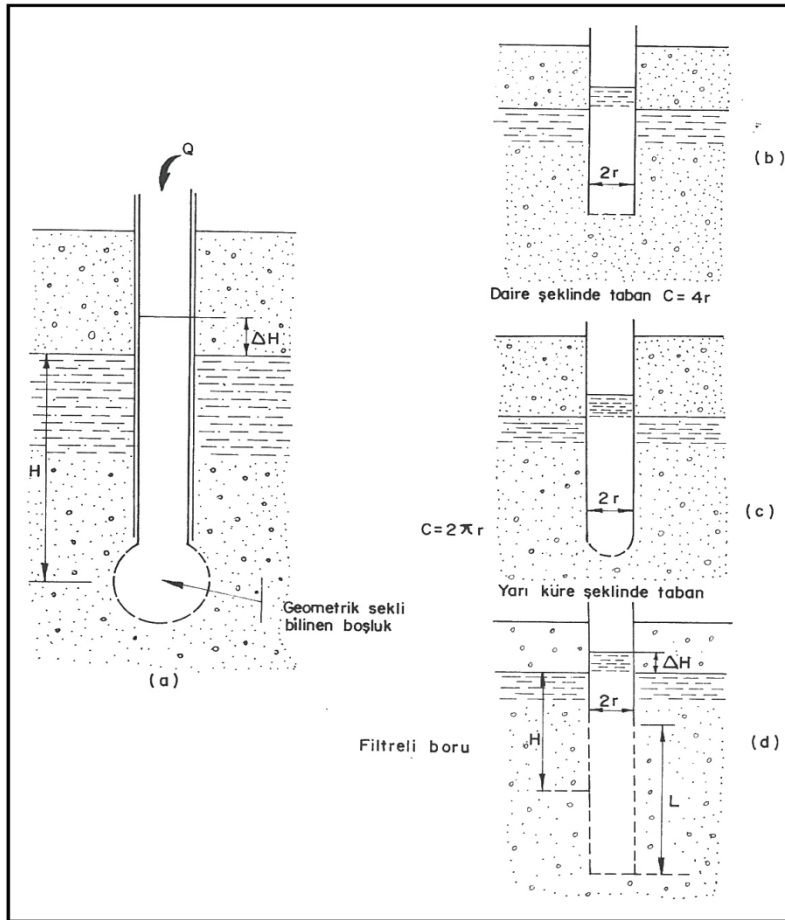
$$c = \frac{4\pi}{L \log \frac{L}{r} - \frac{1}{H}}$$

L = Deneysel deliğinin derinliği (cm)

r = Deneysel derinliğinin yarıçapı (cm)

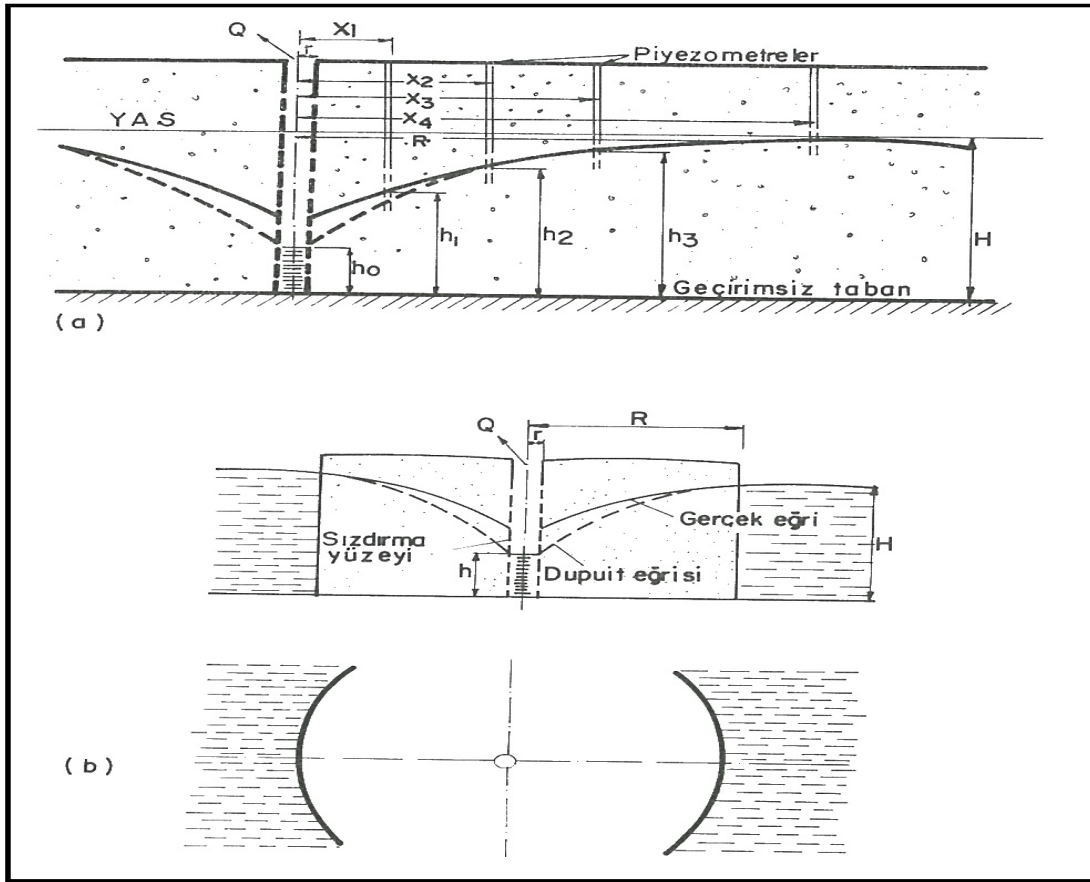
B. Su çekme deneyleri: Su çekme deneyleri geniş yayımlı zeminlerde gerçeğe çok yakın bilgiler almaya yarayan büyük ölçekli deneylerdir. Genellikle su tablası olan alüvyonda yapılır. Geçirimsiz taban uygun derinlikte ise filtrelili boru delikli boru ve boru çevresinin tamamen çakılanması gerekir. Eğer su tablası yüzeye yeterince yakın ve pompalama sırasında seviyesi çok fazla düşmüyorsa pompa, kuyu ağzına monte edilir. Aksi durumda kuyuya indirilen bir pompa kullanılır (Şekercioğlu 1993).

Yeterli sayıda gözlem kuyuları çeşitli uzaklıklara yerleştirilerek pompalama sırasındaki seviye düşümleri ölçülür (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.18. Lefranc - Mandel deneyi (Şekercioğlu 1993)

B.1. Dupuit yöntemi: Dengeli rejimde yeraltı suyu akımı ve debi ile ilgili kuyu hidrolojisi sorunlarını ilk kez ele alan J. Dupuit, $h_1^2 - h_j^2 = \frac{Q}{\pi K} \cdot \log_e \frac{x_1}{x_j}$ şeklinde bir bağlantının varlığını ortaya çıkarmıştır. Şekil 4.19 da görüldüğü gibi pompajla oluşturulan gerçek düşüm eğrisi ile bir parabol olan Dupuit eğrisi arasında fark meydana gelir. Bu fark özellikle hidrolik eğimin yüksek olduğu pompaj kuyusu yakınında çok fazladır. Kuyudan uzaklaştıkça iki eğri birbirine yaklaşır. (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.19. Dupuit pompalama deneyleri (Şekercioğlu 1993)

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi K} \cdot \log_e \frac{R}{r} \quad (4.17)$$

H = Pompajdan önce akiferin doymun kalınlığı (m)

h = Pompaj sırasında su kalınlığı (m)

R = Etki yarıçapı (m)

r = Kuyu yarıçapı (m)

Q = Pompaj debisi (l/s)

K = Geçirimlilik katsayısı (m/gün)

B.2. Geçici akım yöntemi: Geçici akım yöntemi C.V. Theis ve G. Theim'in değişken rejimdeki akımlar üzerin de yaptıkları incelemeler sonucunda ortaya çıkmıştır. Pompaj sırasında su tablasının sabit hale gelmesi için uzun zamana gerek vardır. Pompajla hareketlendirilen akım, ancak yeraltı suyu beslenme kaynaklarının çekilene karşılayabilecek duruma geldiğinde dengeli bir rejime kavuşur (Şekercioğlu 1993).

Kuyudan Q debide su pompalandığında t zamanı sonunda kuyudan itibaren r uzaklığındaki gözlem kuyusundaki seviye düşümünün bulunması için

$$\Delta_{\text{düşüm}} = \frac{2,303 Q}{4 \pi T} \cdot \frac{\log 2,25 T t}{r^2 S} \quad \text{formülü kullanılır (Şekil 4.20).} \quad (4.18)$$

T = Transmisibilite

r = Pompaj kuyusunun rasat kuyusuna olan uzaklığı (m)

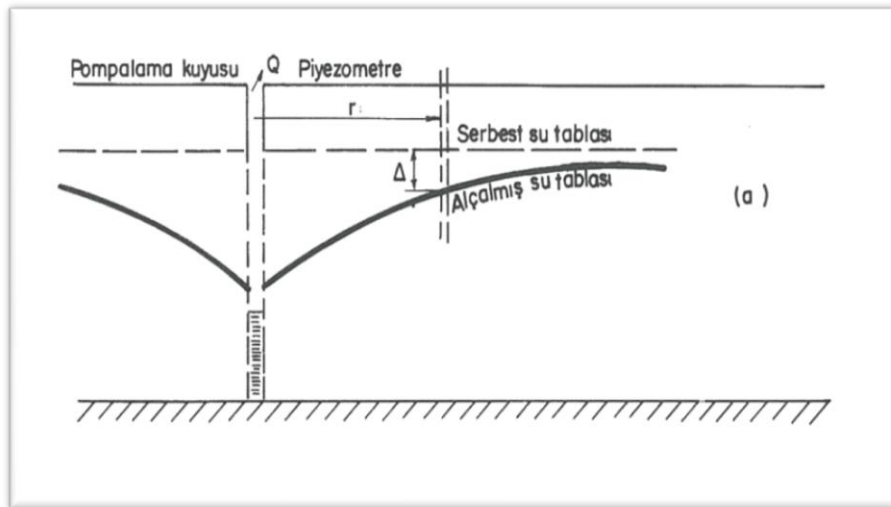
S = Depolama katsayısı

Q = Debi (l/s)

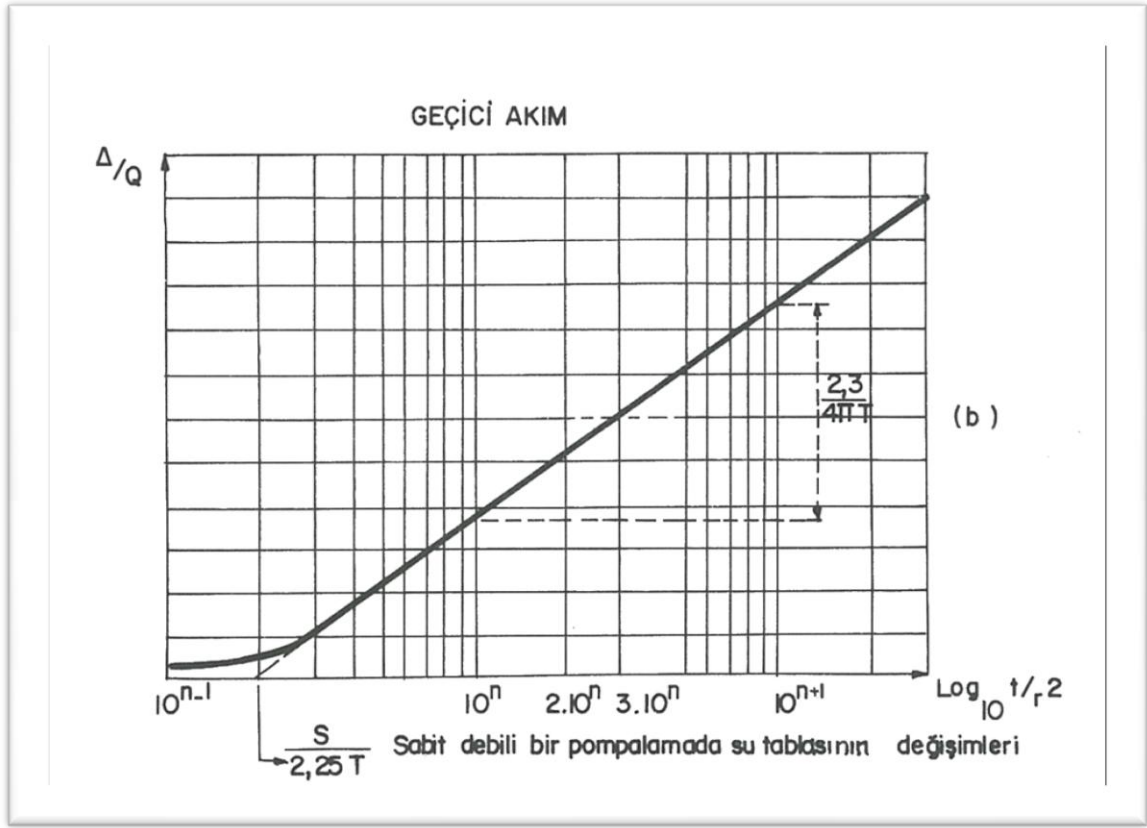
t = Zaman (gün)

B.3. Bir deney çukurundan pompalama: Bu yöntemle küçük bir deney çukuru açılarak Q debili su pompalanır ve meydana gelen seviye düşümü kaydedilir. Bu deneyden doğrudan zeminin geçirimsizlik katsayısının bulunması güçtür. Ancak son kazılarda pompalama ile boşaltılması gereken suyun debisinin tahmini açısından yararlıdır (Şekercioğlu 1993).

B.4. Pompalama - basma deneyleri: Pompalama basma deneyleri geometrik olarak aynı özellikte ve birbirinden belli uzaklıktaki iki filtreli kuyu yardımıyla gerçekleştirilir. Kuyuların birinden pompayla çekilen su diğerine basılarak iki kuyu arasındaki su tablasının piyezometrik seviyeleri ölçülür. (Şekercioğlu 1993).



Şekil 4.20. Geçici akım yöntemi (Şekercioğlu 1993)



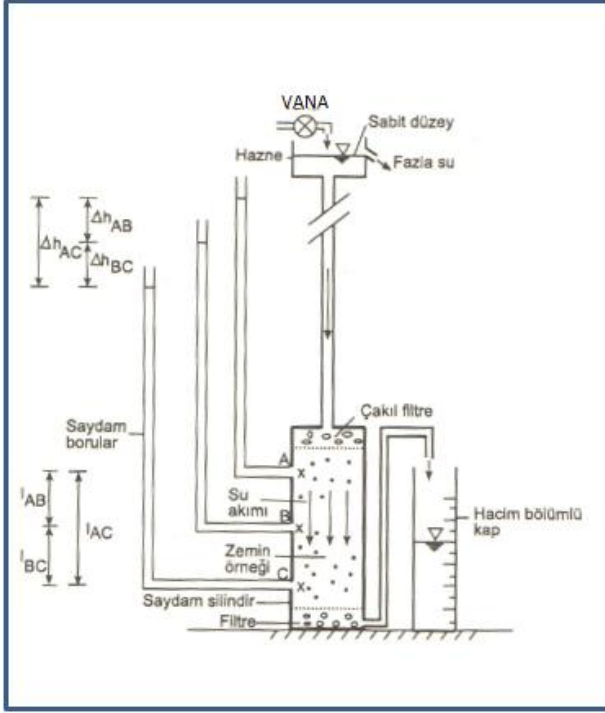
Şekil 4.21. Geçici akım yöntemi (Şekercioğlu 1993)

Kuyudan pompayla su çekildiğinden deney sırasında yapay bir beslenmeye engel olmak için kuyudan çekilen suyu bir nehre boşaltmak veya borularla deney yerinden uzaklaştırmak çoğu kez uğraştırıcıdır. Bu nedenle uzun ve oldukça pahalı olan kanalizasyon yapımı gerekir. Oysa pompalama-basma deneylerinde böyle bir işleme gerek olmadığından kuyulardan birinden alınan su diğerine verilmektedir. Üstelik bu deneylerde kuyuların rolleri değiştirilerek birinci deneyin sonuçları da kontrol edilir (Şekercioğlu 1993).

Geçirimsizliğin laboratuvar deneyleriyle belirlenmesi :

A. Sabit düzeyli geçirimsizlik deneyi: Bu deney, geçirimsizliği yüksek olan taneli zeminler (çakıl, kum) için uygundur. Geçirimsizliği belirlenecek zemin, istenilen sıklıkta veya arazideki sıklığına (örselenmemiş örnek alınmadığı için) benzer olarak saydam bir silindire (iç çapı 0.1-0.2 m vb., yüksekliği 0.5 m vb. olabilir) yerleştirilir (Şekil 4.22). Zemin tanelerinin yıkanıp gitmesine önlemek üzere, zemin örneğinin alt ve üst kısmında birer filtre oluşturulur. Bu filtreler genellikle, deneye tabi tutulan zeminden biraz daha iri taneli olan bir taneli zemindir. Sabit su düzeyli bir haznedeki gelen su, zeminden geçerek, hacim bölümlü bir kaptan toplanır. Kararlı akış elde edildikten sonra, belli bir sürede (Δt), kaptan toplanan su miktarı (ΔQ) belirlenir. Zemin örneğinin alt, üst ve orta kısımlarına bağlanan saydam borularda

(piyezometre boruları), su düzeyleri gözlenir, okunur, kaydedilir. Darcy Yasasında k hesaplanır.



Şekil 4.22. Sabit düzeyli geçirimlilik deneyinin şeması (Şekercioğlu 1993)

$$1) k = \frac{q}{A_i} \quad (4.19)$$

$$2) q = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, i_{AB} = \frac{\Delta h_{AB}}{l_{AB}}, i_{BC} = \frac{\Delta h_{BC}}{l_{BC}}, i_{AC} = \frac{\Delta h_{AC}}{l_{AC}} \quad (4.20)$$

Bağıntı 1 'deki A, zeminin en kesit alanı (akışa dik) dır. Geçirimlilik katsayısı; A-B, B-C veya A-C arasındaki ayrı ayrı hesaplanır. Deney, tercihen, değişik sabit düzeyler için tekrarlanarak, ortalama alınır (Uzuner 2005).

B. Düşen (değişen) düzeyli geçirimlilik deneyi: Bu deney, geçirimliliği düşük olan ince taneli (kil, silt) zeminler için uygundur (Şekil 4.23). Bu deney için kullanılan zemin örneği, geçirimliliği belirlenecek zeminden alınan, örselenmemiş örnek olabileceği gibi, silindirik metal kap (iç çapı 0.1-0.2 m vb., yüksekliği 0.2-0.3 m vb. olabilir.) içinde, laboratuvarında yerleştirilmiş bir örnek de olabilir. Zeminin cinsine göre, uygun enkesitteki (çaplı) saydam bir boru (iç çapları 5-20 mm vb. olabilir.), zemin örneği üzerine takılır. Yine, zemin tanelerinin akan suyla sürüklenip gitmesini önlemek üzere, zemin örneğinin alt ve üst yüzlerine filtre

yerleştirilir. Üsteki boruya doldurulan su, zeminden geçerek dışarı akar. Kararlı akış elde edildikten sonra; deney başında ve sonundaki su yükseklikleri ile arada geçen zaman ve en kesit alanlarından, zeminin geçirimsizlik katsayısı hesaplanır. Borudaki su yüksekliği h iken; Δt süresinde, borudaki su düzeyi Δh kadar aşağı düşsün. Darcy Yasasına göre,

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{a\Delta h}{\Delta t} = -\frac{adh}{dt} = Ak \frac{h}{l} \quad (4.21)$$

olur. Bağıntının her iki tarafı değişkenlere göre düzenlenip, belli sınırlar içinde integre edilirse geçirimsizlik katsayısı (k);

$$k = \frac{aL}{At_1} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (4.22)$$

elde edilir.

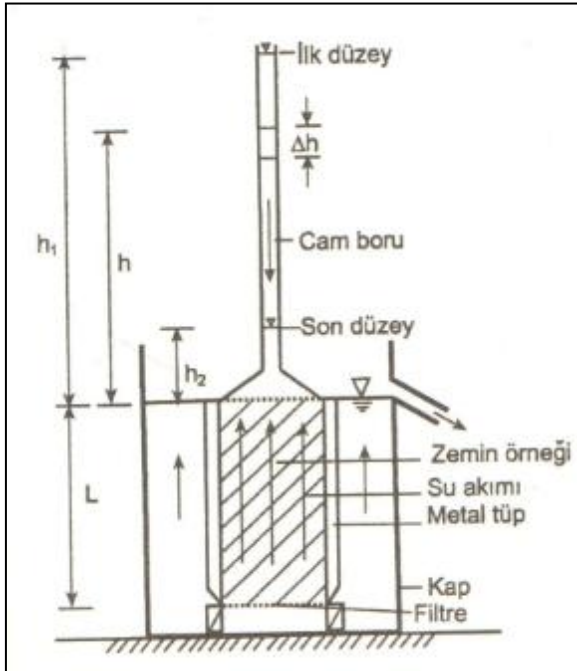
a: üstteki tüp (cam boru, hortum) en kesit alanı,

L: örnek uzunluğu,

t_1 : deney süresi,

h_1 : başlangıçtaki su yüksekliği,

h_2 : t_1 süresi sonundaki su yüksekliği



Şekil 4.23. Düşen düzeyli geçirimsizlik deneyinin şeması (Uzuner 2005)

Deney, tercihen, değişik çaplı borularla, değişik başlangıç yükseklikleri ve değişik deney süreleri kullanılarak tekrarlanır, k için ortalama değer hesaplanır (Uzuner 2005).

4.8. Maden Atıklarının Düzenli Depolanması

Madencilik faaliyetleri sonucu oluşan atıkların yönetimini disiplin altına almak için 2006/21EC sayılı Maden Atıkları Direktifi kapsamında hazırlanan Taslak Maden Atıkları Yönetmeliği 2014 Yılı Eylül ayında resmi görüşlere açılmış, 15 Temmuz 2015 tarihli ve 29417 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Yönetmelik 15 Temmuz 2017 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir.

Maden atıkları ;

-Tehlikeli

-Tehlikesiz

- İnerat atıklar olmak üzere üç grupta toplanır.

Tehlikeli maden atığı: Atık Yönetimi Yönetmeliğinin Ek-3/A'sında yer alan tehlikeli özelliklerden birini ya da birden fazlasını taşıyan, Ek-4'te altı haneli atık kodunun yanında yıldız (*) işareti bulunan maden atıklarını ve/veya bu Yönetmeliğın Ek-3'ünde belirtilen analizler sonucunda ilgili mevzuatta yer alan sınır değerleri aşan maden atıklarıdır.

Tehlikesiz maden atığı: Atık Yönetimi Yönetmeliğinin Ek-4 atık listesinde yıldız (*) işareti bulunmayan maden atıklarından bu Yönetmeliğın Ek-3'ünde belirtilen analizler sonucunda ilgili mevzuatta yer alan sınır değerleri aşmayan atıklardır.

İnerat maden atığı: Ek-4/A'da verilen listede yer alan veya Ek-4/B'ye göre belirlenen maden atıklarıdır.

4.8.1. Maden atığı bertaraf tesislerinin sınıflandırılması

Maden atık bertaraf tesisleri Kategori A ve Kategori B olmak üzere iki sınıfta değerlendirilir. Maden atıklarının depolandığı bertaraf tesisi sınıflandırması yönetmeliğın Ek-5'inde belirtilen kriterlere göre, ÇED yeterlik belgesine ya da çevre danışmanlık yeterlik belgesine sahip kurum ve kuruluşlar tarafından yapılır. Maden sahalarının hangi kategoriye gireceği aşağıdaki sorulara verilen evet/hayır cevapları ile belirlenir.

- Tesislerin stabilitesinin bozulma riski
- Tesisdeki mevcut tehlikeli atık düzeyi
- Tesisdeki mevcut tehlikeli kimyasal ve müstahzarların düzeyi
- İnsan ve çevre sağlığı açısından ciddi tehlike var mı?
- Tesisin inşa edileceği alan veya potansiyel etki alanı Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği EK-V'deki Duyarlı Yörelere listesinde mi?

