

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Journal of Geological Engineering

Cilt - Volume 39

Sayı - Number 1

ISSN 1016 - 9172

Haziran / June 2015



TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

EDİTÖR / EDITOR

Tamer TOPAL
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06800, Ankara
Tel : 0 312 210 26 90
Faks : 0 312 210 57 50
E-Posta : topal@metu.edu.tr

TEKNİK EDİTÖR / TECHNICAL EDITOR

Yavuz KAYA
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Makale Gönderim Adresi:

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel : (0312) 434 36 01
Faks : (0312) 434 23 88
E-Posta : jmo@jmo.org.tr
URL : www.jmo.org.tr

Yayın Türü: Yaygın Süreli Yayın
Yayın Şekli: Yılda 2 kez (6 ayda bir)
Türkçe

Yayın Sahibi: TMMOB JMO Adına
Hüseyin ALAN

Yayının İdare Adresi: Kocatepe Mah.
Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe/Ankara

Baskı: Afşaroğlu Matbaası,
Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı
No:8/7/7 İskitler/Ankara
Tel : (0312) 384 54 88
Baskı Tarihi : Haziran 2015
Baskı Adedi : 1000

Yayın Kurulu / Editorial Board

Erhan ALTUNEL (Osman Gazi Üniversitesi)
Can AYDAY (Anadolu Üniversitesi)
Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)
Zeki ÇAMUR (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Hasan ÇETİN (Çukurova Üniversitesi)
Mehmet EKMEKÇİ (Hacettepe Üniversitesi)
Nusret EMEKLİ (İller Bankası)
Yavuz ERGİNTAV (Karayolları Genel Müdürlüğü)
Candan GÖKÇEOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Reyhan Kara GÜLBAY (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Nilgün GÜLEÇ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Fikret KAÇAROĞLU (Muğla Üniversitesi)
Remzi KARAGÜZEL (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Nurkan KARAHANOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Muazzez Çelik KARAKAYA (Selçuk Üniversitesi)
K. Erçin KASAPOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Recep KILIÇ (Ankara Üniversitesi)
Mehmet Yalçın KOCA (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Ayhan KOÇBAY (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü)
Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)
İlkay KUŞÇU (Muğla Üniversitesi)
Mahmut MUTLUTÜRK (Süleyman Demirel Üniversitesi)
Cengiz SOYLU (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı)
Mehmet Lütfi SÜZEN (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Şakir ŞİMŞEK (Hacettepe Üniversitesi)
Atiye TUĞRUL (İstanbul Üniversitesi)
Necdet TÜRK (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Asuman TÜRKMEENOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Taner ÜNLÜ (Ankara Üniversitesi)
Namık YALÇIN (İstanbul Üniversitesi)
Ali Bahadır YAVUZ (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Işık YILMAZ (Cumhuriyet Üniversitesi)
Erdoğan YÜZER (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Jeoloji Mühendisliği Dergisi makale ve dizin özleri
SCOPUS, ULAKBİM, GeoREF, Geobase/Geo Abstracts ve EBSCO
uluslararası indeksleri tarafından taranmaktadır.

*Journal of Geological Engineering is indexed and abstracted by
SCOPUS, ULAKBİM, GeoREF, Geobase/Geo Abstracts and EBSCO*

Jeoloji Mühendisleri Odası Chamber of Geological Engineers Yönetim Kurulu / Executive Board

Hüseyin ALAN	Başkan / President
Faruk İLGÜN	İkinci Başkan / Vice President
Murat ATEŞOĞULLARI	Yazman / Secretary
Halil İbrahim YİĞİT	Sayman / Treasurer
Ümit UZUNHASANOĞLU	Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Rengin KONUK	Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs
Nedret Beril AÇIKGÖZ	Yayın Üyesi / Member of Publication

Jeoloji Mühendisliği Dergisi JMO yayını olup para ile satılmaz.

İçindekiler / Contents

Makaleler / Articles

-
- 1- **Müge K. AKIN, Mutluhan AKIN, İsmail AKKAYA, Ali ÖZVAN, Serkan ÜNER, Levent SELÇUK, Mücip TAPAN**
Mikrobölgeleme Çalışmasına Altlık Oluşturmak Üzere Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Zemininin Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Dynamic Soil Properties of Van Yüzüncü Yıl University Campus for the Preparation of Microzonation Map
- 27- **Ali ÖZVAN, İsmail Altay ACAR**
Kıyı Koruma Yapıları için Delihalil Bazalt Seviyelerinin (Doğu Akdeniz) Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi
Evaluation of Availability of Delihalil Basalt Levels (Eastern Mediterranean) for Rubble Mound Breakwater
- 45- **Özgür SATICI, Tamer TOPAL**
Tünel Açma Yöntemlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Sınıflama Sistemleri ile Değerlendirilmesi
Evaluation of Tunnel Excavation Methods in Accordance with Engineering Geology and Rock Mass Classification Systems

Mikrobölgeleme Çalışmasına Altlık Oluşturmak Üzere Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Zemininin Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Dynamic Soil Properties of Van Yuzuncu Yil University Campus for the Preparation of Microzonation Map

Müge K. AKIN¹, Mutluhan AKIN², İsmail AKKAYA³, Ali ÖZVAN⁴, Serkan ÜNER⁴, Levent SELÇUK⁴, Mücip TAPAN¹

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, VAN

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, VAN

³ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, VAN

⁴ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, VAN

Geliş (received) : 02 Şubat (February) 2015

Düzeltilme (revised) : 30 Mart (March) 2015

Kabul (accepted) : 07 Nisan (April) 2015

ÖZ

Depremlerde can ve mal kaybına neden olan en önemli etkenlerden biri, yapıların üzerine kurulu olduğu zeminlerin özellikleridir. Zeminlere ait mühendislik özelliklerin belirlenmesi, dinamik yükler altındaki zeminlerin davranışlarının tanımlanmasında ve/veya meydana gelebilecek zararların en aza indirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Özellikle 1999 ve sonrası ülkemizde yaşanan depremlerle meydana gelen can ve mal kayıpları, depremin ve yarattığı etkilerin sosyal ve ekonomik boyutunun önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Dinamik zemin özellikleri, deprem gibi doğal afetlerin de etkisi dikkate alınarak, mikrobölgeleme esasları doğrultusunda incelenmelidir. Bu amaçla Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi (YYÜ) kampüs alanında sondaj çalışmalarından elde edilen bulgular ve jeofizik yöntemler ile dinamik zemin özellikleri ortaya konulmuştur. Zemin koşullarının ortaya konulması amacıyla yapılan arazi çalışmaları kapsamında kampüs alanına yönelik sıvılaşma, zemin büyütmesi gibi unsurlar incelenmiş ve sonuç olarak kampüs alanı için ilerideki planlamalara yol gösterici olması amacı ile bir yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CBS, Deprem, Mikrobölgeleme, Sıvılaşma, Van, Zemin büyütmesi.

ABSTRACT

One of the most important factors causing loss of life and property during earthquakes is the soil conditions that the structure is built on. Determination of the soil engineering properties for understanding the behavior of ground under dynamic loads and/or minimizing the losses that may occur is quite crucial. The earthquakes occurred in our country especially in 1999 and later on, and the resulting loss of life and property once more emphasized the importance of the social and economic dimensions of the impact created by the earthquake. Dynamic soil properties must be studied in accordance with the principles of microzonation considering the natural disasters such as earthquake. For this aim, the dynamic soil properties of Van Yuzuncu Yil University campus area are determined. Liquefaction, soil amplification and the like for the campus area are investigated through field studies conducted in order to reveal the ground conditions, and consequently the suitability for settlement is evaluated to guide the future planning of the campus.

Key Words: GIS, Earthquake, Microzonation, Liquefaction, Van, Soil amplification.

GİRİŞ

Kolay ulaşımdan ve ekonomik nedenlerden dolayı alüvyon zeminler, yerleşim alanı olarak ülkemizde ve dünyada sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla beraber, doğal afetler açısından bakıldığında, Türkiye gibi bir aktif tektonik kuşakta yer alan ülkelerde, depremlerden en fazla etkilenen alanların güncel sedimanter zeminler üzerindeki yerleşim alanları olduğu görülmektedir. Bunun en tipik örnekleri olarak, binlerce insanın hayatını kaybettiği 1939 Erzincan ($M_w = 7.9$), 1942 Niksar-Erbaa ($M_w = 7.0$), 1976 Çaldıran ($M_w = 7.2$), 1999 Adapazarı ($M_w = 7.4$) ve Düzce ($M_w = 7.1$) depremleri gösterilebilir. Bu nedenle, yerleşim planlamasına ve güvenli alanları belirlemeye katkı sağlayacak olan mikrobölgeleme çalışmaları önem arz etmektedir.

Mikrobölgeleme haritaları hazırlanırken, doğal afetlerin etkileri dikkate alınarak değerlendirme yapılması esas olup, mikrobölgeleme çalışmaları disiplinler arası katkıları gerektirmektedir. Bunun ötesinde, jeolojik, hidrojeolojik, jeoteknik ve jeofizik araştırmalar kullanılarak zeminlerin deprem hareketine bağlı davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca, jeolojik ve jeoteknik veriler kullanılarak doğal afetlerin belirlenmesi, kontrol edilmesi ve/veya önlenmesi de mikrobölgeleme çalışmalarında önem arz etmektedir (Bell vd., 1987; Legget, 1987; Hake, 1987; Rau, 1994; Dai vd., 1994, 2001; GDDA (General Directorate of Disaster Affairs), 1996, 2000; Van Rooy ve Stiff, 2001; Ansal vd., 2001; 2004; Topal vd., 2003; Akın, 2009; Akın vd., 2013).

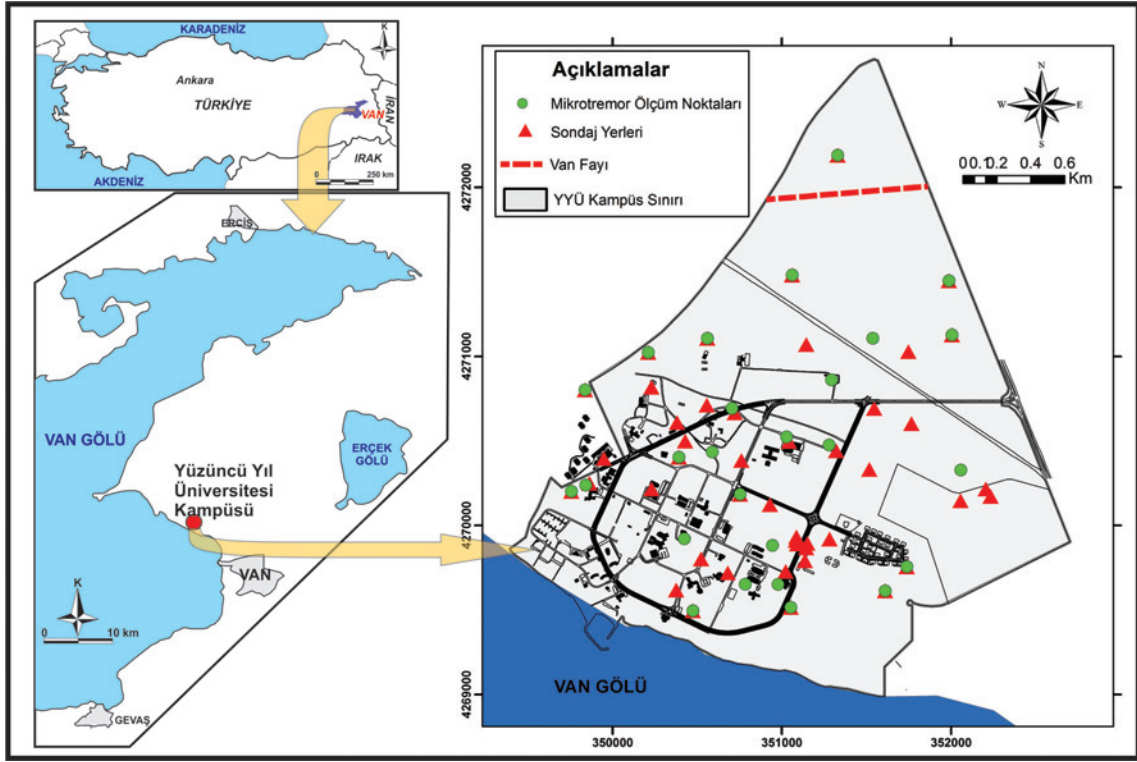
23 Ekim 2011 Van-Tabanlı depremi ($M_w = 7.2$) sonrasında, depremden en çok etkilenen Van-Merkez ve Erciş ilçesinde olduğu gibi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanında da hasar gören yapılarda güçlendirme ve yenileme çalışmaları başlamıştır. Kampüs alanının yeniden düzenlenmesi ve yapılacak yeni binaların yerlerinin belirlenmesi açısından, kampüs alanının zemin özelliklerinin ortaya konulması önem taşımaktadır. Bu çalışmada Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanının zemin özelliklerinin mikrobölgeleme esasları doğrultusunda dinamik özellikleri de ortaya konularak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla bir yerleşime uygunluk haritasının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Yüzüncü Yıl Üniversitesi yerleşkesi son 10 yıl içerisinde hızla gelişmekte olduğundan, artan fakülte ve öğrenci sayısına bağlı olarak yeni binaların ve faaliyet alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Kampüs alanı, yapımı tamamlanan Tıp Fakültesi Hastanesi ve derslikleri, İlahiyat Fakültesi, Merkezi Laboratuvar, Diş Hekimliği Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi ve yapılmakta olan Mühendislik-Mimarlık Fakültesi ve diğer sosyal/araştırma binaları ile gelişimini sürdürmeye devam etmektedir. Tüm bunlara paralel olarak, artan kullanım alanlarının sayısı, beraberinde altyapı, enerji ve ulaşım ihtiyaçlarını da doğurmaktadır. Bu çalışma ile Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsü ve yakın çevresindeki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve yerleşime uygunluk haritalarının ortaya konulması sonucunda geleceğe yönelik yerleşim planları

için mevcut altlığın daha uygun bir şekilde hazırlanması amaçlanmış olup, bu konuda gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı ve çevresindeki zemin koşullarının statik ve dinamik etkiler altındaki özelliklerinin belirlenmesi ve mikrobölgeleme esasları doğrultusunda hazırlanmış olan bu çalışmada, detaylı arazi ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kampüs alanı için önceden yapılmış çalışmalara ek olarak ilave sondaj kuyuları açılmış ve yerinde deneyler yapılmıştır. Ayrıca, mikrotremör gibi ölçümleri kapsayan jeofizik çalışmalarının da kampüs alanı için yapılması sağlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında kampüs alanına ait statik ve dinamik zemin özellikleri ortaya konulmuştur. Bu zemin özellikleri ve yakın geçmişte meydana gelmiş olan Van-Tabanlı ve Edremit depremleri de dikkate alınarak kampüs alanı için gerekli sınırlama vb. analizler de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sürecinde, kampüs alanı, 2011 depremleri öncesini ve sonrasını kapsayacak şekilde, ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

ÇALIŞMA ALANI

Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsü, Van Gölü'nün doğusunda, Van il merkezinin kuzeybatısında yer almakta olup, kent merkezine yaklaşık 15 km uzaklıktadır. Kampüs alanı, batıda Bardakçı köy yolu, doğuda Maden Tetkik Arama Doğu Anadolu Bölge Müdürlüğü ve Erciş - Van karayolu, güneyde ise Van Gölü ile sınırlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of Yuzuncu Yil University campus area

ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Van Gölü Havzası, Paleozoik yaşlı Bitlis Metamorfikleri, Üst Kretase ofiyolitleri ve Van formasyonu olarak isimlendirilen Oligosen-Miyosen yaşlı derin denizel çökellerden oluşan bir temel üzerinde bulunmaktadır. Havzada temel kayaların üzerini, havzanın batısında ve kuzeyinde yer alan Nemrut ve Süphan volkanlarına ait Kuvaterner yaşlı volkanikler ve bunlarla eş yaşlı Van Gölü formasyonu olarak isimlendirilen gösel çökeller uyumsuz olarak örter. Havza çökel dolgusu, travertenler ve pekişmemiş güncel akarsu sedimanlarıyla sona ermektedir (Aksoy, 1988; Acarlar vd., 1991, Örcen vd., 2004).

Van Gölü'ne ait güncel gösel çökeller yaygın olarak Van Gölü'nün doğusunda, sınırlı olarak da güneyinde ve kuzeyinde yer almaktadır. İnce-orta tabakalı, az pekişmiş çakıl-kum ve kil-silt ardalannasından oluşan gösel çökeller, Van Gölü su seviyesindeki büyük ölçekli oynamalar sebebiyle akarsu çökelleri tarafından kesilmiştir. Çalışma alanı, Van Gölü havzası içerisinde Van Gölü'nün doğusunda yer almaktadır. Van Gölü Havzası, Paleozoyik'ten günümüze kadar farklı yaşlardan kayaç türlerinin yüzeleendiği, tektonizmanın da etkisiyle oldukça karmaşık bir stratigrafinin gözleendiği bir alandır. Van Gölü havzasının güneyinde Bitlis Masifi'ne ait metamorfik kayaçlar, batısında ve kuzeyinde genç volkanik

ve volkanoklastik kayaçlar, doğusunda ise ofiyolitli kayaçlar ile Kuvaterner yaşlı güncel akarsu ve göl sedimanları (kırıntılılar ve karbonatlar) yaygın olarak yüzeylenmektedir.

Bu çalışmada Acarlar vd. (1991)'e ait stratigrafi ve birim adlamaları esas alınmıştır. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı bu çalışmaya göre Kuvaterner (Pleyistosen) yaşlı eski göl çökelleri üzerinde yer almaktadır. Eski göl çökellerinin toplam kalınlığı yaklaşık 150 metredir (Acarlar vd., 1991). Önceki çalışmalara göre, kampüs alanında eski göl çökellerinin yanında eski akarsu çökelleri ile güncel akarsu çökellerine de rastlanılmıştır (Şekil 2) (Acarlar vd., 1991; Selçuk, 2003; Koçyiğit, 2013).

Eski Göl Çökelleri (Qeg)

Eski göl çökelleri, beyaz, kirli beyaz, gri, karbonatlı, killi ve kumlu düzeylerden oluşur. İnceleme alanındaki eski göl çökelleri, Geç Pleyistosen yaşlı kabul edilmiştir.

Eski Göl-Akarsu Çökelleri (Qega)

Genellikle kırıntılılardan oluşan birim, ayrılmamış eski göl ve akarsu çökellerinden oluşur. Bunlar eski göl tabanı, eski kıyı çökelleri ile bunlarla ara katkılı akarsu çökellerini kapsar. Birim Geç Pleyistosen yaşlı kabul edilmiştir.

Alüvyon (Qal)

Özellikle kampüs alanının doğusundaki akarsu yataklarında ve çöküntü alanlarında depolanan tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kilden oluşur (Acarlar vd., 1991).



Şekil 2. Kampüs alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (Koçyiğit, 2013'ten alınmıştır).

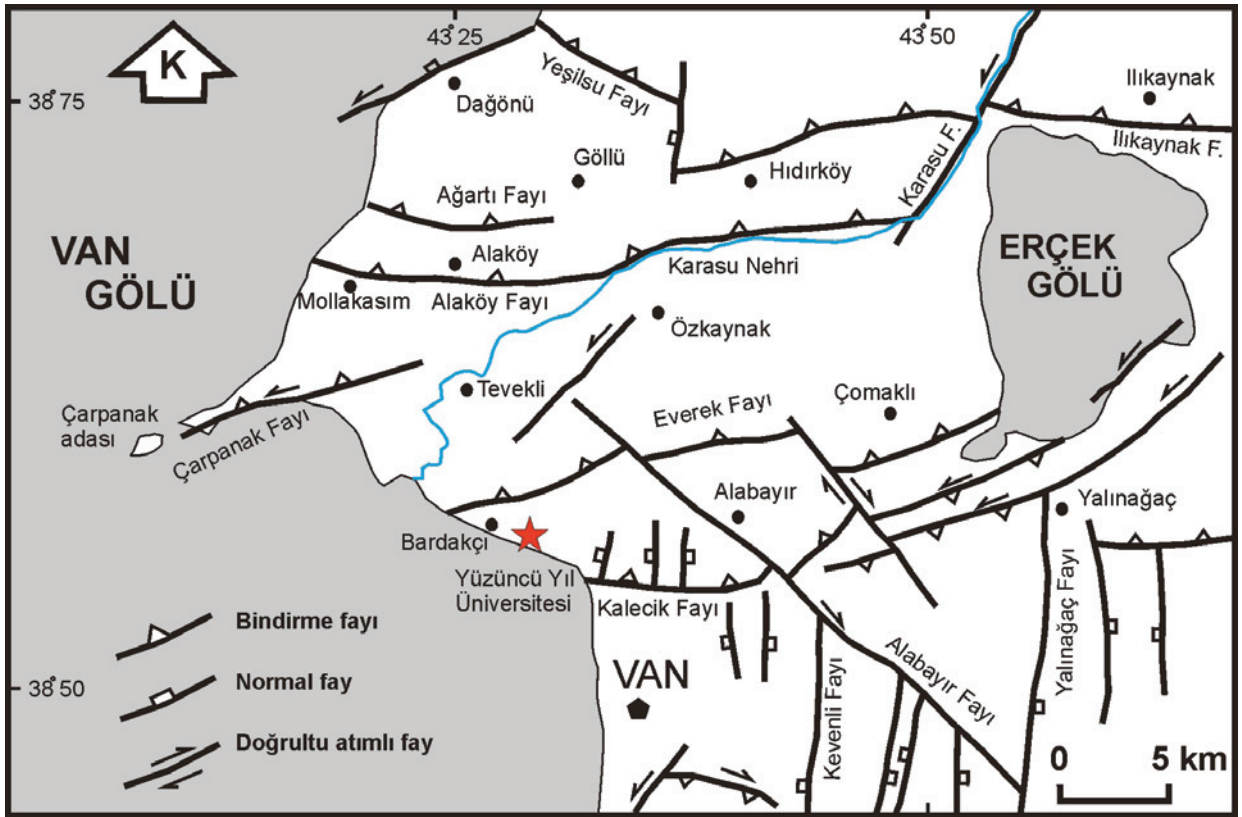
Figure 2. Geological map of the campus area and its vicinity (taken from Koçyiğit, 2013)

TEKTONİZMA VE DEPREMSELLİK

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki önemli faylar

Van Gölü havzasında yeni tektonik dönem, Pliyo-Kuvaterner yaşlıdır (Koçyiğit vd., 2001). Bu dönem K-G doğrultulu sıkışma rejimi ürünü, D-B doğrultulu ters faylar, KB-GD doğrultulu sağ yönlü ve KD-GB doğrultulu sol yönlü doğrultu

atımlı faylar ile K-G doğrultulu genişleme yapıları tarafından temsil edilir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Bozkurt, 2001; Koçyiğit vd., 2001; Koçyiğit, 2013). Bunların en bilinenleri; ters fay karakterli Ağartı, Alaköy, Everek ve Gürpınar fayları ile doğrultu atımlı fay karakterindeki Çaldıran, Erciş, Alabayır ve Çakırbey faylarıdır (Koçyiğit vd., 2001; Özkaymak, 2003; Özkaymak vd., 2012; Koçyiğit, 2013) (Şekil 3).



Şekil 3. Van Gölü ve yakın çevresinin sismotektonik haritası (Koçyiğit, 2013'ten alınmıştır).

Figure 3. Seismotectonic map of Lake Van and its surroundings (taken from Koçyiğit, 2013)

Kampüs Alanı ve Yakın Çevresinin Depremselliği

Yapılan çalışmalar ve gözlemler, depremlere bağlı hasarlarda, yapıların özellikleri, deprem kaynak özellikleri ve bölgesel jeoteknik koşulların son derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Deprem dalgaları, zemin tabakaları içinden geçerken, depremin özelliklerinin değişmesi ile birlikte, zemin tabakalarının özelliklerini de (sıvılaşma, dayanım azalması, zemin büyütmesi, vb.) etkilemektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde zemin koşullarının dinamik yükler altındaki davranışlarının belirlenmesi, deprem hasarlarının büyük ölçüde azaltılmasını sağlayacaktır. Örneğin bölgesel jeolojik, tektonik ve topoğrafik koşullar, deprem dalgalarının özelliklerini önemli ölçüde değiştirerek, aynı sismik hareketlere maruz kalan birbirine yakın bölgelerde, farklı derecelerde hasara yol açabilmektedir (Ansal, 1999). Bunun en büyük sebebi ise yerel ölçekte zemin koşullarının farklılığından veya ortamın heterojenitesinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı ve yakın dolayının yer aldığı sismik açıdan aktif olan bölgede, geçmiş dönemlerde yaşanan depremler sonucunda zemin özelliklerine bağlı olarak birçok can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Bölgede tarihsel dönemlerde VIII ve IX şiddetinde, aletsel dönemde ise $M = 5.0 - 7.3$ büyüklüğünde depremler meydana gelmiştir. Buna ek olarak geçtiğimiz yıllarda meydana gelmiş depremler de kampüs alanı açısından önem arz etmektedir.

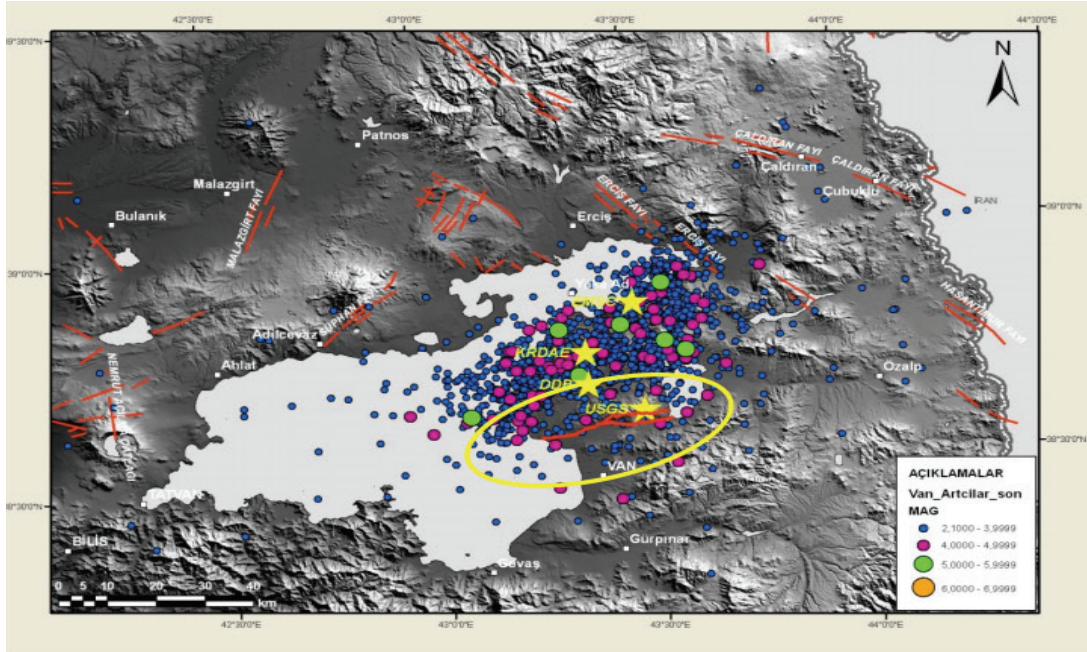
23 Ekim ve 9 Kasım 2011 tarihlerinde Van Gölü'nün D-KD'da meydana gelen sırası ile $M_w = 7.2$ ve $M_w = 5.6$ büyüklüğündeki depremler, Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanında da bir kısım yapıların hasar görmesine neden olmuştur. Van ili ve çevresinde meydana gelen bu depremlerde,

600'ün üzerinde vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 4000'den fazla kişi yaralanmış, 150.000 kişi evsiz kalmış, 2309 bina yıkılmış, 14000'den fazla bina kullanılamaz hale gelmiş ve yaklaşık 18000 bina ise orta derecede hasar görmüştür (CEDİM, 2011; Selçuk ve Aydın, 2012).