- Malzeme yığınının stabilitesine yönelik olası bir kayma/heyelan riski var mı?
- Belirli bir eşik değerin üzerinde tehlikeli atık içeriği var mı?
 - Tesisteki mevcut tehlikeli kimyasal ve müstahzarların düzeyi yüksek mi?

Sorulara evet cevabı verildiğinde maden sahası Kategori A, hayır cevapları verildiyse ise Kategori B olarak sınıflandırılmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Proje, Balıkesir İli, Balya İlçesi, Enverpaşa Mahallesi, Kurtuluş Caddesi No:38 adresinde ve Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş. uhdesinde bulunan 58052 sayılı IV.(c) Grup İşletme Ruhsat Sahasında gerçekleştirilecektir. Proje kapsamında Atık Depolama Sahası'nın alanının artırılması planlanmaktadır (Yümün 2017).

5.1. Örnek Proje Tanıtımı

ESAN ECZACIBAŞI END. HAMM. SAN. VE TİC. A.Ş. tarafından Balıkesir ili, Balya İlçesi, sınırlarında mevcut ve işletmede olan 800 ton/gün kapasiteli Maden Zenginleştirme Tesisi kapasitesinin 2.400 ton/gün kapasiteye çıkarılması planlanmış ve bununla ilgili ÇED Olumlu Kararı alınmıştır. Maden Zenginleştirme Tesisi'nin önceki kapasitesine uygun olarak mevcut bir atık depolama sahası bulunmaktadır. Mevcut atık depolama alanında depolama işlemi öncesinde gerekli arazi düzenleme çalışmaları yapılmış, taban sıkıştırılmış, geçirimsizlik tabakası oluşturulmuş ve sızıntı sularının toplanması amacıyla alt drenaj tabakası oluşturulmuştur. Mevcut depolama alanı tesiste oluşan atıkların depolanması amacıyla kullanılmaktadır. Mevcut alanın ömrünü tamamlamasına müteakip yönetmelikte belirtilen üst örtü tabakası oluşturularak kapatma işlemi tamamlanacaktır (Yümün 2017).

Kapasite artışı ve mevcut sahanın depolama kapasitesinin düşük olması nedeniyle tesis alanının güneyinde 41,7 ha'lık alan ÇED Raporunda Atık Depolama Alanı olarak belirlenmiştir. 41,7 ha'lık alan mevcut atık depolama alanını ve çevresini kapsamaktadır. ÇED Raporunda belirlenen 41,7 ha'lık alan içerisinde uygulama projesine konu olan ve geçirimsiz tabakanın oluşturulacağı alan yaklaşık 25,3 ha'dır. Geçirimsiz tabakanın oluşturulacağı alan dışında yan yollar, drenaj kanalları, sedde ve benzeri yapıların kullanılacağı alan yaklaşık 5 ha'dır (Yümün 2017).

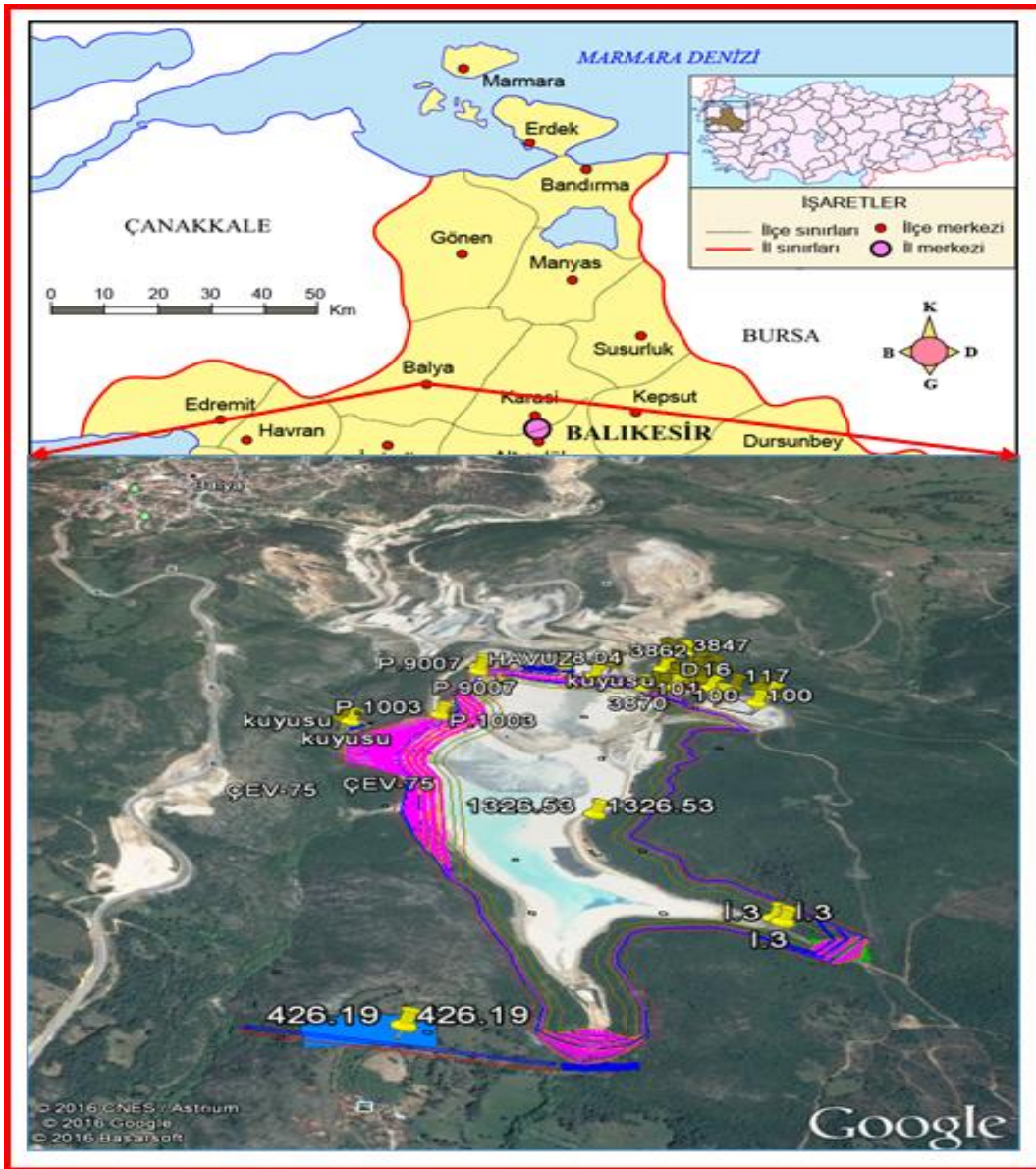
Proje kapsamında geçirimsizlik tabakasının oluşturulacağı alanın çok büyük ve inşaat sürecinin uzun olması, tesisin işletmede ve mevcut atık alanının kapasitesinin dolmuş olması nedeniyle projenin iki etap halinde yapılması planlanmıştır. Bu doğrultuda mevcut ilk planlanan seddenin güneyine yaklaşık 7,6 ha'lık bir alanda depolama sağlayacak ikinci bir sedde planlanmıştır. İkinci seddenin planlama amacı, tüm atık alanının inşaat çalışmaları sırasında Maden Zenginleştirme Tesisi'nin de işletmeye devam etmesini sağlamaktır. ESAN ECZACIBAŞI END. HAMM. SAN. VE TİC. A.Ş. tarafından işletilecek Maden Zenginleştirme Tesisi Atık Depolama Sahası 26 Mart 2010 tarih ve 27533 sayılı Resmi

Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik hükümlerine uygun olarak planlanmıştır (Yümün 2017).

Yukarıda bahsedilen düzenli depolama sahasının mevcut seddesi 1290 m’den 1315 m kotuna kadar yükseltilmesi ve 3., 4. ve 5. Sedde yapılması planlanmıştır. Bu amaçla bu proje hazırlanmıştır. Projede 2. Seddenin arkasındaki maden atığına beton enjeksiyon yapılarak sedde güçlendirilecektir (Yümün 2017).

5.2. Coğrafik Konumu

Çalışma alanı Balıkesir ili, Balya İlçesi güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Yümün 2017)

İnceleme alanı Balya ilçesine yaklaşık 1,5 km mesafede Acarlık Tepe, Küçükada Tepe ve Tombak Tepe arasında konumlanmıştır. Düzenli depolama sahası Tütünlük dere, Kapı dere, ve Kara dere gibi çoğunlukla kuru fakat yağış sularını Maden deresine boşaltan vadiler içerisinde yer almaktadır. (Yümün 2017).

5.3. Genel Jeoloji

5.3.1. Stratigrafi

İnceleme alanı Balya ilçesi ile Kadıköy arasında yer almakta olup, bu bölgede temel birim olarak Karakaya Kompleksine ait meta kırıntılı ve kırıntılı bir hamur içinde çeşitli yaşlarda kireçtaşı blokları bulunan olistostromal kayalar bulunmaktadır. Bu birim üzerine uyumlu ve yanal geçişli olarak arkozik kumtaşı ve Halobia'lı şeylden oluşan Balya Formasyonu yer almaktadır (Şekil 5.2) (Yümün 2017).

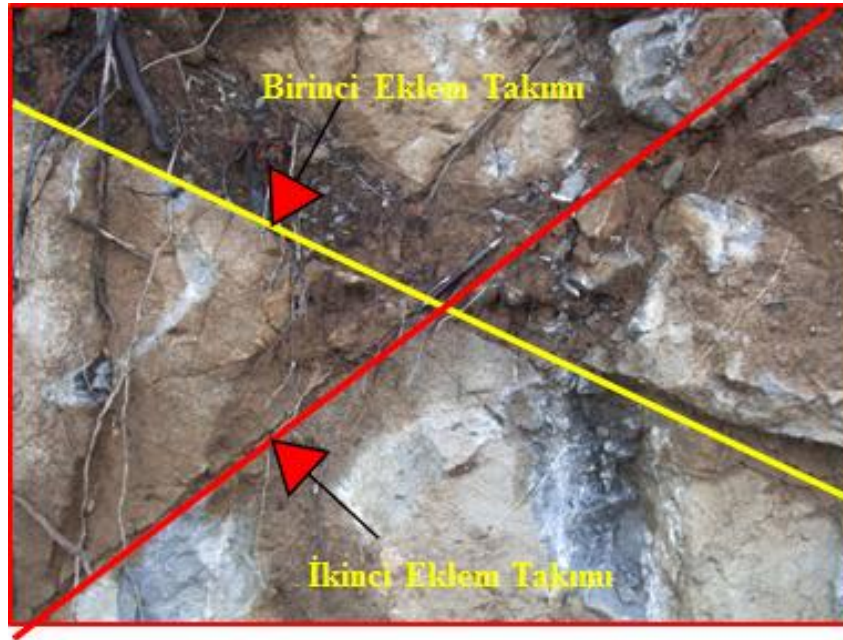
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA	
S E N O Z O Y I K	KUVATERNER			Qal		Alüvyon <i>Uyumsuzluk</i>	
		T E R S İ Y E R	Alt Miyosen	Şapçı Volkaniti	Yüreklî dasiti	Tmş Tmy	Tmş: Andezit ve piroklastik kayalar Tmy: Dasit ve piroklastik kayalar
	Üst Oligosen			Hallaçlar Volkaniti	Oligosen-Miyosen Volkanitleri	Toh Tg	<i>Uyumsuzluk</i> Toh: Andezit, dasit ve piroklastik kayalar Tg: Granit, granodiyorit, monzonit vb. kayalar
			KRETASE	Alt	Bilecik	JKb	<i>Uyumsuzluk</i> JKb: Neritik kireçtaşı
	Orta-Üst						
	M E S O Z O Y I K	JURA	Alt	Bakırköy	Jba	Jba: Kumtaşı, konglomera, kiltası, çamurtaşı, killi kireçtaşı vb. <i>Uyumsuzluk</i>	
			Üst	Balya	TRb	TRb: Arkozik kumtaşı, Halobia'lı şeyl	
		T R İ Y A S		KARAKAYA KOMPLEKSİ	TRk	PK	PK: Permiyen yaşlı, siyahımsı gri renkli kireçtaşı
			TRkk			TRkk: Metakonglomera, metakumtaşı, kumtaşı, kumlukireçtaşı, tuf, metavolkanit, Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları	
						TRko: Orhanlar Grovağı: Metagrovak, kiltası, çamurtaşı, radyolarit, Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları	
					C: Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloğu		

Şekil 5.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (MTA 1/100 000 ölçekli jeoloji Haritası'ndan yararlanılarak hazırlanmıştır) (Yümün 2017)

Balya Formasyonu üzerinde uyumsuzlukla Jura yaşlı kumtaşı, konglomera, kilitaşı, çamurtaşı, killi kireçtaşı vb. kayalar bulunan Bakırköy Formasyonu bulunmaktadır. Bu temel birimler üzerinde, Jura Alt Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından meydana gelen Bilecik Formasyonu yer almaktadır. Bu birimler üzerinde birbirleriyle yanal geçişli Andezit, dasit ve piroklastik kayalardan meydana gelen Hallaçlar Volkanitleri ve granodiyorit, monzonit vb kayalardan oluşan Oligosen-Miyosen Volkanitleri yer almaktadır. Daha üstte ise yine yanal geçişli Şapçı Volkaniti ve Yürekli Dasiti yer almaktadır. Tüm birimler Quaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Yümün 2017).

5.3.2. Yapısal jeoloji

Bölgede temelde Karakaya Kompleksi'ne ait içinde çeşitli yaşlarda bulunan metakırıntılı ve kırıntılı kayalar bulunmaktadır. Kireçtaşı blokları büyük boyutlarda olup, üzerlerinde bölgesel yapısal karakterleri yansıtan tabaka yapısı, eklem ve faylar ölçülebilmektedir. Kalın katmanlı ve yer yer masif görünümlü olan bloklarda (Çizelge -2) ve hamuru oluşturan kumtaşlarında (Çizelge -1) çok sayıda eklem durumu ölçülmüştür (Şekil 5 ve 6). Kireçtaşlarında ölçülen eklemler genelde KB ve KD doğrultulu iki eklem takımından oluşmaktadır (Şekil 5.3 ve 5.4) (Yümün 2017).



Şekil 5.3. Balya güneydoğusunda yüzeyleyen kireçtaşı bloklarında görülen eklem sistemi (Yümün 2017)

Ayrıca Karakaya Kompleksi'nin hamurunu oluşturan kumtaşı biriminde görülen eklemler Şekil 5.4'te görülmekte olup, KD-KB doğrultulu iki eklem takımından oluşmaktadır.

Çizelge 5.1. Karakaya Kompleksi içerisinde yer alan kumtaşlarından ölçülen eklem durumları (Yümün 2017)

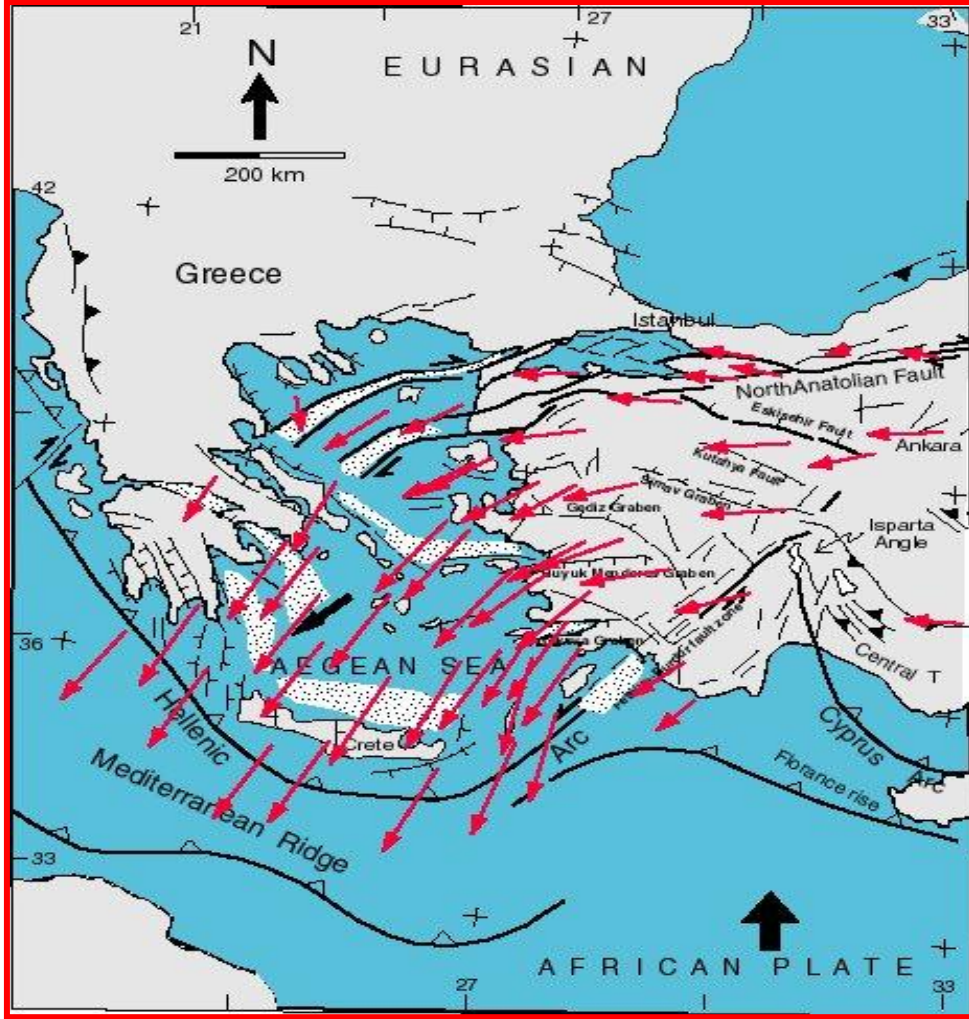
SIRA NO	EKLEM ÖLÇÜLERİ		SIRA NO	EKLEM ÖLÇÜLERİ	
	KLASİK YÖNTEM	MODERN YÖNTEM		KLASİK YÖNTEM	MODERN YÖNTEM
1	K35B,46GB	235/46	18	K63D,51KB	333/51
2	K38B,49GB	232/49	19	K20B,68KD	70/68
3	K39B,61GB	231/61	20	K22B,69KD	68/69
4	K42B,38GB	227/38	21	K23B,64KD	67/64
5	K41B,56GB	228/56	22	K21B,67KD	69/67
6	K33B,56GB	237/56	23	K24B,60KD	66/60
7	K35B,51GB	235/51	24	K22B,66KD	68/66
8	K45D,50KB	315/50	25	K19B,58KD	71/58
9	K48D,48KB	318/48	26	K25B,68KD	65/68
10	K52D,53KB	322/53	27	K24B,63KD	66/63
11	K55D,54KB	325/54	28	K20B,58KD	70/58
12	K65D,50KB	335/50	29	K26B,68KD	64/68
13	K48D,47KB	318/47	30	K22B,65KD	68/65
14	K62D,52KB	332/52	31	K25B,60KD	65/60
15	K65D,50KB	335/50	32	K28B,67KD	62/67
16	K68D,49KB	338/49	33	K27B,68KD	63/68
17	K71D,53KB	341/53	34	K21B,72KD	69/72

Hamur konumunda bulunan kumtaşı biriminde ölçülen eklem ölçülerinin gül ve kontur diyagramlarında analizleri sonucu, bölgesel basınç yönlerinin Kuzey Anadolu Fayını oluşturan basınç yönleriyle aynı olduğu göstermektedir (Yümün 2017).



Şekil 5.4. Balya güneydoğusunda yüzeyleyen Karakaya Kompleksi'nin Hamuru konumunda olan kumtaşlarında görülen eklem sistemi(Yümün 2017)

Burada KB-GD yönü olarak çıkan yönler Türkiye'nin doğusuna gidildikçe KD-GB doğrultusuna doğru dönecektir. Egzotik kireçtaşı bloklarında ölçülen yönler de kumtaşlarından alınan değerlere uygun olarak KB-GD ve KD-GB olarak ölçülmüştür. Elde edilen değerler Şekil 5.5'de verilen Batı Anadolu'nun aktif tektoniği ile aynı karaktere sahiptir (Yümün 2017).



Şekil 5.5. Batı Anadolu'nun Aktif Tektoniği (Yümün 2017)

5.3.3. İnceleme alanının jeolojisi

İnceleme alanında, Karakaya Kompleksine Ait içinde Permian ve Triyas yaşlı kireçtaşı blokları bulunan meta kumtaşı, kumtaşı, siltaşı gibi kayalar yer almaktadır. Kireçtaşı blokları açık gri renkli ve kısmen rekrystalize olmuş bir dokuya sahip olup, bol eklemli bir yapıya sahiptir. Eklemler genelde KD-GB ve KB-GD doğrultulu iki eklem takımından oluşmaktadır (Şekil 5.6) (Yümün 2017).



Şekil 5.6. Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarının yakından görünümü (Yümün 2017)

Kireçtaşı bloklarının içinde bulunduğu hamur ise genelde meta kumtaşı ve kumtaşından oluşmakta olup, bu kayalarda KD-GB ve KB-GD yönlü eklemlerin oluştuğunu görmekteyiz (Şekil 5.7) (Yümün 2017).

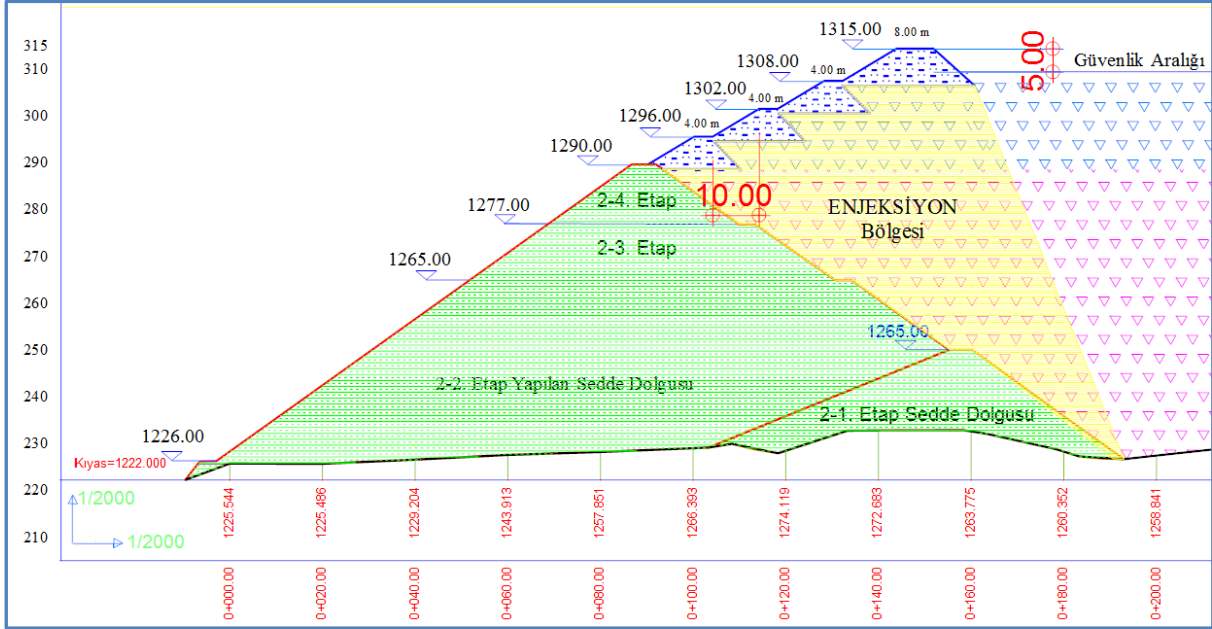


Şekil 5.7. İnceleme alanında yüzeyleyen kumtaşlarının yakından görünümü (Yümün 2017)

5.4. Düzenli Depolama Sahası Tasarımı

5.4.1. Düzenli depolama sahası yapısal özellikleri

A. İkinci Sedde: taban: 1226 m dan başlayarak 1290 m koduna kadar 4 etap halinde sedde yapımı gerçekleştirilmiştir. Bu ek proje kapsamında ikinci sedde üzerine 4 basamak şeklinde yükseltilecek toplam 1315 m koduna kadar yükseltilecektir (Şekil 5.8) (Yümün 2017).



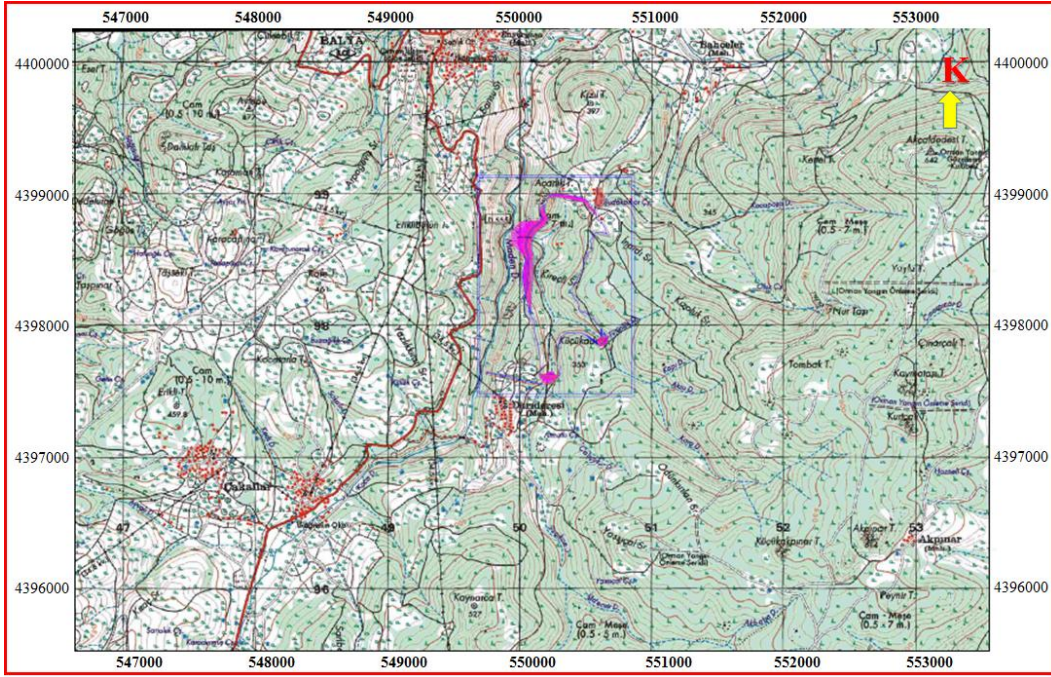
Şekil 5.8. İkinci Sedde B-B Kesiti ve Sedde Geometrik Yapısı (Yümün 2017)

İkinci sedde üzerine yapılacak basamakların ilk üç tanesinin düşey/yatay mesafe oranı 6/10 olup yatay açı : $\alpha = 34.41$ derece olarak planlanmıştır. Son basamak yüksekliği 7 m olacak şekilde tasarlanmıştır (Yümün 2017).

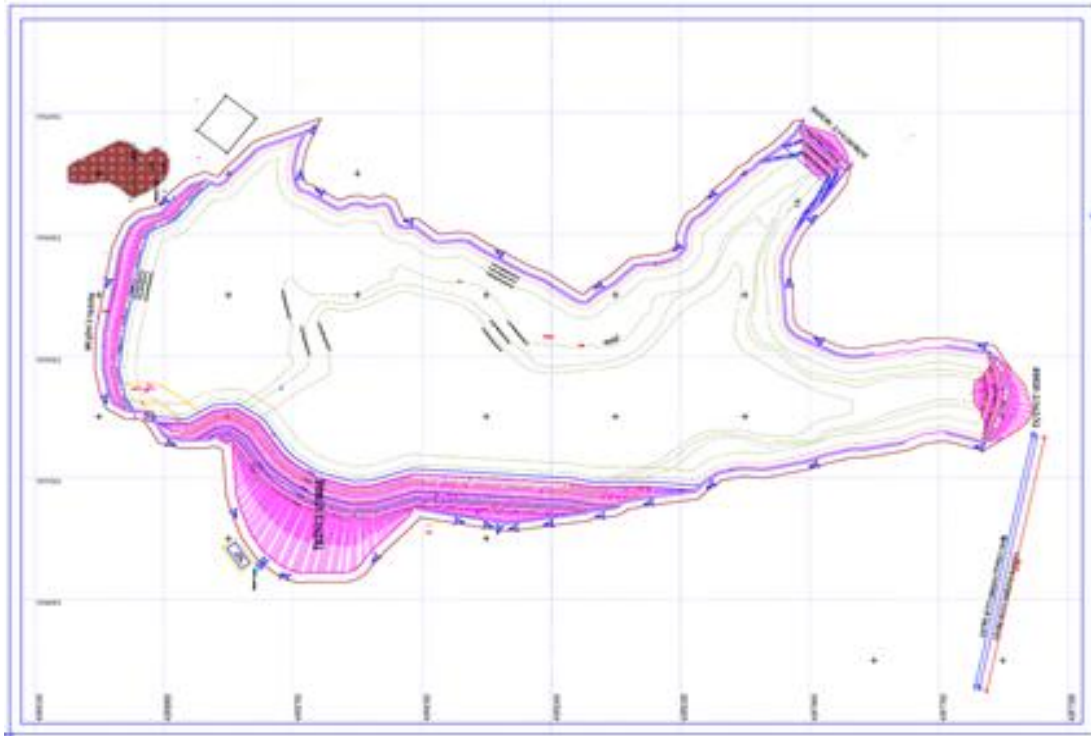
Bu tasarımda çakıllı kumlu kil malzemeden oluşan bir dolgu türüne sahip toprak dolgu baraj yöntemi uygulanmıştır. Bu sedde 4 etap olarak yapıldıktan sonra 285 m koduna kadar atık malzeme ile doldurulacaktır. Hidroloji bölümünde hesaplanacak suyun ortamdan uzaklaşması için gerekli süre den Teknik Raporda Sunulan enjeksiyon planına uygun olacak şekilde seddenin arkasındaki dolgu malzemeye enjeksiyon yapılarak sedde arkası beton bariyer haline getirilecektir. Her bir kademe arasında en az 28 gün (betonun piri süresi) beklendikten sonra birinci basamak dolgusu yapılacaktır. Her bir kademe benzer şekilde planlanarak koordineli olarak yapılacaktır. Yapılan her bir enjeksiyon kademesinden sonra en az 3 noktada karotlu sondaj yapılarak enjeksiyon kalitesi belirlenmesi için izleme süreci gerçekleştirilecektir (Yümün 2017).

5.4.2. Düzenli Depolama Sahasının Vaziyet Planı ve Koordinatları

Düzenli depolama sahası çevre drenaj kanalı dahil 620850 m² lik bir alana sahip olup, sahanın koordinatları (ED-50, 6 derece) Çizelge 2 ve 3’de verilmiştir (Şekil 5.12 ve 5.13).



Şekil 5.9. İnceleme alanının 1/25000 ölçekli topoğrafik haritası ve konumu (Yümün 2017)



Şekil 5.10. Düzenli depolama sahasının vaziyet planı ve seddelerin konumları (Yümün 2017)

Çizelge 5.2. Düzenli Depolama Sahasının Koordinatları (ED-50, 6 Derece) (Yümün 2017)

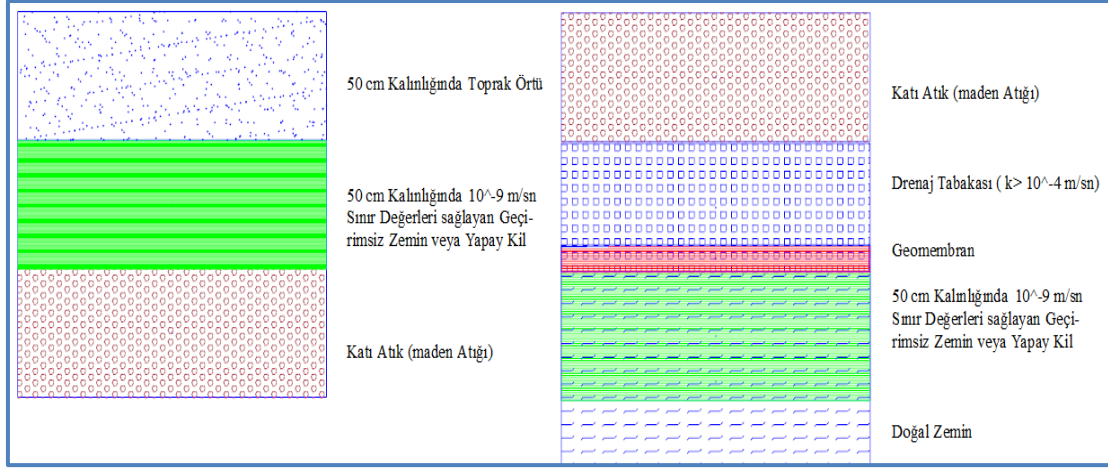
Nokta No	Y	X	Z	Nokta No	Y	X	Z
ÇEV.1	550121.803	4397632.978	1318.810	ÇEV.2	550147.691	4397632.978	1320.985
ÇEV.3	550147.691	4397690.243	1326.313	ÇEV.4	550147.691	4397722.147	1343.722
ÇEV.5	550144.613	4397748.120	1322.165	ÇEV.6	550132.951	4397814.928	1324.791
ÇEV.7	550132.951	4397833.391	1325.687	ÇEV.8	550121.803	4397878.481	1325.942
ÇEV.9	550114.122	4397898.343	1325.797	ÇEV.10	550099.346	4397970.583	1322.114
ÇEV.11	550101.711	4397994.400	1319.794	ÇEV.12	550101.711	4398005.586	1319.183
ÇEV.13	550095.482	4398035.406	1318.743	ÇEV.14	550083.788	4398051.909	1319.211
ÇEV.15	550083.788	4398072.262	1315.438	ÇEV.16	550064.843	4398072.262	1319.750
ÇEV.17	550071.945	4398075.640	1317.413	ÇEV.18	550062.943	4398140.271	1310.101
ÇEV.19	550054.707	4398186.679	1303.557	ÇEV.20	550049.577	4398189.735	1303.402
ÇEV.21	550043.989	4398202.032	1302.130	ÇEV.22	550039.984	4398238.588	1297.289
ÇEV.23	550036.517	4398242.057	1295.888	ÇEV.24	550019.364	4398367.557	1280.334
ÇEV.25	550042.540	4398507.552	1287.244	ÇEV.26	550033.708	4398507.552	1284.500
ÇEV.27	549982.874	4398581.496	1265.574	ÇEV.28	549947.030	4398581.496	1260.673
ÇEV.29	549938.658	4398606.642	1257.046	ÇEV.30	549935.780	4398618.779	1253.387
ÇEV.31	549935.780	4398679.716	1232.857	ÇEV.32	549934.543	4398688.768	1228.777
ÇEV.33	549942.788	4398713.311	1216.328	ÇEV.34	549951.416	4398726.927	1212.806
ÇEV.35	549951.416	4398751.237	1216.323	ÇEV.36	549972.402	4398751.237	1215.201
ÇEV.37	550004.159	4398772.503	1229.197	ÇEV.38	550044.624	4398788.272	1250.557
ÇEV.39	550070.053	4398795.593	1262.844	ÇEV.40	550151.966	4398802.096	1291.328
ÇEV.41	550151.966	4398804.996	1291.938	ÇEV.42	550151.966	4398816.718	1293.804
ÇEV.43	550160.103	4398818.082	1295.363	ÇEV.44	550151.453	4398821.378	1294.485
ÇEV.45	550148.605	4398831.860	1294.999	ÇEV.46	550148.032	4398873.675	1299.475
ÇEV.47	550156.326	4398907.060	1303.953	ÇEV.48	550181.528	4398922.410	1313.756
ÇEV.49	550195.305	4398933.585	1317.951	ÇEV.50	550197.533	4398961.477	1317.424
ÇEV.51	550213.619	4398989.201	1315.569	ÇEV.52	550240.326	4398999.170	1307.772
ÇEV.53	550280.931	4399007.471	1295.168	ÇEV.54	550336.955	4399005.935	1308.611
ÇEV.55	550476.985	4398980.541	1308.956	ÇEV.56	550519.358	4398962.379	1301.831
ÇEV.57	550538.762	4398940.426	1309.297	ÇEV.58	550545.888	4398911.216	1309.528
ÇEV.59	550566.967	4398891.659	1306.459	ÇEV.60	550591.151	4398865.215	1309.984
ÇEV.61	550602.511	4398836.524	1318.961	ÇEV.62	550594.733	4398817.108	1318.796
ÇEV.63	550596.433	4398814.021	1320.938	ÇEV.64	550607.233	4398805.903	1324.418
ÇEV.65	550632.169	4398779.996	1324.135	ÇEV.66	550649.115	4398764.692	1324.393
ÇEV.67	550656.381	4398750.352	1324.383	ÇEV.68	550690.013	4398656.790	1322.886
ÇEV.69	550638.393	4398679.351	1318.474	ÇEV.70	550608.111	4398685.497	1319.189
ÇEV.71	550590.023	4398683.759	1318.399	ÇEV.72	550583.647	4398680.234	1318.504
ÇEV.73	550581.153	4398670.710	1319.122	ÇEV.74	550555.513	4398628.185	1317.862
ÇEV.75	550562.396	4398612.319	1319.623	ÇEV.76	550563.683	4398594.623	1319.889
ÇEV.77	550558.622	4398582.031	1319.391	ÇEV.78	550559.587	4398575.654	1319.943

Çizelge 5.3: Düzenli Depolama Sahasının Koordinatları (ED-50, 6 Derece) (DEVAM)
(Yümün 2017)

Nokta No	Y	X	Z	Nokta No	Y	X	Z
ÇEV.79	550564.333	4398558.592	1320.013	ÇEV.80	550556.204	4398540.728	1319.739
ÇEV.81	550525.846	4398528.597	1317.975	ÇEV.82	550524.568	4398525.817	1317.993
ÇEV.83	550524.568	4398505.067	1318.215	ÇEV.84	550500.770	4398475.461	1318.391
ÇEV.85	550500.334	4398466.559	1318.474	ÇEV.86	550503.697	4398441.305	1319.216
ÇEV.87	550500.346	4398423.208	1320.738	ÇEV.88	550448.137	4398334.530	1320.431
ÇEV.89	550436.978	4398306.704	1320.735	ÇEV.90	550402.294	4398253.982	1318.669
ÇEV.91	550401.565	4398249.504	1319.081	ÇEV.92	550413.418	4398236.736	1321.230
ÇEV.93	550428.114	4398212.077	1320.642	ÇEV.94	550461.028	4398176.191	1319.427
ÇEV.95	550466.676	4398131.643	1319.175	ÇEV.96	550472.714	4398113.973	1319.460
ÇEV.97	550482.373	4398105.021	1318.624	ÇEV.98	550496.485	4398106.268	1319.575
ÇEV.99	550516.118	4398100.290	1318.793	ÇEV.100	550534.767	4398089.317	1320.283
ÇEV.101	550546.279	4398071.058	1320.281	ÇEV.102	550578.975	4398042.730	1320.311
ÇEV.103	550594.694	4398022.931	1319.180	ÇEV.104	550608.750	4398012.575	1319.460
ÇEV.105	550618.414	4397995.024	1319.105	ÇEV.106	550629.103	4397986.530	1320.340
ÇEV.107	550647.886	4397958.603	1320.225	ÇEV.108	550673.627	4397932.528	1320.322
ÇEV.109	550684.956	4397924.950	1321.078	ÇEV.110	550701.346	4397921.442	1319.819
ÇEV.111	550724.545	4397908.984	1317.724	ÇEV.112	550744.535	4397890.442	1322.242
ÇEV.113	550749.482	4397829.552	1321.746	ÇEV.114	550755.989	4397805.183	1319.735
ÇEV.115	550759.009	4397781.918	1319.461	ÇEV.116	550754.976	4397742.040	1315.858
ÇEV.117	550734.482	4397717.326	1309.141	ÇEV.118	550709.798	4397701.644	1304.726
ÇEV.119	550691.965	4397702.611	1308.260	ÇEV.120	550662.826	4397713.061	1318.053
ÇEV.121	550629.106	4397757.815	1320.936	ÇEV.122	550618.827	4397796.575	1320.673
ÇEV.123	550607.227	4397821.197	1320.382	ÇEV.124	550542.759	4397872.270	1323.651
ÇEV.125	550514.716	4397899.619	1322.759	ÇEV.126	550498.983	4397910.374	1322.350
ÇEV.127	550472.839	4397923.213	1322.353	ÇEV.128	550457.146	4397928.811	1322.493
ÇEV.129	550432.575	4397929.378	1322.312	ÇEV.130	550406.689	4397926.037	1321.568
ÇEV.131	550357.716	4397923.474	1318.991	ÇEV.132	550349.402	4397918.677	1319.274
ÇEV.133	550343.163	4397912.528	1319.812	ÇEV.134	550315.975	4397853.560	1322.897
ÇEV.135	550313.006	4397841.576	1322.695	ÇEV.136	550311.865	4397830.708	1322.449
ÇEV.137	550312.783	4397819.499	1322.107	ÇEV.138	550316.705	4397801.324	1322.379
ÇEV.139	550319.002	4397781.282	1321.574	ÇEV.140	550324.237	4397753.656	1321.766
ÇEV.141	550322.198	4397747.504	1320.939	ÇEV.142	550323.598	4397738.148	1320.830
ÇEV.143	550327.914	4397728.304	1321.387	ÇEV.144	550329.374	4397689.684	1322.849
ÇEV.145	550319.614	4397629.533	1322.914	ÇEV.146	550319.614	4397613.871	1323.390
ÇEV.147	550319.614	4397595.199	1322.472	ÇEV.148	550301.803	4397595.199	1315.161
ÇEV.149	550284.703	4397577.877	1307.545	ÇEV.150	550257.785	4397556.666	1300.708
ÇEV.151	550218.809	4397542.376	1293.694	ÇEV.152	550193.801	4397554.378	1286.150
ÇEV.153	550172.782	4397576.196	1297.274	ÇEV.154	550160.498	4397597.881	1307.898

5.4.3. Atık sahası taban, tavan ve yamaç kaplama özellikleri

Atık sahasının mevcut bölümünde zaten taban kaplaması yapılmıştır. Bu proje kapsamında 2. Seddenin 315 m'ye kadar yükseltilmesi ve ek olarak 3., 4. ve 5. seddelerin ek olarak yapılması sonucu sahaya ek alanlar katılmış olacaktır. Bu ek sahaların tabanına Şekil 5.11'de olduğu gibi yönetmelikler çerçevesinde koruyucu önlemler alınacaktır. Sahanın dolumundan sonra da yine Şekil 5.11'de görüldüğü gibi kapama uygulanacaktır (Yümün 2017).



Şekil 5.11. Atık sahası taban (Sağdaki resim) ve tavan (Soldaki resim) kaplama kesitleri (Yümün 2017)

5.4.3.1. Dolum kapasitesi

Mevcut düzenli depolama sahası 1290 m koduna kadar yükseltilmiş durumdadır. Burada atık 1285 m ye kadar olup, sahanın üzerine ek seddeler yapılarak 1315 m koduna kadar yükseltilecektir. Bu durumda atık 1310 m'ye kadar yükseltilecek ve toplam 25 m yüksekliğinde ek depolama kapasitesi kazanılmış olacaktır. Bu son durumda 7.933.033 m³ ek bir depolama yapılmış olacaktır (Çizelge 5.4) (Yümün 2017).

Çizelge 5.4. Düzenli depolama alanı kapasite özeti (Yümün 2017)

Katman Düzeyi (m)	Her Bir Katmanın Alanı (m ²)	Ortalama Katman (m)	Katman Yüksekliği (m)	Dolgu Miktarı (m ³)
315	454139	438527	GÜVENLİ BÖLGE	
310	422915	407621.5		5
305	392328	377337.5	5	1886687.5
300	362347	319077.6	5	1595387.75
295	275808.1	261075.7	5	1305378.5
290	246343.3			
285	197845.5	222094.4	5	1110472
315 m Koduna Kadar Atık Dolgu Hacmi				7.936.033

5.4.3.2. Gözlem kuyuları ve koordinatları

Düzenli Depolma sahasının memba ve mansap bölümlerine olmak üzere toplam 8 adet gözlem kuyusu açılacaktır. Gözlem Kuyularının coğrafik koordinatları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Gözlem Kuyularının Koordinatları (ED-50/6 Derece) (Yümün 2017)

Nokta No	Y	X	Z
G.K-1	549920.307	4398669.852	1231.687
G.K-2	549942.320	4398747.547	1217.420
G.K-3	550328.913	4399012.935	1308.377
G.K-4	550554.682	4398917.219	1308.780
G.K-5	550473.426	4398334.195	1328.318
G.K-6	550663.772	4397959.402	1324.461
G.K-7	550380.705	4397915.971	1323.531
G.K-8	550326.157	4397628.952	1326.250

5.4.4. Laboratuvar Analizleri

5.4.4.1. Geoteknik laboratuvar analizleri

Düzenli depolama alanının en önemli bileşeni sedde yapısının duraylılığı ve taşıma gücüdür. Bu nedenle sedde ve maden atığının hem fiziksel özellikleri hem de mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak analizler yapılmıştır (Çizelge 5.6) (Yümün 2017).

Çizelge 5.6. Geoteknik Laboratuvar Analizi Sonuçları (Yümün 2017)

NUMUNE / SAMPLE		SU İÇERİĞİ / Water content	DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK / Wet unit weight	KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK / Dry unit weight	ÖZGÜL AĞIRLIK	ATTERBERG LİMİTLERİ / ATTERBERG LIMITS			ELEK ANALİZİ / Sleeve Analysis				ZEMİN SINIFI / SOIL CLASS/ TSI500	KESME KUTUSU / SHEAR TEST	
Sondaj- No	NUMUNE NO /Sample No					LL	PL	PI	ÇAKIL	KUM	SILT	KİL		C	Ø
						%	%	%						%	%
SK-1	Zemin	7.82	2.16	2.00	2.33	25	14	11	47.98	30.29	21.73	GC	0.72	24.5	
SK-2	Maden Atığı	14.28	1.98	1.73	1.88	32	16	16	0.96	62.84	36.20	SC	0.32	9.54	

5.4.4.2. Kimyasal analizler

Maden atığının kimyasal karakterini belirlemeye yönelik maden atığından alınan örnekler Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi (NABİLTEM) Laboratuvarına Yaptırılmıştır (Çizelge 5.7) (Yümün 2017).

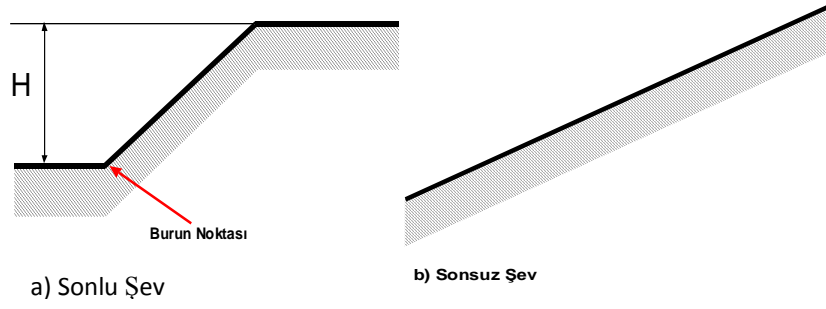
Çizelge 5.7. Atığın kimyasal analizi sonuçları (B.Ü. NABİLTEM) (Yümün 2017)

Element	Numune 1	Element	Numune 1
Na (ppm)	178,4	Fe (ppm)	98,057
Mg (ppm)	3695,2	Mn (ppm)	2,468
K (ppm)	37,4	Mo (ppb)	0
Ca (ppm)	112473	Ni (ppm)	15,823
S (ppm)	50963,8	P (ppm)	117,6
Ag (ppb)	0	Pb (ppm)	6,1
As (ppm)	41,2	Pt (ppm)	9,881
Al (ppm)	10570,9	Sb (ppm)	2
B (ppb)	84,3	Se (ppb)	0
Bi (ppb)	0	Sn (ppm)	5,082
Cd (ppm)	1,108	W (ppb)	0
Co (ppm)	9,923	Zn (ppb)	1569
Cr (ppm)	22,786	Hg (ppb)	0
Cu (ppm)	126,1		

5.5. Duraylılık Analizleri

5.5.1. Duraylılık analizleri genel bilgileri

Şevler, geometrik açıdan sonsuz şev ve sonlu şev diye ikiye ayrılabilir (Şekil 5.18). Sonlu şevlerin belli bir yükseklikleri vardır. Bunların burun önü yüzeyi ve üst yüzeyi yatay veya daha az eğimlidir. Yarım sonsuz (Pratik olarak uzun) eğik bir düzleme sahip şevlere de sonsuz şev denir (Uzuner 2005).