23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen $M_w = 7.2$ büyüklüğündeki depremin merkez üssü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanının yaklaşık 25 km kadar kuzeyinde, Tabanlı köyü olarak belirtilmiştir (KOERI, 2011). 23 Ekim 2011 Van depremi ana şok ve artçı depremlerin lokasyonunu gösterir harita Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde yer alan sarı elips, depremin kaynağı olan Van fayını göstermektedir. Şekil 5'te ise Van fayına ait gözlenen yüzey kırığı, depremin merkez üssü ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanına olan uzaklıkları gösterilmektedir.

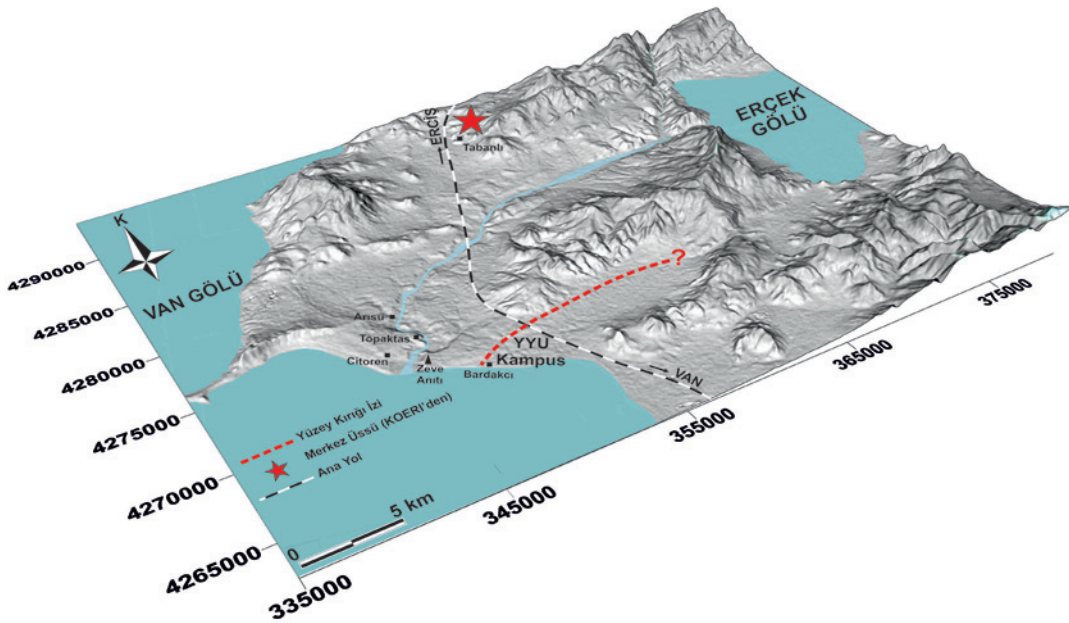
23 Ekim 2011 depremi, Erciş ilçesinde birçok yapının yıkılmasına, ağır derecede hasar görmesine ve can kaybına neden olmuştur. Bu deprem, yine merkez üssüne yakın Alaköy, Otluca, Tevekli, Mollakasım, Ayanıs köyleri ile birlikte Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsünde ve Van il merkezinde can kayıplarına ve hasara neden olmuştur. Bu depremden sonra meydana gelen artçılar ile birlikte, 9 Kasım 2011 tarihinde Edremit merkezli $M_w = 5.6$ büyüklüğündeki Edremit depremi, Van'da ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs alanında daha şiddetli hissedilmiş, ilk depremde herhangi bir hasara uğramamış yapılar ile birlikte hafif hasarlı binalar, orta ve ağır derecede hasara uğramış ve bazı binalar yıkılmıştır (CEDİM, 2011).

Van il merkezinde ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanında çoğunlukla eski göl çökelleri bulunmaktadır. Bu tür zeminler orta ve büyük ölçekli depremlerde, gerek depremin tekrarlı yüklerinden, gerekse zeminden kaynaklanan deformasyonlardan etkilenebilirler.



Şekil 4. 23 Ekim 2011 Van depremi ana şok ve artçı depremlerin lokasyonunu gösterir harita (Sarı daire depremin kaynağı olan Van fayını göstermektedir) (Emre vd., 2011).

Figure 4. Location map of the 23 October 2011 Van earthquake mainshocks and aftershocks (Yellow circle shows the Van fault that is the source of earthquake) (Emre et al., 2011).



Şekil 5. 23 Ekim 2011 Van depremi kaynağı olan Van fayı ve YYÜ kampüs alanı (Akın vd., 2013'ten değiştirilerek alınmıştır).

Figure 5. Van fault which is the source of 23 October 2011 Van earthquake and YYÜ campus area (modified after Akın et al., 2013).

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı ve yakın çevresi, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Van Gölü Kapalı Havzası'nda yer almaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında, çalışma alanında yüzeylenen Kuvaterner yaşlı birimler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kuvaterner yaşlı birimler çökme koşullarından dolayı kısa mesafelerde heterojen bir yapı göstermektedir.

Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma kapsamında ilk olarak, mevcut birimlerin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla örnek alma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kampüs alanında, 2011

Van depremi ve sonrasında farklı amaçlar için açılan 100'den fazla sondaj kuyusundan uygun olan 45 tanesi analizlerde kullanılmış, bunlara ek olarak, farklı noktalarda toplam 150 metrelik sondaj kuyusu açılmıştır. Bu çalışma kapsamında açılan kuyular (MSK 1-MSK 5) 30 metre derinliğinde olup, her 1 metrede SPT ile örselenmiş ve Shelby tüp ile örselenmemiş örnek alımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).

Yerleşke içinde yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen örnekler üzerinde, zeminlerin fiziksel özelliklerine yönelik laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiş ve zemin sınıflamaları yapılmıştır.



Şekil 6. Sondaj çalışmalarına ait fotoğraflar.

Figure 6. Drilling photos.

Jeofizik Çalışmalar

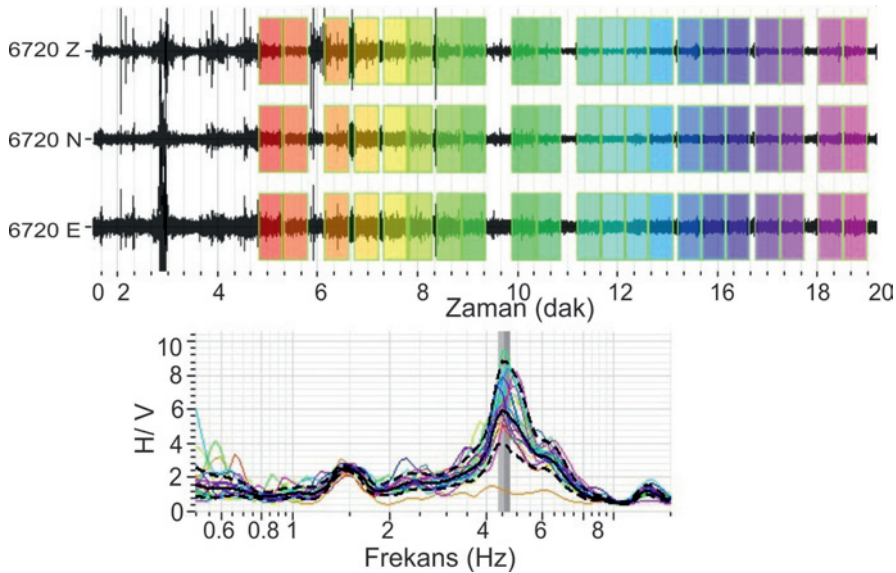
Çalışma alanında yüzeylenen Kuvaterner yaşlı gölsel birimlerin; elektrik özdirençleri, sismik dalga hızları ve derinlikleri gibi statik özellikleri ile zemin hâkim periyodu, zemin büyütmesi, kayma modülü, poisson oranı gibi özellikleri, jeofizik yöntemler kullanılarak önceki çalışmalarda belirlenmiştir (Selçuk, 2003). Bu çalışmada, zeminlerin dinamik özelliklerinin belirlenmesi için mikrotremor

yöntemi kullanılmıştır. Depremlere bağlı hasarların tespitinde jeolojik birimlerin dinamik özelliklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Mikrotremor ölçümleri, son yıllarda, dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaya başlanan pratik bir yöntemdir. Zemin hakim titreşim periyodunu belirlemeye yönelik olan mikrotremor yöntemi, mikro titreşimlerin kaydedilmesi temeline dayanmaktadır. Bu titreşimlerin genlikleri 0.1 - 1 mikron, periyotları

ise 0.005 - 2 sn arasında değişmektedir (Kanai ve Tanaka, 1954; 1961). Bu çalışmada, yatay hareket bileşenlerinin düşey hareket bileşenine göre spektral oranlarının belirlendiği Nakamura Yöntemi'ne göre ölçümler alınmıştır (Nakamura, 1989). Ölçümlerde GURALP marka 3 bileşenli CMG-6TD model sismograf kullanılmıştır. Kayıtlar için 20 ile 30 dakikalık ölçüm süresi kullanılarak, 100 Hz örnekleme aralığında veriler alınmıştır. Her bir gürültü kaydı, 0.1 - 10 Hz arasında Butterworth Band-geçişli filtre ile filtrelenmiştir. Yatay/düşey spektral oran (H/V) eğrilerinin hesaplanması için her bir bileşenden elde edilen veri pencerelenmiş, her bir pencereye ait verinin Fourier spektrumları alınmıştır. Yatay/Düşey spektral oran eğrileri her bir pencere için hesaplanmış, hesaplanan eğrilerin ortalaması alınarak ölçüm noktasını temsil eden spektral oran eğrisi ve standart sapması belirlenmiştir.

Spektrumlar elde edilirken Parzen pencere uygulaması yapılmıştır. Ayrıca 40 saniyelik Konno-Ohmachi penceresi kullanılarak % 10 cosinüs tapering ile düzgünleştirilmiştir.

Kampüs alanının dinamik zemin özelliklerinin incelenmesi çalışması kapsamında toplam 17 noktada mikrotremör ölçümü alınmıştır. Bu ölçümlere ilişkin örnek bir veri Şekil 7'de verilmiştir. Veri-işlemi tamamlanan mikrotremör kayıtlardan kampüs alanı için üretilen zemin hakim periyodu ve büyütme haritası oluşturulmuş ve analizler kısmında yer verilmiştir. Elde edilen verilerin işlenmesinde SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitation) adlı proje kapsamında geliştirilmiş ve literatürde yaygın olarak kullanılan GEOPSY yazılımı kullanılmıştır (Wathelet vd., 2008).



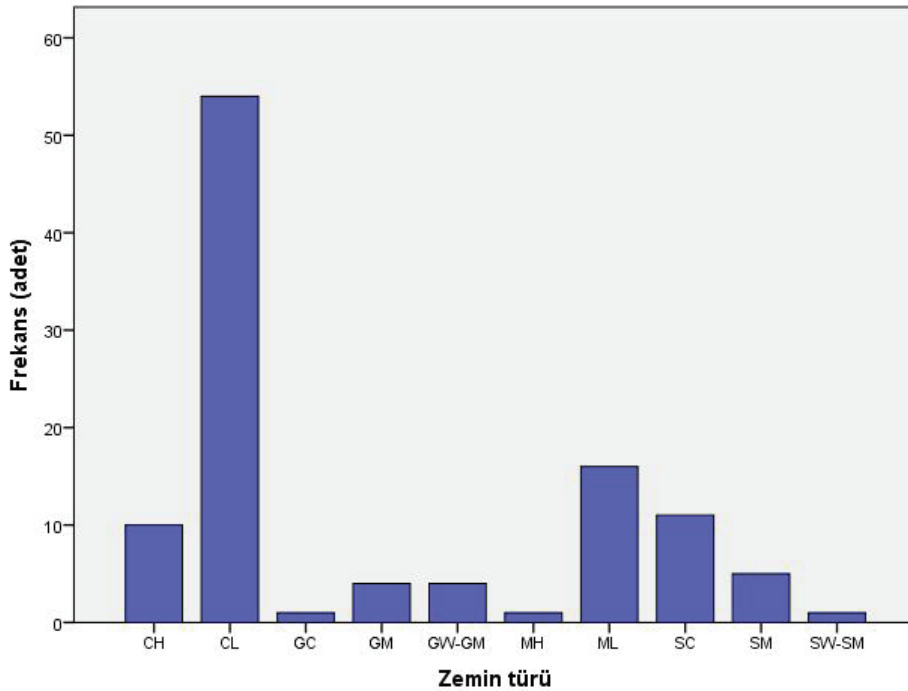
Şekil 7. Kampüs alanında elde edilen bir mikrotremör verisi ve yorumlanmış durumu.

Figure 7. Microtremor data and interpretation for the campus area.

KAMPÜS ZEMİNLERİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Yerleşke içinde yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen örnekler üzerinde yapılan deneylerin sonuçlarına bağlı olarak, inceleme alanındaki zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri bu bölüm altında değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde, daha önceden kampüs içerisinde açılmış olan sondaj kuyularının yanı sıra, özellikle yeni açılan 5 adet sondaj kuyusuna (MSK - 1, 2, 3, 4 ve 5) ait verilerden de faydalanılmıştır.

Laboratuvarda yapılan zemin tanımlamasına yönelik elek analizi sonuçları dikkate alındığında, Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki zeminlerin önemli bir bölümünün ince taneli olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 8). Buna göre, kampüs alanındaki en yaygın zemin sınıfı düşük plastisiteli kil (CL)'dir. Bu zemin türünü sırasıyla düşük plastisiteli silt (ML), killi kum (SC), yüksek plastisiteli kil (CH) ve diğerleri izlemektedir.

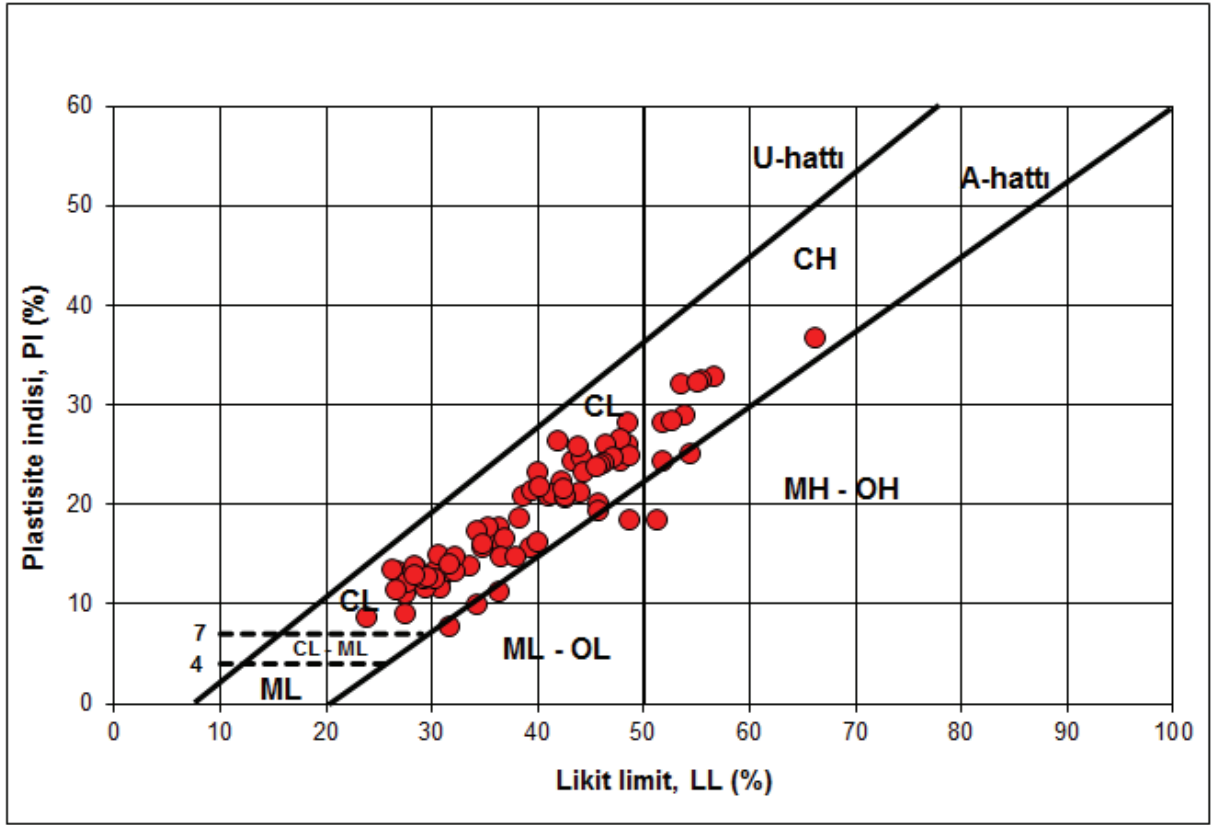


Şekil 8. Yüzüncü Yıl kampüs alanındaki zemin türlerinin frekans dağılımı.

Figure 8. Frequency distribution of the soil types in the Yuzuncu Yil campus area.

İnceleme alandaki ince taneli zeminlerin plastisite abağı üzerindeki dağılımları incelendiğinde, örneklerin büyük oranda likit limitlerinin % 50'nin altında yani düşük

plastisiteli olduğu görülmektedir (Şekil 9). Plastisite indisi değerleri ise genelde % 30'dan daha düşüktür.

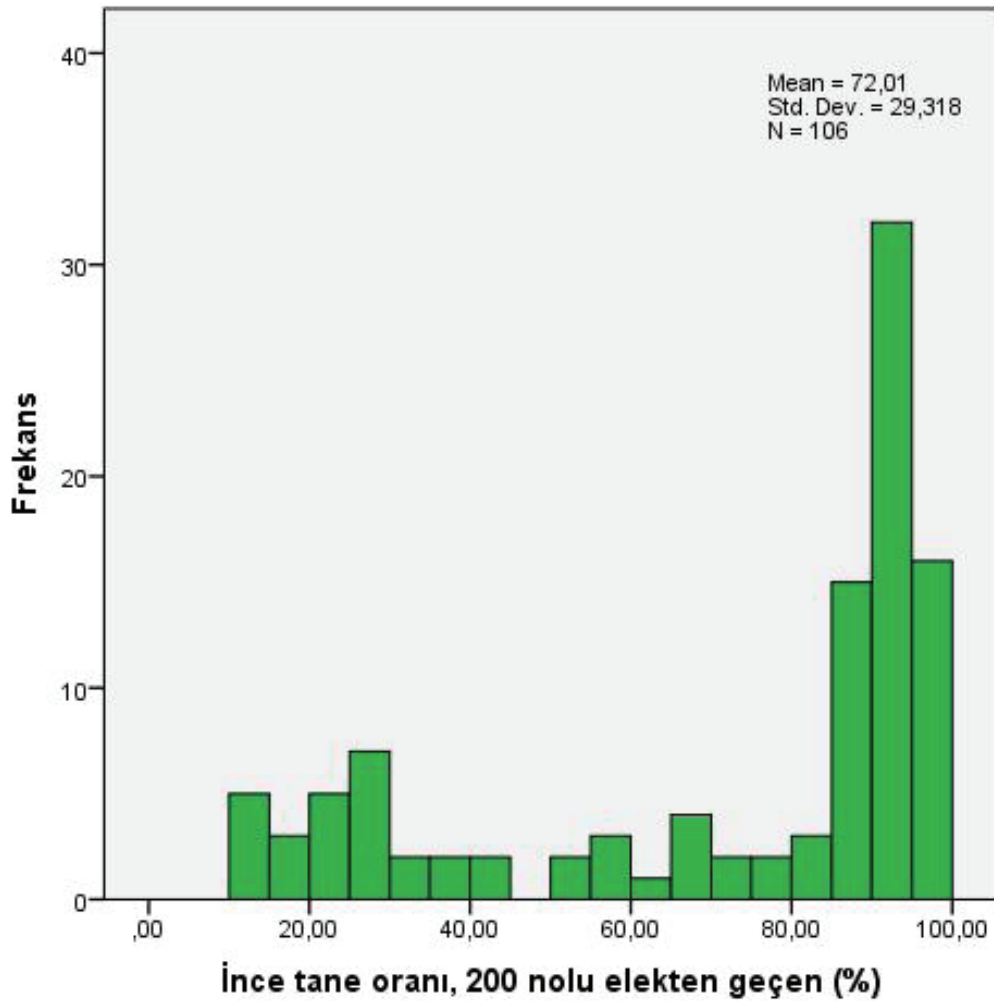


Şekil 9. Yüzüncü Yıl kampüs alanındaki ince taneli zeminlerin plastisite abağı üzerindeki dağılımı.

Figure 9. Distribution of fine grained soils of the Yuzuncu Yil campus area on the plasticity chart.

Kampüs alanındaki sondajlardan alınan örneklerin ince tane oranı değerlerinin (200 nolu eleğin altına geçen) dağılımı Şekil 10'da sunulmaktadır. 106 örneğe ait ince tane oranı dağılımına bakıldığında, çoğunlukla % 80'in üzerinde olduğu görülmektedir. İri taneli zeminlerdeki en düşük ince tane oranı ise % 10'lar mertebesinde. %10'un altında ince tane oranı bu örnek grubu için tespit edilememiştir. Bu durum çalışma alanındaki zeminlerin dinamik etkiler altında meydana gelebilecek sıvılaşma potansiyeli üzerinde etkili olmakta ve

sahadaki sıvılaşma potansiyelini düşürmektedir. Bu olguyu destekleyecek şekilde, sonraki bölümlerde değinilen sıvılaşma analizleri incelendiğinde, kampüs sahasındaki sıvılaşma potansiyelinin genel olarak çok düşük-düşük olduğu ve bölgesel olarak sıvılaşma potansiyeli yüksek olan alanların bulunduğu tespit edilmiştir. Sıvılaşma potansiyelinin düşük olmasındaki en önemli etkenler, inceleme alanında yayılım gösteren zeminlerin sıkı-katı/çok katı özellik göstermesinin yanı sıra, ince tane oranlarındaki yüksekliktir.

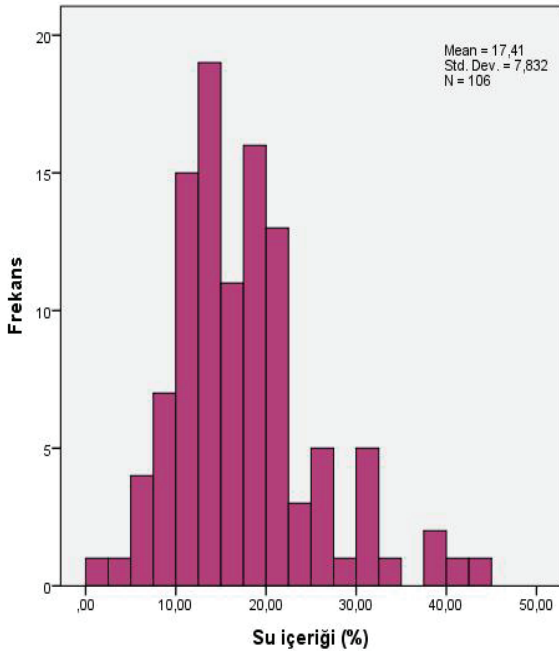


Şekil 10. Yüzüncü Yıl kampüs alanındaki zeminlerin ince tane oranlarının istatistiksel dağılımı.

Figure 10. Statistical distribution of the fine contents of soils in the Yuzuncu Yil campus area.

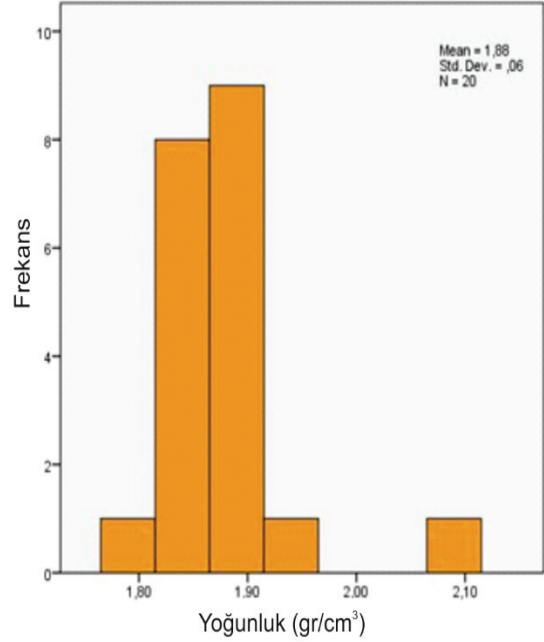
Kampüs alanındaki zeminlerin doğal su içeriklerine bakıldığında, örneklerin genel olarak suya doygun olmadıkları gözlenmektedir. Şekil 11'de, incelenen örneklerin doğal su içeriklerinin istatistiksel dağılımı verilmiştir. Buna göre, örneklerin doğal su içeriği yoğun olarak % 10 - % 25 aralığında dağılım göstermektedir.

Sondaj çalışmaları sırasında alınan örselenmemiş örneklere göre, inceleme alanındaki zeminlerin doğal yoğunluğu 17.6 kN/m^3 'ün üzerinde olup, ortalama olarak 18.4 kN/m^3 'tür (Şekil 12). Bu değer, ince taneli killi zeminler için geçerlidir. Elde edilen sonuçlar, inceleme alanındaki zeminlerin katı özellikte olduğu gerçeğini desteklemektedir (Selçuk, 2003; Özvan vd., 2005).



Şekil 11. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki zeminlerin doğal su içeriklerinin istatistiksel dağılımı.

Figure 11. Statistical distribution of the water content of soils in the Yuzuncu Yil campus area.