Şekil 5.12: Şev Türleri

A. Sonsuz Şevlerin Stabilitesi: Sonsuz şevlerde genellikle kayma şev yüzeyine paralel bir yüzey boyunca olur. Pratikte uzunluğu derinliğine oranla çok büyük olan ve şev yüzeyine paralel olan kaymalar, sonsuz şev kayması olarak kabul edilebilir.

B. Sonlu Şevlerin Stabilitesi: Sonlu şevlerin stabilitesi için Çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler;

a. İsveç Daire (Dilim) Yöntemi: Genel bir yöntem olup, homojen zemin, tabakalı zemin, doğal zemin, tamamen veya kısmen su altındaki zemin, doğrusal olmayan şev yüzeyi ile su akımı ve boşluk suyu basıncı olması durumlarında kullanılabilir (Uzuner 2005).

b. Fellenius Yöntemi: Fellenius yöntemi 1927 yılında W. FELLENIUS tarafından bulunmuştur. Bu yöntem suya doygun killi zeminlerde oluşturulacak şevlerin inşaat bitiminden hemen sonra ki stabilite koşullarını incelemek için geliştirilmiş en eski yöntemdir. Yöntem 'Toplam Gerilme Analizi'ne dayandığından zeminin kayma dayanım büyüklüğü olarak sadece 'kohezyon' değeri kullanılır. Yenilme Yüzeyi Daireseldir. Kayma Yüzeyini Tanımlayan merkez 'O' ve Yarıçap 'R' Seçilir. Kuvvetler Bileşkesi tabana paraleldir. Seçilen Yenilme Yüzeyi İçin Şev Kütlesine Etkiyen (Statik Ağırlık, Çekme Çatlağı İçinde ki Su Kuvveti, Deprem Yükleri, Bina/Makine Temel Kuvvetleri, Dış Hidrostatik Su Kuvveti, Vb..) Kuvvetlerin Dengesi Moment Bazında İncelenir. Çok Sayıda Merkez Ve Yarıçap Dikkate Alınarak Belirlenen 'Kayma Yüzeyleri'nin Güvenlik Katsayıları 'G_k' Hesaplanır. Güvenlik Katsayısı En Küçük Olan Kayma Dairesi 'Kritik Kayma Dairesi'ni Tanımlar.

c. Bishop Dilim Yöntemi: Bu yöntemde dilimleri etkileyen yanal kuvvetlerin yatay olduğu, normal kuvvet ve ağırlıkların dilim tabanının ortasına etkideği varsayımı yapılır. Fellenius yönteminden hareketle geliştirilmiş bir yöntemdir. Killi zeminlerde, Efektif gerilme analizi yapılarak uygulanır. Dolgular, Aşırı konslide olmuş killer, Hizmet süresi çok uzun şevlerin analizinde iyi sonuçlar vermektedir. Seçilen dilim sayısı $n > 5$ olmalıdır. Dilim yönteminde hesaplanan güvenlik sayısı genellikle güvenli taraftadır. G_k değeri diğer yöntemlerden hesaplanan G_k değerlerinden daha küçüktür. Eğer boşluk basınç oranı 'ru' yüksek ve kayma

yarıçapı 'R' kısa ise anaiz hata içerebilir. Bu durularda Bishop yöntemi kullanılmalıdır. Efektif gerilme analizi yapılır. Killerde ve aşırı konsolide killerde kullanılır. Homojen şev kütleleri için geçerlidir (Whitlow 1995).

5.5.2. Güvenlik sayısı seçimi (Gs)

Şev tasarımında zemin kayma mukavemetine uygulanan güvenlik sayısının fonksiyonu mevcut belirsizliklerin ortadan kaldırılmasıdır. Belirsizliklerin kaynakları şöyle sıralanabilir;

1. Zemin kayma mukavemeti ile ilgili olarak sahada mevcut zemin yapısındaki farklılaşmalar.
2. Laboratuarda belirlenen kayma mukavemeti değerlerinin sahada mevcut değerleri yeterince iyi yansıtmaması.
3. Kullanılan analiz yönteminin konservatif olması.
4. Kabul edilen kayma yüzeyi formunun kritik kayma formundan farklı olması.
5. Şev üzerine etkileyen yüklerin tasarımda dikkate alınandan daha fazla olması.

Şevlerde zemin kayma mukavemetine ilişkin belirsizlik, genel olarak sisteme etkileyen yükler ve kullanılan analiz metodundan kaynaklanan belirsizliklere kıyasla daha önemlidir. Güvenlik faktörünün belirlenmesinde analiz metodundan kaynaklanan hatalar genel olarak % 15 veya daha küçük olurken, zemin kayma mukavemetinden kaynaklanan hatalar çok daha büyük olabilmektedir. Güvenlik sayısı seçiminde dikkate alınması gereken hususlar şunlardır (Erol ve Çekinmez 2014);

1. Şevi teşkil eden zeminin kayma mukavemeti, şev geometrisi, drenaj durumu ve diğer koşullarla ilgili belirsizliklerin derecesi.
2. Şevi daha stabil hale getirmenin (Güvenlik sayısının artırılması) maliyeti.
3. Şevin kayması durumunda ortaya çıkabilecek sorunların boyutu ve maliyeti.
4. Şevin geçici veya kalıcı olması.

Bu hususlara bağlı olarak statik durum için önerilen minimum güvenlik sayısı değerleri aşağıda verilmiştir. Zemin kayma mukavemetinden kaynaklanan belirsizliklerin büyük ve küçük olması durumu, zemin koşullarının üniform olup olmadığına ve mukavemet deneyleri sonuçlarının zemin mukavemeti özellikleri hakkında tam ve tutarlı sonuçlar verip vermediğine bağlıdır.

Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta da, şevin bir bütün olarak stabilitesinin sağlanması amacıyla seçilen güvenlik sayısının şev üzerinde lokal deformasyonlar meydana gelmemesini garanti etmeyeceğidir. Bu tür lokal deformasyonlar, mesela kil zeminler

içerisinde mevcut fisürler nedeniyle ortaya çıkabilir. (Zemin Mekaniği Semineri, İller Bankası, 2002.)

T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Geoteknik Tasarım Esasları'na (2007) göre Stabilite analizlerinde aşağıdaki minimum güvenlik sayıları aranacaktır:

Dolgu içi stabilite : Uzun dönem (drenajlı parametreler)	: GS > 1.5
Deprem durumu	: GS > 1.01
Genel stabilite: Kısa dönem (drenajsız parametreler)	: GS > 1.3
Uzun dönem (drenajlı parametreler)	: GS > 1.5
Deprem durumu	: GS > 1.01

Bu çalışmada'da DLH tarafından önerilen Güvenlik Sayıları (Gs) kullanılmıştır.

Yapılan analizlerde;

Dolgu içi stabilite : Uzun dönem (drenajlı parametreler)	: GS > 1.3
Deprem durumu	: GS > 1.01

Drenajsız Parametrelerde Güvenlik Sayıları kullanılmıştır.

5.5.3. Balya düzenli depolama tesisi sedde yapılarının duraylılık analizleri

Düzenli Depolama sahasında Sedde 2, Sedde 3, Sedde 4 ve Sedde 5 olmak üzere 4 adet sedde inşaa edilecektir. 2 Nolu Sedde (Sedde 2) 290 m'ye kadar inşaa edilmiş durumda olup, diğer seddelerin kret kodları ile aynı olacak şekilde (315 m'ye kadar) yükseltilecektir. Bu sedde toplam 25 m basamaklı sedde yöntemiyle inşaa edilecek olup, güvenlik açısından hem depremlili hem de depremsiz durumda duraylılık analizleri yapılacaktır.

Çalışma alanı 1. Derece Deprem Bölgesinde yer aldığı için Etkin Yer İvme Katsayısı $A_0 = 0,40$ olup, analizde bu değer yarısı ($0,40/2 = 0,20$) kullanılmıştır. Duraylılık analizinde zemin parametreleri laboratuvar analizlerinden elde edilen değerler kullanılmış olup, bu değerler Çizelge 5.8'de özet olarak verilmiştir.

Çizelge 5.8. Yapılan Duraylılık Analizinde Materyallere Ait Laboratuvar Analiz Sonuçları (Yümün 2017)

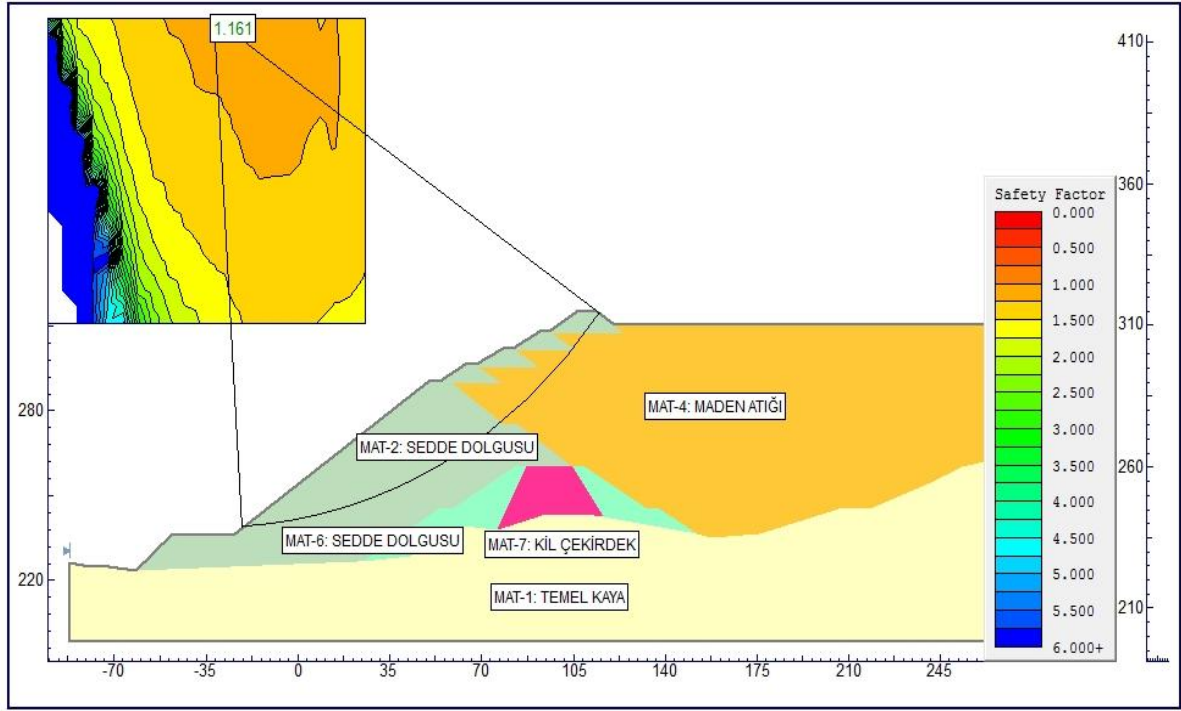
Kesitte Görülen Materyaller	Doğal Birim Hacim Ağırlık		KESME KUTUSU /SHEAR TEST	
	γ		c	\emptyset
	kN/m ³	g/cm ³	kN/m ²	Derece
Maden Atığı	19.80	1.980	0.32	9.54
Sedde Dolgusu	20.25	2.025	72	24.50
Enjeksiyon Betonu	25.00	2.500	17630	14.35
Sedde Kil Çekirdek	18.17	1.817	48.50	9

5.5.3.1. İkinci seddenin ilk durumda A-A kesitinin duraylılık analizi

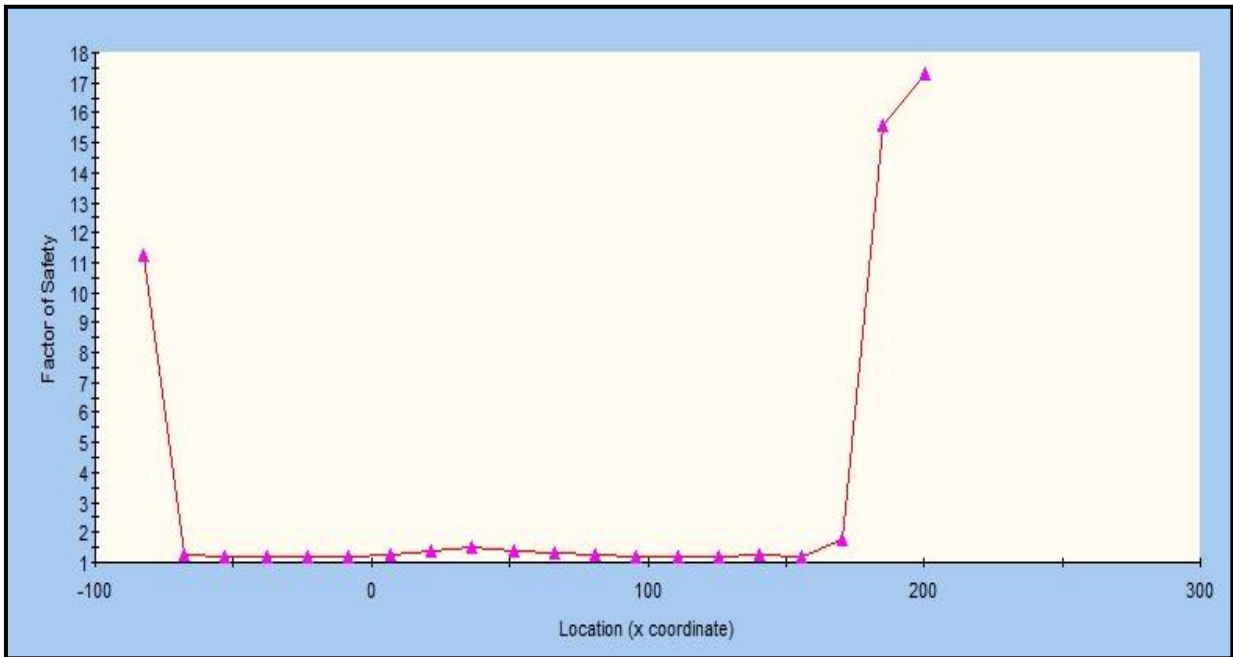
Tasarlanacak sedde ve arkasına doldurulacak maden atığının ilk durumdaki kesiti kullanılarak duraylılık analizi yapılmıştır. Bu analizler hem depremlili durum hem de depremsiz durum dikkate alınarak yapılmış olup, analizlerde geoteknik laboratuvar da elde edilen sedde dolgusu ve maden atığı parametreler kullanılmıştır (Çizelge 5.8).

Sedde İlk Durumda Depremsiz Durum: İkinci sedde A-A kesiti 290 m'den sonda atığa yük verecek şekilde basamaklı olarak 315 m'ye kadar yükseltilmesi durumunda deprem olmadığı varsayılarak duraylılık analizi yapılmıştır (Şekil 5.13 ve 5. 14).

İkinci Sedde Yapısı İlk Durumda A-A kesitinin depremsiz durumunda duraylılık analizi Bishop ve Janbu yöntemine göre (25 dilim) yapılarak güvenlik sayısı 1.161<1, 3 olarak elde edilmiştir. Bu sonuca göre yapının duraylılık değeri sınır değerin altındadır. Bu analize ait DATA'lar Çizelge 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5.13. İkinci sedde ilk durumda depremsiz duraylılık analizi kesiti (Yümün 2017)

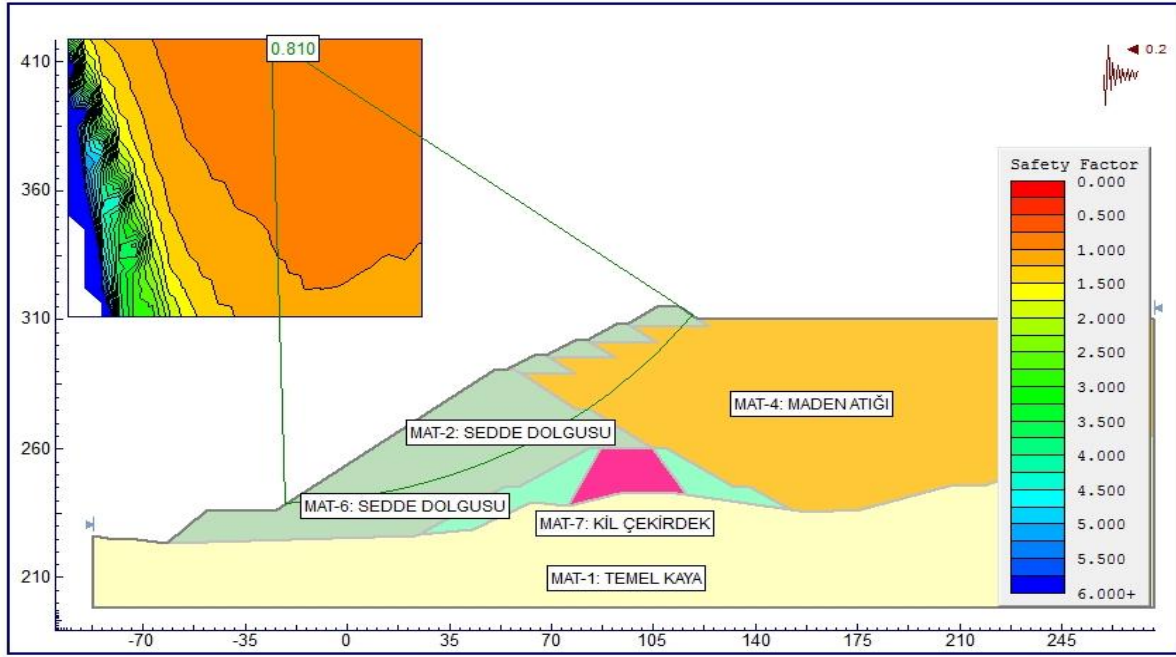


Şekil 5.14. İkinci sedde ilk durumda depremsiz duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017)

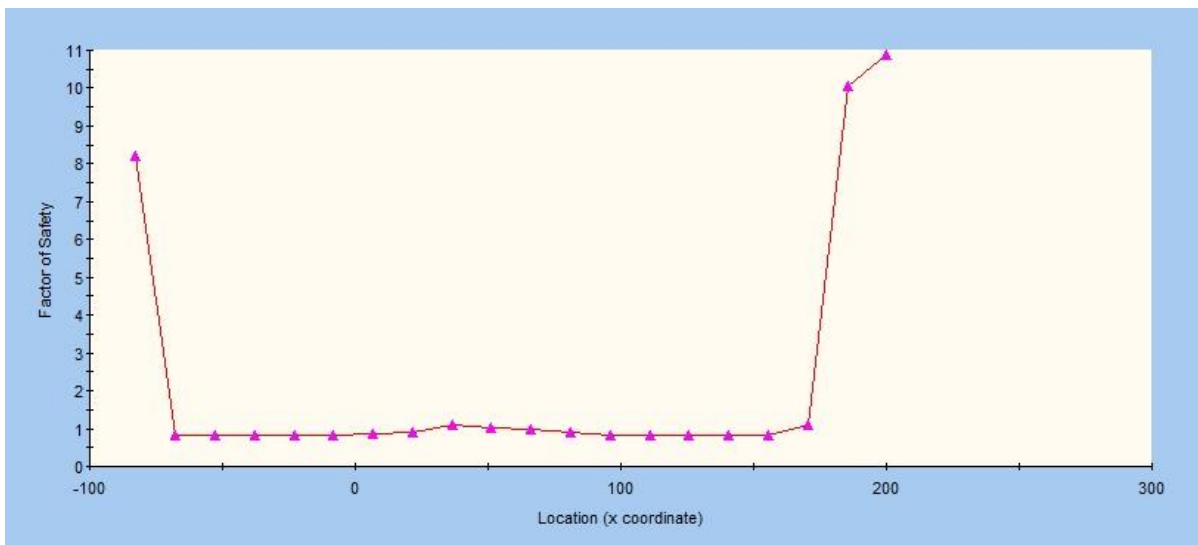
Çizelge 5.9. İkinci sedde ilk durumda deprensiz duraylılık analizi hesap dataları(Yümün 2017)

<p>File Name: 2. sedde dur. İlk.sli</p> <p>Project Settings: Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program</p> <p>Failure Direction: Right to Left</p> <p>Units of Measurement: SI Units</p> <p>Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³</p> <p>Groundwater Method: Water Surfaces</p> <p>Data Output: Standard</p> <p>Calculate Excess Pore Pressure: Off</p> <p>Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off</p> <p>Random Numbers: Pseudo-random Seed</p> <p>Random Number Seed: 10116</p> <p>Random Number Generation Method: Park and Miller v.3</p> <p><u>Analysis Methods</u></p> <p>Analysis Methods used:</p> <p>Bishop simplified</p> <p>Janbu simplified</p> <p>Number of slices: 25</p> <p>Tolerance: 0.005</p> <p>Maximum number of iterations: 50</p> <p><u>Surface Options</u></p> <p>Surface Type: Circular</p> <p>Radius increment: 10</p> <p>Minimum Elevation: Not Defined</p> <p>Composite Surfaces: Disabled</p> <p>Reverse Curvature: Create Tension Crack</p> <p><u>Material Properties</u></p> <p><u>Material: Material 1</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 23.95 kN/m³</p> <p>Cohesion: 5930 kPa</p> <p>Friction Angle: 35 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 2</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 20.25 kN/m³</p> <p>Cohesion: 72 kPa</p> <p>Friction Angle: 24.5 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 4</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 19.8 kN/m³</p> <p>Cohesion: 32 kPa</p> <p>Friction Angle: 9.54 degrees</p> <p>Water Surface: None</p>	<p><u>Material: Material 6</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 20.25 kN/m³</p> <p>Cohesion: 72 kPa</p> <p>Friction Angle: 24.5 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 7</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 18.17 kN/m³</p> <p>Cohesion: 48.5 kPa</p> <p>Friction Angle: 9 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Global Minimums</u></p> <p><u>Method: bishop simplified</u></p> <p>FS: 1.160620</p> <p>Center: -32.075, 418.577</p> <p>Radius: 180.693</p> <p>Left Slip Surface Endpoint: -21.347, 238.203</p> <p>Right Slip Surface Endpoint: 115.283, 314.004</p> <p>Resisting Moment=5.39782e+006 kN-m</p> <p>Driving Moment=4.65079e+006 kN-m</p> <p><u>Method: janbu simplified</u></p> <p>FS: 1.074010</p> <p>Center: -14.753, 390.215</p> <p>Radius: 154.768</p> <p>Left Slip Surface Endpoint: -24.703, 235.767</p> <p>Right Slip Surface Endpoint: 118.504, 311.503</p> <p>Resisting Horizontal Force=34139.7 kN</p> <p>Driving Horizontal Force=31787.1 kN</p> <p><u>Valid / Invalid Surfaces</u></p> <p><u>Method: bishop simplified</u></p> <p>Number of Valid Surfaces: 4518</p> <p>Number of Invalid Surfaces: 322</p> <p><u>Method: janbu simplified</u></p> <p>Number of Valid Surfaces: 4520</p> <p>Number of Invalid Surfaces: 320</p>
---	---

Sedde İlk Durumda Depremlı Duraylılık Analizi: Mendirek Yapısının AA- Kesitinin depremlı durumunda duraylılık analizi Bishop ve Janbu yöntemine göre (25 dilim) yapılarak güvenlik sayısı $G_s=0.810 < 1,01$ olarak elde edilmiştir. Burada Etkin Yer İvmesi $A_o= 0,40$ olarak alınmış ve bu sonuca göre yapının duraylılık değeri sınır değerin altındadır. Bu analize ait DATA'lar Çizelge 5.10 'da verilmiştir (Şekil 5.15 ve 5.16).



Şekil 5.15. İkinci sedde ilk durumda depremlı duraylılık analizi kesiti (Yümün 2017)



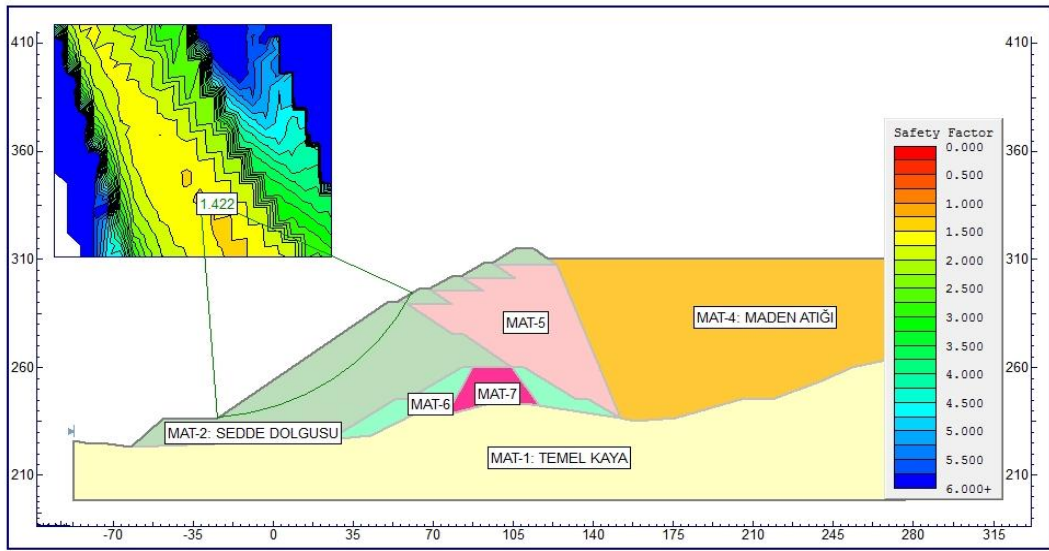
Şekil 5.16. İkinci sedde ilk durumda depremlı duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017)

Çizelge 5.10. 2. Sedde ilk durumda depremlilik duraylılık analizi hesap dataları (Yümün 2017)

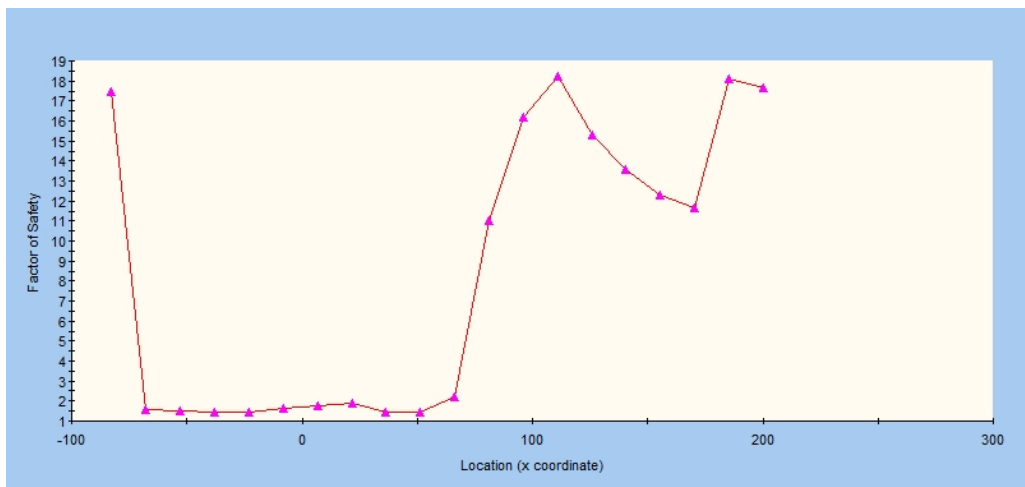
<p>File Name: 2. sedde dur. İlk depremlI.sli</p> <p><u>Project Settings</u></p> <p>Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program</p> <p>Failure Direction: Right to Left</p> <p>Units of Measurement: SI Units</p> <p>Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³</p> <p>Groundwater Method: Water Surfaces</p> <p>Data Output: Standard</p> <p>Calculate Excess Pore Pressure: Off</p> <p>Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off</p> <p>Random Numbers: Pseudo-random Seed</p> <p>Random Number Seed: 10116</p> <p>Random Number Generation Method: Park and Miller v.3</p> <p><u>Analysis Methods</u></p> <p>Analysis Methods used:</p> <p>Bishop simplified</p> <p>Janbu simplified</p> <p>Number of slices: 25</p> <p>Tolerance: 0.005</p> <p>Maximum number of iterations: 50</p> <p><u>Surface Options</u></p> <p>Surface Type: Circular</p> <p>Radius increment: 10</p> <p>Minimum Elevation: Not Defined</p> <p>Composite Surfaces: Disabled</p> <p>Reverse Curvature: Create Tension Crack</p> <p><u>Loading</u> : Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.2</p> <p><u>Material Properties</u></p> <p><u>Material: Material 1</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 23.95 kN/m³</p> <p>Cohesion: 5930 kPa</p> <p>Friction Angle: 35 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 2</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 20.25 kN/m³</p> <p>Cohesion: 72 kPa</p> <p>Friction Angle: 24.5 degrees</p> <p>Water Surface: None</p>	<p><u>Material: Material 4</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 19.8 kN/m³</p> <p>Cohesion: 32 kPa</p> <p>Friction Angle: 9.54 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 6</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 20.25 kN/m³</p> <p>Cohesion: 72 kPa</p> <p>Friction Angle: 24.5 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 7</u></p> <p>Strength Type: Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight: 18.17 kN/m³</p> <p>Cohesion: 48.5 kPa</p> <p>Friction Angle: 9 degrees</p> <p>Water Surface: None</p> <p><u>Global Minimums</u></p> <p><u>Method: bishop simplified</u></p> <p>FS: 0.809810</p> <p>Center: -26.301, 418.577</p> <p>Radius: 180.431</p> <p>Left Slip Surface Endpoint: -21.331, 238.215</p> <p>Right Slip Surface Endpoint: 118.771, 311.296</p> <p>Resisting Moment=5.63238e+006 kN-m</p> <p>Driving Moment=6.95518e+006 kN-m</p> <p><u>Method: janbu simplified</u></p> <p>FS: 0.716221</p> <p>Center: 14.115, 395.887</p> <p>Radius: 162.421</p> <p>Left Slip Surface Endpoint: -22.206, 237.580</p> <p>Right Slip Surface Endpoint: 151.970, 310.000</p> <p>Resisting Horizontal Force=48084.8 kN</p> <p>Driving Horizontal Force=67136.9 kN</p> <p><u>Valid / Invalid Surfaces</u></p> <p><u>Method: bishop simplified</u></p> <p>Number of Valid Surfaces: 4527</p> <p>Number of Invalid Surfaces: 313</p> <p><u>Method: janbu simplified</u></p> <p>Number of Valid Surfaces: 4532</p> <p>Number of Invalid Surfaces: 308</p>
---	--

5.5.3.2. İkinci sedde enjeksiyon sonrası duraylılık analizi

İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremsiz durum duraylılık analizi: İkinci sedde 290 m'ye kadar yapılmış durumdadır. Bu seddenin üzerine basamaklı ek seddeler yapılmak suretiyle sedde 315 m'ye kadar yükseltilecektir. Bölüm V.3.1'de yapılan duraylılık analizinde yapı duraysız olarak saptanmıştır. Bu nedenle ek sedde basamaklarının tabanına enjeksiyon yapılmak suretiyle güçlendirme yapılması planlanmıştır. Enjeksiyon yapıldıktan sonra yine A-A kesitinin duraylılık analizi yapılmıştır. Depremsiz (Şekil 5.17 ve 5.18) ve depremli (Şekil 5.19 ve 5.20) durumlar için ayrı ayrı yapılan analizlerin hesap dataları Çizelge 5.11 ve 5.12' de verilmiştir.



Şekil 5.17. İkinci sedde Enjeksiyon Sonrası Depremsiz Duraylılık Analizi Kesiti (Yümün 2017)



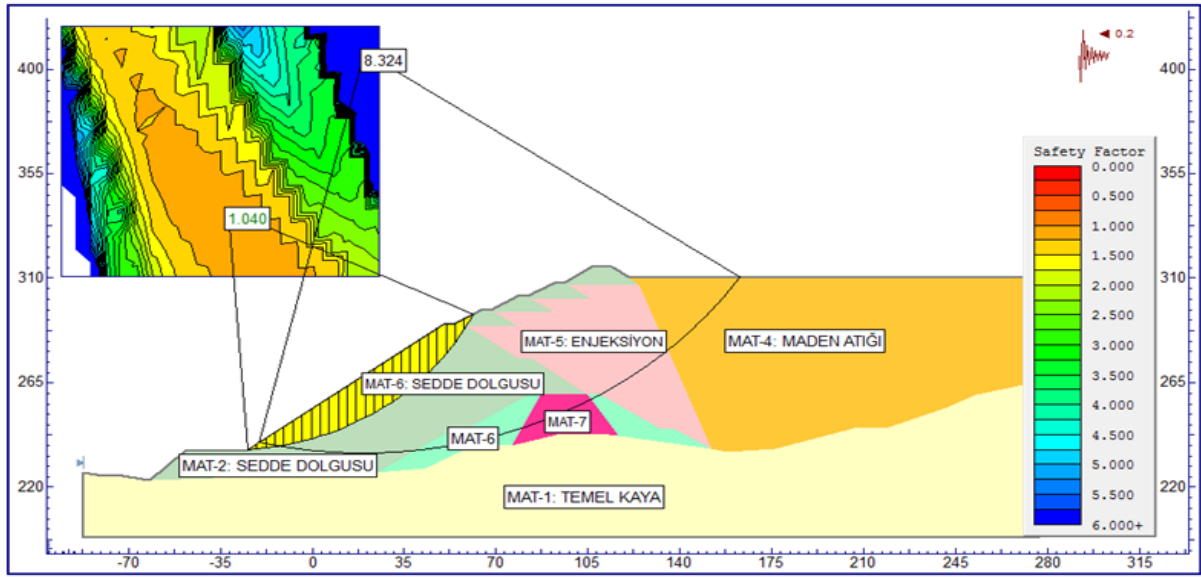
Şekil 5.18. İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremsiz duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017)

Çizelge 5.11. İkinci sedde enjeksiyon sonrası deprensiz duraylılık analizi hesap dataları
(Yümün 2017)

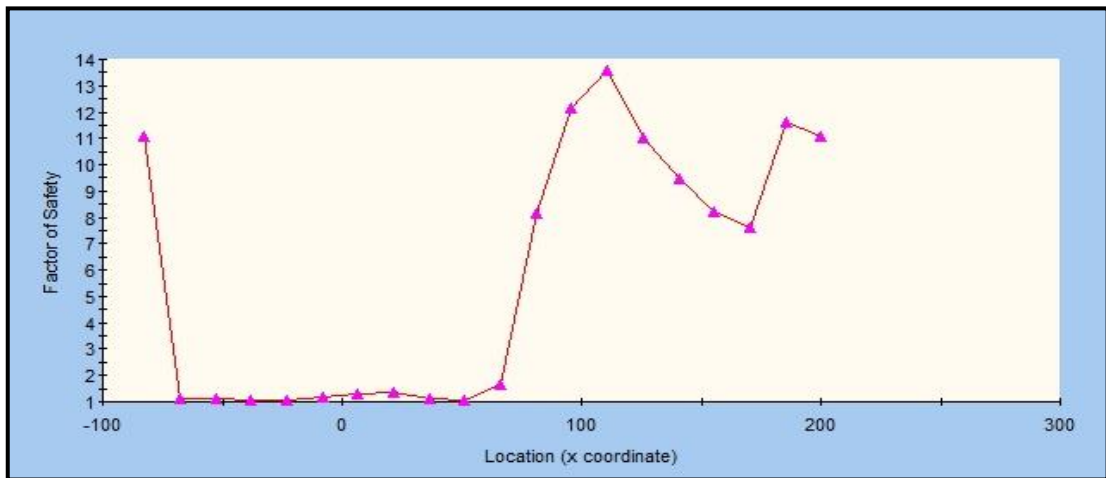
<p>File Name: 2.sedde duraylılık2.sli</p> <p><u>Project Settings</u> Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program Failure Direction: Right to Left Units of Measurement: SI Units Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³ Groundwater Method: Water Surfaces Data Output: Standard Calculate Excess Pore Pressure: Off Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off Random Numbers: Pseudo-random Seed Random Number Seed: 10116 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3</p> <p><u>Analysis Methods</u> Analysis Methods used: Bishop simplified Janbu simplified Number of slices: 25 Tolerance: 0.005 Maximum number of iterations: 50</p> <p><u>Surface Options</u> Surface Type: Circular Radius increment: 10 Minimum Elevation: Not Defined Composite Surfaces: Disabled Reverse Curvature: Create Tension Crack</p> <p><u>Material Properties</u> <u>Material: Material 1</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 23.95 kN/m³ Cohesion: 5930 kPa Friction Angle: 35 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 2</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20.25 kN/m³ Cohesion: 72 kPa Friction Angle: 24.5 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 4</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 19.8 kN/m³ Cohesion: 32 kPa Friction Angle: 9.54 degrees Water Surface: None</p>	<p><u>Material: Material 5</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 25 kN/m³ Cohesion: 17630 kPa Friction Angle: 14.35 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 6</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20.25 kN/m³ Cohesion: 72 kPa Friction Angle: 24.5 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 7</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 18.17 kN/m³ Cohesion: 48.5 kPa Friction Angle: 9 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Global Minimums</u> <u>Method: bishop simplified</u> FS: 1.422370 Center: -32.075, 339.163 Radius: 103.495 Left Slip Surface Endpoint: -24.451, 235.950 Right Slip Surface Endpoint: 61.201, 294.320 Resisting Moment=1.72893e+006 kN-m Driving Moment=1.21552e+006 kN-m</p> <p><u>Method: janbu simplified</u> FS: 1.345680 Center: -14.753, 310.801 Radius: 72.964 Left Slip Surface Endpoint: -21.430, 238.143 Right Slip Surface Endpoint: 55.433, 290.860 Resisting Horizontal Force=13551.9 kN Driving Horizontal Force=10070.6 kN</p> <p><u>Valid / Invalid Surfaces</u> <u>Method: bishop simplified</u> Number of Valid Surfaces: 4468 Number of Invalid Surfaces: 372 <u>Method: janbu simplified</u> Number of Valid Surfaces: 3098 Number of Invalid Surfaces: 1742</p>
---	---

Mendirek Yapısının Enjeksiyon Sonrası AA- Kesitinin depremsiz durumunda duraylılık analizi Bishop ve Janbu yöntemine göre (25 dilim) yapılarak güvenlik sayısı $G_s=1.422>1,30$ olarak elde edilmiştir. Bu durumda yapının duraylı olduğu görülmektedir.

• **İkinci Sedde Enjeksiyon Sonrası Depremlili Durum Duraylılık Analizi:** Sedde Yapısının Enjeksiyon Sonrası AA- Kesitinin depremlili durumunda duraylılık analizi Bishop ve Janbu yöntemine göre (25 dilim) yapılarak güvenlik sayısı $G_s=1.040>1,01$ olarak elde edilmiştir. Burada Etkin Yer İvmesi $A_o=0,40$ olarak alınmış ve bu sonuca göre yapının duraylılık değeri sınır değerin üzerindedir. Bu analize ait DATA'lar Çizelge 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.19. İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremlili duraylılık analizi kesiti (Yümün 2017)



Şekil 5.20. İkinci sedde enjeksiyon sonrası depremlili duraylılık analizi grafiği (Yümün 2017)

Çizelge 5.12. İkinci Sedde Enjeksiyon Sonrası Depremlî Durum Duraylılık Analizi Dataları
(Yümün 2017)

<p>File Name: 2.sedde duraylılık 2 depremlî.sli</p> <p><u>Project Settings</u> Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program Failure Direction: Right to Left Units of Measurement: SI Units Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³ Groundwater Method: Water Surfaces Data Output: Standard Calculate Excess Pore Pressure: Off Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off Random Numbers: Pseudo-random Seed Random Number Seed: 10116 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3</p> <p><u>Analysis Methods</u> Analysis Methods used: Bishop simplified Janbu simplified</p> <p>Number of slices: 25 Tolerance: 0.005 Maximum number of iterations: 50</p> <p><u>Surface Options</u> Surface Type: Circular Radius increment: 10 Minimum Elevation: Not Defined Composite Surfaces: Disabled Reverse Curvature: Create Tension Crack</p> <p><u>Loading</u> Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.2</p> <p><u>Material Properties</u> <u>Material: Material 1</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 23.95 kN/m³ Cohesion: 5930 kPa Friction Angle: 35 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 2</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20.25 kN/m³ Cohesion: 72 kPa Friction Angle: 24.5 degrees Water Surface: None</p>	<p><u>Material: Material 4</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 19.8 kN/m³ Cohesion: 32 kPa Friction Angle: 9.54 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 5</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 25 kN/m³ Cohesion: 17630 kPa Friction Angle: 14.35 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 6</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20.25 kN/m³ Cohesion: 72 kPa Friction Angle: 24.5 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Material: Material 7</u> Strength Type: Mohr-Coulomb Unit Weight: 18.17 kN/m³ Cohesion: 48.5 kPa Friction Angle: 9 degrees Water Surface: None</p> <p><u>Global Minimums</u> <u>Method: bishop simplified</u> FS: 1.039920 Center: -32.075, 339.163 Radius: 103.495 Left Slip Surface Endpoint: -24.451, 235.950 Right Slip Surface Endpoint: 61.201, 294.320 Resisting Moment=1.62395e+006 kN-m Driving Moment=1.56161e+006 kN-m</p> <p><u>Method: janbu simplified</u> FS: 0.966116 Center: -14.753, 310.801 Radius: 72.964 Left Slip Surface Endpoint: -21.430, 238.143 Right Slip Surface Endpoint: 55.433, 290.860 Resisting Horizontal Force=12794.7 kN Driving Horizontal Force=13243.4 kN</p> <p><u>Valid / Invalid Surfaces</u> <u>Method: bishop simplified</u> Number of Valid Surfaces: 4475 Number of Invalid Surfaces: 365</p> <p><u>Method: janbu simplified</u> Number of Valid Surfaces: 3113 Number of Invalid Surfaces: 1727</p>
--	---

Duraylılık analizlerinin sonucunda elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirmek amacıyla Çizelge 5.13’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.13. Duraylılık analizi özet tablosu (Yümün 2017)

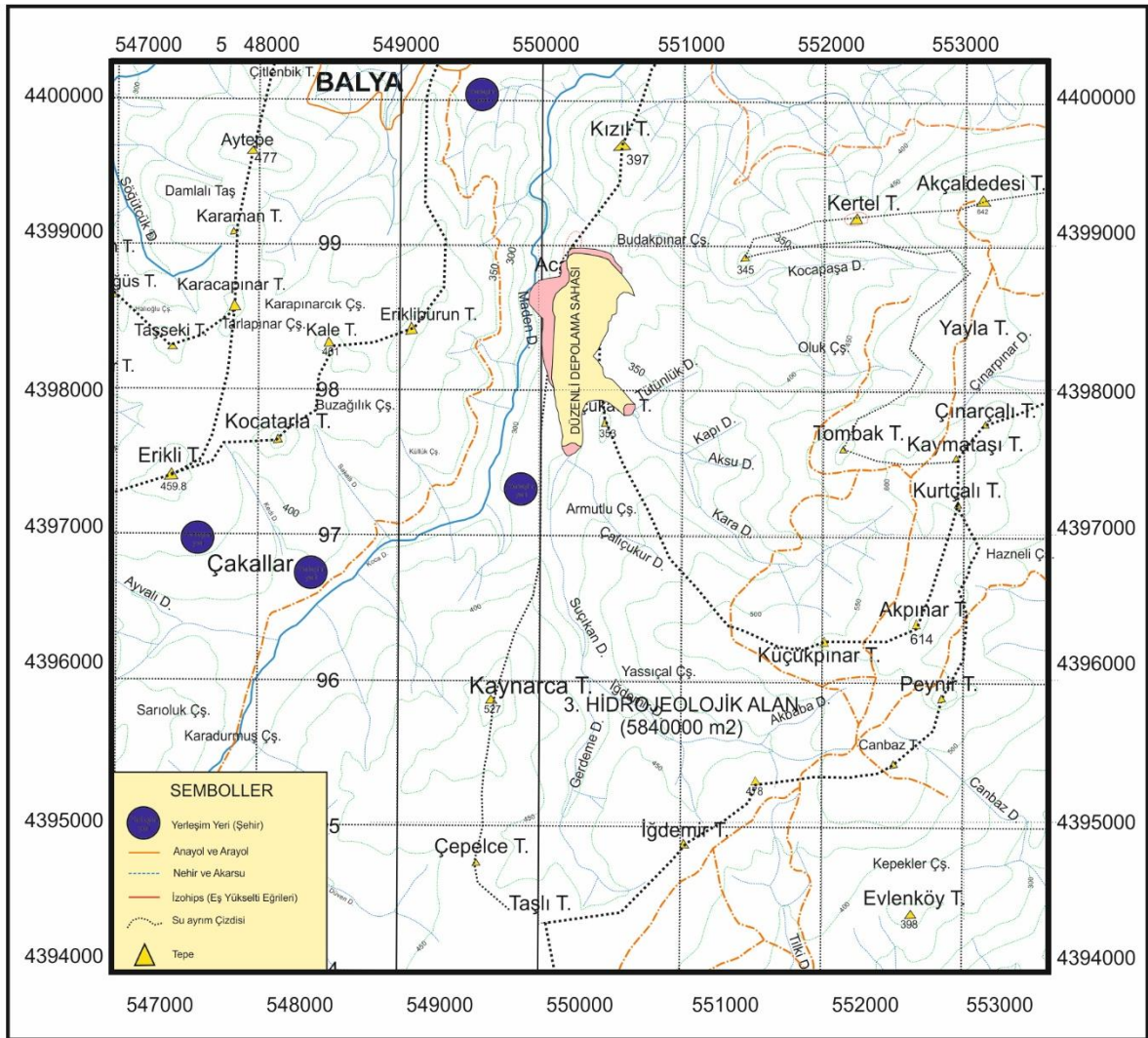
Sedde No	Depremsiz Durum	Depremlı Durum	Güvenlik Sınırı	Açıklama
Sedde-2 (Enjeksiyon Öncesi)	1,161	0,810	Depremlı: 1,3 Depremsiz: 1,01	Duraysız Duraysız
Sedde-2 (Enjeksiyon Sonrası)	1,422	1,040 / 8,324	Depremlı: 1,3 Depremsiz: 1,01	Duraylı Duraylı
Sedde-3	2,979	1,927	Depremlı: 1,3 Depremsiz: 1,01	Duraylı
Sedde-4	4,175	2,688	Depremlı: 1,3 Depremsiz: 1,01	Duraylı
Sedde-5	5,625	3,453	Depremlı: 1,3 Depremsiz: 1,01	Duraylı

2. Seddenin birinci durumunda depremlı ve depremsiz durumlar için yapılan analizlerin sonuçları DURAYSIZ olarak elde edilmiştir. Fakat bu proje kapsamında ön plana çıkartılan enjeksiyon uygulamasından sonra yapılan duraylılık analizi sonucunda yapı DURAYLI olduğu görülmektedir. 3., 4. ve 5. seddelerde hem depremsiz hemde depremlı durumda duraylılık analizleri sonuçları DURAYLI olarak görülmektedir.