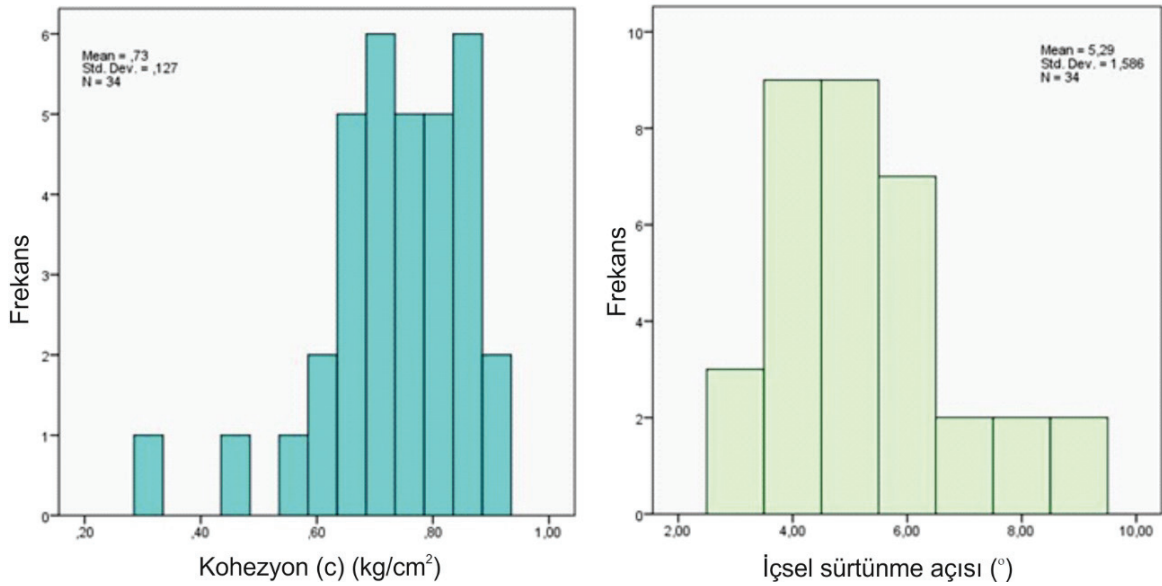


Şekil 12. Yüzüncü Yıl kampüs alanındaki zeminlerin doğal birim hacim ağırlığı değerlerinin istatistiksel dağılımı.

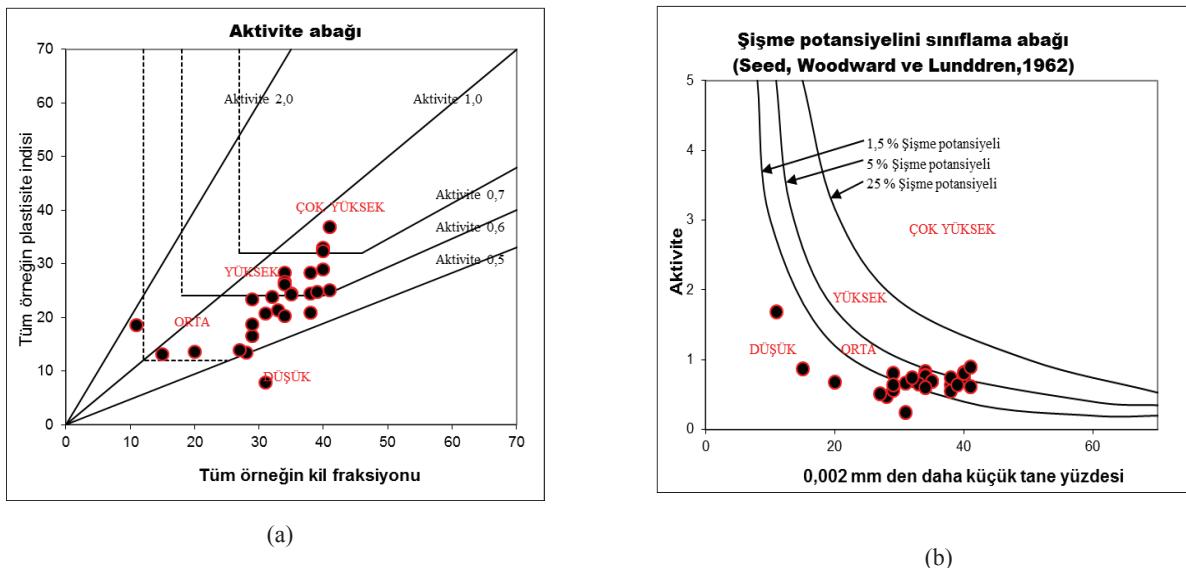
Figure 12. Statistical distribution of the unit weight values of soils in the Yuzuncu Yil campus area.

İnceleme alanındaki zeminlerin mekanik özellikleri incelendiğinde, killi zemin örneklerinin yüksek makaslama dayanımı değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. 34 adet örselenmemiş örnek üzerinde yapılan üç eksenli deney (UU) sonuçlarına göre kampüs alanındaki killi zeminlerin kohezyon değerlerinin en düşük 0.31 kg/cm², en yüksek 0.90 kg/cm² ve ortalama 0.73 kg/cm² olduğu tespit edilmiştir. İçsel sürtünme açısı değerlerinin ise, en düşük 3°, en yüksek 9° ve ortalama 5.3° olduğu tespit edilmiştir. Kampüs alanındaki CL-CH türü zeminlerin makaslama dayanım değerlerinin istatistiksel dağılımı Şekil 13'te gösterilmiştir.

İnceleme alanındaki killi zeminlerin (CL-CH) şişme ve oturma özellikleri de ayrıca incelenmiştir. Aktivite açısından değerlendirildiğinde, kampüs alanındaki killerin çoğunlukla “orta-yüksek” aktiviteye sahip oldukları görülmektedir (Şekil 14). Şişme potansiyeli açısından ele alındığında ise kampüs genelindeki killi malzemenin şişme potansiyelinin Seed vd. (1962) abasına göre genel olarak “düşük-orta” olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra bazı örneklerin şişme potansiyelinin de yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 13. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki killi zeminlerin makaslama dayanım değerlerinin istatistiksel dağılımı.
Figure 13. Statistical distribution of shear strength values of the clayey soils in the Yuzuncu Yil campus area.

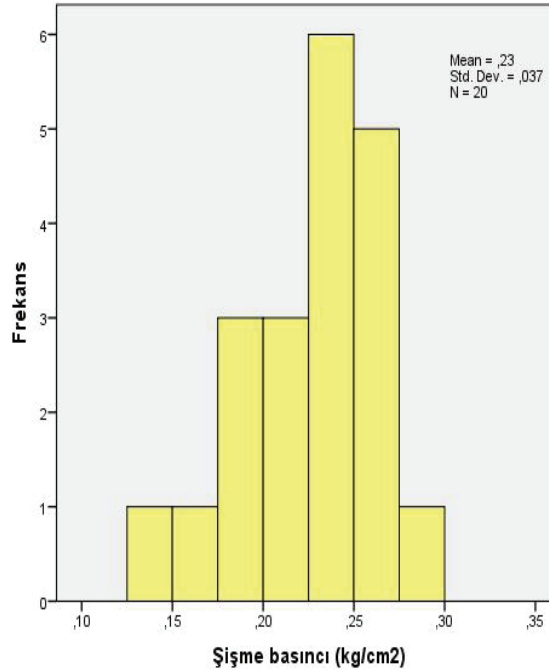


Şekil 14. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki killi zeminlerin (a) aktivitesinin ve (b) şişme potansiyelinin değerlendirilmesi.
Figure 14. Evaluation of the clayey soils in the Yuzuncu Yil campus area with respect to a) activity and b) swelling potential.

Şişme potansiyeli orta-yüksek olan killi zeminlerde yapılan hafif yapılarda (tek katlı binalar, altyapı iletim hatları, kaldırım vb.) zamana bağlı olarak şişme basınçlarının etkisi ile deformasyonlar gözlenebilir. Laboratuvarında incelenen örneklerin şişme basınçları değerlendirildiğinde, kampüs alanındaki zeminlerin en düşük, ortalama ve en yüksek şişme basınçları sırasıyla 0.15 kg/cm², 0.23 kg/cm² ve 0.29 kg/cm² olarak saptanmıştır. Laboratuvar deneyleri sonucunda belirlenen kampüs killi zeminlerine ait şişme basıncı değerlerinin istatistiksel dağılımı Şekil 15'te verilmiştir.

Kampüs alanında yapılan sondajlardan alınan örselenmemiş örnekler üzerinde gerçekleştirilen konsolidasyon deneyleri sonucunda, inceleme alanındaki killi seviyelerin önkonsolidasyon basınçları ve buna bağlı olarak aşırı konsolidasyon oranları belirlenmiştir

(Çizelge 1). Öte yandan SK12-UD1 örneğine ait önkonsolidasyon basıncının Casagrande yöntemiyle hesaplandığı konsolidasyon grafiği Şekil 16'da sunulmuştur. Kampüs alanındaki zeminlerin aşırı konsolidasyon oranı değerleri 1.14 ile 1.90 arasında değişmekte olup, bu değerler kampüs alanındaki killi zeminlerin aşırı konsolide olduğuna işaret etmektedir. Bilindiği üzere, aşırı konsolide killi oturma ve taşıma gücü açısından önemli bir sorun teşkil etmemektedir. Bu nedenle kampüs alanındaki killi zeminlerde oturma ve taşıma gücü problemlerinden çok, şişmeye dönük problemler beklenmektedir. Elde edilen bu sonuçlar genel değerlendirmeler olup, planlanacak yeni yapılarda temel zeminden alınacak örselenmemiş örnekler ile taşıma gücü, konsolidasyon ve şişme basınçlarına yönelik ayrıntılı değerlendirmelerin ayrıca yapılması gerekmektedir.



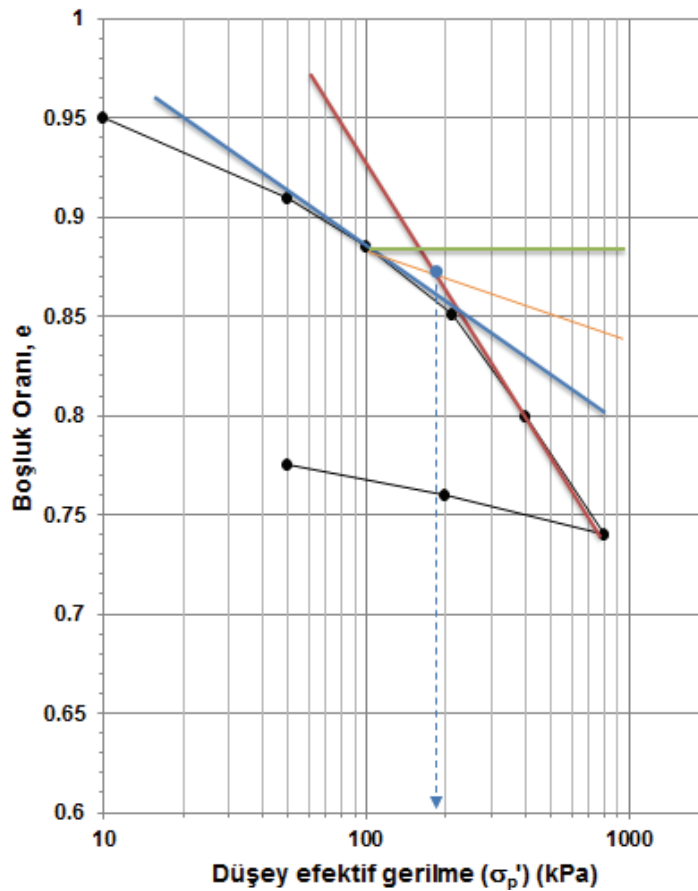
Şekil 15. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki killi zeminlerin şişme basıncı değerlerinin istatistiksel dağılımı.

Figure 15. Statistical distribution of the swelling pressure of the clayey soils in the Yuzuncu Yil campus area.

Çizelge 1. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki killi zeminlerin aşırı konsolidasyon oranları.

Table 1. Overconsolidation ratio of the clayey soils in the Yuzuncu Yil Campus area.

Örnek No	Derinlik (m)	Düşey efektif gerilme (kPa)	Önkonsolidasyon basıncı (kPa)	Aşırı konsolidasyon oranı
ESK1-UD1	3.00-3.50	62.7	74	1.18
ESK4-UD1	4.50-5.00	95.0	108	1.14
ESK5-UD1	3.00-3.50	62.1	83	1.34
ESK6-UD2	6.00-6.50	118.8	137	1.15
ESK8-UD1	3.00-3.50	63.7	80	1.26
SK12-UD1 (TOKİ lojmanlar)	5.50-6.00	99.8	190	1.90

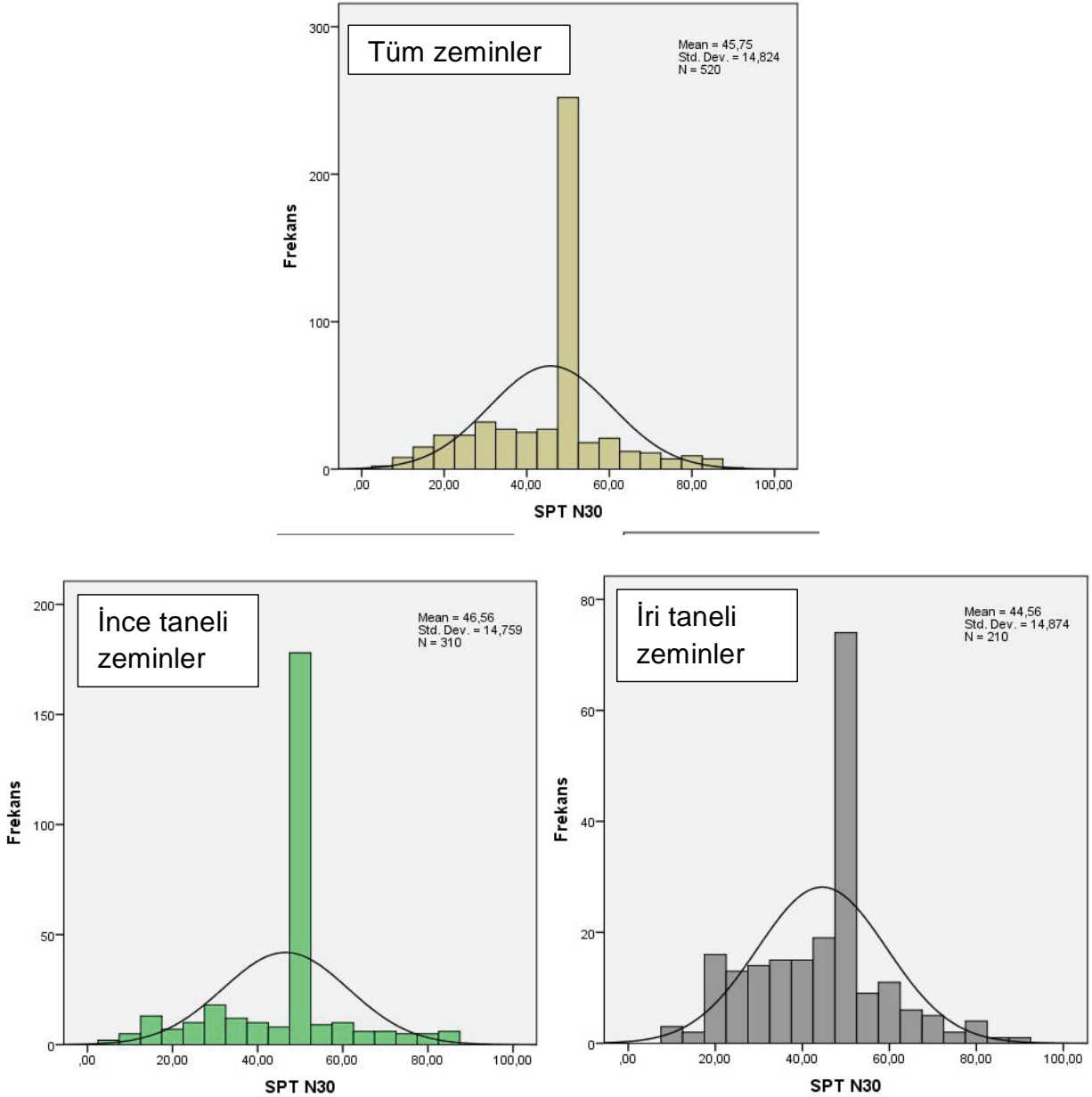


Şekil 16. SK12-UD1 nolu örneğe ait konsolidasyon grafiği ve önkonsolidasyon basıncı hesabı.

Figure 16. Consolidation graph of SK12-UD1 specimen and determination of preconsolidation pressure.

Kampüs alanında yapılan 45 adet sondajda, 520 adet SPT yapılmış olup, elde edilen SPT N_{30} değerlerinin istatistiksel dağılımı Şekil 17'de gösterilmiştir.

Şekil 17'de tüm zeminler, ince taneli zeminler ve iri taneli zeminler için SPT N_{30} darbe sayıları ayrı ayrı incelenmiştir. Tüm zeminler için yapılan değerlendirmede kampüs



Şekil 17. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki zeminlerin SPT N_{30} değerlerinin istatistiksel dağılımı.

Figure 17. Statistical distribution of SPT N_{30} values of the soils in the Yuzuncu Yil campus area.

alanındaki zeminlerde ortalama SPT N_{30} darbe sayısının 46 civarında olduğu görülmektedir. İnce taneli zeminlerde bu değer 47, iri taneli zeminlerde ise 45 dolaylarındadır. Grafiklerde, dağılımın homojenliğini bozan ve diğer değerlere kıyasla belirgin oranda fazla bulunan değer 50 olarak bulunmuştur. SPT N_{30} değerlerinin istatistiksel dağılımı, inceleme alanındaki ince ve iri taneli zeminlerin oldukça katı ve sıkı olduğunu göstermektedir. Bu durum, jeoteknik açıdan olumlu kabul edilebilecek bir sonuçtur ve statik koşullarda taşıma gücü ve oturmalar açısından genel olarak problemsiz zeminleri işaret etmektedir.

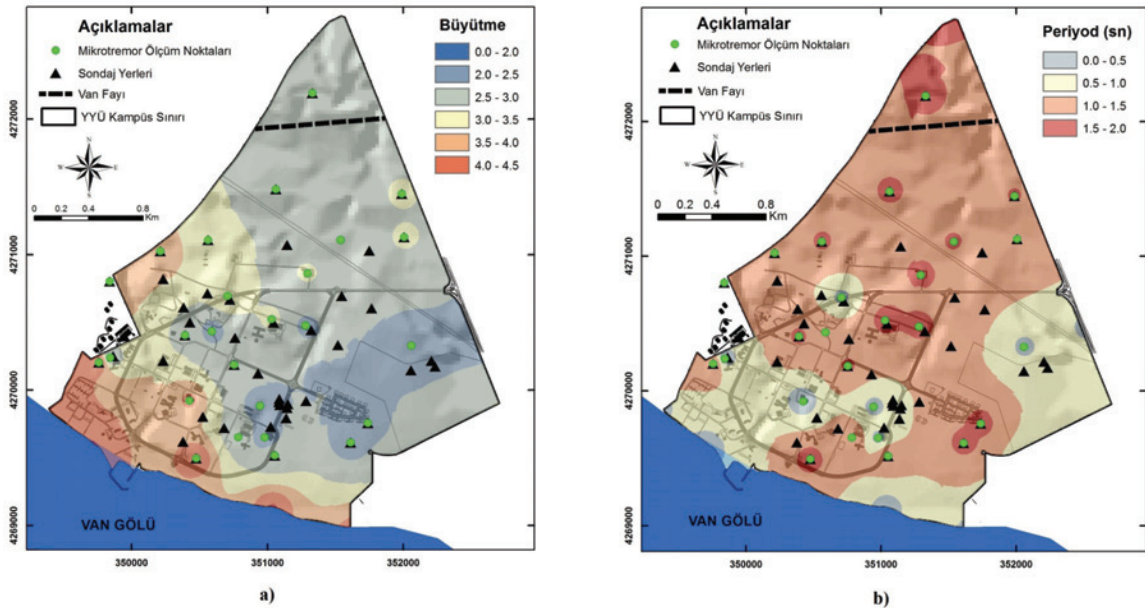
ANALİZLER VE DEĞERLENDİRME

Mikrotremör Analizleri

Kampüs alanından elde edilen mikrotremör verilerine göre alanın genelinde periyot

değerlerinin 0.5-1.5 sn arasında olması, çalışma alanının genelde kalın, yer yer yumuşak ve sert eski göl çökellerinden oluştuğunu göstermektedir. Bu bölgelerde zemin büyütme değerleri ise 2.0 - 4.5 kat arasında değişmektedir (Şekil 18). Özellikle kampüs alanının Van Gölü'ne yakın bölgelerine doğru büyütme değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu artış zeminin suya doygun ve gevşek olması ile ilişkili olup, bu zemin özelliklerinin, özellikle göl kıyısına yakın bölgelerde sondaj verilerindeki zemin özelliklerine de bağlı olarak, yer yer daha yumuşak-sıkı olduğu belirlenmiştir.

Kampüs alanının orta ve kuzey kesimlerinden elde edilen yüksek periyot değerleri, alüvyon kalınlığı ile ilişkililikten, aynı bölgelerde elde edilen göreceli olarak düşük büyütme değerleri (2.0 - 2.5) bu kısımların daha sıkı olduğunun göstergesidir. Aynı bölgede yapılan sondajlardan bu kısmın sert kil ve yer yer sıkı kum birimlerden oluştuğu belirlenmiştir.

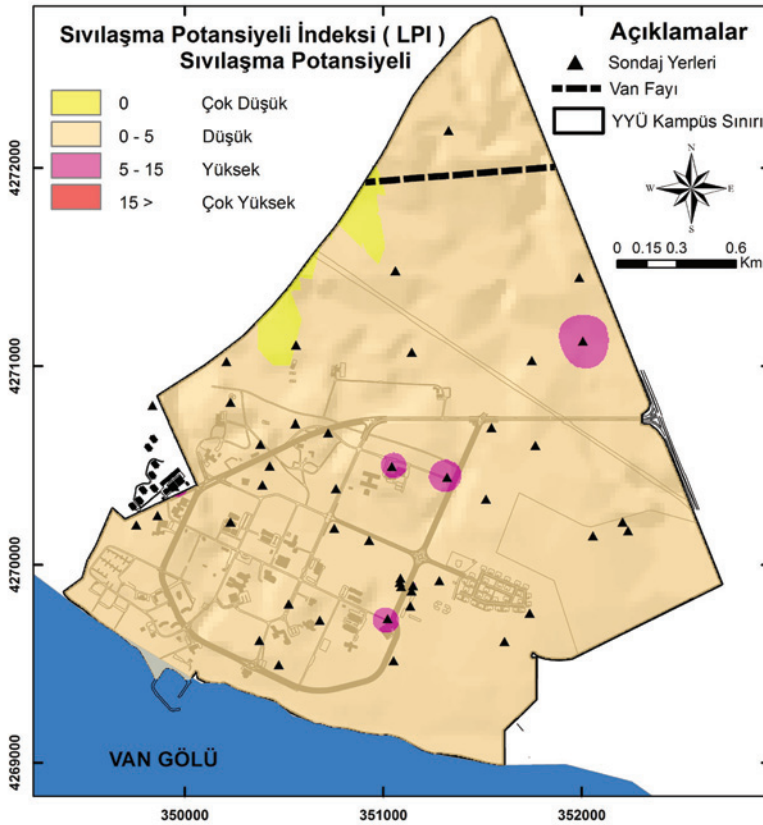


Şekil 18. Çalışma alanında ölçülen mikrotremör kayıtlarından elde edilen büyütme (a) ve zemin hakim titreşim periyot haritası (b).
Figure 18. (a) Amplification and (b) dominant ground vibration period map obtained from measured microtremor periods in the study area.

Sıvılaşma Analizleri

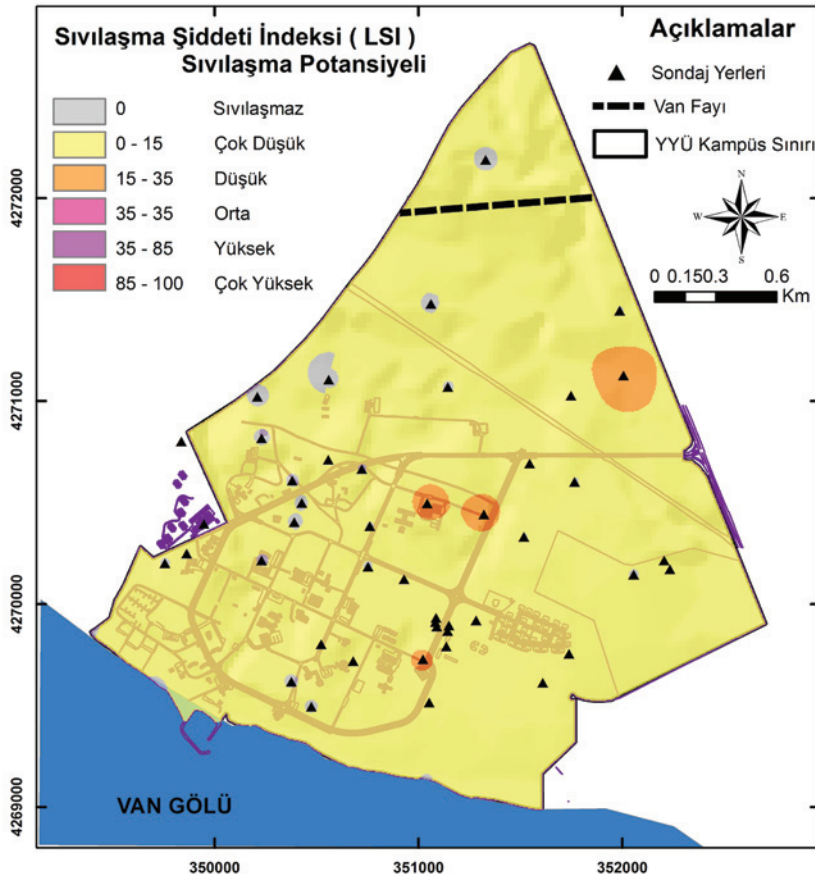
Önceki çalışmada ve mevcut çalışma kapsamında yapılan sondajlar dikkate alınarak, 45 adet sondaj kuyu verisinden sıvılaşma analizi yapılmıştır. İnceleme alanındaki zeminlerin sıvılaşma potansiyeli Iwasaki vd. (1982) tarafından önerilen Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI) ve Sönmez ve Gökçeoğlu (2005)'na ait Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI) yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Sıvılaşma analizlerinde derinlik ve örnekleme açısından standartlara uygun olan 45 adet sondaj kuyusu verisi dikkate alınmıştır. Sıvılaşmaya karşı güvenlik

katsayılarının (FS_L) belirlenmesinde, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verilerinin kullanıldığı ve Devirsel Dayanım Oranı (CRR) ile Devirsel Gerilme Oranı (CSR) arasındaki ilişkinin esas alındığı Idriss ve Boulanger (2006) yönteminden yararlanılmıştır. Sıvılaşma analizlerinde maksimum deprem büyüklüğü 7.2 ve maksimum yatay yer ivmesi 0.4g olarak dikkate alınmıştır. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanına ait LPI ve LSI yöntemlerinden elde edilen sonuçlara göre hazırlanan sıvılaşma potansiyeli haritaları Şekil 19 ve 20'de sunulmuştur.



Şekil 19. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI) haritası.

Figure 19. Liquefaction Potential Index (LPI) map of the Yuzuncu Yil campus area.



Şekil 20. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI) haritası.

Figure 20. Liquefaction Severity Index (LSI) map of the Yuzuncu Yil campus area.

LPI yönteminden elde edilen harita incelendiğinde çalışma alanındaki sıvılaşma potansiyelinin genel olarak “düşük - çok düşük” olduğu görülmektedir. Sadece yeraltısuyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu ve gevşek kumlu zeminlerin hakim olduğu birkaç kuyuda “yüksek” sıvılaşma potansiyeli saptanmıştır. Öte yandan, LSI yöntemine göre hazırlanan harita incelendiğinde, çalışma alanındaki zeminlerin bir bölümünün sıvılaşmayacağı dikkati çekmektedir. Diğer kuyularda ise sıvılaşma potansiyeli LSI

yöntemine göre “düşük - çok düşük” olarak tespit edilmiştir.

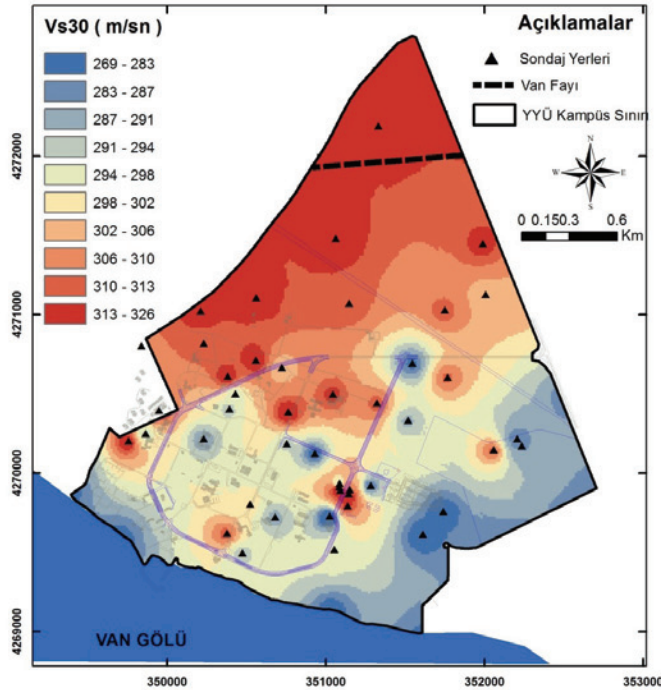
LPI ve LSI yönteminden elde edilen haritalar genel olarak değerlendirildiğinde kampüs alanındaki zeminlerin sıvılaşma potansiyellerinin çok düşük olduğu veya dinamik koşullar altında sıvılaşmayacağı ifade edilebilir. Sıvılaşabilen zeminler oldukça lokal olarak bulunmaktadır. Sıvılaşma potansiyelinin düşük olmasının en önemli nedeni, inceleme alanında geniş bir yayılım gösteren eski göl çökellerinin oldukça

sıkı (iri taneli seviyeler) veya katı (ince taneli seviyeler) bir özellik sergilemesidir. Bunun bir göstergesi olarak, SPT deneylerinde özellikle 5-6 metreden sonra çoğu lokasyonda eski göl çökelleri refü değeri vermektedir. Öte yandan, sıvılaşmaya duyarlı daha genç çökellerin kampüs alanındaki yayılımı da oldukça sınırlıdır. Bu tür gevşek zeminler çoğunlukla eski dere yatakları boyunca sığ bir derinlikte dağılım sergilemektedir.

Çalışma Alanındaki Kesme Dalgası Hızları (V_{s30}) İçin Değerlendirmeler

Dinamik etkiler altındaki zemin davranışları en iyi dinamik zemin parametreleri ile ifade edilmektedir. Bu nedenle çalışma alanındaki zeminlerin özellikle kesme dalga hızları (V_s) farklı yöntemler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Bu yöntemler arasında arazide yapılan Standart Penetrasyon Deneyi'ndeki son 30 cm'lik darbe sayısı toplamı ile kesme dalga hızının arasındaki ilişkiyi öne çıkaran yaklaşımlar dikkate alınmıştır. Farklı zemin tipleri için ampirik olarak SPT-N'ye karşılık V_s ilişkileri çeşitli araştırmacılarca çalışılmıştır (Akın vd., 2011). Daha önceki ve yeni yapılmış olan sondaj çalışmaları da dikkate alınarak kampüs alanında 45 adet sondaj kuyusundaki SPT-N değerleri dikkate alınarak inceleme alanına ait V_s dağılımı belirlenmiştir. Akın vd. (2011)'e göre önerilen eşitlik dikkate alınarak hem SPT ve hem de derinlik faktörlerinin yer aldığı V_s hızları çalışma alanı için değerlendirilmiştir. V_s hızlarından 30 metre derinlik için V_{s30} hızları belirlenerek haritalanmıştır (Şekil 21).



Şekil 21. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı V_{s30} dağılım haritası

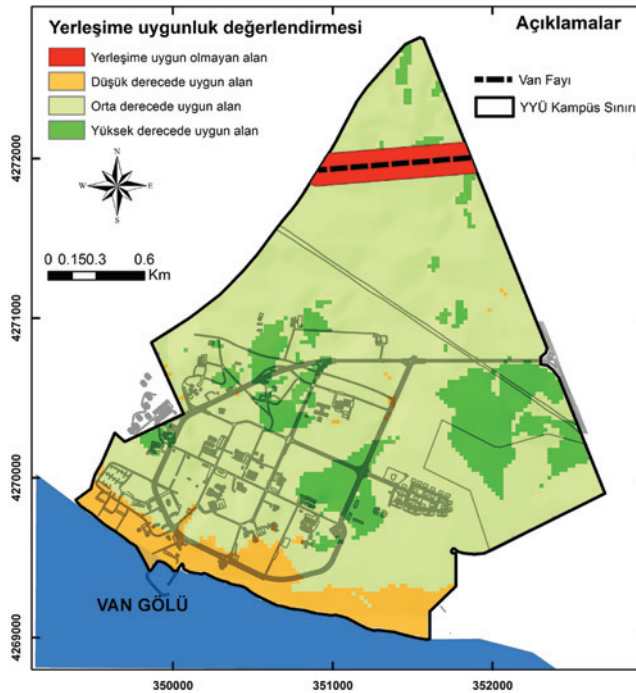
Figure 21. V_{s30} distribution map of the Yuzuncu Yil campus area.

$V_{S_{30}}$ hız verisi kullanılarak NEHRP (2000)'e göre yapılan zemin sınıflamasında, çalışma alanında D türü zemin (katı özellikte zemin) bulunmaktadır.

Yerleşime Uygunluğun Değerlendirilmesi

Yapılan analizlere bağlı olarak jeoloji, yükseklik, sıvılaşma potansiyeli, zemin sınıfı, zemin büyütme ve frekans dağılımlarına yönelik hazırlanan haritalar, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında birlikte değerlendirilerek, çalışma alanı için yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 22). Bu haritaya göre, faya yakın olan alanlar yerleşime uygun olmayan alanlar olarak belirlenmiştir. Van Gölü

kıyısından kampüs alanında kuzeye doğru gidildikçe yerleşime uygunluk derecesi giderek yükselmektedir. Buna göre kampüs alanı yapılan analizler sonucunda düşük, orta ve yüksek derecede uygun alanlar olarak sınıflanmıştır (Şekil 22). Kampüs alanının geneli orta derecede yerleşime uygun alan olarak sınıflanmıştır. Göle yaklaştıkça yerleşime uygunluk oranı azalmaktadır. 23 Ekim 2011 depreminin yüzey kırığı dikkate alındığında, bu fayın güneyinden ve kuzeyinden olmak üzere güvenli tarafta kalmak amacıyla 100'er metrelik tampon bölge dikkate alınmış ve bu bölge yerleşime uygun olmayan bölge olarak tanımlanmıştır. Sadece fay olmasından ötürü bu bölge uygun olmayan alan olarak sınıflanmıştır.



Şekil 22. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı yerleşime uygunluk değerlendirme haritası.

Figure 22. Evaluation of the settlement suitability of the Yuzuncu Yil campus area.

İnceleme alanında yerleşime uygunluk değerlendirilirken, AFAD tarafından önerilen yerleşime uygunluk mevzuatı kapsamında, kampüs şartları da gözönünde bulundurularak yerleşime uygun olan alanlar dereceli bir geçiş sisteminde değerlendirilmiştir. Kampüs alanı içerisinde yüksek ve orta derecede uygun olan alanlar, yapılaşmanın oldukça fazla olduğu ve deprem sonrasında mevcut binalarda yapılan güçlendirmeler ile yerleşimin yapıldığı alanları temsil etmektedir. Özellikle orta-yüksek derecede yerleşime uygun olan alanlarda, üniversite personeli için, yeni deprem yönetmeliğine uygun olarak TOKİ tarafından 2012’de 496 adet konut inşa edilmiştir. Düşük derecede yerleşime uygun olan alanlarda peyzaj çalışması ile kıyı şeridine gidilebileceği için bu alanda yapılaşmanın çok da güvenli olmayacağı belirlenmiştir. Yine yeni yapılan ve yapılacak yapılarda yeni deprem yönetmeliğine uygunluk aranmasından ve gerekli zemin ve yapısal iyileştirmelerin yapılacağından dolayı, bu dereceli yerleşime uygunluğun dikkate alınması önerilmektedir.

SONUÇLAR

YYÜ kampüs alanı için hazırlanan yerleşime uygunluk haritası, gelecekteki yapılaşmalara yol gösterici nitelikte olup, kampüs genelindeki zeminlerin heterojen bir yapı göstermesi ve kısa mesafelerde değişebilmesi nedeniyle, yapılacak tüm yeni yapılarda ayrıntılı (sondaj, jeofizik vb.) jeoteknik etüt çalışmaları yaptırılmalıdır. Öte yandan, YYÜ kampüs alanının kuzey sınırına yakın bir bölümünden geçen Van fayına paralel/paralele yakın şekilde olabilecek olası faylara yönelik detaylı fay araştırmaları gerçekleştirilmelidir. Ortaya konulan yerleşime uygunluk haritasında Van Gölü kıyısına yaklaşıldıkça yerleşime uygunluk oranı düşmekte

olup, kampüs alanında kuzeye doğru gidildikçe yerleşime uygunluk oranı artmaktadır. Ancak Van fayına yakın olan bölgeye yaklaşıldığında fay kırığı izi belli bir tampon bölge kabul edilerek fay ve yakın çevresinde yerleşimden kaçınılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma 2011-YNL-MİM.01 numaralı proje ile YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ Bilimsel Araştırmalar Proje Başkanlığı (BAP) tarafından desteklenmiştir. Finansal desteği için YYÜ BAP’a ve değerli görüş ve bilgileriyle katkıda bulunan hakemlere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Bilgin, E., Elibol, E., Erkal, T., Gedik, İ., 1991. Van gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Arşiv No: 1061, Ankara.
- Akın, M., 2009. Seismic microzonation of Erbaa (Tokat-Turkey) located along eastern segment of the North Anatolian Fault Zone. Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara, Ph.D. Thesis, 416 p (unpublished).
- Akın K. M., Kramer S. L., Topal, T., 2011. Empirical correlations of shear wave velocity (V_s) and penetration resistance (SPT-N) for different soils in an earthquake-prone area (Erbaa-Turkey). *Engineering Geology*, 119 (1–2), 1–17.
- Akın, M., Ozvan, A., Akın, K. M., Topal, T., 2013. Evaluation of liquefaction in Karasu River floodplain after the October 23, 2011, Van (Turkey) earthquake. *Natural Hazards*, Vol. 69, 1551–1575.
- Aksoy, E., 1988. Van ili doğu-kuzeydoğu yöresinin stratigrafi ve tektoniği. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Doktora Tezi, 171 s (yayımlanmamış).

- Ansal, A., 1999. Strong ground motions and site amplification. Theme Lecture, 2nd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Balkema, Rotterdam, Ed. P. S. Pinto, Vol. 3, 879-894.
- Ansal, A., Iyisan, R., Yıldırım, H., 2001. The cyclic behaviour of soils and effects of geotechnical factors in microzonation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 445-452.
- Ansal, A., Laue, J., Buchheister, J., Erdik, M., Springman, S., Studer, J., Koksal, D., 2004. Characterization and site amplification for a seismic microzonation study in Turkey. 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Berkeley, California, USA, 8 p.
- Bell, F.G., Cripps, J.C., Culshaw, M.G., O'Hara, M., 1987. Aspects of geology in planning. In: Culshaw, M. G., Bell, F. G., Cripps, J. C., O'Hara, M. (Eds.), *Planning and Engineering Geology*, Geological Society Engineering Geology Special Publication, 4, 1-38.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis. *Geodynamica Acta*, 14, 3-30.
- CEDIM, 2011. Comparing the current impact of the Van Earthquake to past earthquakes in Eastern Turkey. Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM), Forensic Earthquake Analysis Group, Report 4, 28 p.
- Dai, F. C., Liu, Y., Wang, S., 1994. Urban geology: a case study of Tongchuan City, Shaanxi Province, China. *Engineering Geology*, 38, 165-175.
- Dai, F. C., Lee, C. F., Zhang, X. H., 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology*, 61, 257-271.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., 2011. 23 Ekim 2011 Van depremi saha gözlemleri ve kaynak faya ilişkin ön değerlendirmeler. MTA Genel Müdürlüğü Raporu, Ankara, 22 s.
- GDDA, 1996. Earthquake zoning map of Turkey. General Directorate of Disaster Affairs, Ministry of Reconstruction and Resettlement of Turkey.
- GDDA, 2000. Laws and regulations: regulations for the construction of buildings in hazard areas. Ankara, 244-332.
- Hake, S. S., 1987. A review of engineering geological and geotechnical aspects of town and country planning with particular reference to minerals and the extractive processes. In: Culshaw, M. G., Bell, F. G., Cripps, J. C., O'Hara, M. (Eds.), *Planning and Engineering Geology*, Geological Society Engineering Geology Special Publication, 4, 69-74.
- Idriss, I. M., Boulanger, R. W., 2006. Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 26, 115-130.
- Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S., Sato, H., 1982. Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. *Proceedings of the 3rd International Conference on microzonation*, Seattle, 3, 1310-1330.
- Kanai, K., Tanaka, T., 1954. On microtremors I. *Bulletin of the Earthquake Research Institution*, 32, 199-209.
- Kanai, K., Tanaka, T., 1961. On Microtremors VIII. *Bulletin of Earthquake Research Institution*, University of Tokyo, 39, 97-114.
- KOERİ, 2011. Probabilistic Assessment of the Sismic Hazard for the Lake Van Basin, Ocotober, 23, 2011 (Son erişim: 23 Aralık 2011).
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kulashvili, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodynamica Acta*, 14, 177-195.

- Koçyiğit, A., 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian Plateau, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 62, 586-605.
- Legget, R. F., 1987. The value of geology in planning. In: Culshaw, M. G., Bell, F. G., Cripps, J. C., O'Hara, M. (Eds.), *Planning and engineering geology*. Geological Society Engineering Geology Special Publication. 4, 53-58.
- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, 30 (1), 25-33.
- NEHRP, 2000. Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and other Structures, Part 1: Provisions, FEMA 368. Building seismic safety council of the National Institute of Building Sciences, USA, 392 p.
- Örçen, S., Tolluoğlu, S., Köse, O., Yakupoğlu, T., Çiftçi, Y., Işık, M. A., Selçuk, L., Üner, S., Özkaymak, Ç., Akkaya, İ., Özvan, A., Sağlam, A., Baykal, M., Özdemir, Y., Üner, T., Karaoğlu, Ö., Yeşilova, Ç., Oyan, V., 2004. Van Şehri kentleşme alanında yüzeyleyen Pliyo-Kuvaterner çökelimindeki Sedimentolojik özelliklerin ve aktif tektonizmanın depremselliğe yönelik incelenmesi. TÜBİTAK, YDABAG-101Y100 (VAP-10).
- Özkaymak, Ç., 2003. Van şehri ve yakın çevresinin aktif tektonik özellikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Yüksek Lisans Tezi, 76 s (yayımlanmamış).
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Bozkurt, E., Dirik, K., Topal, T., Alan, H., Çağlan, D., 2012. 23 Ekim 2011 Tabanlı-Van depreminin sismik jeomorfolojisi ve Doğu Anadolu'daki aktif tektonik yapıyla olan ilişkisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35 (2), 175-199.
- Özvan, A., Akkaya, İ., Yılmaz, İ., 2005. Van yerleşkesindeki killerin plastisite özellikleri. 12. Ulusal Kil Sempozyumu, Van, 485-492.
- Rau, J. L., 1994. Urban and environmental issues in East and Southeast Asian coastal lowlands. *Engineering Geology*, 37, 25-29.
- Seed, H. B., Woodward R. J., Lundgren, R., 1962. Prediction of swelling potential for compacted clays. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE*, 88, 53-87.
- Selçuk, L., 2003. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Zeve Kampüsü yerleşim alanının mühendislik jeolojisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Van, Yüksek Lisans Tezi, 150 s (yayımlanmamış).
- Selçuk, L., Aydın, H., 2012. Kuvaterner yaşlı alüvyal zeminlerin kuvvetli yer hareketine etkisi: 2011 Van Depremleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 36 (2), 75-97.
- Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., 2005. A liquefaction severity index suggested for engineering practice. *Environmental Geology*, 48, 81-91.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Topal, T., Doyuran, V., Karahanoglu, N., Toprak, V., Suzen, M. L., Yeşilnacar, E., 2003. Microzonation for earthquake hazards: Yenişehir settlement, Bursa, Turkey. *Engineering Geology*, 70, 93-108.
- Van Rooy, J. L., Stiff, J. S., 2001. Guidelines for urban engineering geological investigations in South Africa. *Bulletin of Engineering and Geological Environment*, 59, 285-295.
- Wathelet, M., Jongmans, D., Ohrnberger, M., Bonnefoy-Claudet, S., 2008. Array performances for ambient vibrations on a shallow structure and consequences over V_s inversion. *Journal of Seismology*, 12, 1-19.

Kıyı Koruma Yapıları için Delihalil Bazalt Seviyelerinin (Doğu Akdeniz) Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Availability of Delihalil Basalt Levels (Eastern Mediterranean) for Rubble Mound Breakwater

Ali ÖZVAN¹, İsmail Altay ACAR²

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, VAN

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ADANA

Geliş (received) : 12 Mayıs (May) 2015

Düzeltilme (revised) : 25 Mayıs (May) 2015

Kabul (accepted) : 01 Haziran (June) 2015

ÖZ

Kıyı koruma yapıları, kıyı ve limanlar için önemli yapılardan biridir. Kıyıda yapıları dalgalardan korumak için genellikle duraylı ve yüksek kalitedeki doğal kayalar bu yapılar için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Yumurtalık (Doğu Akdeniz) bölgesindeki kıyı koruma yapıları için farklı bazalt seviyelerinin kaliteleri birçok laboratuvar deneyi ile değerlendirilmiştir. Çalışma alanında iki farklı tipte bazalt seviyesi gözlenmiştir. Bu seviyeler farklı kaya kalite sınıflama sistemine göre incelenmiştir. Bazaltlar masif ve boşluklu olarak iki gruba ayrılmaktadır. Boşluklu bazaltta yaygın olarak iddingsitleşme gözlenmektedir. Boşluklu bazalt seviyeleri alterasyondan dolayı zayıf kaya malzeme dayanımı göstermektedir. Bu seviyenin kıyı koruma yapıları için kullanımı önerilmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Bazalt, CIRIA, Kıyı koruma, RERS, Yumurtalık.

ABSTRACT

Rubble mound breakwater is one of the most important structures for shore and harbor. Durable and high quality natural rocks are commonly used to protect coastal engineering structures from the waves. In this study, numerous laboratory tests were performed for the quality assessment of different basalt levels for rubble mound breakwater in the Yumurtalik (Eastern Mediterranean) region in this study. Two different basalt types were observed in study area. These levels were evaluated with different rock quality classification systems. Basalts were grouped into two classes as massive and vesicular. Iddingsite is a product of alteration of olivine minerals, which are commonly observed in the vesicular basalt. Vesicular basalt levels showed poor rock material strength due to alteration. The vesicular basalt levels in the study area should not be used for armourstones.

Key Words: Basalt, CIRIA, Shore protection, RERS, Yumurtalık.

A.Özvan

E-Posta: aozvan@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Liman yapılarında, dalga etkisine karşı koyacak çeşitli boylardaki kaya malzemelerinin performanslarının değerlendirilmesi özellikle kıyı ülkelerinde ön plana çıkmakta olup, ülkemizde de sıkça çalışılmıştır (Hoş, 1999; Topal ve Acır, 2004; Acır ve Topal, 2005; Sevdinli, 2005; Acır ve Kılıç, 2007; Ertaş ve Topal, 2008; Özden ve Topal, 2009). Bu malzemeler çeşitli boy ve kalitede, ekonomik koşullar göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Seçilen kayaların kalite ve performanslarının uzun dönemde duraylı kalabilmesi istenmektedir. Taş dolgu koruma yapılarında kullanılacak malzemelerin iç yapılarındaki özelliklerin belirlenmesi, mühendislik yapısının kullanım süresini belirleyen en önemli unsurdur. Kayalar, iç yapılarından dolayı parçalanarak gereken işlevlerini yerine getiremeyebilirler. Böyle bir durumda koruma yapısının tahrip olması sonucunda güvenlik problemleri ve ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır. Uygun kaya malzemesinin seçiminde, kayacın sağlamlığı, ayrışma derecesi, kaya içerisindeki zayıf zonlar ve kayacın mineralojisi önemli bir rol oynamaktadır.

Deniz yapılarında kullanılacak kaya malzemelerin seçilmesinde renk, yoğunluk, su emme ve gözeneklilik, süreksizliklerin konumu ve ayrışma durumu, mineralojik ve petrografik özellikleri, kayanın dayanımı, blok bütünlüğü, blok şekli, ağırlığı ve boyutu dikkate alınan başlıca özelliklerdir (Fookes ve Poole, 1981; Latham, 1991; Smith, 1999; Latham vd., 1991; Lienhart, 1994; Latham, 1998; Özvan vd., 2011).

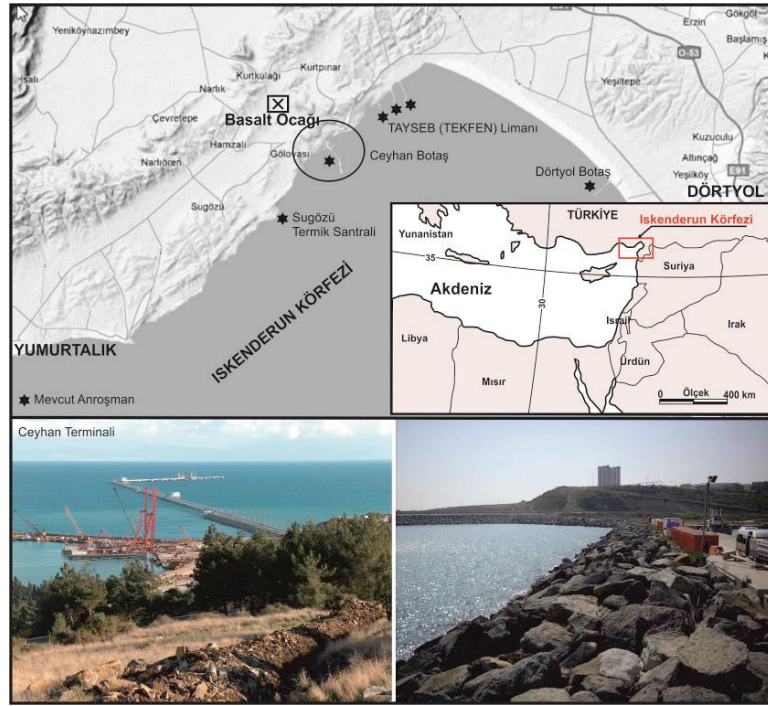
Bu çalışmanın amacı, ülkemizde hızla gelişmekte olan Yumurtalık bölgesinde

yapılacak kıyı koruma yapıları için uygun kaya malzemelerinin belirlenmesidir. Bölge sanayi bakımından gelişmekte olan bir konuma sahip olup, BOTAŞ gibi uluslararası tesislerin bulunduğu bir konuma sahiptir (Şekil 1). Bölgede genel olarak kıyı koruma yapılarında bazalt ve kireçtaşı kullanılmaktadır. Bu amaçla, bölgede yaygın olarak gözlenen, Delihalil volkanına ait farklı yapıdaki bazalt seviyelerinin kaya kalite değerlendirmesi, kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerine göre incelenmiştir.

JEOLOJİ

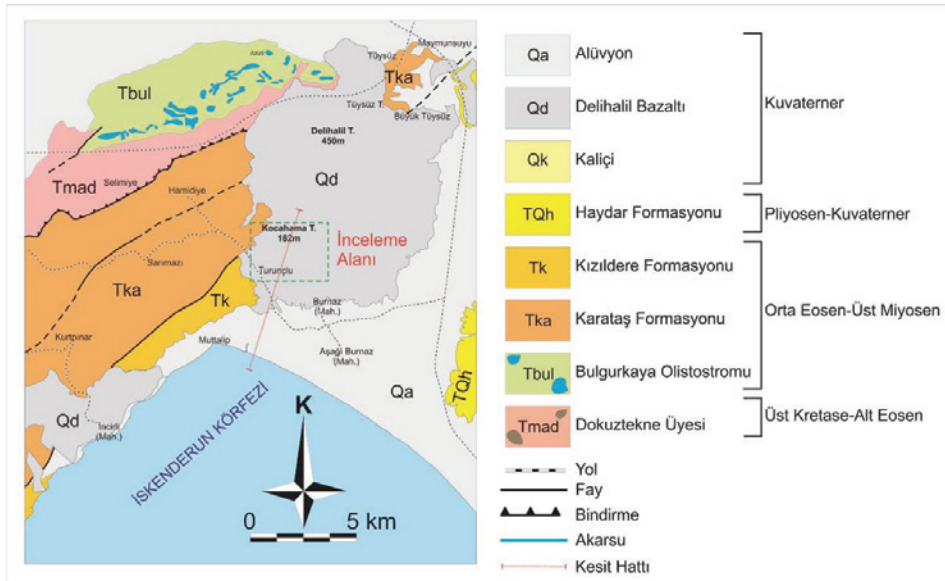
Çalışma alanının jeolojisi ve stratigrafisi önceki yıllarda birçok araştırmacı tarafından farklı başlıklar altında çalışılmış ve yorumlanmıştır (Bilgin ve Ercan, 1981; Kozlu, 1987; Pelen, 1995; Kozlu, 1997; Parlak vd., 1997; Parlak vd., 2000; Yurtmen vd., 2000; Yüce, 2001; Boyraz, 2002; Yurtmen vd., 2002; Robertson vd., 2004; Uysal, 2005). Çalışma alanında stratigrafik konum olarak tabandan tavana doğru Üst Kretase – Alt Miyosen yaşlı Andırın formasyonu, Alt Miyosen – Orta Miyosen yaşlı Karataş formasyonu, Üst Miyosen yaşlı Kızıldere formasyonu, Kuvaterner yaşlı Delihalil bazaltı, kaliş ve alüvyon bulunmaktadır (Şekil 2).