5.6. Hidrojeolojik ve Hidrolik Hesaplamalar

5.6.1. Çalışma alanı ve çevresinin hidrojeolojik durumu

İnceleme alanı ve yakın civarının 1/25000 ölçekli hidrojeoloji haritası yapılarak yüzeysel akım sistemi tanımlanmıştır (Şekil 5.21). Burada tepelerden geçen su ayırım çizgileri belirlenerek inceleme alanına suyunu akıtabilecek hidrojeolojik alanlar belirlenmiştir (Şekil 5.22).



Şekil 5.21. İnceleme alanı ve yakın civarının 1/25000 ölçekli hidrojeoloji haritası

- **Yüzeysel Suları:** İnceleme alanının batı bölümünde geçen maden deresi en büyük dere olup, maden deresine suyunu boşaltan kuru veya mevsimlik akan dereler (Kocapaşa Dere, Kapı Dere, Aksu Dere, Kara Dere, Çalıkuşu Dere ve Suçikan Dere) vardır.

İnceleme alanına uzak noktalarda bulunan dereler ise: Koca Dere, Suçıkan Dere, Tilki Dere, Cambaz Dere, Çınarpınar Dere, Ayvalı Dere ve Söğütçük Dere'dir. İnceleme alanının çevresinde çıkan pınarlar (çeşmeler) ise, Oluk çeşme, Karapınar çeşme, Buzağılık çeşme, Budakpınar çeşme, Kepekler çeşme, Yassıçal çeşme, Karaduvar çeşme ve Sarıoluk çeşme dir.

- **Yeraltı Suyu:** İnceleme alanına yakın noktalardan bulunan su kuyuları kullanılarak yer altı su seviyeleri belirlenmiştir. Ayrıca bu kuyulardan alınan su numunelerinin kimyasal analizleri yapılarak su kalitesi belirlenmiştir.

5.6.2. Kuşaklama kanalı hesapları

Tesis alanının çevresi, gerek depolama aşamasında ve gerekse tesisin kapatılmasından sonra alan içerisine yüzey sularının girişini önlemek amacıyla kuşaklama kanalları ile çevrilecektir. Toplanan suyun alan dışına çıkarılması amacıyla tesis çevresinde oluşturulacak kuşaklama kanalı yeterli eğimi sağlayacak şekilde projelendirilmiştir. Kuşaklama kanalları ile toplanan sular herhangi bir işleme tabi tutulmadan direkt olarak proje alanının hemen güneydoğusundan geçen Maden Deresine deşarj edilecektir.

Kuşaklama kanallarını tasarlanması için sahanın sayısal hidrojeoloji haritası (Yüzey su akım ağları ve su ayırım çizgileri haritası) yapılmıştır. Su ayırım çizgileri dikkate alınarak kuşaklama kanalının hesaplaması yapılmıştır. Kuşaklama kanalına etkileyecek yağış alanı 1. Hidrolojik Alan ve 2. Hidrolojik alandır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler sonucunda proje alanına en yakın konumda ve uygun meteorolojik verileri bulunan istasyon olarak Balya (Balıkesir) Meteoroloji İstasyonu seçilmiştir. Bölgede 100 yılda gözlenen maksimum yağış miktarları kullanılarak drenaj boruları, kuşaklama kanalları ve sızıntı suyu havuzları boyutlandırması yapılmıştır .

A- Birinci ve İkinci Hidrojeolojik Alan Debi ve Kuşaklama Kanalı Boyut Hesapları

Hidrojeolojik Alan -1 (Yağış Alanı 2) : 346000 m²

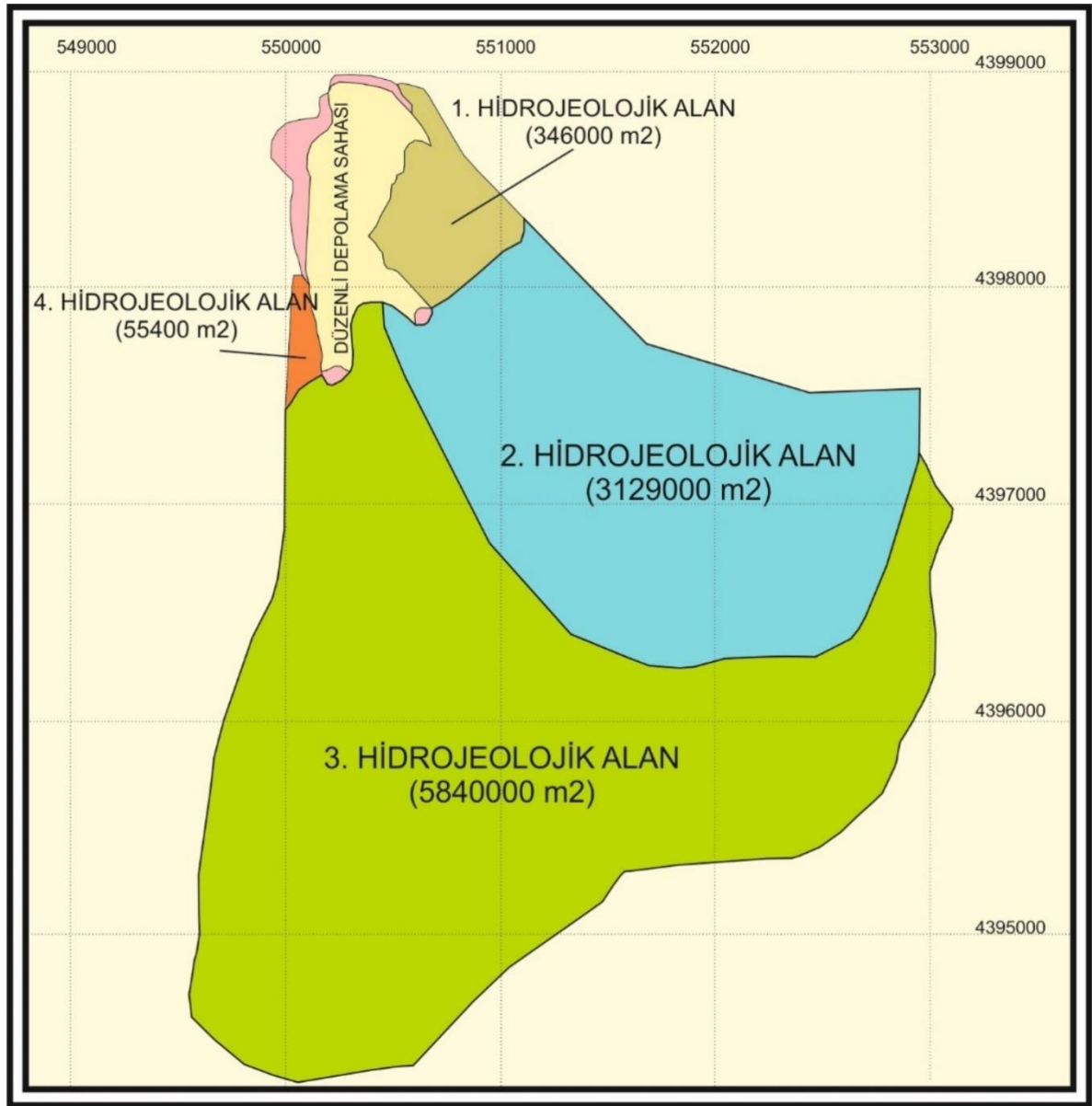
Hidrojeolojik Alan -2 (Yağış Alanı 2) : 3129000 m²

Toplam Hidrojeolojik Alan = 346000 m²+3129000 m²= 3475000 m²

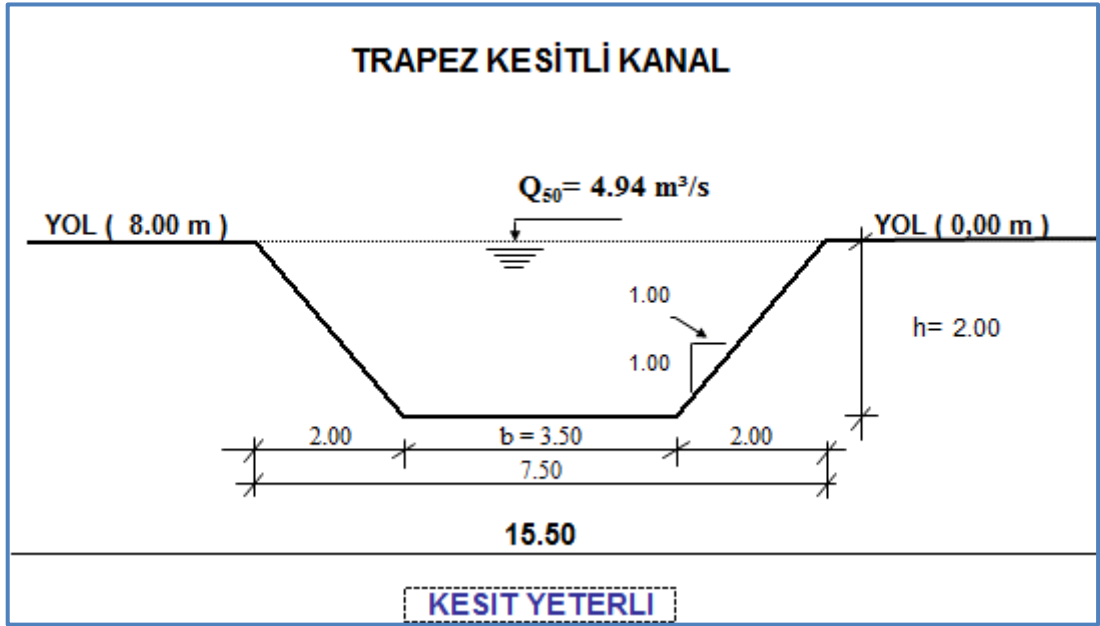
Max Yağış Yüksekliği (100 Yıllık)= 122.8 mm (Çizelge 24)

Yağış Debisi $I_{(100 \text{ yıl})}$: 122,8 mm/gün x 1 m/1000 mm x 3475000 m² = 426730 m³/gün

Plüviyograf Süresi 24 saat olarak alınması durumunda akış debisi $q_1 = 4,94 \text{ m}^3/\text{sn.}$



Şekil 5.22. İnceleme alanı ve yakın çevresinin hidrojeoloji haritası (yüzeysel su akım ve su ayırım çizgileri haritası) (Yümün 2017)



Şekil 5.23. Birinci kuşaklama kanalı geometrisi (Yümün 2017)

BİRİNCİ KANAL İÇİN HİDROLOJİK HESAP DATALARI

(Q_{50}) = 4,94 m³/s $F=11.00$ m²
(j) = 0.0080 $\text{Ç}= 9.16$ m
(n) = 0.028 $R= 1.20$ m
(b) = 3.50 $R^{2/3}= 1.13$
(h) = 2.00 $V=3.61$ m/s
(d / y) = 1.00 / 1.00 $Q_{\text{kesit}} = 39.71$ m³/s
 $J^{1/2} = 0.14142$ $S= 9.61$ kg/cm²

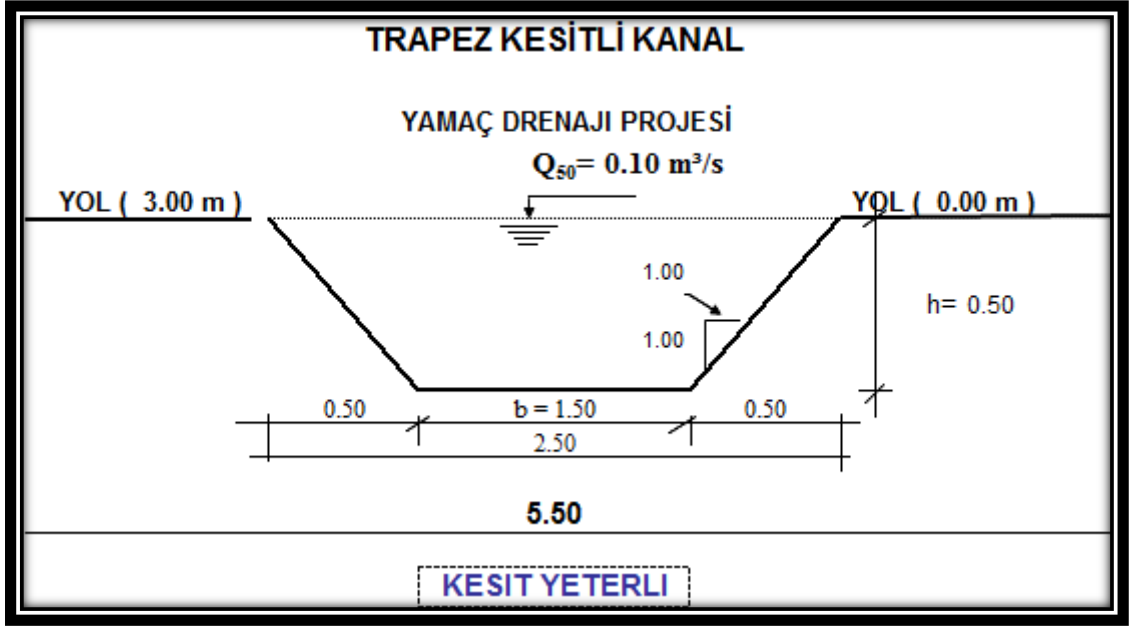
Kesit ve Debi Yeterlidir.

B- Dördüncü Hidrojeolojik Alan Debi ve Kuşaklama Kanalı Boyut Hesapları

Hidrojeolojik Alan-4 (Yağış Alanı 4) : 55400 m²

Yağış Debisi $1_{(100 \text{ yıl})}$: 122,8 mm/gün x 1 m/1000 mm x 55400 m² = 6.803,12 m³/gün

Plüviyograf Süresi 24 saat olarak alınması durumunda akış debisi : $q_2= 0,079$ m³/sn. Bu değer 0,1 m³/sn olarak alınacaktır.



Şekil 5.24. İkinci kuşaklama kanalı geometrisi (Yümün 2017)

İKİNCİ KANAL İÇİN HİDROLOJİK HESAP DATALARI

$(Q_{50}) = 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$	$F = 1.00 \text{ m}^2$
$(j) = 0.0080$	$\text{Ç} = 2.91 \text{ m}$
$(n) = 0.028$	$R = 0.34 \text{ m}$
$(b) = 1.50$	$R^{2/3} = 0.76$
$(h) = 1.00$	$V = 1.57 \text{ m/s}$
$(d/y) = 1.00/1.00$	$Q_{\text{kesit}} = 1.57 \text{ m}^3/\text{s}$
$J^{1/2} = 0.14142$	$S = 2.75 \text{ kg/cm}^2$

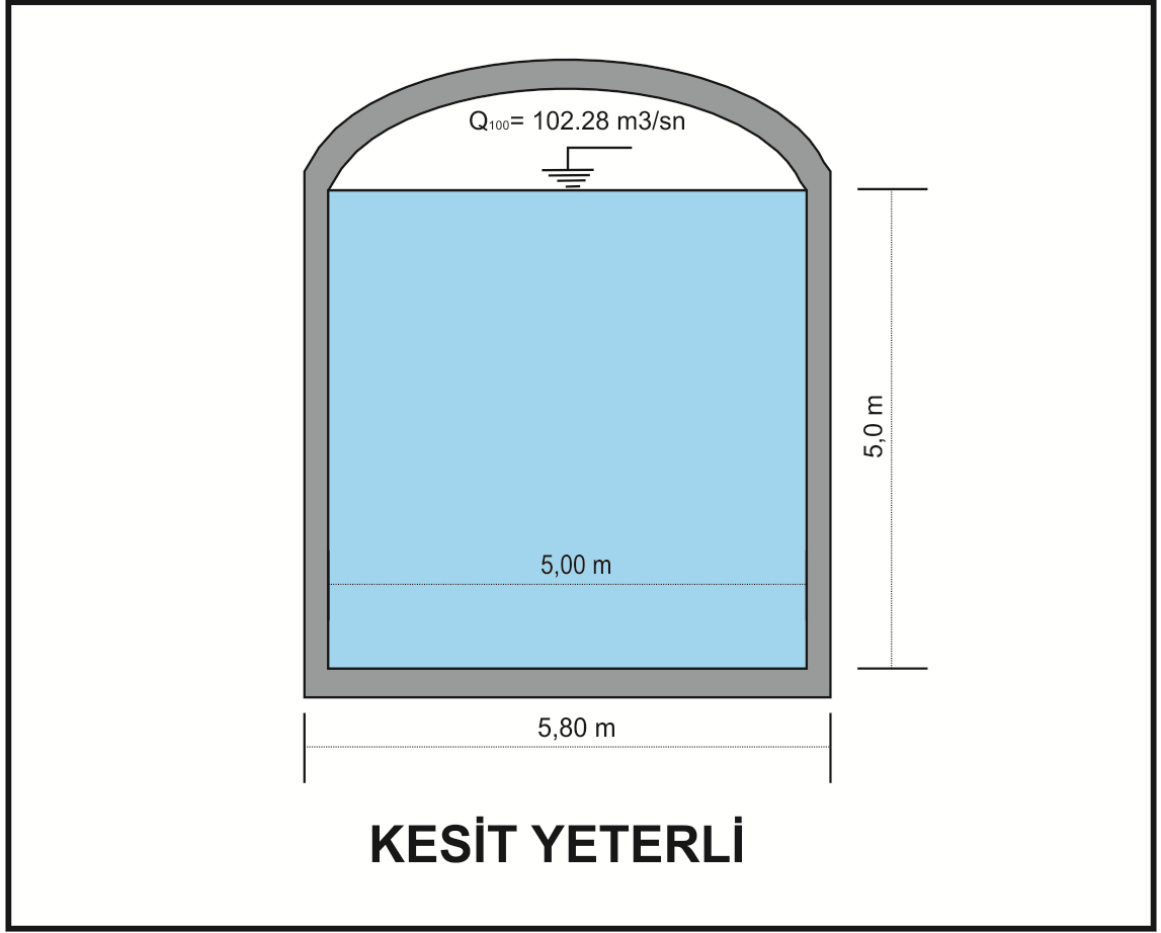
A. Üçüncü Hidrojeolojik Alan Debi ve Kuşaklama Kanalı Boyut

Hesapları

Hidrojeolojik Anal -3 (Yağış Alanı 3) : 5840000 m^2

Yağış Debi $1_{(100 \text{ yıl})}$: $122,8 \text{ mm/gün} \times 1 \text{ m}/1000 \text{ mm} \times 5840000 \text{ m}^2 = 717512 \text{ m}^3/\text{gün}$

Plüviyograf Süresi 24 saat olarak alınması durumunda akış debisi : $q_2 = 99,60 \text{ m}^3/\text{sn}$. yaklaşık olarak $100 \text{ m}^3/\text{sn}$ alınmıştır.



Şekil 5.25. Tünel ikinci geometrisi (Yümün 2017)

TÜNEL İÇİN HİDROLOJİK HESAP DATALARI

- (Q_{50}) = 102.85 m³/s $F= 25.00 \text{ m}^2$
(j) = 0.0200 $\text{Ç}= 15.00 \text{ m}$
(n) = 0.028 $R= 1.67 \text{ m}$
(b) = 5.00 $R^{2/3}= 1.41$
(h) = 5.00 $V= 7.10 \text{ m/s}$
(d / y) = 1.00 / 1.00 $Q_{\text{kesit}} = 177.50 \text{ m}^3/\text{s}$
 $J^{1/2} = 0.14142$ $S= 33.33 \text{ kg/cm}^2$

Çizelge 5.14. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Balıkesir meteoroloji istasyonunda (Yümün 2017)