Bu çalışmada incelenen Delihalil bazaltı tanımı Kozlu (1982) tarafından Delihalil Tepe'den alınarak verilmiştir. Birim, Yumurtalık civarında Gölovası köyü ve İncirli köyünün bulunduğu alanda, Osmaniye'nin kuzeyindeki Cevdetiye köyü çevresinde ve Aslantaş baraj gölü ile Düziçi ilçesi arasındaki bölgede yüzeylemektedir (Kozlu, 1997).



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Bilgin vd., 1981; Kozlu, 1997'den değiştirilerek).

Figure 2. Geology map of the study area (modified from Bilgin et al., 1981; Kozlu, 1997).

Özvan, Acar

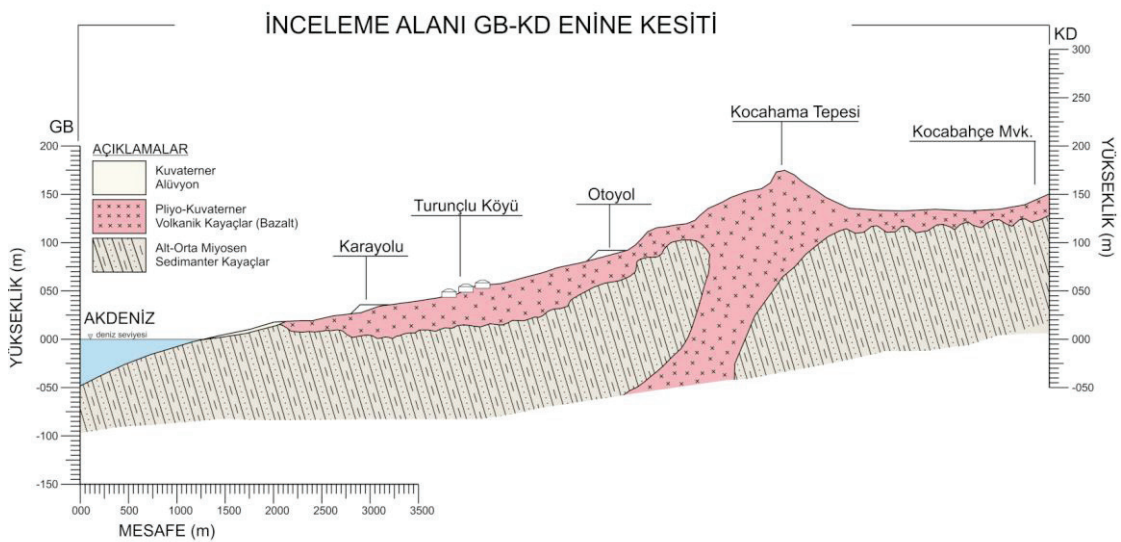
Bu bölgedeki bazik bileşimli kayalar genel olarak, piroklastik, gaz boşluklu bazaltlar ve sütunsu bazalt olmak üzere üç tiptedir. Gaz boşluklu seviyeler genelde çalışma alanının güney kesimlerinde bulunan Turunçlu ve Burnaz köyü civarında bulunmaktadır (Şekil 3). Turunçlu ve Burnaz köyü civarında yapılan sondajlı çalışmalarda, yüzeyden yaklaşık 4 m kalınlığa kadar gaz boşluklu seviye bulunurken bu seviyenin altında masif özellikteki bazaltlara rastlanılmıştır. Bu seviye devam ettirildiğinde, altında tekrar gaz boşluklu seviyelerin bulunduğu belirlenmiştir. Bu da bölgedeki volkanik aktivitenin tek seferde gerçekleşmediğini kanıtlamaktadır.

Bazalt Seviyelerinin Mühendislik Özellikleri

Bu çalışmada öncelikle kıyı koruma yapılarında kullanılacak kayalar arazi gözlemleri ile belirlenmiş ve uygun görülen

kayalar üzerinde standartlarda belirtilen koşullarda deneyler yapılmıştır. Arazide ve laboratuvarında yapılan değerlendirmede, kayaların litolojik özellikleri ile kaya malzemesinde gözlenen ayrışma ve dayanım özellikleri ISRM (1981), CIRIA/CUR (1991); CIRIA, CUR, CETMEF (2007), BS 932-3 (1997), BS EN 5930:1999, TS EN 13383-1 (2004) ve TS EN 13383-2 (2004) standartlarına göre yorumlanmıştır.

Çalışma alanındaki, koyu grimsi-siyah renkli, soğuma çatlaklı ve yer yer boşluklu olan bazaltların masif seviyelerinin BS 6349-7 (1991), BS 932-3 (1997) ve CIRIA, CUR, CETMEF (2007) standartlarına göre kıyı koruma yapısında kullanılabilirliği değerlendirildiğinde (Özvan vd., 2011), gerek dayanım özellikleri gerekse blok verimi nedeniyle kaya kalitesi mükemmeldir. Kaya kütlesi incelendiğinde, ayrışmanın CIRIA/CUR (1991), CIRIA, CUR, CETMEF (2007) ve



Şekil 3. Çalışma alanının GB-KD hattında enine kesiti.

Figure 3. Cross section of SW-NE line of the study area.

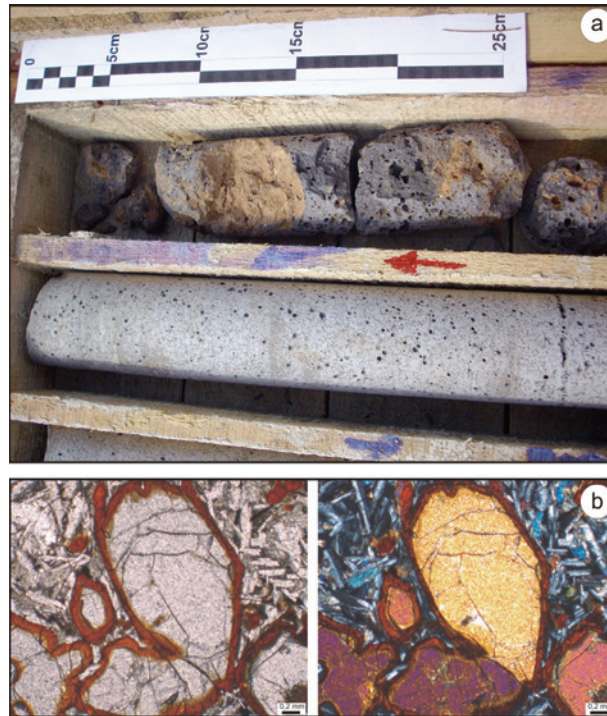
BS 5930:1999 standartlarına göre, az derecede ayrışma (IB) (ana yüzeyde boyanma şeklinde) – taze ve ayrışmamış (IA) şekillerde olduğu gözlenmiştir. Birim içerisindeki boşluklarda yer yer kalsit dolgu gözlenmektedir. Üst seviyeleri daha boşluklu ve ayrışmış olan bazalt biriminde, derine doğru gidildikçe boşluk yapısı azalmakta ve masif bir yapı gözlenmektedir.

Çalışma alanındaki bazik bileşimli kayaların petrografik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. İncelenen ince kesitler içerisinde hakim mineral genellikle plajiyoklasttır. Ek olarak, olivin fenokristalleri ile opak mineraller de gözlenmektedir.

İnceleme alanındaki Kuvaterner yaşlı bazaltlar alkali-subalkali karakterdedir. Olivinli alkali karakterli bazaltlar porfirik dokuya sahip

olup bol miktarda gaz boşluğu içermektedir. El örneğinde ayrılmış boşluklu olarak tanımlanan bazaltlarda, olivinler yüksek oranda ayrışma göstererek kırmızimsı kahverengi iddingsite dönüşmüşlerdir (Şekil 4). Olivin kristallerinin etrafında oluşan ayrışma zonu, mineralin yaklaşık tüm alanının % 15-65'i kadardır (Şekil 4b).

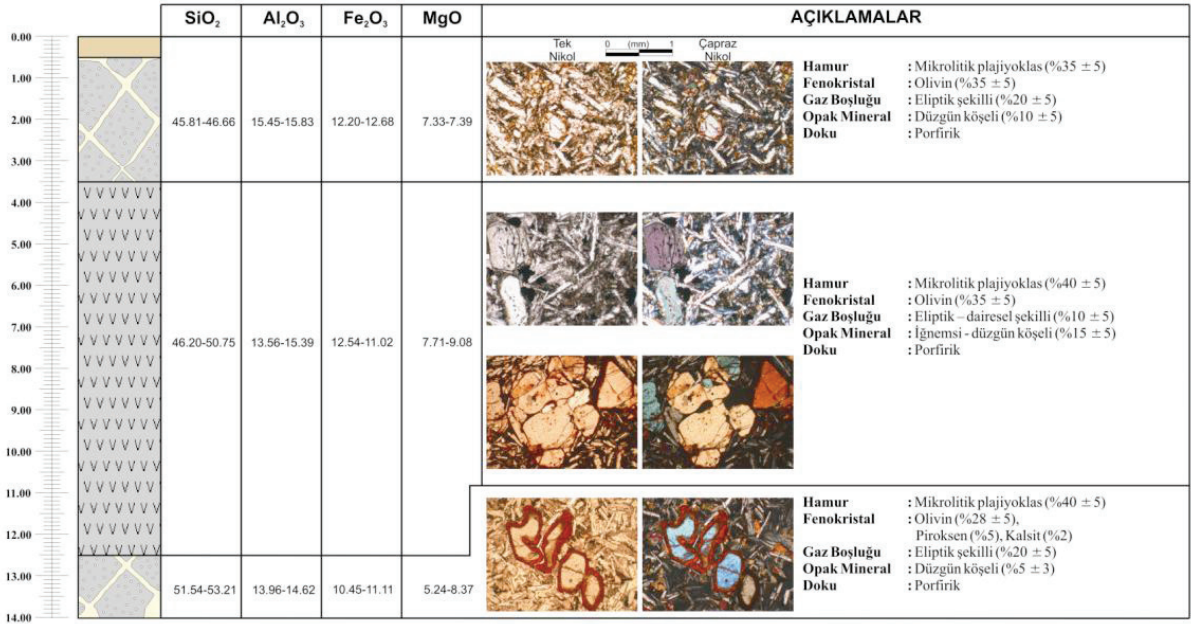
Çalışma alanındaki bazaltlar üzerinde sondaj çalışmaları yapılarak karot örnekler alınmıştır (Şekil 4a). Üzerinde sondaj yapılan bazaltlarda düşeyde üç ayrı seviye gözlenmiştir. Yüzeyden derine doğru gidildiğinde yaklaşık 0 - 3.5 m arasında gaz boşluklu bir seviye (Üst Seviye), 3.5 – 12 m arasında masif (Orta Seviye) ve 12 m – 14 m arasında tekrar gaz boşluklu ve boşlukların bir kısmının kalsit ile dolgulu olduğu (Alt Seviye) bir seviye belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Çalışma alanındaki ayrılmış bazaltlara ait (a) karot ve (b) ince kesit görüntüleri.

Figure 4. (a) Core samples and (b) thin sections of altered basalts from the study area.

Özvan, Acar



Şekil 5. Farklı derinliklerden alınan bazaltın kimyasal ve mineralojik özellikleri.

Figure 5. Chemical and mineralogical properties of the basalt taken from different depths.

Bazaltların içermiş olduğu ana ve iz elementler ICP-MS (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle ACME (Kanada) laboratuvarında belirlenmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre bazaltta; SiO₂ % 53.21 - 45.81, Al₂O₃ % 13.56 - 15.83, Fe₂O₃ % 10.45 - 12.76, MgO % 5.24 - 9.08, CaO % 7.78 - 10.13, Na₂O % 2.93 - 3.55, K₂O % 0.81 - 1.09, TiO₂ % 1.67 - 2.32, P₂O₅ % 0.241 - 0.419, MnO % 0.13 - 0.17, Cr₂O₃ % 0.029 - 0.063 arasında, ateşte kızdırma kaybı (LOI) değerleri ise -0.5 ile 1.6 arasında değişmektedir.

Çalışma Alanındaki Bazaltların Jeomekanik Özellikleri

Çalışma alanında gözlemsel veriler açısından kullanılabilirliği belirlenen bazik

bazaltların, boşluklu ve masif seviyeleri üzerinde, fiziksel ve mekanik deneylere ait değişimler incelenmiştir. Deneyler için karot örnekler seçilerek kuru ve doymun haldeki özellikleri belirlenmiştir. Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla kullanılan silindirik örnekler NX tip karotiyer kullanılarak alınmış ve standartlarda belirtilen çap/boy (1/2) oranına göre kesilerek hazırlanmıştır. Aşınma deneylerinde kullanılacak farklı boyutlardaki agregalar da deney için istenilen boyutlarda hazırlanmıştır. Deneylerde ISRM (1981), BS EN 932-3 (1997), ASTM-C535 (1989), TS 699 (1987), TS EN 933-9 (2001), TS EN 1367-1 (2001) standartları kullanılmıştır ve sonuçlar (Çizelge 1 ve 2) ISRM (1981) ve CIRIA/CUR (1991)'de belirlenen sınırlar ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Masif bazalt seviyesine ait deney sonuçları.

Table 1. Experimental test results of massive basalt level.

Özellik	Standart	Örnek sayısı	Kuru (Ortalama)	Deney Sonucu	Doygun (Ortalama)
Birim hacim ağırlık (kN/m ³)	ISRM (1981)	49	26.26		26.56
Efektif Gözeneklilik (%)	ISRM (1981)	49		0.72	
Ağırlıkça Su Emme (%)	ISRM (1981)	49		1.17	
Hacimce Su Emme (%)	ISRM (1981)	49		3.12	
Metilen Mavisi Emme Değeri (g/100g)	AFNOR (1980)	2		0.50	
Nokta Yük Dayanımı İndeksi I _{s(50)} (MPa)	ISRM (1981)	10	5.63		5.49
Kırılma Tokluğu (MPa.m ^{1/2})	Bearman (1999)	10	1.18		1.15
Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)	ISRM (1981)	16	120.03		104.96
Sonik Hız (km/s)	ISRM (1981)	16	4.79		5.11
Los Angeles Aşınma Dayanımı	ASTM-C535 (1989)	2		15.41	

Çizelge 2. Boşluklu bazalt seviyesine ait deney sonuçları.

Table 2. Experimental test results of vesicular basalt level.

Özellik	Standart	Örnek sayısı	Kuru (Ortalama)	Deney Sonucu	Doygun (Ortalama)
Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	ISRM (1981)	15	22.91		23.31
Efektif Gözeneklilik (%)	ISRM (1981)	15		1.18	
Ağırlıkça Su Emme (%)	ISRM (1981)	15		1.76	
Hacimce Su Emme (%)	ISRM (1981)	15		4.07	
Metilen Mavisi Emme Değeri (g/100g)	AFNOR (1980)	2		1.25	
Nokta Yük Dayanımı İndeksi I _{s(50)} (MPa)	ISRM (1981)	10	3.78		3.39
Kırılma Tokluğu (MPa.m ^{1/2})	Bearman (1999)	10	0.79		0.71
Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)	ISRM (1981)	5	73.86		72.05
Sonik Hız (m/s)	ISRM (1981)	5	4.86		5.05
Los Angeles Aşınma Dayanımı	ASTM-C535 (1989)	2		41.20	

BAZALTLARIN KALİTE VE DAYANIKLILIK DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmada, kaya malzemesinin kalite ve dayanıklılık değerlendirmesi dünyaca kabul görmüş CIRIA, CUR, CETMEF (2007) ve Lienhart (1998) tarafından önerilen Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi (RERS) yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

CIRIA/CUR Sınıflaması

Genelde kıyı koruma yapılarında kullanılacak kaya malzemesinin sınıflandırılmasında kullanılan en yaygın yöntem, arazi ve laboratuvar verilerinin değerlendirildiği CIRIA/CUR (1991); CIRIA, CUR, CETMEF (2007) sınıflama sistemidir. Bu sistemde, kayanın çeşitli özellikleri kullanılarak kaya malzemesinin dayanım özellikleri bir çizelge halinde sunulmaktadır. Çizelge, kaya malzemesinin deneysel özelliklerine göre malzemeyi mükemmel, iyi, orta ve zayıf olmak üzere dört farklı dayanım sınıfına ayırmaktadır. Kaya malzemesinin değerlendirilmesi sırasında

kayaya ait yoğunluk, su emme, toplam porozite, metilen mavisi emme değeri, tek eksenli basma dayanımı, sonik hız, nokta yük dayanım indeksi, kırılma tokluğu, Los Angeles aşınma kaybı deneylerine ait sonuçlar kullanılmıştır.

Laboratuvar deneyleri değerlendirildiğinde, masif bazaltın genelde iyi, boşluklu bazalt seviyesinin ise iyi-orta arasında çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 3 ve 4). Deney sonuçları arasında kalite sınıflandırmasında en tutarsız değerlerin boşluklu bazaltlarda elde edildiği gözlenmiştir (bkz. Çizelge 4). Bunun en büyük nedeni, bu kaya içerisindeki boşlukların düzensizliği ve ayrışma yoğunludur. İnce kesit araştırmalarında boşluklu bazaltlardaki özellikle olivin mineralinde farklı oranlarda gözlenen ayrışma miktarları bu kayacın deney sonuçları arasında bir uyumsuzluğa neden olmaktadır.

Çalışma alanındaki kayalar üzerinde yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları çerçevesinde incelenen bazaltlar CIRIA, CUR, CETMEF (2007) tarafından önerilen sınıflandırma sistemine göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Masif bazaltın kalite değerlendirmesi (CIRIA, CUR, CETMEF, 2007).

Table 3. Quality assessment of the massive basalt according to (CIRIA, CUR, CETMEF,2007).

Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Masif Bazalt
Yoğunluk (t/m ³)	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3	2.656 ⁽¹⁾
Su Emme (%)	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0	1.17 ⁽²⁾
Toplam porozite (%)	<2	2-6	6-20	>20	3.10
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0	0.50
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	117.02 ⁽³⁾
Sonik Hız (km/sn)	>6	4.5-6	3-4.5	<3	4.85 ⁽⁴⁾
Nokta Yük Dayanım İndeksi (MPa)	>8	4-8	1.5-4	<1.5	5.49 ⁽³⁾
Kırılma Tokluğu (MPa m ^{1/2})	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6	1.15 ⁽³⁾
Los Angeles aşınma (%)	<15	15-25	25-35	>35	15.41

⁽¹⁾ Doygun birim hacim ağırlık, ⁽²⁾ Ağırlıkça su emme değeri, ⁽³⁾ Deniz suyuna doymuş örnekler, ⁽⁴⁾ Normal suya doymuş örnekler

Masif bazalt, kaya kalitesi olarak mükemmel-iyi arası değerler vermiş, koruma yapısında koruyucu tabakada, filtre tabakasında ve çekirdek kısmında kullanılabilmesi belirlenmiştir (Çizelge 5).

Boşluklu bazaltın ise, koruma yapısının çekirdek kısmında kullanılabilmesi, koruyucu tabaka ve filtre tabakasında kullanımının ise olumsuz sonuçlar doğurabileceği belirlenmiştir.

Çizelge 4. Boşluklu bazaltın kalite değerlendirmesi (CIRIA, CUR, CETMEF, 2007)

Table 4. Quality assessment of the vesicular basalt according to (CIRIA, CUR, CETMEF, 2007)

Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Boşluklu Bazalt
Yoğunluk (t/m ³)	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3	2.344 ⁽¹⁾
Su Emme (%)	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0	1.63 ⁽²⁾
Toplam porozite (%)	<2	2-6	6-20	>20	3.77
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0	1.25
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	72.56 ⁽³⁾
Sonik Hız (km/sn)	>6	4.5-6	3-4.5	<3	5.05 ⁽⁴⁾
Nokta Yük Dayanım İndeksi (MPa)	>8	4-8	1.5-4	<1.5	3.39 ⁽³⁾
Kırılma Tokluğu (MPa m ^{1/2})	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6	0.71 ⁽³⁾
Los Angeles aşınma (%)	<15	15-25	25-35	>35	41.2

⁽¹⁾ Doymuş birim hacim ağırlık, ⁽²⁾ Ağırlıkça su emme değeri, ⁽³⁾ Deniz suyuna doymuş örnekler, ⁽⁴⁾ Normal suya doymuş örnekler

Çizelge 5. Kıyı koruma yapılarında ayrışmamış kayaların kullanımı ile ilgili genel değerlendirme (CIRIA/CUR (1991); CIRIA, CUR, CETMEF (2007)).

Table 5. Generalized evaluation of unweathered rock in rubble mound breakwaters (CIRIA/CUR (1991); CIRIA, CUR, CETMEF (2007)).

Deney veya Gözlem	Koruyucu Tabaka	Filtre Tabakaları	Çekirdek / Dolgu
Ayrışma Derecesi	I - II	I - II	I - II
Süreksizlik aralığı (mm)	1.00	0.50	0.20
RQD (%)	80 - 100	75 - 100	55 - 100
Porozite (%)	0 - 5	0 - 100	0 - 10
Su emme (%)	< 2.0	<2.5	<3.0
Tek eksenli basma dayanımı (MPa)	> 100	>100	>50
Yoğunluk (t/m ³)	>2.6	>2.6	>2.0
Masif bazalt	√	√	√
Boşluklu bazalt			√

Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi (RERS)

Kıyı koruma yapıları (Anroşman) için CIRIA/CUR (1991); CIRIA, CUR, CETMEF (2007) sınıflama sistemi dışında kullanılan bir diğer sistem, Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi (RERS)'dir. Lienhart (1998) tarafından önerilen bu sistem koruma taşı olarak kullanılacak uygun malzeme kaynağının belirlenmesi ve değerlendirmesindeki işlemleri içerir. Bu sistemde, bir malzeme ocağındaki kayanın üretim ve test yöntemleri, kayanın taze ve ayrışmış kısımlarının kalitesi incelenmektedir. Malzemenin taşınması ve yerleştirilmesi gibi süreçler de değerlendirilir. Kaya mühendisliği sınıflama sistemi, diğer yöntemlere göre kaynak kaya hakkında daha geniş bir veri aralığını göz önüne almakta ve karşılaştırmaktadır. Bu yöntemde, araştırmacıların tecrübelerine ve yerinde gözlemlerine bağlı olarak hesaplanan değerler ve o değerlerin içinde kaldığı sınırlar çalışmacılara göre düzenlenebilir (Lienhart, 1998). Bu yöntemin uygulanmasında; jeolojik faktör, üretim faktörleri ve kayanın özellikleri en önemli ölçütlerdir.

Jeolojik ölçütte; litoloji, kaya malzemesinin ayrışma derecesi, süreksizlik koşulları, yeraltısuyu ve bölgesel gerilmeler dikkate alınmaktadır. Üretim yöntemi ölçütünde ise üretim yöntemi, kaya kalitesi, depo ömrü ve blok sağlamlığı değerlendirilmektedir. Bu iki yöntem daha çok sahada mühendisin yapacağı gözlemler ile puanlandırılmaktadır. Kaya özelliği ölçütünde ise; petrografi, birim hacim ağırlık, su emme, sonik hız, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basma dayanımı, Los Angeles aşınma dayanımı gibi deneylerden elde edilen değerler kullanılmaktadır.

Koruma yapısının kaya mühendisliği sınıflama sistemi yapılırken, farklı değişkenler için sebep-etki dereceleri ve bu derecelere ait indeks sayılar belirlenmektedir (Lienhart, 1998). Bu indeks sayılar kaya malzemesinin durumuna bağlı olarak Lienhart (1998) tarafından verilen şekilde kullanılmaktadır.

Bazalt seviyelerinin litolojik olarak tanımlanmasında, kayanın masif yapısı ile kil içeriği ve gözenekliliğine bağlı değişimler göz önünde bulundurulmuştur. Boşluklu bazaltın yapısındaki boşluk ve ayrışma yüzeyleri nedeniyle litolojik derecesi **orta** sınıfta, masif bazaltta ise kayanın yapısının homojenliği nedeniyle litolojik derecesi **mükemmel** sınıfta değerlendirilmiştir.

Bölgesel gerilmeler ise masif bazalt için kayacın Kuvaterner yaşlı olması ve derine doğru gidildikçe eklemlerin azalması nedeniyle **mükemmel** olarak derecelendirilmiştir. Boşluklu bazaltlar yüzeye yakın yerlerde genelde sütunsal şekilli olmalarından dolayı **orta** derecede değerlendirilmiştir.

Ayrışma derecesine göre yapılan değerlendirmede, masif bazaltta ana yüzeyde boyanma şeklinde az derecede ayrışma gözlenmektedir. Boşluklu bazaltta ise, el örneğinde ISRM (1981)'e göre orta derecede ayrışma gözlenmektedir. Ayrışma durumu ayrıntılı olarak ince kesitte gözlenmektedir. Boşluklu bazaltlarda gözlenen iddingsitleşme kayadaki en zayıf düzlemleri oluşturmaktadır. Bu nedenle kaya malzemesi masif bazaltta **iyi**, boşluklu bazaltta **orta** derecede değerlendirilmiştir.

Çalışma sahasında gözlemsel incelemeler sonucunda yapılan süreksizlik değerlendirmesine göre, boşluklu bazaltta gözlenen prizmatik

soğuma çatlakları nedeniyle süreksizlik açısından **orta** sınıfta değerlendirilmiştir. Masif bazalt ise eklem ara uzaklıklarının genelde 50 cm'den daha büyük olması nedeniyle **iyi** kaya kalitesinde değerlendirilmiştir.

Üretim yöntemi açısından kayalar yorumlandığında, sağlam kayaya patlatma ile ulaşılmaktadır. Üstteki boşluklu seviye sökülerek alttaki masif kayaya geçilmeli ve masif kayada derine doğru kazı yapılarak uygun kaya malzemesi çıkarılmalıdır (Şekil 6). Bu nedenle bazaltlarda üretim yöntemi **iyi** derecede değerlendirilmiştir.

Stoklamada, boşluklu bazaltın dışındaki seviyeler **iyi** sınıfta değerlendirilmiştir. Boşluklu bazaltların ise kırılma tokluğu değerleri, gerek taşınma sırasında gerekse stokta yığın halinde bekletilmesi sırasında parçalanmanın olacağını göstermektedir. Bu nedenle boşluklu bazaltlar **orta** sınıfta değerlendirilmiştir.

Kaya kütlelerinin eklemli yapısına ve kayacın iç yapısına bağlı olan blok verebilme özelliği, boşluklu bazaltlardaki boşluk yapısı ve soğuma çatlakları nedeniyle **orta**, masif bazaltta ise **mükemmel** sınıfta değerlendirilmiştir.

Petrografik değerlendirmede ise, boşluklu bazaltlar, ince kesitlerinde gözlenen mikroçatlak yoğunluğu ve % 65'e varan iddingsitleşme nedeniyle **orta** sınıfta değerlendirilmiştir. Masif bazaltta gözlenen mikroçatlaklar nedeniyle oluşacak zayıflık düzlemlerinin etkisinin az olacağı düşüncesiyle, bu kayalar **iyi** sınıfta değerlendirilmiştir.

Seçilen kaya malzemeleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda, nokta yük dayanım indeksi, su emme değerlerine bağlı olarak Lienhart (1998) tarafından önerilen indeks sayıları alınmış ve kaya malzemesinin kalite özellikleri bu deneylere göre derecelendirilmiştir (Çizelge 6 ve 7).



Şekil 6. İnceleme alanındaki bazaltik lavlar.

Figure 6. Basaltic flow from the study area.

Özvan, Acar

Çizelge 6. Masif bazaltın RERS sistemine göre kalite değerlendirmesi.

Table 6. *Quality rating assessment of the massive basalt according to RERS.*

Ölçüt Tipi	Ölçüt	Kalite Değerlendirmesi							
		Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	a) Sınıflandırma değeri	b) Sebep-etki derecesi	c) İndeks sayısı	d) Ağırlıklı değer
Jeolojik Ölçüt	Litolojik tanımlama	√				4	11.31	0.74	2.96
	Bölgesel gerilimler	√				4	14.14	0.93	3.72
	Ayrışma derecesi		√			3	14.14	0.93	2.79
	Süreksizlik analizi		√			3	18.38	1.20	3.60
	Yeraltı suyu	√				4	14.14	0.93	3.72
Üretim Yöntemi	Üretim yöntemi		√			3	15.56	1.02	3.06
	Stoklama		√			3	15.56	1.02	3.06
	Kaya kalitesi	√				4	13.43	0.88	3.52
	Blok bütünlüğü	√				4	15.56	1.02	4.08
Kaya Özelliği	Petrografik değerlendirme		√			3	18.38	1.20	3.60
	Nokta yük dayanım indeksi (MPa)		√			3	16.97	1.11	3.33
	Su emme (%)		√			3	15.56	1.02	3.06

Ortalama = 15.28 Derece = 3.35 (İyi)

Çizelge 7. Boşluklu bazaltın RERS sistemine göre kalite değerlendirmesi.

Table 7. Quality rating assessment of the vesicular basalt according to RERS.

Ölçüt Tipi	Ölçüt	Kalite Değerlendirmesi							
		Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	a) Sınıflandırma değeri	b) Sebep-etki derecesi	c) İndeks sayısı	d) Ağırlıklı değer
Jeolojik Ölçüt	Litolojik tanımlama		√			2	11.31	0.74	1.48
	Bölgesel gerilimler			√		3	14.14	0.93	2.79
	Ayrışma derecesi			√		2	14.14	0.93	1.86
	Süreksizlik analizi			√		2	18.38	1.20	1.40
	Yeraltı suyu	√				4	14.14	0.93	3.72
Üretim Yöntemi	Üretim yöntemi		√			3	15.56	1.02	3.06
	Stoklama			√		2	15.56	1.02	2.04
	Kaya kalitesi			√		2	13.43	0.88	1.76
	Blok bütünlüğü			√		2	15.56	1.02	2.04
Kaya Özelliği	Petrografik değerlendirme			√		2	18.38	1.20	2.40
	Nokta yük dayanım indeksi (MPa)			√		2	16.97	1.11	2.22
	Su emme (%)		√			3	15.56	1.02	3.06

Ortalama = 15.28 Derece = 2.45 (Orta)

SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, Yumurtalık (Doğu Akdeniz) bölgesinde bulunan masif ve boşluklu bazalt seviyelerinin taş dolgu kıyı koruma yapıları için performansları incelenmiştir.

İki farklı bazalt seviyesi için yapılan kaya mühendisliği sınıflama sistemi (RERS) derecesine göre kaya dolgu koruma yapısı olarak kullanılacak malzemelerin kalite puanları, yukarıda belirtilen ölçütler göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmelerde masif ve boşluklu bazaltta sırasıyla 3.35 (iyi) ve 2.45 (orta) değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada ele alınan kayaların laboratuvar ve saha performansları CIRIA, CUR, CETMEF (2007) ve RERS'ye göre kıyaslandığında sonuçlar uyumlu çıkmaktadır. Gerek ülkemizde DLH (2007) tarafından önerilen, gerekse dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bu iki standarda göre, çalışma alanında bulunan masif bazalt iyi kalitede, boşluklu bazalt ise orta kalitede çıkmaktadır.

Yumurtalık bölgesindeki kıyı koruma yapılarının birçoğunda bazalt kullanılmaktadır. Bölgedeki bazalt birimlerin ince kesitlerinde özellikle olivin minerallerinin etrafında alterasyonların olduğu gözlenmiştir. Bu alterasyonların özellikle boşluklu bazalt seviyelerinde yoğun olduğu ve kayacın performansını düşürdüğü belirlenmiştir. Bu bazaltların koruyucu ve filtre tabakalarında kullanılması önerilmemektedir. Bu malzemelerin bölgede yapılan limanlarda sık kullanılması nedeniyle limanlarda oluşabilecek muhtemel malzeme yenilmeleri takip edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma MMF 2007D2 numaralı proje ile Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Başkanlığı (BAP) tarafından desteklenmiştir. Finansal desteği için Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Başkanlığı'na teşekkür ederiz. Makalenin değerlendirilmesi aşamasında görüşlerinden faydalandığımız sayın Doç. Dr. İsmail Dinçer'e, Doç. Dr. Mutluhan Akın'a, Yrd. Doç. Dr. Müge Akın'a ve hakemlere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Acır, Ö., Topal, T., 2005. Helaldı (Sinop) dalgakıranında dolgu malzemesi olarak kullanılacak kayaların kalitelerinin belirlenmesi. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, 21, 1-17.
- Acır, Ö., Kılıç, R., 2007. Samsun Limanı ana (kuzey) mendireği anroşmanlarının duraylılığının incelenmesi. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 301-302.
- AFNOR (L'Association Francaise de Normalization), 1980. Essai au bleu de methylene, AFNOR 80181. Paris La Defence., 18-592.
- ASTM-535, 1989. Standard test method for resistance to degradation of large-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine. C535, Annual Book of of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshocken, PA., 285-287.
- Bearman, R. A., 1999. The use of the point load test for the rapid estimation of Mode I fracture toughness: International Journal of Rock Mechanics and Mineral Sciences, 36, 257-263.

- Bilgin, Z., Ercan, T., 1981. Ceyhan – Osmaniye yöresindeki kuvaterner bazaltların petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 22-30.
- Boyras, O., 2002. Demirtaş – Sarımağaz (Adana – Yumurtalık) arasının tektono-stratigrafisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 46 s, (yayınlanmamış).
- BS 932-3, 1997. Tests for general properties of aggregates. Procedure and terminology for simplified petrographic description. British Standards Institution, London.
- BS 5930, 1999. Code of Practice for Site Investigation. British Standards Institution, London.
- BS 6349-7, 1991. Maritime structures. Guide to the design and construction of breakwaters. British Standards Institution, London.
- BS EN 932-3, 1997. Tests for general properties of aggregates. Procedure and terminology for simplified petrographic description. British Standards Institution, London.
- CIRIA/CUR, 1991. Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering. CIRIA Special Publication 83, Report:154, London, 607 p.
- CIRIA, CUR, CETMEF, 2007. The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering. 2nd edition. C683, CIRIA, London, 1234 p.
- DLH, 2007. Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları. 101 s, Ankara.
- Ertaş, B., Topal, T., 2008. Quality and durability assessments of the armourstones for two rubble mound breakwaters (Mersin, Turkey). Environmental Geology, 53, 1235-1247.
- Fookes, P. G., Poole, A. B., 1981. Some preliminary considerations on the selection and durability of rock and concrete materials for breakwaters and coastal protection works. Quaternary Journal of Engineering Geology, 14, 97-128.
- Hoş, T., 1999. Dalgakıran inşaatlarında kullanılan kireçtaşlarının jeoteknik özellikleri. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, Ankara, 32-38.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock characterization, testing and monitoring: ISRM Suggested Methods. E.T. Brown (ed), Pergamon Pres, Oxford, 211 p.
- Kozlu, H., 1982. İskenderun baseni jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO Rapor no: 1921, Ankara.
- Kozlu, H., 1987. Misis-Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimi. Türkiye 7. Petrol Kongresi Dergisi. 104 - 116.
- Kozlu, H., 1997. Doğu Akdeniz Bölgesinde yer alan Neojen basenlerinin (İskenderun, Misis-Andırın) Tektono-Stratigrafi birimleri ve bunların tektonik gelişimi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 189 s, (yayınlanmamış).
- Latham, J. P., 1991. Degradation model for rock armour in coastal engineering. Quaternary Journal of Engineering Geology , 24, 101-118.
- Latham, J.P. ,1998. Assessment and specification of armourstone quality from CIRIA/CUR (1991) to CEN (2000). In: Advances in Aggregates and Armourstone Evaluation. The Geological Society, Engineering Geology Special Publication No.13, 65-85.

- Lienhart, D. A., 1994. Durability issues in the production of rock for erosion control. In: Proceedings of the 1st North American rock Mechanics symposium on rock mechanics, models, and measurements, challenges from industry, Austin, Balkema, Rotterdam, 1083-1090.
- Lienhart, D. A., 1998. Rock engineering rating system for assessing the suitability of armourstone sources, *Advances in Aggregates and Armourstone Evaluation*. The Geological Society, Engineering Geology Special Publication, 13, 91-106.
- Özden, U. A., Topal, T., 2009. Evaluation of andesite source as armourstone for a rubble mound breakwater (Hisarönü-Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 59 (1), 39-49.
- Özvan, A., Dinçer, İ., Acar, A., 2011. Quality assessment of Geo-Material for coastal structures (Yumurtalık-Turkey). *Marine Georesources and Geotechnology*, 29 (4), 299-316.
- Parlak, O., Kozlu, H., Demirkol, C., Delaloye, M., 1997. Intracontinental Plio-Quaternary Volcanism Along The African-Anatolian Plate Boundary, southern Turkey. *Ofioliti*, 22 (4), 111-117.
- Parlak, O., Delaloye, M., Kozlu, H., Fontignie, D., 2000. Trace element and Sr-Nd isotope geochemistry of the alkali basalt observed along the Yumurtalık Fault (Adana) in Turkey. *Yerbilimleri*, 22, 137-148.
- Pelen, N., 1995. Osmaniye-Dörtöyöl-Erzin yöresi Kuaterner bazaltlarının jeolojisi, petrografisi ve hidrojeolojik özellikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 144 s, (yayınlanmamış).
- Robertson, A., Unlügenç, U. C., İnan, N., Taslı, K., 2004. The Misis – Andırın Complex: a Mid – Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. *Journal of Asian Sciences*, 22, 413-453.
- Sevdiñli, G., 2005. Ceyhan (Adana) dolayında yapıtaşı potansiyelinin değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 134 s, (yayınlanmamış).
- Smith, M. R. (Ed.), 1999. *Stone: Building Stone, Rock Fill and Armourstone in Construction*. Engineering Geology Group Special Publication, vol. 161. Geological Society, London, 478 p.
- TS 699, 1987. Tabii yapıtaşları muayene ve deney metotları. TSE, Ankara, 84 s.
- TS EN 1367-1, 2001. Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler-bölüm 1: donma ve çözünmeye karşı direncin tayini. TSE, Ankara, 11 s.
- TS EN 933-9, 2001. İnce Agregalarda Metilen Mavisini Değerinin Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 13383-1, 2004a. Koruma tabakası taşları (zırh taşı) - Bölüm 1: Özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 13383-2, 2004b. Koruma tabakası taşları (zırh taşı) - Bölüm 1: Deney Metotları. TSE, Ankara.
- Topal, T., Acır, O., 2004. Quality assessment of armourstone for a rubble mound breakwaters (Sinop-Turkey). *Environmental Geology*, 46, 905-913.
- Uysal, G., 2005. İsalı - Doruk – Yumurtalık civarının (Adana) tektono-stratigrafisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 78 s, (yayınlanmamış).

- Yurtmen, S., Rowbotham, G., İşler, F., Floyd, P.A., 2000. Petrogenesis of basalts from Southern Turkey: The Plio-Quaternary volcanism to the North of İskenderun Gulf. *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society, London, special Publications, 173, 489-512.
- Yurtmen, S., Guillou, H., Westaway, R., Rowbotham, G., Tatar, O., 2002. Rate of strike-slip motion on the Amonos Fault (karasu Valley, southern Turkey) constrained by K-Ar dating and geochemical analysis of Quaternary basalts. *Tectonophysics*, 344, 207-246.
- Yüce, G., 2001. Hatay-Erzin (Yeşilkent) Ovası ve Burnaz Kaynağının Hidrojeolojik Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 25 (2), 21-46.

Tünel Açma Yöntemlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Sınıflama Sistemleri ile Değerlendirilmesi

Evaluation of Tunnel Excavation Methods in Accordance with Engineering Geology and Rock Mass Classification Systems

Özgür SATICI¹, Tamer TOPAL²

¹Karayolları Genel Müdürlüğü, Yüce-tepe, ANKARA

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA

Geliş (received) : 26 Mayıs (May) 2015

Düzeltilme (revised) : 09 Haziran (June) 2015

Kabul (accepted) : 19 Haziran (June) 2015

ÖZ

Bu çalışmada mühendislik jeolojisi uygulamalarının tünel açma yöntemleri ile ilişkisi anlatılmaktadır. Geçmişten bugüne çeşitli tünel açma yöntemleri ortaya çıkmış ancak bunların büyük çoğunluğu aşamalı kazı ve tam ayna kazılarının çeşitli türevleri şeklinde olmuştur. Uluslararası alanda yaygın bilinen tünel açma yöntemleri, kaya kütlelerinin davranışlarını sınıflandırmaya çalışmakta, ancak bu sınıflandırmaya sayısal bir altlık oluşturamamaktadır. Bu nedenle bu yöntemlerin uygulanması sırasında sayısal ve objektif değerlendirmelere ihtiyaç duyulmakta, bu eksiklikse kaya kütle sınıflamaları kullanılarak kapatılmaya çalışılmaktadır. Günümüz tünelciliğinde yaygın olarak NATM ve ADECO-RS adı verilen iki yöntem kullanılmaktadır. Her iki yöntem de kaya kütle davranışını çeşitli şekillerde kategorize etmiş ancak bunun için değerlendirmeye esas objektif bir altlık oluşturamamıştır. Bu çalışmada, tünel tasarımında yaygın olarak kullanılan tünel açma yöntemlerinin, uluslararası kabul görmüş kaya kütle sınıflama sistemleri ve sayısal modeller ile olan ilişkisi ve uygulamada yaşanan sorunlar anlatılmaya çalışılmıştır. Uygulamada; kaya kütle sınıflamalarından tünel kazı ve destek sınıflarına geçiş, bunların sayısal modellere yansıtılması, yapılan kabuller ve özellikle sayısal modelleme sırasında yazılımların dayandığı kabullerden kaynaklanan mühendislik jeolojisi modelleme hataları ve doğru tasarım için yapılması gerekenler birer örnek ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kaya kütle sınıflaması, Mühendislik jeolojisi, Sayısal modelleme, Tünel açma yöntemleri.

Ö. Satıcı

E-Posta: osatici@gmail.com

ABSTRACT

In this study, the relationship between engineering geological applications and tunnel excavation methods were described. Even if several tunnel excavation methods have been suggested from past up to the present, most of them were only the various derivations of full face and sequential excavation techniques. Internationally well-known tunnel excavation methods try to classify rock mass behaviors, but, cannot form a numerical base for the claimed methods. Therefore, objective evaluations are required (especially for their applications) to overcome the deficits rock mass classification systems are used. NATM and ADECO-RS are the two widespread methods at the present day tunnel practice. In both methods, rock mass behavior has been categorized in different ways. However, both of them failed to generate objective base to describe the rock mass behavior. In this study, practical difficulties, functional relation of commonly used tunnel excavation methods between rock mass classifications systems and their application to numerical models, have been described. For this aim; transition of rock mass classification systems to tunnel excavation and support classes, their application to numerical models, their assumptions, and in point of view of the engineering geology; assumption defects have been described with the help of an example.

Key Words: *Rock mass classification, Engineering geology, Numerical models, Tunnel excavation methods.*

GİRİŞ

Yeraltı kazıları gerek madencilik uygulamaları, gerek drenaj, sulama ve benzeri ihtiyaçları sağlamak gerekse de coğrafi engelleri aşma amaçlı olsun, geçmişten günümüze farklı coğrafyalarda uygulanmıştır. Yeraltı kazılarında kazı ve destekleme mantığı hemen hemen aynı ancak uygulama sıraları farklı olacak şekilde çeşitli tünel açma yöntemleri ortaya çıkmış, ancak bunların büyük çoğunluğu aşamalı kazı ve tam ayna kazılarının çeşitli türevleri şeklinde olmuştur. Uygulayıcıları ise hemen hemen birbirinin mantık olarak aynı olan yöntemleri kendi adları ile tarihe kaydetmişlerdir. 18. ve 19. yüzyıllar arasında uygulanmış olan ve klasik yöntemler olarak tanımlanan bu yöntemlere örnek olarak; Alman, Amerikan, Avusturya, Belçika, İngiliz ve İtalyan tünel açma yöntemleri ve benzeri diğer yöntemler

sayılabilir (Tonon, 2010; Brierley, 2014). Burada söz etmekte fayda olan bir diğer eski tünelcilik uygulaması ise Osmanlı İmparatorluğu dönemindeki, Osmanlı askeri teşkilatında yeniçerilerin kale kuşatmalarında tünel kazarak sur duvarlarına ulaşması ve surları alttan havaya uçurarak, kale içine kadar tünel kazması ve kaleyi içten fethetmesi için kurulmuş bir askeri birlik olan Lağımçı Ocağı'dır (Wikipedia, 2015). Ancak tüm bu yöntemlerin genel yapısı incelendiğinde, tamamının, insan gücü ile parçalı kazı yapılarak ve keresteler kullanılarak destekleme yapılan sistemler olduğu görülecektir. Günümüze kadar teknolojik gelişmelerin de etkisi ile ortak bir paydaya oturan tüm bu yöntemler, bir şekilde içinde kazı yapılan kaya kütle davranışını sınıflandırmaya çalışmakta, ancak bu sınıflandırmayı tünel açma yöntemi ile ilişkilendirilebilecek sayısal

bir altlık oluşturamamaktadırlar. Bu nedenle, bu sistemlerin özellikle büyük kesitli karayolu tünellerinde uygulanması sırasında sayısal, objektif değerlendirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eksik ise, uluslararası kabul görmüş kaya kütle sınıflamaları kullanılarak kapatılmaya çalışılmaktadır. Günümüz uygulamalarında en çok karşımıza çıkan ve bilinen iki yöntem; NATM (New Austrian Tunneling Method - Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) ve ADECO-RS (The Analysis of Controlled Deformation in Rocks and Soils - Kaya ve Zeminlerde Kontrollü Deformasyon Analizi) adı verilen yöntemlerdir. Her iki yöntem de kaya kütle davranışını çeşitli şekillerde kategorize etmiş ancak bunun için objektif değerlendirmeye esas sınıflama altlığı oluşturamamıştır. Tünel tasarımının gerçekçi olarak yapılabilmesi için yerinde fiziksel modeller kullanarak gerçek verilerle test yapmak en doğru ancak pahalı seçenektir. Bu yöntemin pahalı ve zaman alıcı oluşu, bilgisayar ve yazılım endüstrisindeki gelişmelerle de beraber sonlu elemanlar veya sonlu farklar içeren bilgisayar yazılımlarının ortaya çıkışı, tünel tasarımında bu tarz yazılımlara olan ihtiyacı artırmıştır. Bu yazılımlar bir takım kabullerle çalışmakta olup, oluşturulan sayısal modelin doğru çalışabilmesi için kaya kütle davranışını sisteme tanıttak jeoteknik özelliklerin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Sağlam kaya numunesi için jeoteknik özelliklerin laboratuvar ortamında belirlenmesi oldukça kolayken, kaya kütle için aynı özelliklerin laboratuvar veya arazide belirlenmesi çok zordur. Bu nedenle gerek bir takım ampirik yaklaşımlar, gerekse uluslararası kabul görmüş kaya kütle sınıflama yöntemleri aracılığı ile kaya kütlelerine ait jeoteknik özellikler belirlenerek sayısal modeller oluşturulmakta ve buna göre tünel tasarımı yapılmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle geçmişten günümüze çeşitli

tünel açma yöntemlerine kısaca değinilmiş, yaygın kullanılan tünel açma yöntemlerinin uluslararası kabul görmüş kaya kütle sınıflama sistemleri ve sayısal modeller ile olan ilişkisi ve uygulamada yaşanan sorunlar anlatılmıştır. Uygulamada; kaya kütle sınıflamalarından tünel kazı ve destek sınıflarına geçiş, bunların sayısal modellere yansıtılması, yapılan kabuller ve özellikle sayısal modelleme sırasında yazılımların dayandığı kabullerden kaynaklanan mühendislik jeolojisi modelleme hataları çeşitli örneklerle anlatılarak, gerçeğe en yakın tasarım için yapılması gerekenler basit bir uygulama örneği ile açıklanmaya çalışılmıştır.

TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ

Klasik Yöntemler (18. - 19. Yüzyıl)

Alman, Amerikan, Avusturya, Belçika, İngiliz, İtalyan ve Osmanlı tünel açma yöntemleri bu grupta sayılabilir ve 19. yüzyılın son yarısına kadar madencilikte yaygın olarak kullanılmışlardır (Tonon, 2010; Brierley, 2014 Wikipedia, 2015). Kazı, elle veya basit kazıcı araçlarla yapılmakta, destekleme için çoğunlukla kalın, dayanıklı keresteler kullanılmakta, pasa ise küçük taşıyıcı arabalar veya buharlı taşıma araçları ile atılmaktadır. Kazılar çoğunlukla parçalı olacak şekilde çok aşamalı yapılmakta ve yukarıdan aşağıya doğru inmektedir. Her kazı aşamasının tamamlanmasını takiben destekleme yapılmakta veya önce destekler çakılarak araları kazılmaktadır. Günümüzde bu yöntemlerin terkedilmiş olmasına rağmen, bilinen bazı büyük tüneller bu yöntemler kullanılarak açılmıştır (Brierley, 2014). Bu yöntemler büyük oranda birbirlerine benzemekle birlikte bunlardan bazıları aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Alman Tünel Açma Yöntemi (Göbek Alma)

Tabandan yukarı doğru birbirini izler şekilde açılan bir seri kutu galeri ve onların desteklemesinden oluşan bir sistemdir (Şekil 1). Galerilerin açılması, kazı ilerlemesi sırasında karşılaşılabilecek birimler hakkında da bilgi sahibi olmayı kolaylaştırır. Bu yöntemde öncelikle kaplama için bir temel oluşturulduktan sonra duvar şeklinde bir kaplama sağlı sollu yerleştirilir ve daha sonra merkez boşaltılır, bu şekilde yan duvarlardan gelebilecek aşırı yüklere de engel olunmuş olur (Tonon, 2010).

Avusturya Tünel Açma Yöntemi (Çapraz-Sürgü)

Bu yöntem üstyarının üst kesiminde (tacında) taban merkezine oturan sağlam bir yapı gerektirir. Daha sonra tam ayna kazısı için kereste desteklemesi, kazı çevresine boyuna doğrultuda kazılan alanı örtecek şekilde yerleştirilmiş olan kereste desteklerle merkezdeki sağlam çekirdek destek arasına yerleştirilir. Bu yöntem yüksek zemin basınçlarına dayanabilir, ancak yüksek dayanımlı çok miktarda kereste gerektirir (Tonon, 2010).

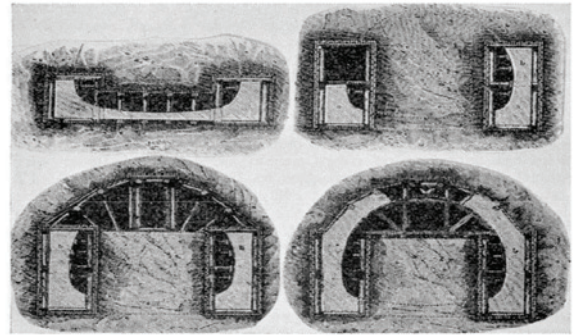
İngiliz Tünel Açma Yöntemi (Taç-Sürgüsü)

Üstyarının orta kesiminden kazıya başlanan bu yöntemde, orta kesimin kazısı tamamlandıktan sonra buraya kereste destekler konulmakta, kereste desteklerin üst tarafı tünel içi kaplamayı desteklerken, alt bölümü üstyarı kazısının orta kesimine bastırılmaktadır (Şekil 2). Üstyarı kazısı ilerledikçe ilave destekler bu kesimde kazı çevresi boyunca dikilmekte ve ilave destekler konuldukça zemin kazısı yapılabilmektedir. Bu sistem kereste kullanımından dolayı ekonomiktir

ve tam ayna kazısına izin vermektedir, ayrıca birçok zemin koşulunda da uygulanabilmektedir. Ancak, düşük örtü yükü olmadığı takdirde uygulanması zordur (Tonon, 2010).

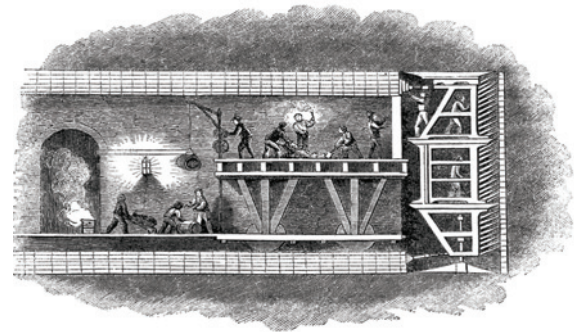
Amerikan ve İtalyan Tünel Açma Yöntemleri

Tünelciliğin yakın tarihine bakıldığında Amerikan ve İtalyan (Şekil 3) yöntemlerinin yukarıda sözü edilen yöntemlerin aksine tam ayna kazısına yakın bir şekilde büyük kesitte kazı yaparak ilerleme sağladıkları, bunun için de kazı boşluğunu hemen doldurdıkları (tuğla veya taş ile) ve bu şekilde tünel stabilitesini sağladıkları görülmektedir (Tonon, 2010).