STANDART ZAMANLARDA GÖZLENEN EN BÜYÜK YAĞIŞ DEĞERLERİ (mm)															
GÖZLEM	DAKİKA				S A A T										
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24	24 +
2010	6.4	9.9	13.9	20.4	21.4	21.4	26.8	29.5	30.6	31.1	31.1	31.1	31.2	50.6	
2009	3.3	5.3	7.0	10.3	16.7	24.4	27.2	28.9	30.2	32.3	33.3	37.1	42.2	42.9	
2008	2.8	5.7	8.2	10.1	12.8	13.4	14.8	15.7	16.0	17.6	18.7	18.9	19.0	19.0	
2007	2.4	4.7	6.9	9.3	10.6	13.3	16.3	19.6	22.5	25.5	27.1	29.6	33.0	43.5	
2006	6.1	10.8	13.3	21.1	27.9	41.6	42.3	42.5	42.6	42.7	42.8	42.9	43.0	43.1	
2005	4.2	6.8	9.2	11.2	11.4	13.3	14.8	14.8	14.8	14.8	15.1	17.7	17.8	27.5	
2004	2.7	5.1	5.5	5.9	7.1	11.4	14.2	15.6	16.7	17.2	17.2	17.3	21.9	126.8	*
2003	3.2	6.1	8.2	9.9	10.4	11.4	16.1	19.2	22.3	25.2	26.8	30.8	32.9	34.2	
2002	4.7	6.8	9.1	15.1	24.9	31.4	31.4	31.4	31.5	31.5	31.5	31.6	38.5	41.5	
2001	10.1	19.9	28.0	34.2	35.2	36.5	39.3	42.0	42.4	42.5	44.1	48.8	57.2	63.4	
2000	6.8	9.0	10.0	10.5	10.5	13.6	14.5	17.1	19.3	19.3	19.4	19.4	26.3	32.6	
1999	8.4	9.8	14.6	17.0	17.7	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	18.0	18.0	18.0	18.0	
1998	5.6	8.8	12.3	22.1	40.9	54.7	61.0	65.8	68.1	70.8	71.8	71.8	72.0	73.3	
1997	7.4	11.0	13.5	13.7	15.2	24.2	29.4	36.7	38.3	43.3	54.4	61.1	61.2	63.2	
1996	5.3	9.2	11.1	13.3	13.9	20.8	28.9	36.9	42.0	45.6	46.7	46.8	47.0	47.1	
1995	6.7	9.0	12.2	18.1	21.0	21.2	21.3	22.4	24.1	25.6	25.7	25.8	39.2	39.4	
1994	3.7	4.3	4.9	6.4	8.8	13.1	15.5	18.5	19.7	22.2	26.2	29.9	34.1	47.5	
1993	4.2	7.6	9.9	11.3	12.2	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.2	21.5	28.3	
1992	5.6	8.2	9.8	10.0	11.2	12.9	12.9	12.9	13.4	15.9	15.9	15.9	15.9	30.3	
1991	5.7	7.8	9.6	10.7	11.7	11.8	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	28.5	
1990	7.3	11.2	14.5	18.2	26.1	40.1	41.1	41.1	41.1	44.4	44.4	48.5	48.5	112.1	*
1989	10.3	12.1	14.3	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	15.1	15.1	15.2	15.2	15.2	36.6	*
1988	3.7	5.7	6.7	8.7	9.2	10.3	10.7	11.0	11.1	11.1	11.1	11.1	11.7	50.6	*
1987	4.1	7.5	8.2	9.8	11.9	14.0	14.1	14.6	17.2	17.2	20.0	20.2	20.2	60.5	*
1986	4.0	4.6	5.1	6.8	8.3	10.7	13.5	15.2	15.7	17.8	18.8	18.8	22.6	42.3	*
1985	11.4	20.2	27.1	32.1	32.3	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	34.3	
1984	5.0	7.8	8.5	9.7	12.7	15.0	19.7	25.1	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	
1983	10.5	20.9	26.8	34.7	38.0	38.7	38.7	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	
1982	7.2	8.8	9.0	9.7	10.2	12.3	13.3	13.3	13.3	15.4	23.8	27.3	31.7	31.7	
1981	4.2	6.0	6.2	7.9	8.7	14.2	16.7	18.3	18.9	19.9	19.9	19.9	19.9	58.8	*
1980	3.5	4.2	5.7	8.1	12.5	22.6	29.8	32.5	34.8	36.3	36.9	38.0	41.2	41.5	
1979	3.8	5.0	9.1	11.4	12.4	15.5	20.5	22.7	23.4	23.7	28.0	32.6	32.6	55.9	
1978	5.5	7.0	12.2	23.8	30.6	35.5	37.6	43.3	48.6	52.1	53.8	53.8	53.8	53.9	
1977	3.7	5.5	7.0	9.2	13.5	22.9	31.4	38.4	38.4	43.2	48.5	58.1	60.0	60.6	
1976	5.8	11.3	15.2	20.8	22.2	23.5	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	41.3	
1975	6.2	7.5	8.4	10.1	12.3	20.1	20.4	24.0	27.6	31.1	36.6	37.8	37.8	48.7	
1974	4.0	6.5	7.1	10.3	14.4	15.2	17.6	18.8	19.2	24.5	27.2	31.0	33.8	39.7	
1973	5.9	9.5	10.7	10.7	11.7	16.6	19.2	20.8	21.0	22.2	23.9	24.7	25.0	85.1	*
1972	8.3	9.4	13.8	16.5	16.5	21.4	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.9	
1971	5.5	6.8	8.2	8.8	13.7	13.8	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	37.4	*
1970	7.8	14.8	16.7	19.2	20.6	20.6	20.6	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	36.2	
1969	4.0	7.3	10.3	16.6	22.2	37.6	38.2	48.0	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	50.8	
1968	7.6	9.5	12.3	14.4	15.1	19.5	19.6	19.6	19.6	30.6	30.8	30.8	77.9	*	
1967	7.7	9.9	10.4	13.5	20.0	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	44.7	
1966	10.9	17.7	18.3	20.0	21.5	21.5	22.1	23.2	23.4	25.8	25.9	27.1	27.1	63.9	*
1965	7.7	8.3	8.6	9.4	9.5	9.9	10.2	12.6	14.2	16.0	16.2	16.3	16.3	41.1	*
1964	6.8	10.3	12.3	15.9	17.2	17.2	17.2	18.4	20.0	20.8	20.8	20.8	20.8	44.0	*
1963	6.0	8.5	10.7	12.2	13.1	13.6	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	65.6	*
1962	4.8	6.0	6.7	7.9	10.4	12.0	12.0	14.5	15.9	16.2	17.4	17.6	17.6	97.2	*
1961	4.6	8.2	9.0	11.4	14.0	15.9	23.6	25.9	26.7	26.7	26.7	30.5	30.5	37.2	
1960	5.0	7.3	9.2	14.1	23.3	33.3	34.0	34.8	35.1	35.1	36.1	40.3	41.7	41.8	
1959	9.3	16.8	21.6	29.8	34.3	34.3	35.0	35.2	36.2	36.2	36.2	42.4	43.4	45.1	
1958	5.0	8.5	13.5	14.0	14.7	21.9	23.1	24.9	27.3	28.8	29.4	29.4	33.2	33.2	
1957	18.3	22.4	26.0	26.4	26.9	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	28.5	30.0	
N	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	54
Y-ORT	6.1	9.5	12.3	15.8	18.9	23.2	25.7	27.9	29.1	30.4	31.8	33.5	35.4	40.8	48.0
Y-EB	18.3	22.4	28.0	34.7	40.9	54.7	61.0	65.8	68.1	70.8	71.8	71.8	72.0	73.3	126.8
Std.S	2.96	4.66	5.98	7.48	8.66	10.03	10.05	11.11	11.52	11.86	12.34	13.09	13.15	12.29	21.26
Car.K	2.06	1.56	1.55	1.22	1.03	1.10	1.24	1.19	1.17	1.23	1.18	1.01	0.80	0.50	1.74
UDF	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3
2 YIL	5.4	8.2	10.7	13.8	16.7	20.9	23.7	25.7	26.9	28.0	29.3	30.9	33.3	39.8	43.3
5 YIL	7.9	12.1	15.6	20.3	24.3	29.8	32.6	35.6	37.2	38.5	40.2	42.7	45.3	50.9	61.2
10 YIL	9.7	15.2	19.6	25.4	30.2	36.4	38.9	42.5	44.3	45.9	47.9	50.9	53.2	57.3	74.3
25 YIL	12.4	19.8	25.5	32.7	38.7	45.4	47.3	51.7	53.5	55.7	58.2	61.6	63.0	64.4	92.5
50 YIL	14.6	23.7	30.5	38.9	45.7	52.7	53.8	58.8	60.6	63.3	66.2	69.2	69.9	70.2	107.2
100 YIL	16.9	28.2	36.3	45.8	53.5	60.4	60.6	66.1	67.9	71.3	73.6	74.5	77.4	78.4	122.8
PLF	0.18	0.29	0.37	0.47	0.56	0.66	0.70	0.76	0.79	0.82	0.86	0.90	0.94	1.00	1.35
PLV	0.17	0.25	0.33	0.41	0.48	0.58	0.64	0.69	0.72	0.75	0.78	0.82	0.87	1.00	1.00

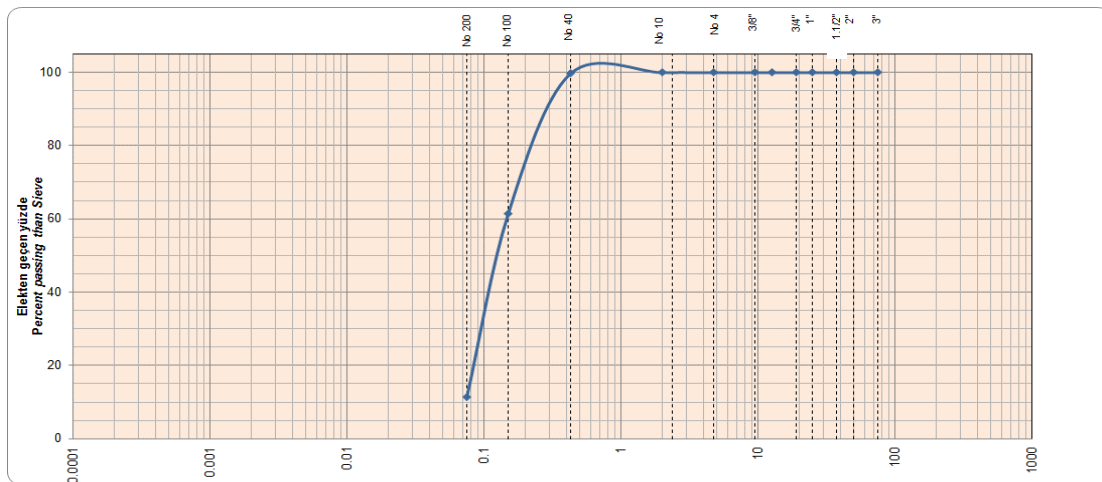
5.7. Atık Malzeme Bilgileri

5.7.1. Atık malzemesinin tane boyu dağılımı

Atıktan alınan malzeme tane boyu dağılımı, kuru elek analiz yöntemiyle yapılmıştır. Yapılan elek analizi değerlendirme sonuçları Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Maden atığı birinci numunenin elek analizi sonuçları (Yümün 2017)

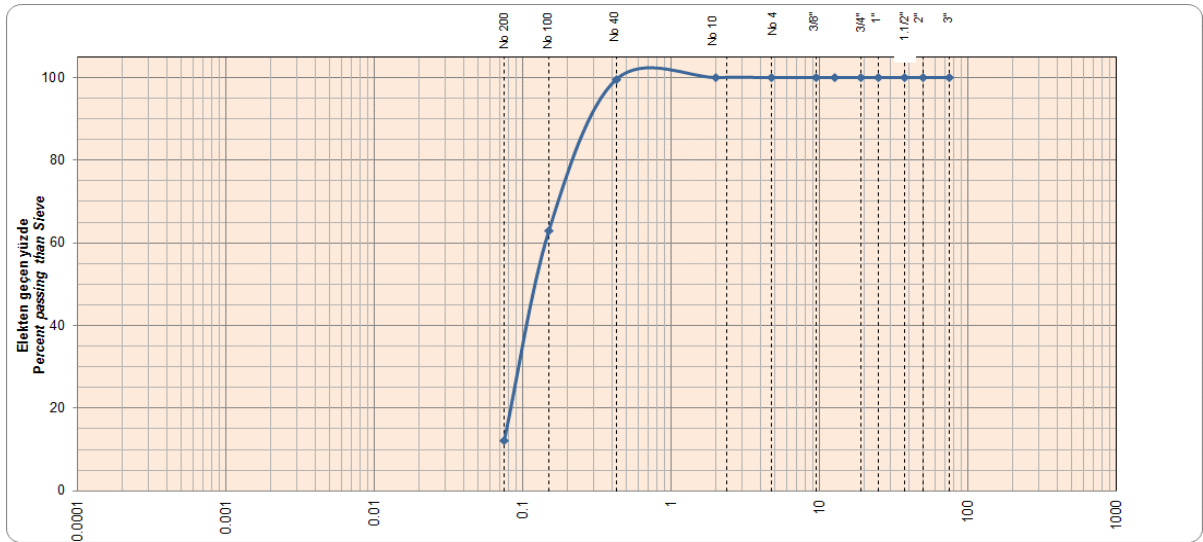
ELEK NO Sieve No	ELEK / sieve	ELEKTE KALAN	KÜMÜLATİF	TOPLAM	TOPLAM
	AÇIKLIĞI (mm)	MİKTAR (g)	KALAN (g)	KALAN (%)	GEÇEN (%)
3"	75	0	0	0	100
2"	50	0	0	0	100
1 1/2 "	40	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
3/4 "	19.05	0	0	0	100
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2	0.00	0.00	0.00	100.00
40	0.425	2.50	2.50	0.36	99.64
100	0.15	263.50	266.00	38.61	61.39
200	0.075	344.50	610.50	88.61	11.39
PAN		78.5	689	100.00	0.00



Şekil 5.26. Maden atığı birinci numunenin elek analizi grafiği (Yümün 2017)

Çizelge 5.16. Maden atığı ikinci numunenin elek analizi sonuçları (Yümün 2017)

ELEK NO Sieve No	ELEK / sieve	ELEKTE KALAN	KÜMÜLATİF	TOPLAM	TOPLAM
	AÇIKLIĞI (mm)	MİKTAR (g)	KALAN (g)	KALAN (%)	GEÇEN (%)
3"	75	0	0	0	100
2"	50	0	0	0	100
1 1/2 "	40	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
3/4 "	19.05	0	0	0	100
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2	0.00	0.00	0.00	100.00
40	0.425	3.50	3.50	0.50	99.50
100	0.15	256.40	259.90	37.05	62.95
200	0.075	356.30	616.20	87.85	12.15
PAN		85.2	701.4	100.00	0.00



Şekil 5.27. Maden atığı ikinci numunenin elek analizi sonuçları (Yümün 2017)

Elek analizi sonuçlarına göre zeminin tane boyu dağılımı değerleri Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin tane boyu dağılımı değerleri (Yümün 2017)

D ₁₀ (mm)		D ₃₀ (mm)		D ₆₀ (mm)	
AÇ-1	AÇ-2	AÇ-1	AÇ-2	AÇ-1	AÇ-2
0.0750	0,0750	0.095	0,095	0.13	0,15
Uniformluk Katsayısı <i>Coefficient of Uniformity</i> (Cu)				1,67	2,00
Süreklilik Katsayısı <i>Coefficient of Curvature</i> (Cc)				0,963	0,802

5.7.2. Atık malzemesinin zemin sınıfı

Maden atığı malzeme doğadan alınarak işlenen kaya ve mineral kırıntıları olduğu için zemin sınıfı tanımlaması birleşik zemin sınıflamasına göre yapılmıştır. Atık Malzemesi, Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına Göre, iri malzemenin %50’sinden fazlası No:4 elekten küçük olup, ince malzemeli KUM olarak tanımlanabilir. SC olarak simgesel tanımı olan malzeme; Killi kumlar, fena derecelenmiş kum-kil karışımları tane boyutuna sahiptir.

5.7.3. Atık malzemesinin indeks özellikleri

Atık malzemesinin Boşluk Oranı, Porozitesi, tane yoğunluğu, yaş birim hacim ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Tane birim hacim ağırlık, su içeriği ve doğal yoğunluk değerler kullanılarak boşluk oranı ve porozite değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan indeks özellikler Çizelge 5.18’de sadeleştirilerek verilmiştir.

NOT: Doygun Su İçeriği Durumunda Su Hacmi Boşluk Hacmine Eşittir

Su Muhtevası:

$$\begin{aligned}w &= ((W_{\text{doygun}} - W_{\text{kuru}}) / W_{\text{kuru}}) * 100 \\ &= ((174,5 - 158,5) / (158,5)) * 100 \\ &= 0,101\end{aligned}\tag{5.1}$$

Birim Hacim Ağırlık (γ_d ve γ_k):

w: Su muhtevası= 0,2245

γ_d : Doygun birim hacim ağırlık (g/cm^3)

W_d : Doygun ağırlık (g)= 1953,5 g

W_k : Kuru Ağırlık (g)

V_{Toplam} : Toplam Hacim (cm^3)= 1067,25 cm^3

$$\begin{aligned}w &= ((W_{\text{doygun}} - W_{\text{kuru}}) / W_{\text{kuru}}) * 100 \\ 0,101 &= ((1953,5 - W_{\text{kuru}}) / W_{\text{kuru}}) \\ 0,101 W_{\text{kuru}} + W_{\text{kuru}} &= 1953,5 \\ W_{\text{kuru}} &= 1774,3 \text{ g}\end{aligned}\tag{5.2}$$

Toplam Hacim:

H: Kap Yüksekliği= 12,1 cm

D: Kap İççapı= 10,6 cm

$$\begin{aligned}V_{\text{Tüm}} &= ((\mu * D^2 / 4) * H) \\ &= (3,14 * 10,6^2 / 4) * 12,1 \\ &= 1067,25 \text{ cm}^3\end{aligned}\tag{5.3}$$

Boşluk Hacmi (V_b):

$$\begin{aligned}V_{\text{boşluk}} &= ((W_{\text{doygun}} - W_{\text{kuru}}) * \gamma_w) \\ &= ((1953,5 - 1774,3) * 1,0) \\ &= 179,2 \text{ cm}^3\end{aligned}\tag{5.4}$$

Tane Hacmi (V_{tane}):

$$\begin{aligned}V_{\text{tane}} &= V_{\text{tüm}} - V_{\text{boşluk}} \\ &= 1067,25 - 179,2 \\ &= 888,05 \text{ cm}^3\end{aligned}\tag{5.5}$$

Boşluk Oranı (e):

$$\begin{aligned} e &= V_{\text{boşluk}} / V_{\text{tane}} \\ &= 179,2 / 888,05 \\ &= 0,20 = \%20 \end{aligned} \quad (5.6)$$

Porozite (n):

$$\begin{aligned} n &= V_{\text{boşluk}} / V_{\text{toplaml}} \\ &= 179,2 \text{ cm}^3 / 1067,25 \text{ cm}^3 \\ &= 0,168 = \%16,8 \end{aligned} \quad (5.7)$$

Doğun birim hacim ağırlık (γ_d)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= W_d / V_{\text{Toplam}} \\ &= 1953,5 \text{ g} / 1067,25 \text{ g/cm}^3 \\ &= 1,83 \end{aligned} \quad (5.8)$$

Kuru birim hacim ağırlık (γ_k)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= W_k / V_{\text{Toplam}} \\ &= 1774,3 \text{ g} / 1067,25 \text{ cm}^3 \\ &= 1,66 \text{ g/cm}^3 \end{aligned} \quad (5.9)$$

Kuru birim hacim ağırlık (γ_k)

$$\begin{aligned} \gamma_s &= W_k / V_{\text{tane}} \\ &= 1774,3 \text{ g} / 888,05 \text{ cm}^3 \\ &= 1,998 \text{ g/cm}^3 \end{aligned} \quad (5.10)$$

Özgül Ağırlık (Gs):

$$\begin{aligned} G_s &= \gamma_s / \gamma_{su} = 1,998 / 1,0 \\ &= 1,998 \end{aligned} \quad (5.11)$$

Çizelge 5.18. Atık Malzemesinin İndeks Özellikleri (Yümün 2017)

Numune No	SU İÇERİĞİ (w_n), %	Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n (gr/cm ³))	Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_d (gr/cm ³))	Tane Birim Ağırlık (γ_s (gr/cm ³))	Porozite (%)	Ortalama Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Ortalama Boşluk Oranı
NUM-1	10,1	1,83	1,66	1,998	16,8	16,95	20	20,3
NUM-2	10,3	1,86	1,68	2,00	17,1		20,6	

5.7.4. Permeabilite analizleri

Sedde arkasından alınan atık malzemesi tane boyu dağılımı analizinde SC (Killi Kum) olarak saptanmıştır. O nedenle malzemeye laboratuvarında düşen seviyeli geçirimsizlik deney yöntemi uygulanmıştır.

5.7.4.1. Düşen düzeyli permeabilite deneyinin uygulanışı

Bu deney, geçirimsizliği düşük olan ince taneli (kil, silt) zeminler için uygundur (Şekil 4). Bu deney için kullanılan zemin örneği, geçirimsizliği belirlenecek zeminden alınan, örselenmemiş örnek olabileceği gibi, silindirik metal kap (iç çapı 0.1-0.2 m vb., yüksekliği 0.2-0.3 m vb. olabilir.) içinde, laboratuvarında yerleştirilmiş bir örnek de olabilir. Zeminin cinsine göre, uygun enkesitteki (çaplı) saydam bir boru (iç çapları 5-20 mm vb. olabilir.), zemin örneği üzerine takılır. Yine, zemin tanelerinin akan suyla sürüklenip gitmesini önlemek üzere, zemin örneğinin alt ve üst yüzlerine filtre yerleştirilir. Üsteki boruya doldurulan su, zeminden geçerek dışarı akar. Kararlı akış elde edildikten sonra; deney başında ve sonundaki su yükseklikleri ile arada geçen zaman ve en kesit alanlarından, zeminin geçirimsizlik katsayısı hesaplanır. Borudaki su yüksekliği h iken; Δt süresinde, borudaki su düzeyi Δh kadar aşağı düşsün. Darcy Yasasına göre

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{a \Delta h}{\Delta t} = - \frac{a dh}{dt} = Ak \frac{h}{l}$$

olur. Bağıntının her iki tarafı değişkenlere göre düzenlenip, belli sınırlar içinde integre edilirse;

$$-a \int_{h_1}^{h_2} \frac{dh}{h} = \frac{Ak}{L} \int_0^{t_1} dt$$

$$k = \frac{aL}{At_1} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

elde edilir.

a: üstteki tüp (cam boru, hortum) en kesit alanı,

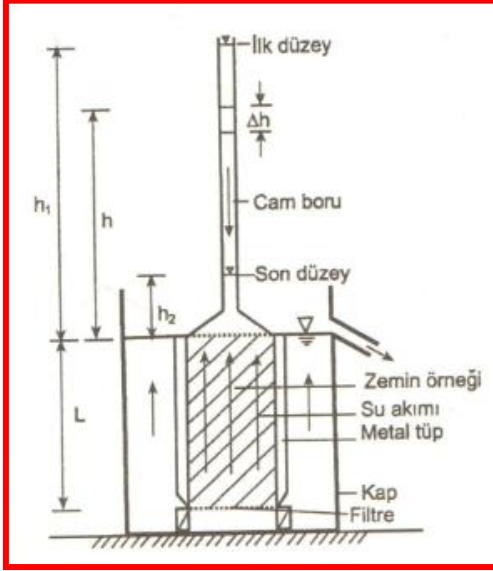
L: örnek uzunluğu,

t_1 : deney süresi,

h_1 : başlangıçtaki su yüksekliği,

h_2 : t_1 süresi sonundaki su yüksekliği

Deney, tercihen, değişik çaplı borularla, değişik başlangıç yükseklikleri ve değişik deney süreleri kullanılarak tekrarlanır, k için ortalama değer hesaplanır. Atık malzeme ince taneli olduğu için düşen düzeyli permeabilite deneyi yöntemiyle yapılmıştır.



Şekil 5.28. Düşen düzeyli geçirimsizlik deneyinin şeması (Yümün 2017)

5.7.4.2. Atık malzemenin düşen düzeyli permeabilite yöntemiyle geçirimsizlik değerinin belirlenmesi

Atık sahasında sedde arkasında (Enjeksiyon bölgesi) maden atığından mold içerisine malzeme alınmıştır. Üç ayrı noktadan alınan numuneler Namık Kemal Üniversitesi Geoteknik Laoratuvarı'nda Düşen Düzeyli Permeabilite Deneyi'ne tabi tutulmuştur. (Şekil 5.28). Deney hesaplamaları aşağıda verilmiş olup, permeabilite değerleri Çizelge 5.19'da sunulmuştur.

Birinci Numune Permeabilite Katsayısı (NUM-1);

$$\begin{aligned}
 K &= (a \cdot L / A \cdot t_1) \ln (h_1 / h_2) & (5.12) \\
 &= (0,385 \text{ cm}^2 \cdot 11,4 \text{ cm} / 86,55 \text{ cm}^2 \cdot 188) \ln (175 / 145) \\
 &= 2,70 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sn} = 2,70 \cdot 10^{-7} \text{ m/sn}
 \end{aligned}$$

İkinci Numune Permeabilite Katsayısı (NUM-2);

$$\begin{aligned}
 K &= (a \cdot L / A \cdot t_1) \ln (h_1 / h_2) & (5.13) \\
 &= (0,385 \text{ cm}^2 \cdot 11,4 \text{ cm} / 86,55 \text{ cm}^2 \cdot 192) \ln (175 / 146) \\
 &= 4,78 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sn} = 4,78 \cdot 10^{-7} \text{ m/sn}
 \end{aligned}$$

Üçüncü Numune Permeabilite Katsayısı (NUM-3):

$$K = (a*L/A*t_1) \ln (h_1/h_2) \quad (5.14)$$

$$= (0,385 \text{ cm}^2 * 11,4 \text{ cm} / 86,55 \text{ cm}^2 * 202) \ln (175/146)$$

$$= 4,55 * 10^{-5} \text{ cm/sn} = 4,55 * 10^{-7} \text{ m/sn}$$

Çizelge 5.19. Düşen düzeyli permeabilite deneyi sonuçları (Yümün 2017)

Sedde Aşaması	Deney No	Deney Seviyesi (KOT)	Geçen zaman: Δt (sn)	Suyun Birinci Düzeyi (cm)	Suyun İkinci Düzeyi (cm)	Permeabilite Katsayısı: (k)	
						(cm/sn)	(m/sn)
1	<u>NUM-1</u>	275	188	175	145	$2,70 * 10^{-5}$	$2,70 * 10^{-7}$
2	<u>NUM-2</u>	275	192	175	146	$4,78 * 10^{-5}$	$4,78 * 10^{-7}$
3	<u>NUM-3</u>	275	202	175	146	$4,55 * 10^{-5}$	$4,55 * 10^{-7}$
K= (a*L/A*t ₁) ln (h ₁ /h ₂)		A= 86,55 cm ²		a= 0,385 cm ²		L= 11,4 cm	

5.8. Enjeksiyon İşleri

Tüm enjeksiyon işleri, projesine göre hazırlanan ve İdare tarafından onaylanan “Enjeksiyon Talimatı”na uygun olarak yapılacaktır.

5.8.1. Enjeksiyon deliklerinin açılması

Enjeksiyon (kontak, konsolidasyon, kapak, perde ile bunların karotlu / karotsuz kontrol kuyuları) sondaj kuyuları İdare tarafından onaylanmış ekipmanla, bu şartnamede belirtilen Temel Sondaj bölümüne uygun olarak açılacaktır. Projede yer alan ve ayrıca İdarenin isteyebileceği bütün yerlerdeki perde, kapak ve temel iyileştirme (konsolidasyon) enjeksiyon delikleri, kuyu taban çapı minimum 56 mm olacak şekilde, her türlü eğimde, su sirkülasyonlu rotari tip sondaj makineleriyle delinecektir.

5.8.2. Enjeksiyon Deliklerinin Yıkılması

Enjeksiyon yapılacak bütün delikler enjeksiyondan önce basınçlı su ile yıkılması gerekmektedir. Fakat maden atığı silt ve kum boyu ayrık malzemedir olduğu için yıkama uygulanamaz. Yıkama uygulanırsa tüm kuyuda göçükler oluşur ve enjeksiyon başarısız olur.