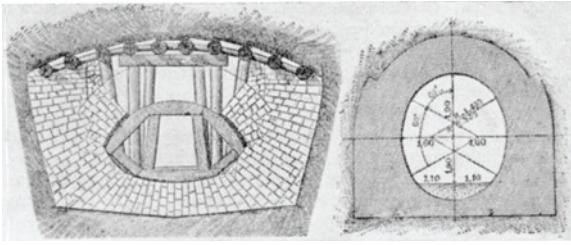
Şekil 1. Alman tünel açma yöntemi.

Figure 1. The German tunneling method.



Şekil 2. İngiliz tünel açma yöntemi.

Figure 2. The English tunneling method.



Şekil 3. İtalyan tünel açma yöntemi.

Figure 3. The Italian tunneling method.

Günümüzde Kullanılan Yöntemler

Günümüzde yaygın olarak kullanılan iki tünel açma yöntemi ise NATM ve ADECO-RS yöntemlerdir. Ayrıca bunlardan başka, daha çok kazı yöntemi olarak adlandırılabilir; del-patlat, aç-kapa, mekanik kazı, tünel açma makinası ile kazı vb. gibi yöntemler de mevcuttur. Bunlardan, yukarıda anlatılan yöntemlere hemen hemen benzer ancak farklı bir felsefeye sahip olan iki yöntem (NATM ve ADECO-RS) kısaca değinilmiştir.

NATM

Bu yöntem ilk defa Rabcewicz tarafından 1962'de ortaya atılmış, ancak 1964'te yaygın hale gelmiştir. Özellikle Avusturya Alpleri'nde elde edilen deneyimlerden ortaya çıkan yöntemin, ilk uygulaması 1969'da Frankfurt metro inşaatında olmuştur. Yöntemin ana felsefesinin altında iki unsur yer almaktadır. Bunlardan ilki; yeraltı kazısında kazılan kayayı desteklemek yerine güçlendirmek, yani çevre kayacın bir miktar rahatlamasına izin vererek, ilk kazıdan sonra ortaya çıkan yüksek basınçları taşımak yerine, çevre kayayı, uygulanan güçlendirme elemanları ile güçlendirerek kendi kendini taşımasını sağlamaktır. Bunu da sağlamanın en rahat yolu kazı sonrası esnek bir kaplama yaparak

(püskürtme beton) deformasyonlara bir miktar izin vermek ve daha sonra kaya bulonları ile güçlendirmektir. Diğer önemli felsefesi ise; özellikle zayıf kaya koşullarında kazıyı farklı küçük kesitlerde yaparak bölümlendirmektir (Rabcewicz, 1964). Rabcewicz'in felsefesi dinamik bir projelendirme esasına dayanmakta olup, kazı sonrası çevre kaya davranışını izleyerek deformasyon karakteristiklerine karşı aksiyon geliştirme esasını içermektedir. Bu yöntem, kaya kütle davranışını sınıflandırmak için her ne kadar çeşitli kaynaklarda kaya veya kazı sınıflarını A, B, ve C ile ifade edilen harflerle sınıflandırmış (KTSŞ, 2013) olsa da, bu sınıflandırma oldukça subjektif olduğu için kendisine sayısal bir altlık oluşturma ihtiyacı duymuş, bu açığı da uygulamada RQD (Deere, 1963), RMR (Bieniawski, 1989), GSI (Hoek ve Brown, 1997) ve Q (Barton, 2002) gibi uluslararası kabul görmüş kaya kütle sınıflandırma sistemlerini kullanarak yapmaya çalışmıştır.

ADECO-RS

Günümüzde tünel açmak için kullanılan bir diğer yöntem de Türkçe'ye, "Kaya ve Zeminlerde Kontrollü Deformasyon Analizi" şeklinde çevrilebilen ADECO-RS adlı yöntemdir. Lunardi tarafında ortaya atılan bu yöntemde, aşamalı kazının tünelcilik açısından doğru bir yöntem olmadığı, bunun yerine tam ayna kazısı yapılması gerektiği ifade edilmiş ve tam ayna kazısı sonrası 3 farklı kaya davranışı tanımlanmıştır. Bunlar; kopma veya blok düşmesi, aynanın şişmesi veya ayrılması ve akan zemin şeklindedir. Lunardi'ye göre ayna mutlaka desteklenmelidir. Çünkü tünel aynasının davranışı ve hareketi arkası için anahtar görevi görmektedir. Özellikle sıkışan zemin koşullarında, kazı-ayna davranışının anlaşılması, başarılı bir şekilde

tünel kazısı yapabilmeyenin sırrıdır. Bu yöntemle göre, deformasyonlar bir kez başladıktan sonra durdurulamayacağı için, tünel içi deformasyonlara çok fazla izin vermeden destekleme yapılması önerilmektedir. (Lunardi, 2008).

KAYA SINIFLAMA SİSTEMLERİNİN SAYISAL MODELLER VE TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ İLE İLİŞKİSİ

Tarihsel gelişiminden ve yukarıdaki örneklerden de görüleceği üzere esasen yeraltı kazıları için ortaya atılmış iki temel yöntem bulunmaktadır: parçalı veya bölümlendirilmiş kazı ve tam ayna kazısı. Bunlar dışında bu çalışmada çok fazla değinilmeyen delme-patlatma, makineli kazı veya TBM kazısı gibi yöntemler ise tünel açma yönteminden ziyade tünel aynasının kazı yöntemi olarak değerlendirilmelidir. Tüm tünel açma yöntemleri incelendiğinde, hepsinde; destekle ve kaz, ya da kazıldıktan sonra destekle şeklinde bir ortak payda olduğu halde, bugüne kadar hiçbir sistemin kazılan kaya veya zemin ortamını değerlendirmek için bir yaklaşımı olmadığını görmekteyiz. Adı ister tünel açma yöntemi olsun, ister ayna kazı yöntemi, tüm yeraltı çalışmalarında mutlaka kazılan ortamın tanımlanması ve kazılacak ortam hakkında önceden fikir sahibi olunabilmesi yeraltı kazılarının ekonomisi ve başarısı için olmazsa olmaz bir husustur. Ancak tünelciliğin tarihsel gelişimine bakıldığında, ortaya atılan hiçbir yöntemde jeolojik-jeoteknik tanımlama yapabilecek bir altlık olmadığı rahatlıkla görülebilir. Bu nedenle tüm yöntemler yeraltı kazıları öncesinde detaylı jeolojik-jeoteknik araştırmalara ihtiyaç duyarlar. Bu çalışmalar neticesinde ise mühendislik jeolojisi modeli ortaya çıkarılabilmekte, saha etütlerinden elde edilen verilerle de kaya kütle

davranışları ile kaya kütlelerinin jeomekanik özellikleri belirlenebilmektedir. Bu noktadan hareketle kazılan ortamı tanımlamaya çalışan yaklaşımlar sadece girdi parametreleri açısından aşağıda açıklanmıştır.

Kaya Sınıflama Sistemleri

Terzaghi'nin kaya sınıflama sistemi 1946'da ortaya atılmış ve kayaçları; sağlam, tabakalı, orta derece eklemlili, bloklu veya kenetli, parçalı ve sıkışan kaya olarak gruplara ayırmıştır. Bu sınıflamada, sayısal olarak ifade edilebilecek bir girdi olmamakla beraber modern kaya sınıflama sistemlerinin temeli atılmıştır (Terzaghi, 1946).

Lauffer (1958)'de desteksiz açıklığın (son destek ile ayna arasında kalan desteksiz tavan açıklığı) ayakta kalma süresi arasında bir ilişki tanımlamıştır. Bu yöntem görece olarak sayısal veriler içerse de, kaya kütlelerini sınıflamaktan oldukça uzaktır ve birçok kez değişikliğe uğramıştır.

Günümüzde birçok uygulamada sıklıkla kullanılan ve aynı zamanda diğer sınıflama sistemlerinin girdisi de olan ve Deere tarafından önerilmiş olan RQD (Rock Quality Designation – Kaya Kalite Göstergesi) sistemi, NW büyüklüğündeki (54,7 mm) sağlam karot numunelerinden boyu 10 cm ve büyük olanlarının toplam manevra boyuna oranını ifade eder (Deere, 1963). Bu yöntem oldukça sayısal ve objektif bir tanımlama yöntemi olmakla beraber sadece kayanın sürekliliği ve masifliği hakkında bilgi verir ve doğru konumlandırılmamış yetersiz sondaj yapılması durumunda anizotropik koşulları göz ardı eder. RQD sonuçlarının doğru değerlendirilebilmesi için, en azından birbirine yeterli mesafede konumlandırılmış aynı eksen

üzerinde ve tünel eksenine ve tabakalanmalara çeşitli yönlerde dik doğrultuda 3 adet sondaj yapmak gereklidir.

Wickham RSR (Rock Structure Rating – Kaya Yapı Sınıflaması) sistemini önermiştir (Wickham vd., 1979). Bu sistemde RSR puanını jeolojik yapı, geometri ve yeraltısuyu koşullarına ait değerlendirmeden elde edilen puanların toplamı oluşturur. Oldukça başarılı, sayısal olarak ifade edilebilen ve objektif bir yöntem olmasına rağmen, kaya ortamını aydınlatmaya yetecek kadar detaylı bir sistem değildir. Ancak modern kaya kütle sınıflama sistemlerinin temelini atmıştır.

Bieniawski ilk kez 1976 yılında önerdiği sistemde; kayanın tek eksenli basınç dayanımı, RQD değeri, süreksizliklerin açıklığı, süreksizliklerin durumu, yeraltısuyu koşulları ve süreksizliklerin konumuna bağlı olarak bir puanlama yaparak kaya kütlelerini 5 sınıfa ayırmış ve buna bağlı olarak da kazı ve destek sistemleri önermiştir. Tünelcilik uygulamalarında süreksizlikler ile ilgili parametreler dışında kazı öncesinde diğer parametreler hakkında oldukça objektif fikir sahibi olunabilen bu sistemde, süreksizliklerin durumu ile ilgili değerlendirmeler yapılırken mostra veren kesimler değerlendirmeye alınabilmekte ancak, süreksizliklerin devamlılığı ve yüzey koşullarının derinlerdeki durumu tünel kazısı başlamadan önce sağlıklı bir şekilde değerlendirilememektedir (Bieniawski, 1989).

Barton, Q adı verilen bir sistemi ortaya atmış, RQD, J_n (eklem takım sayısı), J_r (eklem pürüzlülük puanı), J_a (eklem alterasyon puanı), J_w (su azaltma faktörü veya su durumu) ve SRF (gerilim azaltma faktörü) punlarının birbirlerine oranlarının çarpımından elde edilen bir puan ve buna bağlı olarak destekleme önerilerinde bulunmuştur (Barton vd., 1974). Kağıt üzerinde oldukça sayısal

görünen bu sistemin arazide tüneller açısından, özellikle eklemelerle ilgili değerlendirmelerin yapılabilmesi için çeşitli kısıtları bulunmaktadır. Bu sistemin en büyük kısıtlarından biri RMR'de olduğu gibi süreksizliklerin derinlere indikçe yüzey koşullarının durumu ile devamlılıkları hakkında net değerlendirme yapma güçlüğü ve SRF ile ilgili puanlama yapılırken, uygulamada yerinde ölçümler yapılmamasından ötürü bu değerinin tahmine dayalı ve hatalı belirlenmesidir. SRF değerinin yüksek seçilmesi Q puanını önemli ölçüde düşürmektedir (Barton, 2002).

Hoek tarafından ortaya atılmış olan GSI sistemi ise tüm bunlardan daha subjektif ve neredeyse tamamen görsel değerlendirmeye dayanan bir sistemdir (Hoek ve Brown, 1997). Sönmez ve Ulusay ise bir miktar daha bu sistemi sayısal hale getirmişlerdir. Özellikle tünel kazı aynasının puanlanması açısından uygulama kolaylığı sağlayan pratik bir sistemdir. Bu sistem daha çok görsel ölçüm ve değerlendirmeye dayalı olduğu için, tünel proje tasarımında özellikle tünel kazısı öncesi uygulanması, tünel kazı aynasının gerçek durumunun gözlenememesi nedeni ile önemli hataları beraberinde getirebilmektedir (Sönmez ve Ulusay, 2002).

Günümüzde yakın zamanda önerilen en güncel sistem ise RMQR adı verilen ve Aydan vd. (2014) tarafından önerilmiş kaya sınıflama sistemidir. Bu sistemde de ayrışma derecesi, süreksizlik set sayısı, süreksizlik açıklığı veya RQD değeri, süreksizlik koşulları, yeraltısuyu akış durumu ve yeraltısuyu emilme koşulları olabildiğince sayısallaştırılarak puanlanmaya çalışılmış ama subjektiviteyi tam olarak ortadan kaldıramamıştır. Bu sistemde de süreksizliklerin derinlere doğru devamında yaşanacak değişimlerin, tünel tasarımı açısından ortaya konamaması ve gerçek tünel kazı aynasının

durumunun ancak kazı sırasında görülebilmesi sistemin uygulama güçlüğü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bir önceki bölümde açıklanan tünel açma yöntemleri ayrıntılı olarak incelendiğinde, hiçbirisinin burada bahsedilen kaya sınıflandırma sistemleri ile organik bir bağı olmadığı ancak, yeraltındaki koşulları tanımlayabilmek ve kazı destek sınıfının belirlenebilmesi için bir şekilde kaya sınıflamasına ihtiyaç duyduğu görülecektir. Özellikle günümüzde yaygın bilinen NATM ve ADECO-RS sistemlerinin bu tanımlamalara daha çok ihtiyaç duyduğu ve kaya sınıflaması altlığı olmadan sadece bu yöntemlerin önerdiği altlıklarla uygulama yapmanın oldukça güç olduğu görülecektir.

Tünel Projelendirilmesinde Kullanılan Sayısal Yöntemler

Tünel projelendirmesinde fiziksel modeller kullanmanın ekonomik ve fiziksel güçlükleri ile gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan ileri düzeyli bilgisayar yazılımları, yeraltı kazısının yapılacağı ortamı gerçeğe yakın bir şekilde modelleyerek, kazı sırasında ortaya çıkabilecek kaya davranışları ile olası sorunları öngörme ve bunlara çözüm üretebilme yeteneğine sahiptir. Bu yazılımlar, sonlu farklar, sonlu elemanlar, ayrık elemanlar adı verilen bir takım nümerik yaklaşımlarla çalışmakta ve yeraltı kazısı yapılacak ortamla ilgili olarak kayanın jeoteknik parametrelerine ihtiyaç duymaktadır. Ancak mühendislik projelerinin tasarımında kullanılan tüm bilgisayar yazılımları bir takım kabullerle çalışmaktadır. Örneğin kazı yapılacak ortamı homojen ve izotrop kabul etmekte veya eğer ölçülebiliyorsa (ki bu çok zordur) anizotropiyi sisteme tanıtmayı beklemektedirler. Bunların yanında kaya kütlelerine ait bir takım

parametrelerin de deneysel tespiti çok zor veya pahalı olduğundan ülkemiz koşullarında ampirik yöntemlerle bulunarak sisteme tanıtılmaktadır. Ayrıca uygulamada kazı, hafriyat ve destekleme süreçleri de bu tarz yazılımlarda olduğu kadar hızlı ve rahat olamamaktadır. Böylesi bir durumda, bu parametrelerin hatalı veya eksik belirlenmesi de tasarım aşamasında öngörülemeyen ancak uygulama aşamasında ortaya çıkacak önemli sorunlara sebep olmaktadır. Nümerik modelleme yazılımlarının ihtiyaç duyduğu jeoteknik ve diğer parametreleri ve bunların elde edilme yöntemleri aşağıda bir çizelge halinde özetlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1'e bakıldığında oluşturulacak sayısal modelin başlıca 3 tip kaynaktan veri sağladığı görülecektir. Bunlar: jeolojik-jeoteknik saha çalışmaları ve mühendislik jeolojisi modelleri, laboratuvar deneyleri ve ampirik yaklaşımlardır. Bu veriler ise kendi içinde birbirlerine veri sağlar niteliktedir. Dolayısı ile yetersiz ve hatalı saha çalışması neticesinde sayısal model için ilk girdi niteliğinde olan mühendislik jeolojisi modelinin hatalı kurulması, saha çalışmasından elde edilen verilere uygulanan laboratuvar testleri sonucunun da hatalı veya eksik belirlenmesine neden olacaktır. Böylece, bunların her ikisini de kendisine veri olarak kullanan ampirik yöntemlerden elde edilecek verilerde hatalı olacaktır. Bazı kabullerle çalışan sayısal model yazılımları bu verileri kullandığında, gerçek durumdan uzak sonuçlar elde edilebilecektir. Buraya kadar yapılan açıklamalardan da görüleceği üzere ister NATM, ister ADECO-RS veya önceki bölümlerde sözü edilen yöntemler olsun, tüm yöntemler kazı yapılan ortamı sınıflandırmaya ve jeoteknik özelliklerini tanımlamaya ihtiyaç duyarlar. Bu nedenle mühendislik jeolojisi modeli doğru kurulmalı ve ihtiyaç duyulan tüm arazi etütleri eksiksiz yapılmalıdır.

Çizelge 1. Nümerik modellerin ihtiyaç duyduğu girdiler, bunların elde edilme yöntemi ve modele etkisi.

Table 1. The input parameters, which are required by numerical models, their obtaining methods and effects to numerical models.

Parametre adı	Elde edilme yöntemi	Etkisi
Litolojik tanımlama ve istifsel ilişki	Jeolojik - Jeoteknik saha çalışması, müh. jeo. modeli	Doğrudan
Ayrışma, dayanım, pürüzlülük	Jeolojik - Jeoteknik saha çalışması	Dolaylı
Süreksizlik set sayısı, uzunluğu, açıklığı, dolgusu	Jeolojik - Jeoteknik saha çalışması, müh. jeo. modeli	Doğrudan, dolaylı
RQD	Jeolojik - Jeoteknik saha çalışması	Dolaylı
Yeraltısuyu koşulları	Jeolojik - Jeoteknik saha çalışması, müh. jeo. modeli	Doğrudan
Kaya kütle sınıflama puanı (RMR, Q, GSI, GSI _r)	Jeolojik - Jeoteknik saha çalışması, müh. jeo. modeli	Doğrudan, dolaylı
Dayanım deneyleri (UCS, TCS, PLT vb.)	Laboratuvar deneyleri	Doğrudan, dolaylı
Sağlam kayanın elastisite modülü (E _i)	Laboratuvar deneyleri	Doğrudan
Kaya kütesinin deformasyon modülü (E _{rm})	Ampirik yöntemler	Doğrudan
Sağlam kayanın C, Φ, γ, ν, UCS	Laboratuvar deneyleri	Doğrudan
Kaya kütesinin C, Φ, γ, ν, UCS	Ampirik yöntemler	Doğrudan
Süreksizliklerin C, Φ	Ampirik yöntemler	Doğrudan
σ _v , σ _h	Ampirik yöntemler veya arazi deneyleri	Doğrudan

*UCS: Tek eksenli basınç dayanımı, TCS: Üç eksenli basınç dayanımı, PLT: Nokta yükleme deneyi

Bunun için öncelikle tünel güzergahı üzerinde jeofizik etütler yapılarak kritik ve farklılaşan kesimler saha jeolojisi çalışmaları ışığında değerlendirilmeli, bu doğrultuda farklılıkları veya devamlılıkları tanımlamaya ihtiyaç duyulan kesimlerde tünel eksenine dik, birbiri ile aynı doğrultuda ve mühendislik jeolojisi kesiti çıkarmaya yeterli sayıda jeoteknik sondaj planlanmalı, bu sondajlardan elde edilen tüm numuneler için, tecrübeli bir

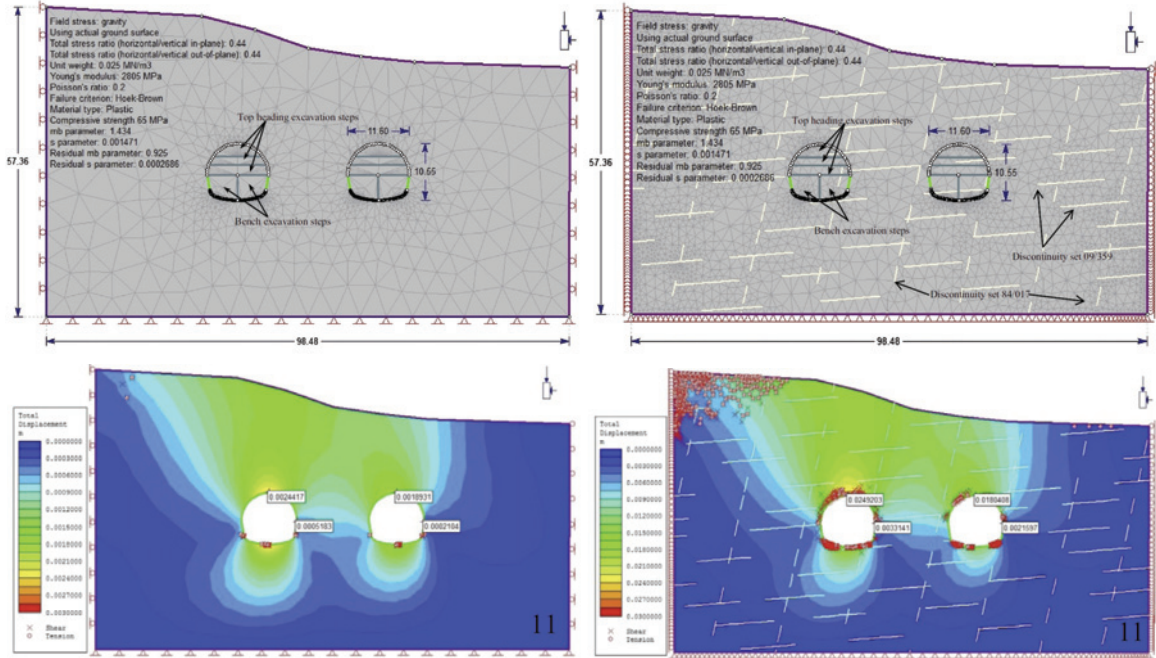
jeoloji mühendisinin gözü ile ihtiyaç duyulan laboratuvar deneyleri programlanmalıdır. Daha sonra, kazı yapılacak ortamın mühendislik jeolojisi özellikleri ve laboratuvar verileri doğrultusunda kaya kütle davranış tipi (yenilme davranışı modeli) belirlenmeli ve ihtiyaç duyulan sayısal modelleme yöntemi seçilerek (sonlu elemanlar, ayırık elemanlar, sonlu farklar vb.) sayısal model oluşturulmalıdır.

Örnek uygulama

Kaya kütlelerine ve modele ait tasarım parametreleri şekil üzerinde verilen (Şekil 4) orta dayanımlı kristalize kireçtaşı ara katkılı kumtaşı-silttaşı araldanmasından oluşan ve tüm mühendislik koşulları aynı iken, süreksizliklerin modele eklenmesi sonucu ortaya çıkan farklılıklar sayısal model üzerinde gösterilmiştir. Verilen bu örnekte sonlu elemanlar yaklaşımı ile çalışan bir yazılımda, arazide ölçülmüş sistematik süreksizlik setlerinin etkisi gerçeğe en yakın şekilde 5 farklı kazı adımı ile modellenmiştir. Arazideki gerçek kazı koşullarını yansıtabilmek için üstyarı ve altyarı kazısı şeklinde tünel ikiye bölünmüştür. Üstyarıda kazı aynası yukarıdan aşağıya 3 aşamada tamamlanmış, altyarı kazısı ise üstyarı kazı aynasına, uygulamada olduğu gibi erişimi sağlayabilecek şekilde 2 aşamada tamamlanmıştır. Bu şekli ile sağ ve sol tüp için tüm kazılar modelde 11 model adımında tamamlanabilmiştir. Modelde kaya kütleleri, süreksizliklerin sürekli ve oldukça sıkı oluşu nedeni ile Hoek-Brown yenilme davranış modeli ile açıklanmıştır. Modellemede kullanılan tüm parametreler Şekil 4 üzerinde verilmiştir. Aynı tünelin aynı kesimine ait iki farklı sayısal modelleme sonucunda, ilk modelde arazide tespit edilen süreksizlik setleri dikkate alınmamış ve bu şekilde elde edilen deplasman değerleri desteksiz durumda bile 2 mm mertebesinde kalmıştır. Süreksizlik setlerinin dikkate alındığı ikinci modelde ise deplasman değeri arazi verilerine de uyumlu şekilde 2.5 cm mertebelerine ulaşmıştır (Satici ve Ünver, 2015). Şekil 4'e bakıldığında, süreksizliklerin sisteme dahil edilmediği, sadece kaya kütlelerinin dayanım özelliklerinin kazı sonrası ortaya çıkan örselenme ile azaltıldığı durumda deformasyonlar yok denecek kadar azken (hiç destek elemanı kullanılmamasına

rağmen), süreksizliklerin de sisteme dahil edildiği durumda, destek sistemi olmaması halinde katastrofik sonuçlar doğabileceği açıkça görülmektedir.

Genellikle sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan yazılımlarda, çevre kayacın mühendislik özellikleri belli bir oranda azaltılarak süreksizlikler gibi yapısal bozuklukların etkisi modele yansıtılmaya çalışılmakta, süreksizlikler nedeni ile heterojen ve anizotropik yapıda olan kaya kütlelerinin mühendislik parametreleri, belirlenen bir azaltma oranı ile çarpılarak homojenize edilmeye çalışılmaktadır. Oysa bu şekilde devamlılığı olan süreksizliklerden dolayı gelişmiş olan süreksiz ortam ve bunun neden olacağı anizotropik koşullar göz ardı edilmiş olacaktır. Süreksizlikler içeren kaya kütleleri modellenirken ya ayrık elemanlar tarzı süreksiz ortam mekaniği mantığı ile çalışan (Jing ve Stephansson, 2007; Wu vd., 2014) yazılımlar kullanılmalı ya da sonlu elemanlar yazılımı aşağıdaki örnekte olduğu gibi arazide ölçülebilen sistematik süreksizlikleri ile birlikte modellenmelidir. Bu şekilde sistematik olmayan süreksizlikler gerçekçi olarak modellenemese de, sistematik süreksizlik setleri bir ölçüde sayısal modellere yansıtılmış olmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğunca sayısal modelleme yapılırken, kabuller yapmadan kaçınılmalı, mühendislik jeolojisi modeli doğru kurulmalı, kaya kütle parametreleri gerçeğe en yakın şekilde seçilmeli ve arazi koşulları olabildiğince gerçekçi olacak şekilde modele yansıtılmaya çalışılmalıdır. Kaya kütlelerine ait arazi verileri sayısallaştırılabildiği ölçüde de subjektif tanımlamalardan uzaklaşılacak, zaten doğası gereği kaotik olan yer ortamı bir miktar daha objektif ve ölçülebilir bir hale gelmiş olacaktır.



Şekil 4. Aynı tünelin aynı kesimine ait iki farklı sayısal modelleme sonucu, modellerden birinde arazide tespit edilen süreksizlik setleri dikkate alınmamış ve deplasman değerleri 2 mm mertebesinde kalmıştır. Süreksizlik setlerinin dikkate alındığı modelde ise bu değer arazi verilerine de uyumlu şekilde 2.5 cm mertebelerine ulaşmıştır (Satici ve Ünver, 2015).

Figure 4. Two different numerical model results for the same tunnel and for the same sections. On the left, observed and measured discontinuities were neglected and the final displacement is obtained as about 2 mm. On the right, displacements are reached to 2.5 cm when discontinuity sets are added the model (Satici and Ünver, 2015).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuçlar göstermektedir ki, bugüne kadar önerilmiş tüm tünelleme yöntemlerinin temelinde “ya önce kazıyı yap sonra destekle, ya da destekledikten sonra kazıyı tamamla” gibi basit bir mantık yatmaktadır. Önerilen yöntemler içinde sadece Rabcewicz’in ortaya attığı “yeraltında yapılan kazıyı desteklemek yerine ortamı güçlendir. Bunun için de önce bir miktar deformasyona izin ver.” bakış açısı önemli bir adımdır. Bu temel dışında hemen hemen

tüm yöntemler birbirine çok yakın mantıklarla hareket etmekte ve sadece uygulayıcılarının ismini almaktadır. Önerilen yöntemin adı ne olursa olsun, kazısı yapılacak ortamın doğru ve eksiksiz tanımlanarak özelliklerinin belirlenmesi ve bunun sonrasında elde edilen sonuçların tasarım yapabilmek için uygun şekilde sayısal modele aktarılması gerekmektedir. Sayısal modellemeye elde edilen sonuçlar tünelleme kazısı sırasındaki gerçek ayna kazı ve deformasyon kayıtları ile kazı sırasında sürekli karşılaştırılarak

proje öngörülerinde sapma olan yerlerde gerekli revizyonlar yapılmalıdır. Tünel kazısı sırasında aynalarda mutlaka ölçümler yapılarak kaya kütle sınıfları belirlenmeli ve bunlar sayısal ortamda arşivlenmelidir. Oluşturulan sayısal modelin başarısı ve gerçeğe uygunluğu tünel kazısı sırasında ihtiyaç duyulan proje revizyon önerilerinin azlığı ile ölçülmelidir. Unutulmamalıdır ki her bilgisayar yazılımı, kendi yazılım mantığı içinde hareket edip veri girişi yapılan, her durumda kullanıcıya, yanlış ya da doğru, mutlaka bir sonuç verecektir. Daha çok kabule dayanan, hatalı ve eksik veri girişi durumunda ise elde edilen sonuçlar sadece renkli ve görsel güzelliği olan birer bilgisayar çıktısı olacaktır. Bu nedenle tünel tasarımında harf kategorizasyonlu sübjektif sınıflandırmalar yerine daha objektif, mühendislik jeolojisi, jeoteknik ve deformasyon tahmin verilerine ve beklenen deformasyonlara bağlı, kazı sırasında yapılan yerinde ölçümlerle gerektiğinde tekrar modellemeye dayanan ve neticesinde destek sistemini yeniden tasarlayabilecek etkileşimli bir yöntem kullanılmalıdır. Galileo Galilei'nin de dediği gibi jeoloji mühendisleri olarak amacımız, "Ölçülebilir olanı ölçmek, ölçülemeyeni de ölçülebilir hale getirmek olmalıdır. Çünkü doğanın dili matematiksel bir ifade ile yazılmıştır".

KAYNAKLAR

- Aydan, Ö., Ulusay, R., Tokashiki, N., 2014. A new rock mass quality rating system: Rock Mass Quality Rating (RMQR) and its application to the estimation of geomechanical characteristics of rock masses. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 47 (4), 1255-1276.
- Barton, N., Lien, R., Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6, 189-239.
- Barton, N., 2002. Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39, 185-216.
- Brierley, G., 2014. <http://tunnelingonline.com/tunneling-historical-perspective/>
- Bieniawski, Z. T., 1989. Engineering rock mass classification. Wiley, New York, 251 p.
- Deere, D. U., 1963. Technical description of rock cores for engineering purposes in Rock mechanics and engineering geology. Springer, Vienna.
- Hoek, E., Brown, E. T., 1997. Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34 (8), 1165-1186.
- Jing, L., Stephansson, O., 2007. Fundamentals of discrete element methods for rock engineering: theory and applications. *Developments in Geotechnical Engineering*, 85.
- KTŞ, 2013. Karayolu Teknik Şartnamesi, Bölüm 350.
- Lauffer, H., 1958. Gebirgsklassifizierung für den Stollenbau. *Geology Bauwesen*, 74 (1), 46-51.
- Lunardi, P., 2008. Design and Construction of Tunnels: Analysis of Controlled Deformations in Rock and Soils. Springer, 576 p.
- Rabcewicz, L., 1964. <http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc547/lecture-material/Rabcewicz-NATM.pdf>
- Satıcı, O., Ünver, B., 2015. Assessment of tunnel portal stability at jointed rock mass: a comparative case study. *Computers and Geotechnics*, 64, 72-82.
- Sönmez, H., Ulusay, R., 2002. A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modification

- to the criterion verified by slope stability case studies. *Yerbilimleri Dergisi*, 26, 77-79.
- Terzaghi, K., 1946. Rock defects and loads in tunnel supports, Rock tunneling with steel supports, The Commercial Shearing and Stamping Co., Youngstown, Ohio, 17-99.
- Tonon, F., 2010. Sequential excavation, NATM and ADECO: What they have in common and how they differ. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 25, 245–265.
- Wickham, G. E., Tiedemann, H. R., Skinner, E. H., 1972. Support determination based on geologic predictions. In Lane, K.S.; Garfield, L.A. Proc. 1st North American Rapid Excavation&Tunnelling Conference (RETC), Chicago 1. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers (AIME), New York. 43–64.
- Wikipedia, 2015. http://tr.wikipedia.org/wiki/Lağımçı_Ocağı (Son Erişim: 25 Mayıs 2015)
- Wu J. H., Ohnishi, Y., Nishiyama, S., 2014. Simulation of the mechanical behavior of inclined jointed rock masses during tunnel construction using discontinuous deformation analysis. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 41, 731–743.

YAYIN AMAÇLARI VE KURALLARI, YAYINA KABUL İLKELERİ

AMAÇ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

• İnsan ile Yerküre arasındaki etkileşimlere ilişkin bilgi ve deneyimleri doğal çevreyi de gözetererek daha güvenli ve rahat bir yaşam ortamı sağlamak amacıyla insanlığın hizmetine sunmayı hedefleyen Jeoloji Mühendisliği mesleğinin, günlük yaşamdaki yerini ve önemini daha etkin bir şekilde yansıtmak,

• Bu alanda ulusal ve uluslararası gelişmeleri Jeoloji Mühendisleri'nin bilgisine sunmak,

• Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan biliminsanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,

• Türkiye'nin toplumsal ve ekonomik kalkınmasını yakından ilgilendiren jeolojiye ilişkin sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması açısından büyük önem taşıyan kurumlararası işbirliğinin başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak,

• Türkçe'nin Jeoloji Mühendisliği alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını özendirmek amaçlarına sahiptir.

KAPSAM VE NİTELİK

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, ulusal ve uluslararası platformlarda, yerbilimlerinin uygulamaya yönelik alanlarında çalışmalar yapan herkesin katkısına açıktır. Bu çerçevede;

- İnsanların yaşamını etkileyen jeolojik süreçler ile mühendislik yapıları ve bunlara ilişkin sorunlar ve çözümler
- Jeolojik kaynakların yönetimi ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi
- Doğal ve yapay kirleticiler ve ekosisteme etkileri
- Jeolojik anıtların korunması
- Jeolojik sorunların çözümüne katkıda bulunan arazi ve laboratuvar yöntemlerinin ve tekniklerinin geliştirilmesi

ile ilgili kuramsal ve uygulamalı çalışmaları kapsayan ürünler, Yayın Kurulu'nun değerlendirmesinden geçtikten sonra Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde yayımlanır.

Jeolojinin uygulama alanlarına ilişkin her türlü çalışma Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nin yayın amaçlarına uygundur. Bununla birlikte, çalışmaya konu olan sorunun kullanılan teknik ne olursa olsun, bilimsel yöntemlerle ele alınması ve jeolojinin uygulama alanlarına ilişkin olması aranan temel nitelikler arasındadır. Çalışmanın daha önce Türkçe yayımlanmamış olması gerekmektedir. Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde, yeni yapıyla beş tür yazı yayımlanacaktır:

- 1- ELEŞTİREL İNCELEME (Review Paper):** Editörün daveti üzerine veya bilgisi dahilinde hazırlanan, Jeoloji Mühendisliği'nin herhangi bir alanında halen kullanılmakta olan teknik, yöntem ve yaklaşımları günümüz teknolojik gelişmeleri ve kendi deneyimleri ışığında inceleyen, bu açıdan öneriler geliştiren yazıdır. Yazı uzunluğu konuya bağlı olarak değişebilir. Yayın Kurulu incelemesi zorunluluğu yoktur.
- 2- ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article):** Özgün bir çalışmanın sunulduğu yazıdır. Kuramsal temel, yeterli miktarda ve nitelikte veriye dayalı bulgu ve sonuçların ayrıntılıyla

değerlendirildiği bölümleri içermelidir. Yazının toplam uzunluğu 6000 sözcük eşdeğerini (10 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki Yayın Kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.

- 3- TEKNİK NOT (Technical Note):** Herhangi bir süreci veya tekniği, kuramsal temel, yeterli veri ve ayrıntılı değerlendirmeye dayanmadan sunan ve amacı, bu süreci veya teknikleri kullanabilecek yerbilimcilere duyurmak olan özgün yazıdır. Yazının uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (5 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki Yayın Kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.
- 4- ARAŞTIRMA NOTU (Research Note):** Henüz tamamlanmamış, eksik veri ve bulgularla yüzeysel değerlendirmelere dayalı, kendi içinde tutarlı, özgün, deneysel, uygulamalı veya kuramsal araştırmaların önsonuçlarının veya bulgularının sunulduğu yazıdır. Amaç, okuyucuya güncel bir konuya ilişkin bir çalışmanın ön bulgu ve sonuçlarını duyurarak konu üzerinde tartışma ortamı yaratmak, konunun gelişmesine diğer araştırmacıların katkılarını sağlamaktır. Yazı uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (5 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki Yayın Kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.
- 5- GÖRÜŞ-YORUM ve YANITLAR (View, Comment and Reply):** Dergide yayımlanan yazılar hakkında her türlü görüş, yorum ve bunlara ilişkin yanıtları içerir. Editörün uygun gördüğü uzunlukta yayımlanır.

YAZILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAYINA KABUL İLKELERİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ Editörlüğü'ne 2 satır aralığında 12 punto harflerle yazılmış ve 1 nüsha halinde *.doc veya *.docx formatında hazırlanarak e-posta ile gönderilen yazılar, öncelikle içerik, sunum, yayım kuralları, vd. yönlerden Editörlük tarafından incelenir ve daha sonra değerlendirilmek üzere en az iki Yayın Kurulu üyesine ve/veya Kurul dışından seçilecek uzmanlara gönderilir. Yayın Kurulu üyelerinden gelecek görüşler doğrultusunda yazının doğrudan, az veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşuluyla yayımlanmasına veya reddine Editörce karar verilir ve sonuç yazarlara bildirilir.

Yayın Kurulu üyelerinin birbiriyle çelişen görüş bildirmeleri durumunda, Editör'ün bir karara varabilmesi için yazı, üçüncü bir Yayın Kurulu üyesine veya yazı konusundaki uzmana gönderilir. Yayın Kurulu üyeleri gerekli görürlerse yazıları düzeltilmiş haliyle tekrar görüp değerlendirebilirler.

Yazarlar, Yayın Kurulu üyelerinin ve Editör'ün yaptığı eleştiri, öneri ve düzeltmeler arasında katılmadıkları hususlar olduğunda bunları ayrı bir sayfada gerekçeleriyle birlikte açıklamalıdır.

Gönderilen yazılar, JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayımlansın veya yayımlanmasın yazarlara iade edilmez.

YAZIM DİLİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayın dili olarak "Türkçe" ve "İngilizce" kullanılmaktadır. Derginin oldukça geniş bir yurt dışı aboneliği ve sürümü olduğu için, Türkçe makalelerin, kabulden sonra "Genişletilmiş bir İngilizce Özeti"nin yazılması gerekmektedir. Dergide; ayrıca yazıların başlıkları, özetleri ve tüm çizelgeler ile şekillerin açıklamaları Türkçe ve İngilizce olarak iki dilde birlikte verilmelidir.

YAZIM KURALLARI

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayımlanması kabul edilen yazıların basım öncesi dizgi işlemleri Editörlükçe yazarlara gönderilecek olan "**Makale Yazım Formatı**"na göre yazarlar tarafından yapılır. Zaman tasarrufu, ekonomiklik ve yazıların son şeklinin yazarlar tarafından da kontrolünü sağlamak açısından tercih edilen bu yöntemde, yazarlar yazılarını baskıya girecek şekilde bilgisayarda formata uygun bir şekilde dize eder ve bırakılan boşluklara da şekil ve çizelgeleri yerleştirerek (camera-ready uygulamasına benzer şekilde) basım aşamasına getirerek Editörlüğe gönderirler.

Metin Bölümü

- 1- Metin;** A4 boyutunda (29.7 x 21 cm) kağıtların üzerine bilgisayarda, 1.5 satır aralıkla, 10 punto ve Times New Roman yazı karakteri ile yazılmalıdır. Sayfa kenarlarında 3'er cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar numaralandırılmalıdır.
- 2- Başlık;** konuyu en iyi şekilde belirtecek ve 12 kelimeyi geçmeyecek şekilde kısa seçilmeli ve Türkçe başlığın (tamamı büyük harflerle ve koyu yazılmış) yanısıra, İngilizcesi (İtalik ve normal büyük harflerle) de yazılmalıdır. Eğer yazı İngilizce yazılmış ise, önce İngilizce sonra Türkçe başlık verilmelidir.
- 3- Öz;** yazının başlangıcında 200 kelimeyi geçmeyecek şekilde hazırlanmış Öz/Abstract (Türkçe ve İngilizce) bulunmalıdır. Bu bölüm, yazının diğer bölümlerinden ayrı olarak yayımlanabilecek düzende yazılmış, yazının tümünü en kısa, ancak öz biçimde yansıtır nitelikte (özellikle çalışmanın amacını ve sonuçlarını yansıtarak) olmalıdır. Yazı Türkçe yazılmışsa Abstract'ın, İngilizce yazılmışsa Öz'ün başlığı ve metin kısmı italik karakterle yazılmalıdır. Ayrıca, Öz ve Abstract bölümlerinin altında bir satır boşluk bırakılarak **Anahtar Kelimeler ve Key Words** (en az 2, en çok 6 kelime alfabetik sıraya göre) verilmelidir. Eğer yazı İngilizce hazırlanmış ise, önce Abstract sonra Öz verilmelidir.
- Yazının genel olarak aşağıda belirtilen düzene göre sunulmasına özen gösterilmelidir:
 - a) Başlık** (Türkçe ve İngilizce)
 - b) Yazar ad(lar)ı** ve adres(ler)i (yazar adları koyu karakterle ve soyadları büyük harflerle, adresler normal italik karakterlerle)
 - c) Öz** (anahtar kelimeler eklenerek)
 - d) Abstract** (key words eklenerek)
 - e) Giriş** (amaç, kapsam, çalışma yöntemleri, vd.)
 - f) Metin bölümü** (yöntemler, çalışılan malzeme, saha tanımlamaları, vd.)
 - g) Tartışmalar**
 - h) Sonuçlar ve Öneriler**
 - i) Katkı belirtme** (gerekliyse)
 - j) Kaynaklar**

- Metin içinde ana bölüm başlıkları dışında en fazla üç alt başlık oluşturulmalı ve başlıklara numara verilmemelidir. Bunların yazım şekli aşağıdaki gibi olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

TARTIŞMALAR

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

- Metrik sistem veya SI birimleri (kPa, kN/m³ vb.) kullanılmalıdır.
- Gerek metin içinde ve çizelgelerde, gerekse şekillerde rakamların ondalık bölümlerinin ayrılması için nokta kullanılmalıdır (3.1 gibi).

Kaynaklar

- Metin içinde kaynaklara değinme yapılırken aşağıdaki örneklerde olduğu gibi, bibliyografya araştırmacı soyadı ve tarih sırasıyla verilir.
....Ford (1986) tarafından.....
....bazı araştırmacılar (Williams, 1987; Gunn, 1990; Saraç ve Tarcan, 1995)

- Birden fazla sayıda yazarlı yayımlara metin içinde değinirken ilk soyadı belirtilmeli, diğer yazarlar için vd. İbaresini kullanılmamalıdır.
....Doyuran vd.(1995)....
....Smart vd.(1971)....
- Ulaşılamayan bir yayına metin içinde değinme yapılırken bu kaynakla birlikte alıntının yapıldığı kaynak da aşağıdaki şekilde belirtilmelidir. Ancak Kaynaklar Dizini'nde de yer alıntının yapıldığı kaynak belirtilmelidir.
....Dreybrodt(1981; Schuster and White, 1971)....
- Kişisel görüşmelere metin içinde soyadı ve tarih belirtilerek değinilmeli, ayrıca "Kaynaklar Dizini"nde de yer verilmelidir. (Soyadı, Adı, Tarih. Kişisel görüşme. Görüşülen kişinin/kişilerin adres(ler)i)
- Kaynaklar, yazar soyadları esas alınarak alfabetik sırayla değinilmeli ve metin içinde değinilen tüm kaynaklar, "Kaynaklar Dizini"nde eksiksiz olarak belirtilmelidir. Kaynakların yazılmasında aşağıdaki örneklerde belirtilen düzen esas alınmalıdır:

Süreli yayımlar ve bildiriler

Yarbaşı, N., Kalkan, E., 2009. Geotechnical mapping for alluvial fan deposits controlled by active faults: a case study in the Erzurum, NE Turkey. Environmental Geology, 58 (4), 701-714.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Makalenin Başlığı. Süreli Yayımların Adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), Sayfa No.]

Altındağ, R., Şengün, N., Güney, A., Mutlutürk, M., Karagüzel, R., Onargan, T., 2006. The integrity loss of physicomchanical properties of building stones when subjected to recurrent cycles of freeze-thaw (F-T) process. Fracture and Failure of Natural Building Stones-Applications in the Restoration of Ancient Monuments (Editors: Stavros and Kourkoulis), 363-372.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin Başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editörler, Basımevi, Cilt No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yerin Adı, Sayfa No.]

Kitaplar

Palmer, C.M., 1996. Principles of Contaminant Hydrogeology (2nd Edition). Lewis Publishers, New York, 235 p.

Ketin, İ., Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869,520 s.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük). Yayımevi, Basıldığı Şehrin Adı, Sayfa Sayısı.]

Raporlar ve Tezler

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayımlanmamış).

Akın, M., 2008. Eskipazar (Karabük) travertenlerinin bozunmasının araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 263 s (yayımlanmamış).

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya Tezin Başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), Sayfa Sayısı (yayımlanıp, yayımlanmadığı)]

NOT: Tüm kaynaklarda ilk satırdan sonraki satırlar 0.7 cm içeriden başlanarak yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller

- Eşitlikler elle yazılmamalı ve bilgisayardan yararlanılmalıdır. Eşitliklerde, yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelere yer verilmesine özen gösterilmelidir.
- Her eşitliğe sırayla numara verilmeli, numaralar parantez içinde eşitliğin hizasında ve sayfanın sağ kenarında belirtilmelidir.
- Eşitliklerde kullanılacak alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterlerle yazılmalıdır (I_4 , x^2 gibi).
- Eşitliklerdeki sembollerin açıklamaları eşitliğin hemen altındaki ilk paragrafta verilmelidir.
- Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır ($\sigma_{\text{mss}} = \sigma_c^{0.5}$ gibi).

- f) Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" simgesi kullanılmalıdır. Çarpma işareti olarak genellikle herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak zorunlu hallerde "*" işareti tercih edilmelidir ($y=5 * 10^{-3}$ gibi).
- g) Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca^{++} veya CO^{-} gibi ifadeler yerine Ca^{2+} ve CO_3^{2-} kullanılmalıdır.
- h) İzotop numaraları, "¹⁸O" şeklinde verilmelidir.

Çizelgeler

- a) Yazarlar, derginin boyutlarını dikkate alarak, çizelgeleri sınırlamalı ve gerekiyorsa metinde kullanılabilecek oranda daha küçük karakterlerle yazmalıdır. Bu amaçla çizelgeler tek sütuna (7.5 cm) veya çift sütuna (16 cm) yerleştirilebilecek şekilde hazırlanmalıdır. Tam sayfaya yerleştirilmesi zorunlu olan büyük çizelgelerin en fazla (16 x 21) cm boyutlarında olması gerekir. Bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak çizelgeler kabul edilmez.
- b) Çizelgelerin hemen altında gerekli durumlarda açıklayıcı dipnotlara veya kısaltmalara ilişkin açıklamalara yer verilmelidir.
- c) Çizelgelerin başlıkları, kısa ve öz olarak seçilmeli, hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harfle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri küçük İtalic harflerle) "Çizelgeler Dizini" başlığı altında ayrı bir sayfaya yazılmalıdır. İngilizce olarak hazırlanmış yazılarda önce İngilizce sonra Türkçe çizelge başlığı verilmelidir.
- d) Çizelgelerde kolonsal ayrımı gösteren düşey çizgiler yer almamalı, sadece çizelgenin üst ve alt sınırları ve gerek görülen diğer bölümleri için yatay çizgiler kullanılmalıdır.
- e) Her çizelge, sıralı olarak ayrı bir sayfada olmalı ve çizelge başlıkları çizelgenin üzerine yazılmalıdır.

Şekiller (Çizim, fotoğraf ve levhalar)

- a) Şekiller, uygun bir bilgisayar yazılımı kullanılarak hazırlanmalı, değerlendirmeyi kolaylaştıracak biçimde yüksek kalitede, metin sonunda verilmelidir. Ancak bu durum, elektronik dosya boyutunu fazla büyütmemelidir.
- b) Tüm çizim ve fotoğraflar şekil olarak değerlendirilip numaralandırılmalıdır. Şekil altı yazıları "Şekiller Dizini" başlığı altında hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harflerle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri küçük İtalic harflerle) ayrı bir sayfada verilmelidir. Yazı İngilizce olarak hazırlanmışsa, şekil altı yazıları önce İngilizce sonra Türkçe verilmelidir.
- c) Her şekil, ayrı bir sayfada yer alacak biçimde sıraya dizilerek "Şekiller Dizini" sayfasıyla birlikte çizelgelerden sonra sunulmalıdır.
- d) Şekiller, ya tek sütuna (7.5 cm), ya da çift sütuna (en fazla 16 cm) yerleştirilebilecek boyutta hazırlanmalıdır. Tam sayfaya yerleştirilmesi zorunluluğu olan büyük şekillerin, şekil altı açıklamalarına da yer kalacak biçimde, en fazla (16 x 21 cm) boyutlarında olması gerekir. Belirtilen bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak boyuttaki şekiller kabul edilmez.
- e) Harita, kesit ve planlarda sayısal ölçek yerine çubuk (bar) türü ölçek kullanılmalıdır.
- f) Şekiller yukarıda belirtilen boyutlarda hazırlanırken, şekil üzerindeki açıklamaların (karakterlerin) okunabilir boyutlarda olmasına özen gösterilmelidir.
- g) Fotoğraflar, şekiller için yukarıda belirtilen boyutlarda basılmış olmalıdır. Fotoğrafların üzerinde gösterilecek olan simgeler okunaklı olmalıdır. Özellikle koyu tonların egemen olduğu bölgelerde simgelerin beyaz renk ile gösterilmesi tavsiye edilir. Yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Ek Açıklamalar ve Dipnotlar

- a) Ana metnin içine alındığında okuyucunun dikkatinin dağılmasına yol açabilecek, hatırlatma niteliğindeki bilgiler, yazının sonundaki "Ek Açıklamalar" başlığı altına konulabilir (İstatistik bilgilerin verilmesinde, formüllerin çıkarımının gösterilmesinde, bilgisayar programlarının verilmesinde, vb. konularda bu yol izlenebilir).
- b) Dipnotlar, yerleştirme ve yazılma açısından güçlüklerle neden olduğundan, çok gerekli durumlarda kullanılmamalıdır. Eğer dipnot kullanılırsa, yıldız (*) işareti ile gösterilmeli ve mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Dipnotta eğer değinme yapılırsa bibliyografik bilgiler dipnotta değil, "Kaynaklar Dizini"nde verilmelidir.

YAZILARIN GÖNDERİLMESİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nin "Yayın Amaçları ve Kuralları, Yayına Kabul İlkeleri"nde belirtilen ilkelere uygun olarak elektronik ortamda hazırlanmış yazılar, e-posta ile gönderilmelidir.

E-posta adresi: topal@metu.edu.tr

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ EDITÖRLÜĞÜ TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

Hatay Sokak No: 21 Kocatepe/Ankara
Tel : (312) 432 30 85 / (312) 434 36 01
Faks : (312) 434 23 88
E-posta : topal@metu.edu.tr

AYRI BASKILAR

Dergide yayımlanması kabul edilen yazıların ayrı baskısından on adet yazarına veya birden fazla yazarlı yazılarda yayım için başvuruyu yapan yazara olanaklar çerçevesinde ücretsiz olarak gönderilir. Ondandan fazla ayrı baskı talebinde bulunulması halinde, Jeoloji Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ücret, her ayrı baskı için yazarlar tarafından ödenir.

İçindekiler / Contents

Makaleler / Articles

-
- 1- **Müge K. AKIN, Mutluhan AKIN, İsmail AKKAYA, Ali ÖZVAN, Serkan ÜNER, Levent SELÇUK, Mücüp TAPAN**
Mikrobölgeleme Çalışmasına Altlık Oluşturmak Üzere Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Zemininin Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Dynamic Soil Properties of Van Yuzuncu Yil University Campus for the Preparation of Microzonation Map
- 27- **Ali ÖZVAN, İsmail Altay ACAR**
Kıyı Koruma Yapıları için Delihalil Bazalt Seviyelerinin (Doğu Akdeniz) Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi
Evaluation of Availability of Delihalil Basalt Levels (Eastern Mediterranean) for Rubble Mound Breakwater
- 45- **Özgür SATICI, Tamer TOPAL**
Tünel Açma Yöntemlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Sınıflama Sistemleri ile Değerlendirilmesi
Evaluation of Tunnel Excavation Methods in Accordance with Engineering Geology and Rock Mass Classification Systems