5.8.3. Enjeksiyon Metodoloji

Enjeksiyon metotları, ano, Yukarıdan Aşağıya Doğru İnen Kademeler Metodu İle Enjeksiyon, Aşağıdan Yukarı Doğru Çıkan Kademeler Metodu İle Enjeksiyon ve Çok Safhalı Enjeksiyon olmak üzere dört türdür. Bu proje kapsamında yapılacak enjeksiyon türü ayrık taneli zeminlere uygun olan Çok safhalı enjeksiyon yöntemidir.

- **Çok Safhalı Enjeksiyon:** Bu metotta delik, projede belirtildiği üzere delinirken yıkıntı oluyor veya devirdaim suyunun %70 ve daha fazlası kaçırırsa delme işi durdurulur, bu kısımların üstlerinden lastik tutturularak enjeksiyonları yapılır. Priz müddeti sonunda, delik delme işlemine devam edilir. Aynı durumlar tekrar meydana gelirse, delme işlemi durdurulup o kısımların da enjeksiyonları yapılır. Deliğin projede belirtilen derinliğe kadar delme işlemi bittikten sonra, aşağıdan yukarıya doğru çıkan kademeler metodu ile enjeksiyonu yapılır.

5.8.4. Enjeksiyonda kullanılacak malzemeler

5.8.4.1. Çimento

Sülfata dayanıklı çimentoların kullanılacağı yerlerin haricindeki bütün enjeksiyon işlerinde CEM-I veya CEM-II tipi çimento kullanılacaktır. CEM-II gibi katkı çimentolarda katkı miktarı "A" tipinde (az katkı) olacaktır. CEM-II tipi katkı çimentoların sulu ortamlarda daha dayanıklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer katkı tipleri gerekli hallerde İdarenin onayı ile kullanılabilir.

Bu çimentonun özgül yüzeyi en az 3500 cm²/gr olmalıdır ve 200 mikron göz açıklığı olan elek üzerinde en çok % 1, 90 mikron göz açıklığı olan elek üzerinde ise en çok % 12 kalıntı bırakmalıdır. Su kaçaklarının fazla olduğu fakat alırların az olduğu yerlerde Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı onayı ile özgül yüzeyi daha fazla olan, kalıntı miktarı daha az olan çimentolar kullanılabilir.

- **Çimentoda İstenilen Deneiler:** Enjeksiyon karışımlarına giren çimentoda, enjeksiyon karışımlarının özelliklerinin tayini için yüklenici tarafından TSE ve ASTM standartlarına uygun olarak aşağıda belirtilen deneiler yapılacaktır.

Standartlaştırılmamış bir deney söz konusu ise, bu deney İdarenin gösterdiği veya uygun gördüğü bir yöntemle yapılacaktır.

1. Granülometrik analizler,
2. Priz başlangıç ve bitiş süresinin tespiti,
3. Çimento hacminin değişimi (Hacimsel Stabilite Deneyi)
4. Basınç mukavemeti,
5. Muhtelif oranlarda çimento/su karışımlarının süspansiyon halindeki stabilitesi (zamana göre çökelmenin karışımdaki su hacminin yüzdesi olarak ifade edilecektir).

Enjeksiyon uygulamasında yukarıda belirtilen çimento deneylerinin yerine her husus için imalatçı fabrikanın sertifikasını sunabilir. İş yerine getirilen her “Günlük parti” için imalatçı fabrikanın fiziksel ve kimyasal analiz raporu günlük olarak İdareye teslim edildikten sonra bu çimento, çimento ambarına konulabilecektir. İmalatçı fabrika tarafından yapılamayan deneyler, uygulamayı yapan firma tarafından DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi veya İdarenin uygun gördüğü akredite laboratuvarında yapılacaktır ve bu analizlerin sonucuna göre bu çimentoların kullanılıp kullanılmayacağına karar verilecektir. Enjeksiyon çalışmaları hangi çimento ile yapılacaksa laboratuvar ve arazi deneyleri de mutlaka aynı çimento ile yapılacak ve/veya yaptırılacaktır.

5.8.4.2. Su

Enjeksiyonda kullanılacak su, betonda kullanılan karma suyu niteliğinde temiz ve berrak olacaktır. Yağ, asit, alkali gibi maddeler ile odun, kömür ve diğer materyallerin parçalarından arındırılmış olacaktır. Kalitesinden şüphe edilen sulardan örnekler alınarak İdarenin laboratuvarlarında kimyasal analizleri yapılacaktır. Suyun kimyasal analizine göre sodyum sülfat iyonu ve diğer iyonlar betona zarar vermeyecek limitlerde olacaktır. Kullanılacak su ile yapılacak betonun mukavemeti, aynı tarzda içme suyu ile hazırlanmış harcın mukavemetinin %10'undan daha düşük bir mukavemet göstermeyecektir.

5.8.4.3. Kimyasal katkı malzemeleri

Enjeksiyon işlerinde kullanılacak kimyasal katkı maddeleri (akışkanlaştırıcılar, priz hızlandırıcılar vb), cinsi, miktarı ve ilave etme zamanı ile şerbetlerin kullanım zamanları ile ilgili laboratuvar deneyleri yapıldıktan sonra, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı ile kullanılabilir. Bu deneyler, farklı firmaların ürünleri kullanılarak yapılacaktır.

Enjeksiyon Şerbetleri: Özel olarak şerbet cinsi ve karışım oranlarının belirtilmediği yerlerde, çimento enjeksiyonlarında kullanılacak şerbetlerin karışım oranları, ağırlıkça çimento/su şeklinde aşağıdaki gibi olacaktır (Şerbetlere ilave edilecek bentonit, kum ve diğer katkı maddeleri çimento ağırlığının %'si olarak belirtilecektir).

1. 1/1 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
2. 10/9 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
3. 5/4 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
4. 7/5 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
5. 7/5 + % 1 bentonit + % 25 kum + priz hızlandırıcı
6. 7/5 + % 1 bentonit + % 50 kum + priz hızlandırıcı
7. 7/5 + % 1 bentonit + % 100 kum + priz hızlandırıcı

Genel olarak enjeksiyon çalışmalarında yukarıdaki karışım oranlarındaki şerbetler uygulanacaktır. Ancak bu proje kapsamında enjeksiyon yapılacak birim ayırık taneli alüvyon türü zeminlere eşedeğer olarak kabul edilerek uygulama yapılacaktır.

Yönetmelikte Alüvyon Enjeksiyonu Uygulaması; “Alüvyon enjeksiyonlarında kullanılacak şerbetlerin cinsleri, oranları ve katkı maddelerinin tamamı İdarece tespit edilecek ve bunların tatbikat durumlarına göre de en uygun şerbetler sonradan belirlenecektir. Bu şerbetler, çimento, bentonit, kil şerbetleri veya bunların karışımları ile kimyasal katkı maddeli olup, İdarenin onayı ile bitümlü maddeli ve/veya reçineli şerbetler olabilecektir” şeklinde önerilmektedir.

Bu çalışma kapsamında atık malzemelerin enjeksiyon durumunda dayanım parametrelerinin belirlenmesi için çeşitli su/çimento oranlarında deneyler yapılmıştır.

5.8.5. Alüvyon enjeksiyonu

Alüvyon enjeksiyonu, gevşek zeminlerin iyileştirilmesinde düşük viskoziteli çimento şerbetinin ve/veya kimyasal katkıların düşük basınçla enjeksiyonudur. Projesinde alüvyon enjeksiyonu için özel bir metodoloji bulunmadığı durumlarda, enjeksiyon ano sistemine göre yapılacaktır. Bunun için delik tabana kadar delinecek ve muhafaza borusu ile borulanacaktır. Enjeksiyon takımı deliğe indirilerek borunun içinden tutturulacaktır. Alt kademenin enjeksiyonu, talimatta belirtilen şerbet oranları, kademe basınçları ve refü şartı uygulanarak yapılacaktır. Örneğin, delik derinliği 20 m ise enjeksiyon takımı 19-20 m arasına tutturulacak ve buranın enjeksiyonu yapılarak bir üst kademeye (18-19 m) geçilecektir. Muhafaza veya çakma boruları 1'er metre çekilerek aşağıdan yukarıya kademeler metodu ile delik ağzına

kadar enjeksiyon yapılacaktır. Kuyunun enjeksiyonu tamamlandığında, takım çekilerek kalan boşluk harçlı karışımla doldurulacaktır.

Enjeksiyon Basıncı Hesabı

İlgili proje ve şartnamelerde belirtilen ve İdare'nin onayladığı enjeksiyon basınçları uygulanacaktır. Projesinde belirtilmeyen basınçlar aşağıdaki gibi belirlenecektir.

- Kontak enjeksiyonunda 1-3 kg/cm² arasında bir basınç uygulanacaktır.
- Konsolidasyon enjeksiyonu etkin basıncı (kademe orta noktasında uygulanacak basınç) tünellerde $PT = 2 + (0.33 \times H)$, temellerde $PT = 0.2.3 \times H$

Aşağı yönlü ve eğimli deliklerde Manometre basıncı (Pm);

$$P_m = P_T - [W \times (H/10) \times \text{Cos}\alpha] - P_S \quad (5.15)$$

Formülüne göre hesaplanacaktır.

H : Kademe ortası ile kuyu ağız manometresi arasındaki uzaklık (m)

P_m : Manometre basıncı (kg/cm²)

P_T : Kademedeki etkin basınç (kg/cm²)

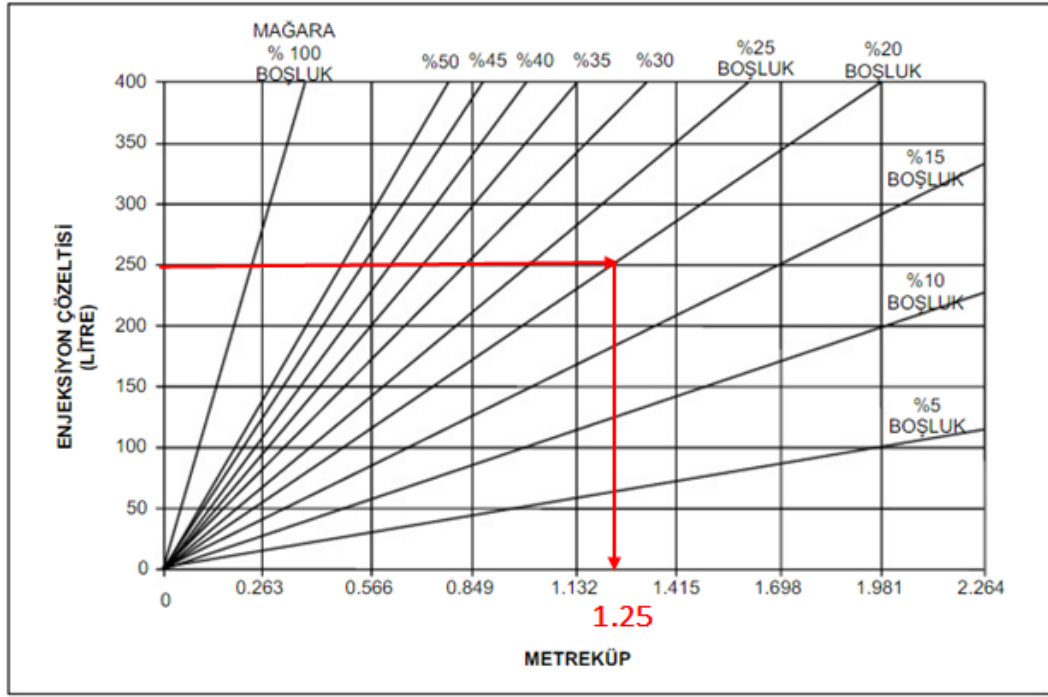
W : Karışımın özgül ağırlığı (gr/cm³)

H : Kademe ortası ile kuyu ağız manometresi arasındaki uzaklık (m)

α : Deliğin düşeyle yaptığı açı (0)

P_S : Toplam yük kaybı (kg/cm²)

Enjeksiyon Miktarının Öngörülmesi: Enjeksiyon çalışmalarında karışım gereçlerinin miktarlarının öngörülmesi ile çalışmalarının yaklaşık maliyeti belirlenebilir. Çalışmalarda harcanan karışım miktarlarının belirlenmesi için enjeksiyon yapılan ortamın porozitesi ve boşluk oranının bilinmesi gerekir. Şekil 5.29 ' da enjeksiyon hacmi ve yüzde boşluk oranı ilişkisi gösterilmiştir.



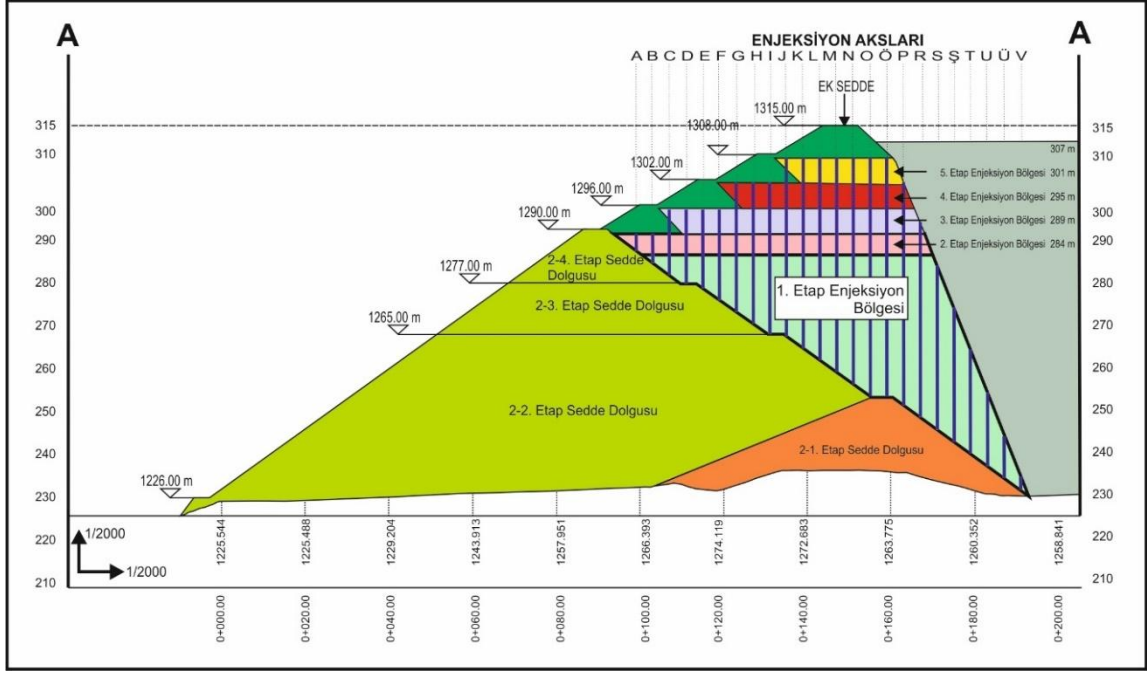
Şekil 5.29. Raymond International Inc. (1957)'e göre, boşluk oranları ile enjeksiyon çözeltisi alımları arasında ilişki (CECW-EG 1995)

250 Litre çözelti %20 boşluk oranında 1,25 m³ lük bir zemine yayılmaktadır. Çapı 2 m olan bir enjeksiyon yayılımı için, Toplam Hacim:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Tüm}} &= ((\mu * D^2 / 4) * H) & (5.16) \\
 &= (3,14 * 4^2 / 4) * 1 \\
 &= 3,14 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{çözeltili}} &= V_{\text{Tüm}} (250 \text{ lt} / 1,25 \text{ m}^3) \\
 &= 3,14 \text{ m}^3 (250 \text{ lt} / 1,25 \text{ m}^3) = 628 \text{ lt Enjeksiyon sıvısı gerekmektedir.}
 \end{aligned}$$

Enjeksiyon Yapım Planı: Enjeksiyon 5 aşamada gerçekleştirilecek olup, her bir enjeksiyon aşamasından sonra mutlaka beton piriz süresi (28 gün) geçmesi gerekmektedir. 28 gün sonunda en az iki noktada deneme sondajları yapılarak enjeksiyonun başarı durumu belirlenir.



Şekil 5.30. 2. Sedde enjeksiyon sonrası enkesiti (Yümün 2017)

Çizelge 5.20. Enjeksiyon metraj çizelgesi (Yümün 2017)

Enjeksiyon Aks No	A	C	E	G	I	K	M	O	P	S	T	Ü	V
Enjeksiyon Kolon	119	128	140	149	172	188	194	198	205	26	20	16	21
Enjeksiyon Derinliği	3.99	15.82	19.07	30.67	35.9	45.44	51.15	56.9	53.38	39.1	24.9	10.62	3.5
Her Aks Boyunca Yapılan	474.8	2025	2670	4569.8	6174.8	8542.7	9923	11258	10943	1017	497.6	169.92	73.5
Her Aks Boyunca Yapılan Enjeksiyon Kolon	1490.872	6358.5	8383.8	14349.17	19388.87	26824.08	31158.22	35350.12	34361.02	3193.38	1562.464	533.5488	230.79
Toplam Enjeksiyon Kolon Metrajı: V_T (M ³)												183184.4 M ³	

5.9. Sonuçlar

evre kirliliğine neden olan evsel ve endüstriyel katı atıkların bertarafı gelişmekte olan ülkelerde önemli sorunlardan biridir. Katı atıkların ortadan kaldırılmasında en etkili yöntemlerden birisi geri kazanım ve geri dönüşüm sonrası kalan atıkların uygun yer koşullarında depolamadır. Depo yerleri öncelikle jeolojik durum ve diğer veriler dikkate alınarak seçilmeli bu veriler doğrultusunda depo inşa edilmelidir.

Tekniđe uygun yapılmamış bir katı atık deposu özellikle yer altı su kirliliği açısından önemli tehlikeler arz eder. Özellikle depolama sahalarındaki sızıntı sularının yeraltı sularına karışması insan hayatını büyük derecede etkilemektedir. Depo gazlarının kontrol edilmemesi de çok sahalarının patlamasına varacak derece sonuçlara yol açmaktadır. Dolayısıyla katı atık deponilerinin toprak ve su kirliliğine yol amaması ancak deponi alanı ve yakın çevresinin ayrıntılı jeolojisinin bilinmesi, yapının bu veriler dikkate alınarak inşa edilmesiyle mümkündür. Depo alanları inşa edilirken şehir yaşamına zarar vermeyecek ve görüntü kirliliğine yol amayacak şekilde tasarlanması da oldukça önemlidir.

Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü evre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olan bu alışma, ***“Düzenli Depolama Sahalarının Tasarımı ve Örnek Bir Uygulama”*** konusunu kapsamaktadır.

Bu alışma kapsamında; Sahanın revizyonu ile elde edilecek ek sahanın / 2. Seddenin 315 m'ye kadar yükseltilmesi ve ek olarak 3., 4. ve 5. seddelerin ek olarak yapılması sonucu 7.936.033 m³ ek depolama alanı kazanılmış olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akbulut S. (2003). Katı Atık Depo Alanlarının Geoteknik Tasarımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. 9(2). 223-230.
- Akbulut S., Sağlamer A. (1999). Moderne Katı Atık Depolarında Kullanılan Şilte Sistemleri. 2. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu. Adana.
- Agrawal S.K. (1990). Waste Management: A Systems Perspective. Industrial Management & Data Sytems. 90(5).
- Anonim (2015). Depo Sahalarında Sızdırmaz Kil Tabakalarının Uygulanması.
- Bilgili S (2002). Katı Atık Düzenli Depo Sahalarında Depo Gazı Oluşumunu Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilimdalı. İstanbul.
- Clayton K.C. , Hue J. M. (1973). Solid Wastes Management The Ragional Approach. Ballinger Publisher Company, Cambridge.
- Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2014). Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Klavuzu. Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). Atık Yönetimi Yönetmeliği. Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2004). Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2017). Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2017). Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği. Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2010). Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik. Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (1983). Çevre Kanunu. Ankara
- Erdal Ü (2006). Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Seçiminde Jeolojik Faktörlerin Maliyetlere Etkisi.Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Adana.
- Erol O., Çekinmez Z. (2014). Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri. Yüksek Proje Yayınları. Ankara.
- EPA, Environmental Protection Agency. (1989). The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action. 330-SW-89-019, February.
- Folk R L (1968). Petrology of Sedimentary rocks Hemphill's Texas: 170.
- Göçer R., 2005, Kırıkkale Katı atık Depolama Projesi, , Jeoteknik Etüt Raporu, , (yayınlanmamış) Antalya.

- Güç. R., 2002, Antalya Katı atık Depolama Projesi, Taşkötü Depo alanı., Jeoteknik Etüt Raporu, , (yayınlanmamış) Antalya.
- Güler Ç., Çobanoğlu Z. (1996). Sağlık Açısından Çöp. Tıbbi Dökümantasyon Merkezi Toplum Sağlığı Dizisi No:14. Ankara.
- Hagerty D. J., Pavoni J. L., Heer J. E. (1973). Solid Waste Management, Van Nostrand Reinhold Company, USA.
- Karaca C. (2008). Mersin Kenti İçin alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.Adana.
- Karaman M E (2013). Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları. Akdeniz Üniversitesi Yayın Komisyonu, 4. Baskı, 522 sayfa.
- Karapınar N. (2009). Maden Atıkları Yönetimi; Macun Teknolojisi Kullanımı. Madencilik. 48(1), 31-42.
- Ketin İ (2005). Genel jeoloji. İTÜ Vakfı Yayınları No:22, 563 sayfa.
- Lunkapis J G, Ahmad N, Shariff A R M, Mansor S, Mispan R M. (2002). GIS as decision support tool for landfillssiting, Faculty of Engineering, 2nd World Engineering Congress, 22-25 Haziran, Sarawak, Malezya.
- Özgür H., Azaklı S. (1999). Kentsel Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Bertarafında Belediyeler Arası İşbirliği. 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı. 25-26 Kasım, İzmir.
- Palabıyık H. (2001). Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği, Doktora Tezi, DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Sedef M. (2016). Katı Atık Yönetimi. İller Bankası Anonim Şirketi. Uzmanlık Tezi.
- Şekercioğlu E (1993). Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 28, 216 sayfa.
- Şener B (2004). Landfill Site Selection By Using GIS, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tabasaran O (1994). Abfallwirtschaft – Abfalltechnik Siedlungsabfälle. Ernst & Sohn Verlag yayınevi , Berlin.
- Tchobanoglous G., Theisen H., Elissen R. (1977). Solid Waste: Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi Sektörel Rehberleri ÇED Rehberi – Atık Bertaraf Tesisleri, Haziran, 2009 , Ankara.
- Tokgöz M., Sarmaşık N. (1982). Çöp Sorunu ve Sağlık. Çevre 82 Sempozyumu. İzmir.
- Uzuner B A (2005). Temel Zemin Mekaniği. Teknik Yayınevi Mühendislik Mimarlık Yayınları, 6. Basım, 485 sayfa.

Vesilind P. (2002). Solid Waste Engineering.

WHO (1997). Executive Summary, Chapter 4: From Environmental Quality to Exposures and Risks, Health and Environment in Sustainable Development: Five Years after the Earth Summit.

Yümün, Z.Ü., 2017, Esan Eczacıbaşı Hammaddeler Sanayi Ve Ticaret A.Ş. Balya Kurşun Çinko Yeraltı İşletmesi, Maden Zenginleştirme Tesisi Atık Depolama Sahası Ek Tasarım Projesi (Yayınlanmamış)

INT-1 : <http://www.yenilenebiliryasam.com/2012/02/kati-atiklar-ve-siniflandirilmesi.html>

ÖZGEÇMİŞ

Müjgan ERGÜL, 1987 yılında Samsun iline bağlı Havza ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamladıktan sonra, eğitim hayatına Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde devam etmiştir. Yaklaşık 1 yıl Ambalaj Atığı Toplama Ayrıştırma Tesislerinde çalıştıktan sonra 2012 yılında Saray (Tekirdağ) Belediye Başkanlığında göreve başladı. Halen Fen İşleri Müdür Vekili olarak görevine devam etmektedir. 2012 yılında Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı.