
YERBİLİMLERİ

Bulletin for Earth Sciences

Cilt / Volume 36 Sayı / No 2 Ağustos / August 2015

Baş Editör (Editor-in-Chief)

ELİF VAROL MURATÇAY

Editör (Editor)

ERMAN ÖZSAYIN

Yardımcı Editör (Assistant Editor)

BURCU KAHRAMAN

Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board (2013-2015)

Atilla Aydın (Stanford, USA)
Hasan Bayhan (Ankara, Turkey)
Osman Candan (İzmir, Turkey)
Attila Çiner (İstanbul, Turkey)
Klaus Gessner (Crawley, Australia)
Nilgün Güleç (Ankara, Turkey)
Cahit Helvacı (İzmir, Turkey)
Doğan Kalafat (İstanbul, Turkey)

Biltan Kürkçüoğlu (Ankara, Turkey)
Harun Sönmez (Ankara, Turkey)
Şevket Şen (Paris, France)
Şakir Şimşek (Ankara, Turkey)
Erhan Tercan (Ankara, Turkey)
Gültekin Topuz (İstanbul, Turkey)
Keith T. Weber (Idaho, USA)
M.Namık Yalçın (İstanbul, Turkey)

YERBİLİMLERİ Dergisi makale dizin ve özleri;

Bibliography of Economic Geology, Compendex, Elsevier BIOBASE, EMBASE, EMBiology, FLUIDEX, Geoarchive, GEOBASE, Geological Abstracts, Geoscience Documentation, GeoSEARCH, Geotitles, HydroROM, Hydrotitles, Marine - Oceanographic & Freshwater Resources, SCOPUS Water Resources Abstracts (Cambridge Scientific Abstracts), World Textiles, Zoological Record, ULAKBİM ve Directory of Open Access Journal veri tabanında yer almaktadır.

YERBİLİMLERİ is indexed or abstracted in

Bibliography of Economic Geology, Compendex, Elsevier BIOBASE, EMBASE, EMBiology, FLUIDEX, Geoarchive, GEOBASE, Geological Abstracts, Geoscience Documentation, GeoSEARCH, Geotitles, HydroROM, Hydrotitles, Marine - Oceanographic & Freshwater Resources, SCOPUS, Water Resources Abstracts (Cambridge Scientific Abstracts), World Textiles, Zoological Record, ULAKBİM and Directory of Open Access Journal databases.

ISSN 1301-2894

Kapak

Tasarım : Yağmur İNAL EMİROĞLU
Fotoğrafi Çeken : Erman ÖZSAYIN
Nallıhan (Ankara) TÜRKİYE

Cover

Design : Yağmur İNAL EMİROĞLU
Photographed by Erman ÖZSAYIN
Nallıhan (Ankara) TURKEY

Yayın Türü (Publication type): Yaygın Süreli Yayın

Baskı (Printed by): Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, 06100, Sıhhiye-Ankara

Tel.: +90 312 310 97 90

Baskı Tarihi (Date of Print): 30.09.2015

YERBİLİMLERİ

Bulletin for Earth Sciences

Cilt / Volume 36 Sayı / No 2 Ağustos / August 2015

İÇİNDEKİLER CONTENTS

**Yapay Sinir Ağı Kullanılarak CPT Tabanlı
Sıvılaşma Değerlendirme Abağının
Geliştirilmesi / The Development of CPT Based
Liquefaction Assessment Chart Using Artificial
Neural Network**
**Bora SÖNMEZ, Gülseren DAĞDELENLER,
Nazlı TUNAR ÖZCAN, Murat ERCANOĞLU,
Harun SÖNMEZ45**

**Karçal Dağları'nda Kaya Buzulu Oluşumları /
Formations of Rock Glaciers in Karçal Mountains**
Volkan DEDE, İhsan ÇİÇEK, Levent UNCU . .61

**Burhaniye (Balıkesir) Yerleşim Alanının
Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi /
Evaluations of Liquefaction Potential of Burhaniye
(Balıkesir) Settlement Area**
Güler ESİN, Şener CERYAN81

Yapay Sinir Ağı Kullanılarak CPT Tabanlı Sıvılaşma Değerlendirme Abağının Geliştirilmesi

The Development of CPT Based Liquefaction Assessment Chart Using Artificial Neural Network

BORA SÖNMEZ¹, GÜLSEREN DAĞDELENLER², NAZLI TUNAR ÖZCAN², MURAT ERCANOĞLU², HARUN SÖNMEZ^{2*}

¹T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü Emek/Ankara

²Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe/Ankara

Geliş (received) : 30 Haziran (June) 2015

Kabul (accepted) : 10 Ağustos (August) 2015

ÖZ

Depremler sırasında suya doymun kohezyonsuz (veya düşük kohezyonlu) zeminlerde gelişen sıvılaşma olayı etkilediği alanlarda yapısal hasarları arttırarak çok sayıda can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu ve depremselliği yüksek bölgelerdeki suya doymun kumlu ve siltli toprak zeminlerin, sıvılaşmaya olan yatkınlığı bilinmektedir. Bununla birlikte, bu tür zeminlerde zeminin sıklılığını da yansıtan standart penetrasyon testi (SPT) ve/veya konik penetrasyon testi (CPT), makaslama dalgası hızı (V_s) gibi yerinde uygulanan deney verilerinin de girdi olarak kullanıldığı yöntemlerle zeminlerin sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (F_L) hesaplanabilmektedir. SPT, CPT ve V_s verilerini girdi olarak kullanan bu yöntemler ampirik yaklaşımlar olup, her ampirik yöntemde olduğu gibi artan veri sayısına bağlı olarak bu yöntemler de gelişmeye açıktırlar. Bu ampirik yaklaşımların şekillendirilmesinde kullanılan veriler sıvılaşmaya duyarlı alanlarda meydana gelen depremler sonucunda elde edildikleri için, yapay olarak üretilmeleri zor olup, bu nedenle verilerin bilimsel değerleri de oldukça yüksektir. SPT, CPT ve V_s verilerinin girdi olarak kullanıldığı üç yöntemde de sıvılaşmanın varlığı ile yokluğu arasındaki sınır eğrileri mevcut gerçek verilere uydurularak çizilmiş olup, analizlerde kullanılmak üzere bazı eşitliklerle tanımlanmışlardır. Diğer bir ifadeyle, bu eğrisel sınırların çizilmesinde analitik (veya bir hesabı dikkate alan) yaklaşımdan ziyade veriye dayalı uzmanların görüşleri kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, 1999 yılında Tayvan'daki Chi-Chi depremi sonrasında CPT deneylerinin de yapıldığı, sıvılaşma gözlenen ve gözlenmeyen sahalara ait olan ve Ku vd. (2004) tarafından raporlanan veri tabanı kullanılmıştır. Robertson ve Wride (1998) tarafından önerilen CPT tabanlı yaklaşımdaki normalize edilmiş konik uç direnci (q_{c1N}) ve çevrimsel gerilim oranı ($CSR_{7.5}$) girdi parametreleri olarak kullanılırken, sıvılaşmanın varlık (1) ve yokluk (0) bilgisi ise çıktı olarak kullanılmıştır. q_{c1N} ve $CSR_{7.5}$ girdilerine bağlı olarak sıvılaşmanın varlığı (1) veya yokluğu (0) bilgisine analitik olarak ulaşmak için son yıllarda yerbilimleri alanında da başarıyla uygulanan yapay sinir ağı (Artificial Neural Network, ANN) öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Öğrenme aşamasının devamında ise CPT tabanlı abaktaki q_{c1N} ve $CSR_{7.5}$ değerlerinin olası kombinasyonları ANN modelinde girdi parametresi olarak kullanılarak 1 ile 0 arasında çıktı olarak elde edilen sıvılaşma varlığı veya yokluğuna yatkınlık değerleri ile hesaplanmıştır. Öğrenme sonrasında ANN modeliyle tüm abağı kapsayarak üretilen veri seti kullanılarak CPT tabanlı sıvılaşma değerlendirme abağı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, standart penetrasyon testi, konik penetrasyon testi, makaslama dalga hızı, yapay sinir ağı.

* H.Sönmez

e-posta: haruns@hacettepe.edu.tr

ABSTRACT

Liquefaction phenomena occurred in the saturated non-cohesive (or low cohesive) soils during the earthquakes may cause many casualties and damages to humans and properties which may increase the structural damages in the affected areas. It is known that the saturated sandy and silty soils are more susceptible to liquefaction in the areas where the groundwater level is close to the ground surface with high seismicity zones. However, in this type of soils, factor of safety (F_v) against liquefaction of soil can be calculated with some methods performed by the in-situ test data such as standart penetration test (SPT) and/or cone penetration test (CPT), representing the ground stiffness, shear wave velocity (V_s) etc., used as inputs. These methodologies using the SPT, CPT and V_s data as inputs can be considered as the empirical methods at which they are open to modification, depending on the increase in the number of data, similar to almost every empirical methods. The data used in the forming of these empirical approaches which were obtained by the earthquakes occurred in the susceptible areas to liquefaction, it is difficult to produce them artificially, at which the scientific value of the data is quite high. These three methods, at which SPT, CPT and V_s data were used as inputs, were defined by some equations to be used in the analyses defined by the boundary curves between presence and non-presence of real liquefaction data. In other words, rather than the analytic approaches (or calculations that takes into account), data based expert opinions were considered while drawing of these curvilinear boundaries.

In this study, after the Chi-Chi earthquake in Taiwan in 1999, where CPT tests were performed and reported by Ku et al. (2004), the database characteristics, belonging to the observed and unobserved liquefaction areas, were used. Normalized conical tip resistance value (qc_{1N}) and cyclic stress ratio ($CSR_{7.5}$) in the CPT-based approach proposed by Robertson ve Wride (1998) were used as input parameters, while the presence (1) and non-presence (0) liquefaction data were the outputs. To achieve the presence (1) and non-presence (0) liquefaction data analytically, considering the qc_{1N} and $CSR_{7.5}$ as inputs, artificial neural network learning method, successfully applied in the earth sciences in recent years, has been used. Following the learning stage, possible combinations of qc_{1N} and $CSR_{7.5}$ in the CPT-based chart were used as the inputs in the ANN model to calculate the propensity values as the outputs, ranging from 0 to 1, to liquefaction existence or not. Finally, CPT-based liquefaction prediction chart, including all data sets produced by ANN model, was developed.

Keywords: Liquefaction, standart penetration test, cone penetration test, shear wave velocity, artificial neural network

GİRİŞ

Japonya'da 1964 yılında meydana gelen Niigata ve Alaska depremlerinde yaygın olarak gözlenen sıvılaşma olayı pek çok yapısal hasarlara ve can kayıplarına neden olmuş ve sıvılaşma olgusu konusunda günümüze kadar ulaşan sıvılaşma ve sıvılaşmaya bağlı zemin duraysızlıklarına ilişkin çok sayıdaki araştırmaların da başlangıcı olmuştur. Ülkemizde sıvılaşma ile ilişkili yapısal hasarların gözlemlenmesine yönelik bulguların izlendiği bazı depremlerin daha önce de yaşanmasına karşın, 13 Mart 1992 yılında meydana gelen Erzincan depremi ile birlikte sıvılaşma olayı Türkiye'de daha fazla dikkate alınmaya başlanmıştır (Aydan vd., 2000). Buna karşın 1998 Adana-Ceyhan ve hemen bir yıl sonra 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde de zemin sıvılaşması yaygın bir şekilde gözlenmiş ve çok sayıdaki bilimsel çalışmaya da konu olmuştur. 1999 yılın-

da Tayvan'daki Chi-Chi depreminde de yaygın sıvılaşma alanları tespit edilmiş ve deprem sonrasında bu bölgelerde yapılan çalışmalar sonucunda pek çok sıvılaşma verisi raporlanmıştır.

Zemin sıvılaşmasının değerlendirilmesinde dikkate alınan yaklaşımları, (i) jeolojik ölçütler, (ii) jeomorfolojik ölçütler, (iii) zemin kompozisyonu ölçütleri ve (iv) ampirik sıvılaşma analizleri olmak üzere dört başlık altında değerlendirmek mümkündür (Ulusay, 2010). Jeolojik, jeomorfolojik ve zemin kompozisyonuna yönelik değerlendirme ölçütleri sıvılaşmaya yatkınlık yönünden tanımlayıcı yaklaşımlar olup, bu nedenle sadece ön değerlendirme amacıyla kullanılabilirler. Buna karşın, deprem sırasında zeminin dayanımının bir ifadesi olan tekrarlı dayanım oranının (Cyclic Resistance Ratio, CRR) depremin o lokasyonda yarattığı tekrarlı gerilim oranına (Cyclic Stress Ratio, CSR) bölünmesiyle elde edilen sıvılaşma-

ya karşı güvenlik katsayısı (F_L) ise ampirik analiz ölçütü olarak literatürde yerini almış ve yaygın olarak kullanıla gelmiştir.

Bu çalışma kapsamında, CPT deneyi ile elde edilen normalize edilmiş konik uç direncine (q_{c1N}) bağlı olarak CRR'nin belirlendiği Robertson ve Wride (1998) tarafından önerilen abaktaki sıvılaşmanın varlığı (1) ve yokluğu (0) arasındaki ampirik eğrisel sınır çizgisi, son yıllarda yaygın olarak yerbilimleri alanında da kullanılan yapay sinir ağı (Artificial Neural Network, ANN) modellemesi ile belirlenmiştir.

CPT ile SIVILAŞMA ANALİZİ

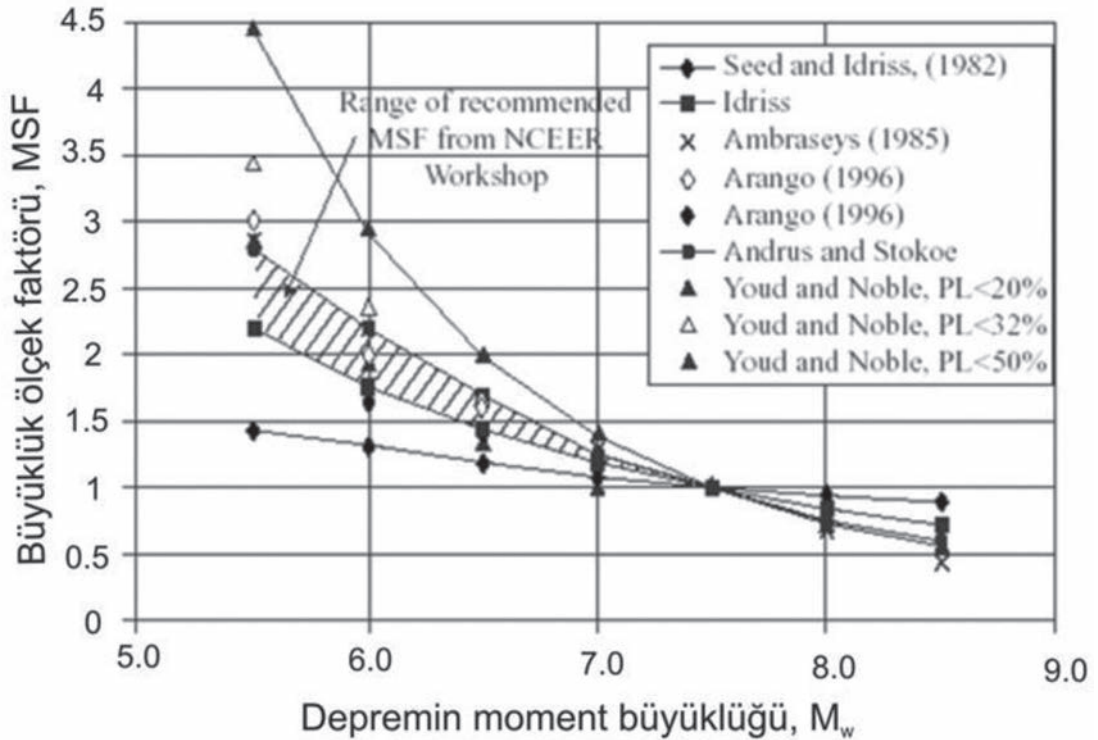
Bu çalışmada CPT deneyinden itibaren sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının hesaplanmasında kullanılmak üzere CRR'nin belirlenmesine yönelik abaktaki sınır çizgileri yapay sinir ağı (ANN) modellemesi kullanılarak geliştirilmiştir. Bu nedenle, makalede bütünlüğün sağlanabilmesi için CPT ile sıvılaşma analizi de literatürde sıklıkla tercih edildiği ve Youd ve Idriss (2001)

tarafından önerildiği şekliyle aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (F_L) bir senaryo deprem sırasında suya doymun toprak zeminde sıvılaşmanın gelişip gelişmeyeceğinin bir ölçüsüdür. Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı zeminin dayanımının bir ifadesi olan tekrarlı dayanım oranının (CRR) depremin analizi yapılan noktada yaratacağı tekrarlı gerilim oranına bölünmesiyle elde edilir (eşitlik (1)).

$$F_L = \frac{CRR}{CRS} \times MSF \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte MSF, deprem büyüklüğü ölçek faktörü olup, 7.5 büyüklüğündeki bir depreme göre elde edilen F_L üzerinde uygulanan bir düzeltmedir. Deprem büyüklüğüne bağlı olarak MSF'nin seçilmesine yönelik bazı araştırmacıların önerileri Şekil 1'de verilmiştir. Seed ve Idriss (1971) tarafından önerilen (2) no.lu eşitlik ortalama değer vermesi yönüyle pratikte



Şekil 1. MSF ile M_w arasında farklı araştırmacıların önerdiği ilişkiler (Youd ve Idriss, 2001).

Figure 1. The relations proposed by different researchers between MSF and M_w (Youd and Idriss, 2001).

MSF'nin seçilmesi için tercih edilebilir. Bu eşitlikte M_w depremin moment büyüklüğüdür.

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (2)$$

Depremin analizi yapılan noktada oluşturacağı tekrarlı gerilim oranı (CSR) ise Seed ve Idriss (1971) tarafından önerilen eşitlik (3) kullanılarak hesaplanabilir.

$$CSR = 0.65 \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \frac{a_{\max}}{g} r_d \quad (3)$$

Yukarıdaki eşitlikte a_{\max} maksimum yatay yer ivmesi, g (gal) yerçekimi ivmesi, r_d zemin kolunun sonsuz rijit olmamasından kaynaklanan bir düzeltmedir. σ_v ve σ'_v ise sırasıyla düşey toplam gerilme ile düşey efektif gerilmedir. Youd ve Idriss (2001) r_d parametresinin derinliğe (z , metre) bağlı olarak eşitlik (4) kullanılarak hesaplanabileceğini Seed ve Idriss (1971)'in çalışmasını dikkate alarak önermektedirler.

$$r_d = \frac{(1.000 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5})}{(1.000 + 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2)} \quad (4)$$

Zeminin deprem sırasındaki dayanımının bir ifadesi olan tekrarlı dayanım oranı (CRR) ise; standart penetrasyon testi (SPT), konik penetrasyon testi (CPT), Becker penetrasyon testi (BPT) veya makaslama dalgası hızı (V_s) gibi saha deneylerinin sonuçları kullanılarak belirlenebildiği gibi özel yöntemlerle alınmış örselenmemiş örnekler üzerinde yapılacak dinamik basit kesme deneyleriyle de belirlenebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı dikkate alınarak CRR'nin belirlenmesine yönelik yöntemler burada verilmiş olup, CPT ile belirlenen normalize edilmiş konik uç direncinden (q_{c1N}) itibaren CRR'nin hesaplanabilmesi için yapay sinir ağı modellenmesi ile hazırlanan abağın geliştirilmesi ise aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuştur.

VERİ TABANININ ÖZELLİKLERİ

CRR'nin CPT deneyiyle belirlenmesinde kullanılan abak, uzman yaklaşımıyla geliştirilmiş ampirik yaklaşımın sonucu oluşturulan bir abaktır. Tüm ampirik modellerde olduğu gibi bu yaklaşım da gelişmeye açık olup, bu çalışmada uzman görüşünden ziyade gerçek veri kullanılarak basit bir ANN mimarisi ile öncelikle öğrenme

aşaması çalıştırılmış ve sonrasında da genellemesi en yüksek öğrenme aşaması kullanılarak q_{c1N} 'den itibaren CRR'nin belirlenmesine yönelik abak hazırlanmıştır.

Tayvan'daki 1999 Chi-Chi depremi sonrasında Yuanlin, Nantou and Wufeng bölgelerinde yaygın bir şekilde zemin sıvılaşmaları gözlenmiştir. Ulusal Deprem Araştırma Merkezi (National Center for Research on Earthquake Engineering, NCREE) tarafından bu bölgelerde ayrıntılı araştırmalar yürütülmüş olup, Yuanlin, Nantou, Wufeng ve the Chang-Bin endüstriyel park bölgelerindeki CPT deneylerinin de yer aldığı veriler Ku vd. (2004) tarafından hazırlanan raporda sunulmuş olup, veri tabanı bu çalışma kapsamında da kullanılmıştır. Chi-Chi depreminde kuvvetli yer hareketleri ölçüm istasyonlarında en büyük yer ivmeleri 121.3 gal ile 774.42 gal arasında ölçülmüştür.

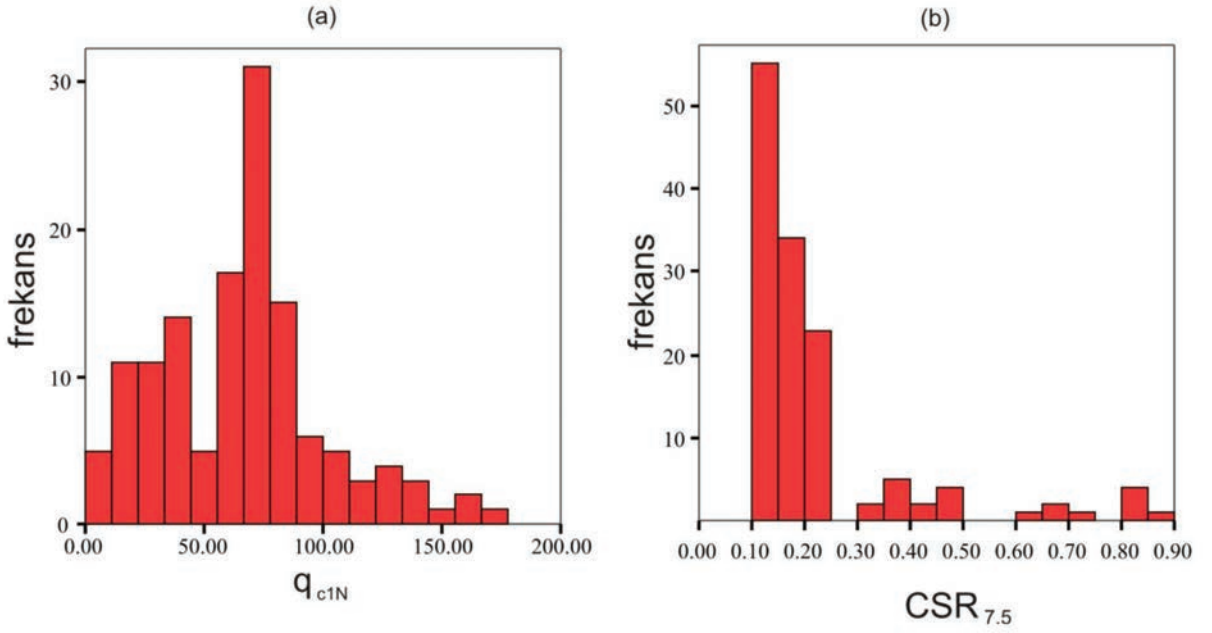
Bu çalışmada girdi parametresi olarak kullanılan q_{c1N} ve $CSR_{7.5}$ istatistiksel dağılımları Şekil 2'de verilmiştir.

CPT TABANLI SIVILAŞMA ABAĞININ ANN İLE ÜRETİLMESİ

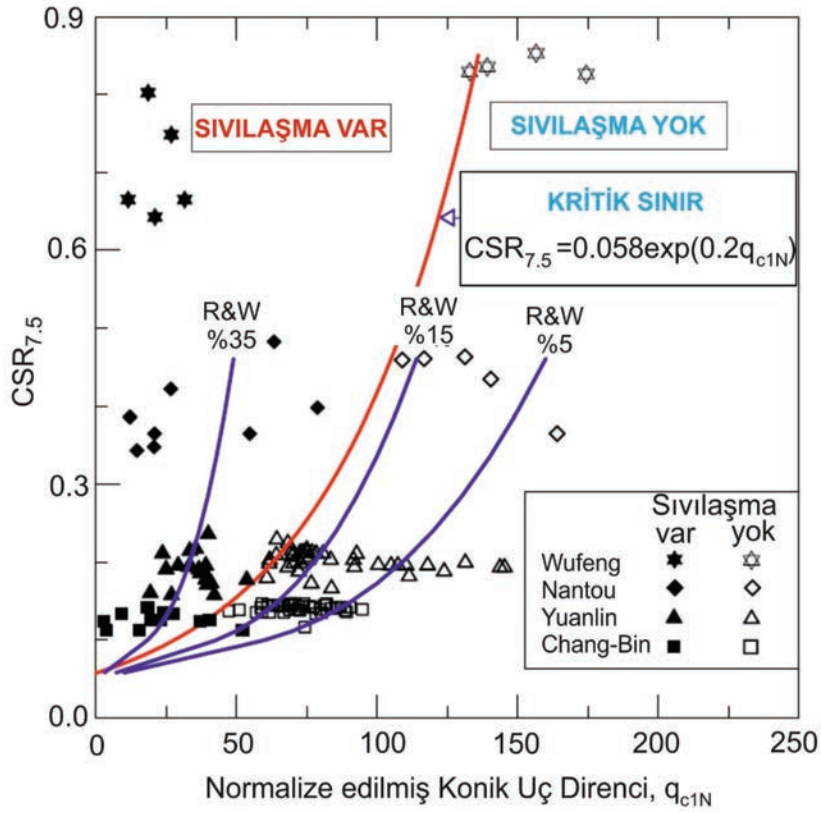
Ku vd. (2004), q_{c1N} ile $CSR_{7.5}$ abağı üzerinde derledikleri verileri sıvılaşmanın varlık (1) ve yokluk (0) değerleriyle birlikte değerlendirmişler ve eşitlik (5)'teki eğrisel ilişkinin kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu eğrisel sınır sıvılaşmanın yokluk (0) bilgisine sahip verilere olabildiğince yakın çizilmiştir (Şekil 3).

Ku vd. (2004), 1999 Chi-Chi depreminden sonra yürütülen kapsamlı araştırmalarla derlenen verileri kullanarak q_{c1N} 'den itibaren sıvılaşma için gerekli sınır $CSR_{7.5}$ değerinin belirlenmesi için kritik sınır eğrisini uzman yaklaşımıyla olabildiğince sıvılaşmanın olmadığı verilere yakın bir şekilde uyarlamışlardır (Şekil 3). Aynı abak üzerinde Robertson ve Wride (1998)'in ince tane oranının %35, %15 ve %5 değerlerine bağlı olarak önerdikleri eğrilerde karşılaştırmalarının yapılabilmesi için verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında tüm veri seti kullanılarak uzman görüşü de dahil hiç bir müdahalede bulunmadan sadece verinin yönlendirmesi dahilinde yapay sinir ağı (ANN) modellenmesiyle



Şekil 2. Veri tabanındaki parametrelerin istatistiksel grafikleri (a) q_{c1N} ve (b) $CSR_{7.5}$.
 Figure 2. Statistical graphs of parameters in the database (a) q_{c1N} ve (b) $CSR_{7.5}$.



Şekil 3. q_{c1N} ile CSR abağı üzerinde 1999 Chi-Chi depreminden sonra derlenen verilerin sivilaşmanın varlık (1) ve yokluk (0) bilgileriyle birlikte sunumu (Ku vd., 2004).
 Figure 3. The presentation of the presence (1) and non-presence (0) liquefaction data collected after the 1999 Chi-Chi earthquake on the q_{c1N} and CSR chart (Ku et al., 2004).

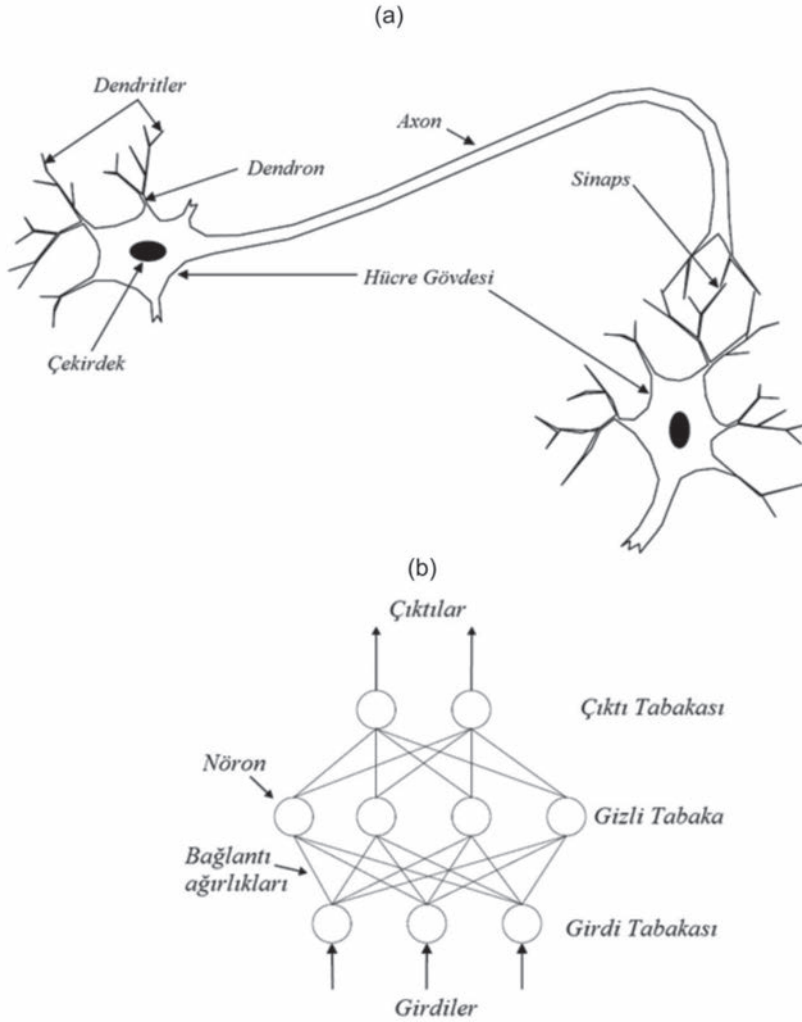
q_{c1N} ile $CSR_{7.5}$ arasındaki ilişki sıvılaşmanın varlığı (1) ve yokluğu (0) şeklinde belirlenmiştir.

Bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi esnek hesaplama araçları son 15 yılda yoğun olarak yerbilimleri alanında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Goh vd., 1995; Shi vd., 1998; Neaupane ve Achet 2004; Lee vd., 2003; Gomez ve Kavzoğlu 2005; Ermini vd., 2005; Yeşilnacar ve Topal 2005; Aksoy ve Ercanoğlu, 2006; Sönmez vd., 2006; Sönmez vd., 2014). Çoğu kez birbirleriyle doğrusal olmayan ilişkilere sahip karmaşık problemlerin çözümünde esnek hesaplama araçları oldukça güçlü yaklaşımlardır. Bununla birlikte, bu araçların kullanımında genelleme kapasitesi yeterince kontrol edilmeden aşırı öğrenme veya sadece veriyi taklit eden so-

nuçlarda elde edilebilmektedir. Bu nedenle esnek hesaplama araçlarının kullanımında sonuçların ve girdi parametreleriyle çıktı parametreleri arasındaki yönelim ilişkilerinin anlamlılığının da dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir.

Yapay Sinir Ağları (ANN), insanoğlunun merkezi sinir sistemine benzer bir şekilde çalışan bir sistemdir. İnsan sinir sisteminin temelini, nöron adı verilen sinir hücreleri oluşturmakta ve nöronlar, dendrit, dentronit, gövde, sinaps ve akson adı verilen beş adet temel bileşenden oluşmaktadır. Biyolojik ve yapay sinir ağlarının yapısı, Şekil 4'de sunulmaktadır.

Aşağıda sözü edilen bileşenleri ve çalışma ilkesini temel alan ANN, farklı disiplinlerde uygula-



Şekil 4. (a) Biyolojik sinir ağı ile (b) yapay sinir ağının karşılaştırılması (Huang ve Wandstedt, 1998).

Figure 4. Comparison of (a) biological neural networks and (b) artificial neural network (Huang and Wandstedt, 1998).

ma alanı bulmakta, özellikle sınıflama ve matematiksel modellemelerde, doğru kullanıldığı takdirde, son derece başarılı sonuçlar üretmektedir. Genel olarak ele alındığında ANN, girdi, gizli ve çıktı tabakalarından oluşan ve aşamalı bir yapıya sahip olup, parametrik ilişkilerin ifade edilmesinde, analizinde ve sınıflandırılmasında son derece kullanışlı bir sistem olarak değerlendirilmektedir (Alvarez Grima, 2000). ANN'nin; dinamik, esnek ve doğrusal olmayan ilişkileri ifade edebilme özelliklerinden dolayı, yazılımsal ve donanımsal gelişmelere de koşut olarak, önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bunun sonucunda da YSA, otomasyon, nükleer enerji, kimya, yerbilimleri, bilgisayar mühendisliği gibi, birbirinden çok farklı disiplinlerde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Huang ve Wanstedt, 1998).

Genel olarak ANN tahmin, sınıflama, veri üretimi vb. amaçlar için kullanılmaktayken, yapılacak çalışmanın amacı ve türüne göre de ağ yapısı ve/veya algoritmalar da değişim gösterebilmektedir. ANN uygulamalarının en önemli aşamasını eğitime aşaması oluşturmaktadır. Eğitime aşamasında, uygulamalarda sıklıkla kullanılan algoritmalara, İleri Beslemeli Geri Yayılımlı (İBGY), Levenberg-Marquardt, Hızlı yayılım algoritmaları örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmada, İBGY eğitime algoritması dikkate alınmıştır. ANN'nin ağırlık değerleri, geri besleme boyunca kabul edilebilir hata sınırına ulaşmaya kadar değiştirilerek, sistem tarafından ayarlanmaktadır.

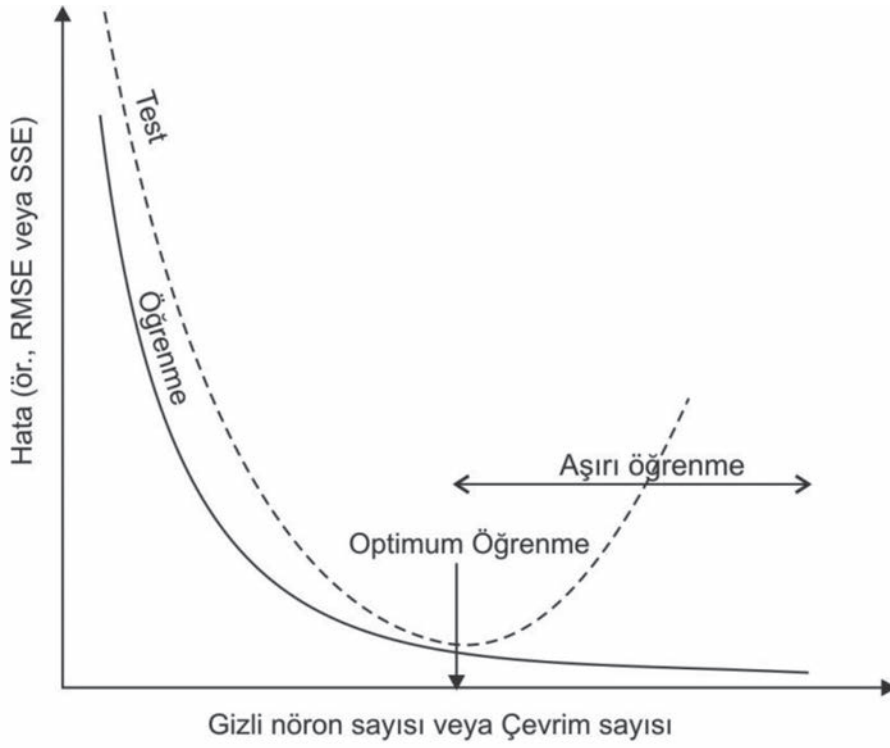
Bu çalışmada kestirim (tahmin) modellemelerinde literatürde de yaygın bir şekilde tercih edilen ileri beslemeli geri yayılımlı yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır (Goh vd., 1995; Shi vd., 1998; Neaupane ve Achet 2004; Lee vd., 2003; Gomez ve Kavzoğlu, 2005; Ercanoğlu, 2005; Ermini vd., 2005; Yeşilnacar ve Topal 2005; Sönmez vd., 2006; Sönmez vd., 2014). Girdi, gizli ve çıktı seviyelerinden oluşan en basit ANN modelinde 1 gizli seviye sayısı kullanılırken, problemin karmaşıklığına da bağlı olarak gizli seviye sayısı artırılabilir. Her seviyede sinirler (neurons) bulunmakta olup, seviyeler arasındaki sinirler birbirlerine ağırlıklı olarak bağlıdır. ANN modelinde diğer bir önemli husus ise gizli seviye(ler)deki sinir (neuron) sayısıdır. Sinir sayısının artırılması modelin kestirim performansını arttırmaktadır.

Bununla birlikte sinir sayısındaki aşırı değerler ise modelin genelleme kapasitesini düşürmekte ve veriye öğrenmeden uzaklaşarak aşırı öğrenmeye, diğer bir ifadeyle verilerinin ezberlenmesine yönelmektedir (Şekil 5).

Kullanılan veri sayısına bağlı olarak ANN modelindeki gizli seviye(ler)de kullanılabilecek sinir sayısının ön görülmesi için bazı sezgisel yaklaşımlarda bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan sıklıkla dikkate alınan bazıları Çizelge 1'de verilmiş olup, iki girdi ve parametresi (q_{c1N} ve $CSR_{7,5}$) ve bir çıktı parametresi (sıvılaştırmanın varlık bilgisi) için gizli seviyelerde kullanılabilecek sinir sayıları da aynı tabloda görülmektedir. Bu çalışma için iki girdi ve bir çıktı parametresiyle yapılandırılacak ANN modelinde sezgisel yaklaşımlara göre gizli seviye(ler)deki toplam sinir hücresi sayısının 2 ile 6 arasında değiştiği görülmektedir.

Bu çalışmada ANN modelinin kestirim performansında aşırılığa gidilmeden genelleme kapasitesinin yüksek olmasına özen gösterilmiş ve gizli seviyede 2 sinir hücresi kullanılarak ANN modeli 2x2x1 mimarisinde yapılandırılmıştır (Şekil 6).

Yapay sinir ağının öğrenme, test ve veri üretimi aşamalarında Dr. H. Sönmez tarafından geliştirilen ANNES isimli ANN yazılımı kullanılmıştır. Girdi ve çıktı parametreleri ANNES yazılımında 0 ile 1 arasında normalize edilerek girilmektedir. Bu nedenle, $CSR_{7,5}$ değerleri 0 ile 1 arasında değiştiği için doğrudan girilirken, q_{c1N} ise en büyük değeri dikkate alınarak 200'e bölünerek 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir. Literatürdeki yaygın kullanım değerleri dikkate alınarak öğrenme katsayısı 0.1 olarak seçilirken, momentum katsayısı ise 0.95 olarak seçilmiştir. Toplam 134 veri setinin %25'i test veri seti (34 adet) olarak rastgele seçilmiş ve geriye kalan %75'i ise öğrenme veri seti (100 adet) olarak kullanılmıştır. ANNES programında öğrenme aşamasındaki durdurma kriteri için en fazla 10000 çevrim ve RMSE (root mean square error) 0.001'in altına inmesi şeklinde iki tanım kullanılmıştır. ANNES programının çalıştırılması sonrasında çevrim sayısına karşılık öğrenme ve test verilerindeki RMSE değerlerinin değişimi Şekil 7'de görülmektedir. Öğrenme verilerinde kestirimdeki hatayı ifade eden RMSE değeri sürekli azalırken, test verilerinde RMSE

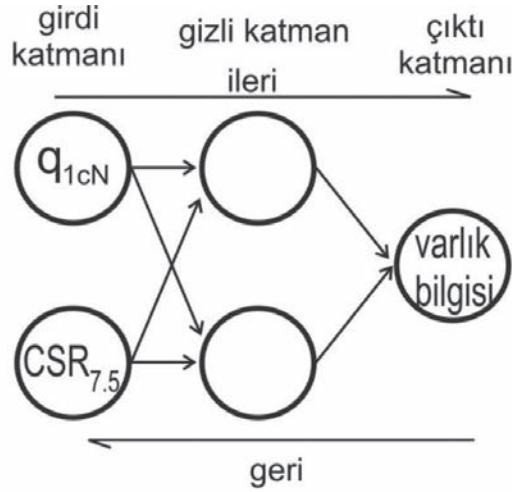


Şekil 5. Eğitim aşamasının sonlandırılması ve optimum ağ mimarisi seçim ölçütü (Basheer ve Hajmeer, 2000).
Figure 5. A criteria for termination of training and selection of optimum network architecture (Basheer and Hajmeer, 2000).

Çizelge 1. Gizli seviyedeki sinir sayısının belirlenmesine yönelik bazı sezgisel yaklaşımlar.
Table 1. Some heuristic approaches to determine the number of neuron in the hidden level.

Sezgisel yaklaşım	Bu çalışma için hesaplanan sinir sayısı	Kaynak
$\leq 2 \times N_i + 1$		Hecht-Nielsen (1987)
$3N_i$	6	Hush (1989)
$(N_i + N_o) / 2$	2	Ripley (1993)
$2N_i / 3$	2	Wang (1994)
$\sqrt{N_i \times N_o}$	2	Masters (1994) Kaastra ve Boyd (1996)
$2N_i$	4	Kannellopoulas ve Wilkinson (1997)

N_i : girdi sinir sayısı ve N_o : çıktı sinir sayısı ($N_i=2$ ve $N_o=1$). Sezgisel ilişkiden çıkan ondalıklı sonuçlar yukarı tam sayıya yuvarlanmıştır.



Şekil 6. Kurgulanan 2x2x1 ANN mimarisi.
Figure 6. Constructed 2x2x1 ANN architecture.

değeri çevrim sayısının ~70 değerine (1. aşama) ulaşmasından sonra artmaya başlamış, çevrim sayısının ~400 değerinden sonra tekrar azalmaya başlamış ve ~2000 (2. aşama) değerinden sonra yine artmaya başlamıştır. Öğrenme verilerinde RMSE'nin sürekli azalması da dikkate alınarak Şekil 7'de 2.aşama olarak işaretlenen çevrim sayısı=2000 optimum öğrenme aşaması olarak seçilmiştir. ANN mimarisinin çevrim sayısı=2000 için öğrenme ve test verilerindeki kestirim performansı Şekil 8'de irdelenmiştir. Şekil 8'den de görüleceği üzere gerek öğrenme ve gerekse test verilerinin önemli çoğunluğunda sivilaşma var (1) olanlar 0.9'dan büyük olarak belirlenirken, sivilaşma yok (0) olanlar ise 0.2'den düşük olarak belirlenmiştir. Sadece bir kaç veri dışında kurgulanan ANN modelinin kestirim performansının yeterli düzeyde genelmeye ulaştığı kabul edilebilir.

Tek gizli katmanda 2 sinir ile 2x2x1 olarak kurgulanan basit ANN modeli yukarıdaki değerlendirmeden de görüleceği üzere yeterli genelleme kapasitesi ile CPT tabanlı sivilaşma varlık ve yokluk sınırının belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu amaçla q_{c1N} 10'dan 200'e kadar 10'ar artırılmış ve $CSR_{7.5}$ ise 0.025'den 0.9'a kadar 0.025'er artırılarak tüm abağı tarayacak şekilde toplam 840 q_{c1N} ve $CSR_{7.5}$ veri çifti hazırlanmıştır (Şekil 9).

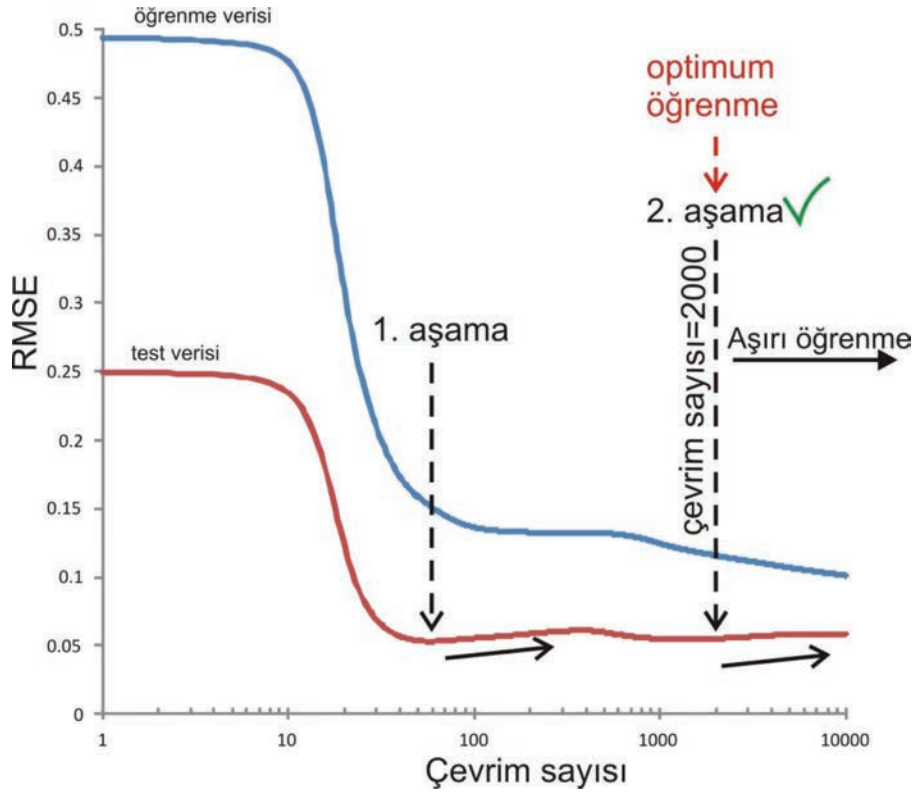
Bu veri çiftleri 2x2x1 ANN modelinin optimum

öğrenme aşamasında (çevrim sayısı=2000) sivilaşma varlık değeri ANNES ile hesaplatılmıştır. Hesaplanan varlık değerleri konturlanarak Ku vd. (2004) tarafından hazırlanan abağın üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 10).

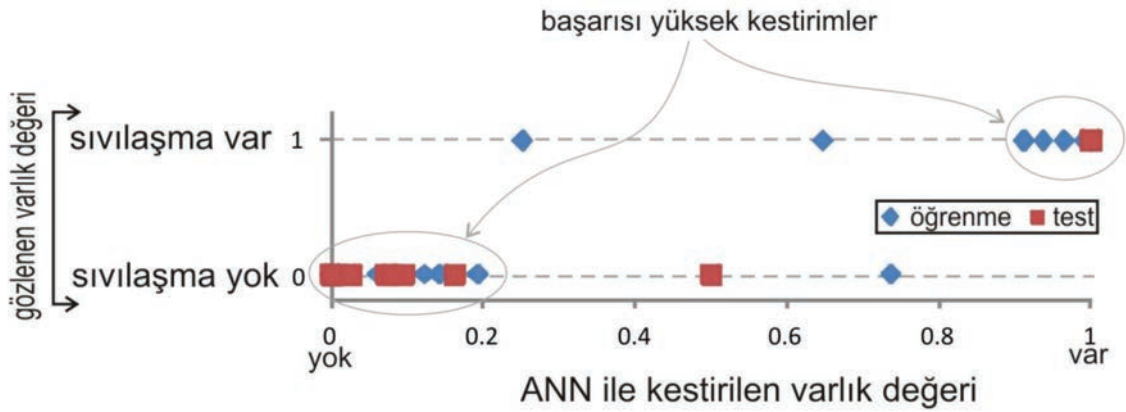
Abağın oluşturulmasında limit denge koşulu dikkate alınarak $CSR_{7.5}$ bağımlı değişken olarak kullanılırken, olası bir deprem senaryosu için $CSR_{7.5}$ Eşitlik 3'ten belirlenmekte abaktaki sınır eğrilerinden ise zeminin tekrarlı yükler altındaki sivilaşmaya karşı gösterebileceği dayanımının bir ölçüsü olan $CRR_{7.5}$ belirlenmektedir. Bu nedenle Şekil 11'de verilen abakta bu eksen $CRR_{7.5}$ olarak gösterilmiştir.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

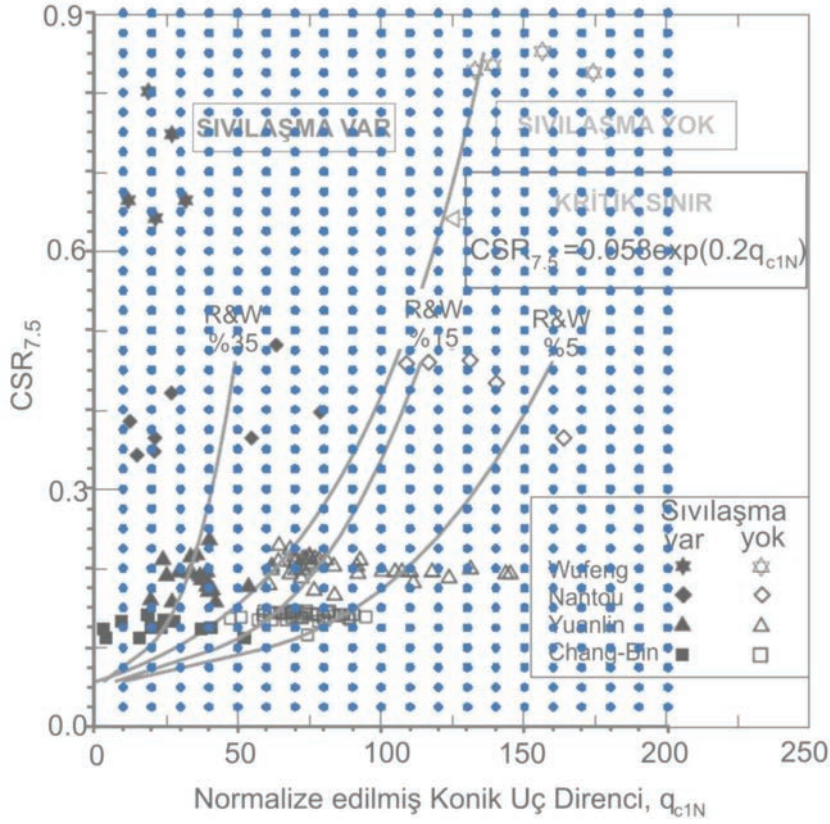
Depremler sırasında suya doygun özellikle kumlu siltli zeminlerde gelişen zemin sivilaşması sivilaşmaya bağlı zemin sorunlarını arttırmakta ve yapısal hasarların artmasına ve can kayıplarına neden olmaktadır. Güvenlik katsayısının hesaplandığı sivilaşma analizlerinde SPT, CPT, kayma dalgası hızı ölçümü gibi saha deneyleri kullanılarak zeminin tekrarlı yükler altındaki sivilaşmaya karşı gösterebileceği dayanımının bir ölçüsü (CRR) kullanılarak olası bir deprem senaryosu için değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu çalışmada, CPT deneyinden itibaren CRR'nin belirlendiği abak 1999 Chi-Chi depremine ait Ku vd. (2004) tarafından raporlanan



Şekil 7. Öğrenme ve test verilerinin kestirimlerinde çevrim sayısına bağlı olarak RMSE değişimleri.
Figure 7. The RMSE changes depending of the number of cycles in the prediction of training and testing data.



Şekil 8. ANN modelinin kestirim performansının değerlendirilmesi.
Figure 8. The evaluation of the prediction performance of the ANN model.



Şekil 9. CPT tabanlı sıvılaşma abağının hazırlanmasında kullanılan veri setinin dağılımı.

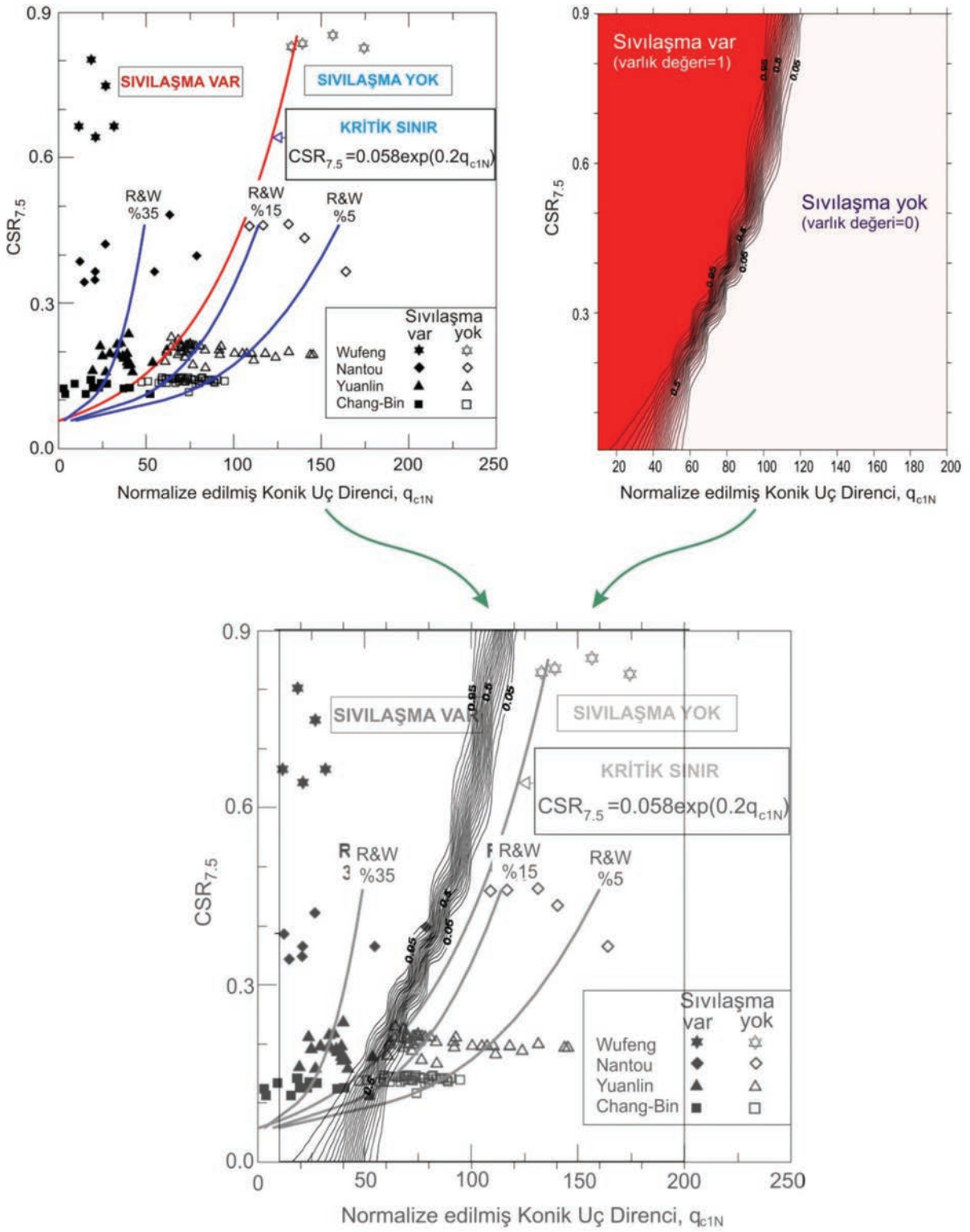
Figure 9. The distribution of the database used for the preparation of CPT-based liquefaction chart.

veriler kullanılarak yapay sinir ağı (ANN) geliştirilmiştir. Zemine ait CRR'nin belirlenmesinde her ne kadar CPT ile belirlenen q_{c1N} karakteristik bir girdi parametresiye de zeminin ince tane oranı, tane şekli gibi özellikleri bazı belirsizlikler yaratabilmektedir. Sıvılaşma analiz abaklarının kullanımında Youd ve Idriss (2001) ve Robertson ve Wride (1998)'de olduğu gibi bu tür parametreler de dikkate alınmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte bu tür belirsizliklerden dolayı olasılık kuramının kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur (Çetin vd., 2002; Çetin ve Ozan, 2009; Kayen vd., 2013). Sonuç olarak, 1999 Chi-Chi depremine ait veriler kullanılarak ANN ile geliştirilen abağın kullanımında da bazı belirsizliklerin değerlendirme sonuçlarına yansımaları beklenen bir durumdur. Bu nedenle bu etkilerin güvenlik

katsayısının seçiminde dikkate alınması yerinde olacaktır.

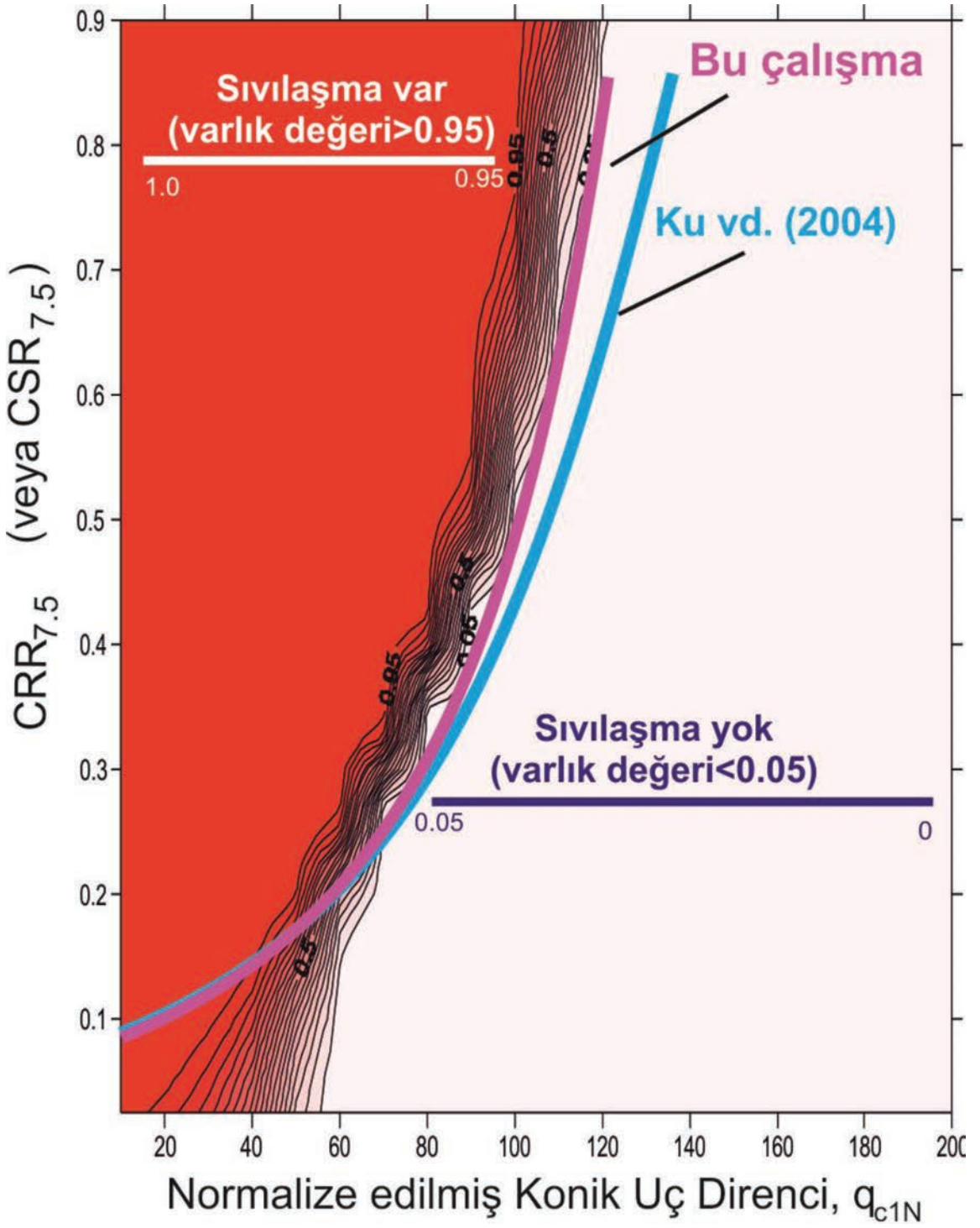
Şekil 11'deki abak kullanılarak $M_w=7.5$ büyüklüğündeki bir deprem sırasında sıvılaşma analizi yapılan zeminin çevrimsel dayanım oranı ($CRR_{7.5}$) normalize edilmiş konik uç direnci için belirlenebilmektedir. Uygulama pratiğinin de sağlanabilmesi amacıyla q_{c1N} ile $CRR_{7.5}$ arasında sıvılaşmanın varlık ve yokluk sınırı için belirlenen eğrisel ilişki formülize edilmiş ve eşitlik 5'te verilmiştir.

$$CRR_{7.5} = \frac{1.1145 - \left[\frac{10\pi - (10\pi)^{\left(\frac{0.8333q_{c1N}}{100} \right)}}{(10\pi - 1)} \right]}{1.3473} \quad (q_{c1N} < 120) \quad (5)$$



Şekil 10. ANN ile hesaplanan varlık (1) verisine göre konturlanmış CPT tabanlı sıvılaşma abağı ve Ku vd. (2004)'nin abak üzerindeki durumu.

Figure 10. The CPT-based liquefaction chart contoured with the presence (1) data calculated by ANN and the status of Ku et al. (2004) on the chart.



Şekil 11. Çalışma kapsamında 1999 Chi-Chi depremi verileri kullanılarak ANN ile geliştirilen CPT tabanlı sıvılaşma abağı.

Figure 11. CPT-based liquefaction chart developed by ANN using 1999 Chi-Chi earthquake data.

KATKI BELİRTME

Yazarlar 1999 Chi-Chi depremine ait sıvılaşma ve CPT verilerinin kullanımına izin veren Prof. Dr. C. Hsein Juang'a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Aksoy, H., ve Ercanoğlu, M., 2006. Determination of the rockfall source in an urban settlement area by using a rule-based fuzzy evaluation, *Natural Hazards and Earth System Science*, 6, 941-954.
- Alvarez Grima, M., 2000. Neuro-fuzzy Modelling in Engineering Geology, Balkema, Rotterdam, 244p.
- Ambraseys, N., 1985. Intensity-attenuation and magnitude-intensity relationships for northwest European earthquakes. *Journal of Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 3, 733-778.
- Andrus, R. D., ve Stokoe, K. H., 2000. Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 126, 11, 1015-1025.
- Arango, I., 1996. Magnitude scaling factors for soil liquefaction evaluations, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 122, 11, 929-936.
- Aydan, Ö., Ulusay, R., Kumsar, H. ve Tuncay, E., 2000. Site investigation and engineering evaluation of the Düzce-Bolu Earthquake of November 12, 1999, Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR 095-51, 307.
- Basheer, I.A., ve Hajmeer, M., 2000. Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application, *Journal of Microbiological Methods*, 43, 3-31.
- Çetin, K.Ö., Der Kiureghian, A., ve Seed, R.B., 2002. Probabilistic models for the initiation of seismic soil liquefaction, *Structural Safety*, 24, 67-82.
- Çetin, K.Ö. ve Ozan, C., 2009. CPT-Based Probabilistic Soil Characterization and Classification, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135, 1, 84-107.
- Ercanoğlu, M., 2005. Landslide susceptibility assessment of SE Bartın (West Black Sea Region, Turkey) by artificial neural networks, *Natural Hazards and Earth System Science*, 5, 979-992.
- Ermini, L., Catani, F., ve Casagli, N., 2005. Artificial Neural Networks applied to landslide susceptibility assessment, *Geomorphology*, 66, 327-343.
- Goh, A.T.C., Wong, K.S., ve Broms, B.B., 1995. Estimation of lateral wall movements in braced excavations using neural networks, *Can Geotechnical Journal*, 32, 1059-1064.
- Gomez, H., ve Kavzoğlu, T., 2005. Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela, *Engineering Geology*, 78, 11-27.
- Hecht-Nielsen, R., 1987. Kolmogorov's mapping neural network existence theorem, *Proceedings of the First IEEE International Conference on Neural Networks*, USA, 11-14.
- Huang, Y., ve Wanstedt, S., 1998. Application of Kalman learning algorithm multilayer neural network to estimates of ore grades, *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 12, 19-27.
- Hush, D.R., 1989. Classification with neural networks: a performance analysis, *Proc. of the IEEE International Conference on Systems Engineering*, USA, 277-280.
- Kaastra, I., ve Boyd, M., 1996. Designing a neural network for forecasting financial and economic time series, *Neurocomputing*, 10, 3, 215-236.
- Kanellopoulos, I., ve Wilkinson, G.G., 1997. Strategies and best practice for neural network image classification, *International Journal of Remote Sensing*, 18, 711-725.
- Kayen, R., Moss, R.E.S., Thompson, E.M., Seed, R.B., Çetin, K.Ö., Der Kiureghian, A., Tanaka, Y., ve Tokimatsu, K., 2013. Shear-Wave Velocity-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of

- Seismic Soil Liquefaction Potential, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 140,4, 07014006.
- Ku, C.S., Lee, D.H., ve Wu, J.H., 2004. Evaluation of soil liquefaction in the Chi-Chi, Taiwan earthquake using CPT, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 24, 9-10, 659-673.
- Lee, S., Ryu, J.H., Lee, M.J., ve Won, J.S., 2003. Use of an artificial neural network for analysis of the susceptibility to landslides at Boun, Korea, *Environmental Geology*, 44, 820-833.
- Masters, T., 1994. *Practical Neural Network Recipes in C++*, Academic Press, ISBN 0-12-479040-2.
- Neaupane, K.M., ve Achet, S.H., 2004. Use of backpropagation neural network for landslide monitoring: a case study in the higher Himalaya, *Engineering Geology*, 74, 213-236.
- Ripley, B.D., 1993. Statistical aspects of neural networks, In: Barndoff-Neilsen OE, Jensen JL, Kendall WS (Eds.), *Networks and Chaos-Statistical and Probabilistic Aspects*, Chapman&Hall, London, 40-123.
- Robertson, P.K., ve Wride, C.E., 1998. Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using the Cone Penetration Test, *Canadian Geotechnical Journal*, 35, 442-459.
- Seed, H.B., ve Idriss, I.M., 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 97, 9, 1249-1273.
- Seed, H. B., ve Idriss, I. M., 1982. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes, *Earthquake Engineering Research Institute Monograph*, Oakland, California.
- Shi, J., Ortiago, J.A.R., ve Bai, J., 1998. Modular neural networks for predicting settlements during tunnelling, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. ASCE, 124, 5, 389-394.
- Sönmez, H., Gökçeoğlu C., Medley, E.W., Tunçay, E., ve Nefeslioglu, H.A., 2006. Estimating the uniaxial compressive strength of a volcanic "bimrock", *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 43, 554-561.
- Sönmez, H., Coşkun, A., Ercanoğlu, M., Türer, D., Kasapoğlu, K.E., ve Tunusluoğlu, C., 2014. Artificial Neural Network (ANN) Based Model for Predicting of Overall Strength of Volcanic Bimrock, *Proc ISRM European Rock Mechanics Symposium, EUROCK 2014, Spain*, 83-87.
- Ulusay, R., 2010. *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, No: 38, Ankara.
- Wang, C., 1994. A theory of generalization in learning machines with neural application, PhD Thesis, The University of Pennsylvania, USA.
- Yeşilnacar, E.K., ve Topal, T., 2005. Landslide Susceptibility Mapping: comparison between logistic regression and neural networks in a medium scale study, Hendek region TURKEY, *Engineering Geology*, 79, 251-266.
- Youd, T.L., ve Idriss, I.M., 2001. Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 127, 4, 297-313.
- Youd, T. L., ve Noble, S. K., 1997. Liquefaction criteria based on statistical and probabilistic analyses, *Proceedings, NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, National Centre for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo*, 201-215.

Karçal Dağları'nda Kaya Buzulu Oluşumları

Formations of Rock Glaciers in Karçal Mountains

VOLKAN DEDE^{1*}, İHSAN ÇİÇEK², LEVENT UNCU¹

¹ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 11230, Bilecik.

² Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 06100, Sıhhiye, Ankara.

Geliş (received) : 05 Temmuz (July) 2015

Kabul (accepted) : 04 Ağustos (August) 2015

ÖZ

Soğuk iklim koşullarının hüküm sürdüğü yüksek dağlık alanlarda, periglasyal şekiller yaygın olarak bulunmaktadır. Kuzeydoğu Anadolu'da, Artvin il sınırları içerisinde yer alan Karçal Dağları, Doğu Karadeniz Dağları'ndan Çoruh Nehri ile ayrılan kütleli bir yapı göstermektedir. Karadeniz kıyılarına kuş uçuşu yaklaşık 40 km uzaklıkta bulunan alan, yer yer 3000 m'yi aşan doruklara sahiptir. Bu özelliğinden dolayı, buzul çağları sırasında Karçal Dağları'nın doruklarında, buzullar gelişme imkânı bulmuştur. Bunları çevreleyen alanlarda ise periglasyal şekiller oluşmuştur. Bu alanda rastlanan periglasyal şekillerin en önemlisi Karçal kaya buzullarıdır.

Bu çalışma, Karçal Dağları'nda ilk defa tanımlanan beş adet kaya buzulunun coğrafik özelliklerinin tanıtılmasını amaçlamaktadır. Bunlar; Çamdalı, Karçal, Sakız, Yamukdiken ve Ziyaret kaya buzullarıdır. Toplam olarak 0.78 km² alana ve asgari 2.800 m'ye kadar inen dile sahip kaya buzulları içerisinde; Karçal ile Ziyaret kaya buzullarının permafrost etkilerle oluşum gösterdiği ve aktif olmadığı, Çamdalı, Sakız ve Yamukdiken kaya buzullarının ise buzul etkisi ile oluştuğu ve aktif olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karçal dağları, Şavşat, Artvin, Kuzeydoğu Anadolu, periglasyal jeomorfoloji, kaya buzulları.

ABSTRACT

Periglacial shapes form as a result of cold climatic conditions around glaciers. They are widely seen in high mountainous areas. Karçal Mountains are located in Artvin at the North-Eastern Anatolia. It has a mass structure separated from Eastern Black Sea Mountains with the Çoruh River. The mountain chain is approximately 40 km away from the Black Sea. It has summits that partly exceed 3000 m above sea level. As a result of this characteristic, glaciers had the opportunity to developed in the summits in Karçal Mountains during the glacial times. Periglacial shapes were formed in the areas surrounding the glaciers. The most significant of the periglacial shapes encountered here are the Karçal rock glaciers.

This study aims to present five rock glaciers that mapped in Karçal Mountains and assess them according to their geographic properties. These are Çamdalı, Karçal, Sakız, Yamukdiken and Ziyaret rock glaciers and cover 0.78 km² and their minimum tongue elevation is 2.800 m. While Karçal and Ziyaret rock glaciers were formed as a result of permafrost effects and are non-active, Çamdalı, Sakız and Yamukdiken rock glaciers were formed as a result of glacier effect and are active.

Keywords: Karçal mountains, Şavşat, Artvin, Northeastern Anatolia, periglacial geomorphology, rock glaciers.

* V. Dede

e-posta: volkan.dede@bilecik.edu.tr

GİRİŞ

Kaya buzulları farklı iklim bölgelerinde rastlanılabilen en geniş yayılış alanına sahip periglasyal şekillerdendir. Yüksekliğe bağlı olarak tropikal kuşakta And Dağları üzerinde yaygın olarak görülen kaya buzulları, ılıman kuşakta Alp Kıvrım Dağları kuşağında gözlenir. Kutup kuşağında ise alçak dağların üzerinde denize yakın seviyelerde kaya buzullarına rastlanır. Kaya buzullarının incelenmesiyle, jeolojik geçmiş ve paleoiklim hakkında pek çok ve önemli bilgiler elde edilebilmektedir (Humlum, 1998).

Kaya buzullarının tanımı zaman içerisinde değişiklikler geçirmiştir. Kaya buzulları; dil şeklinli gövdelere sahip (Wahrhaftig ve Cox, 1959), uzunlukları genişliklerinden fazla olan (Martin ve Whalley, 1987), vadi tabanlarında oluşum gösteren (Outcalt ve Benedict, 1965), dil kesimlerinde keskin dikliklerin bulunduğu (Hamilton ve Whalley, 1995) şekiller olarak belirtilmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında kaya buzulları; aktivitesini günümüzde de sürdüren veya tamamen yitirmiş olan, kayaların derinliklerinde buz çekirdeği içeren, yamaç döküntüleri ile moren depolarının karışımından meydana gelmiş periglasyal bölgelere özgü oluşumlardır (Çalışkan, 2015).

Kaya buzulları oluşum mekanizmaları, jeomorfolojik özellikleri, konumları ve hareket durumlarına göre farklı sınıflara ayrılırlar. Kaya buzullarının oluşum mekanizması hakkında iki farklı görüş vardır. Wahrhaftig ve Cox (1959) tarafından ortaya atılan birinci görüş “permafrost sürünme” (*permafrost creep*) modeli olarak adlandırılır ve kaya buzullarının, bloklar arasındaki boşluklarda bulunan permafrostun donma-çözülme olaylarına bağlı olarak harekete geçmesi sonucunda oluştuğunu ileri sürer. Potter (1972) tarafından ileri sürülen ikinci görüş ise “buz çekirdekli kaya

buzulu” (*glacial cores of rock glacier*) modeli olarak bilinir ve kaya buzullarının buz çekirdeği etkisiyle geliştiğini savunur (Whalley ve Martin, 1992).

Kaya buzulları jeomorfolojik özelliklerine göre; lob şekilli ya da dil şekilli olarak ikiye ayrılmıştır (Giardino ve Vick, 1987). Hareketliliği esas alındığında; aktif, aktif olmayan ve kalıntı olmak üzere üç bölümde incelenmektedir (Martin ve Whalley, 1987; Barsch, 1996). Kaya buzullarının bir diğer ayrımı da buldukları yere göre yapılmakta olup buna göre vadi içindeki konumları gözetilerek, vadi tabanı ve vadi yamacı olmak üzere ikiye ayrılırlar (Outcalt ve Benedict, 1965) (Çizelge 1).

Anadolu üzerine gerçekleştirilen periglasyal çalışmalar 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren başlamaktadır. Bu çalışmalar çoğunlukla Kuzey Anadolu ile Toros sıradağlarının yüksek kesimleri ve Anadolu’daki tek dağlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunların pek çoğunun asıl amacı Pleyistosen buzullaşma alanlarının jeomorfolojisi olup, ilgili çalışmalar sırasında saptanan periglasyal şekiller ile ilişkilidir. Çalışmaların pek çoğu taş halkaları, girland taraçaları, köşeli topraklar, nivasyon sirkleri gibi küçük ölçekli periglasyal şekiller ile ilgilidir (Erinç, 1955, 1957; Bilgin, 1960, 1969, 1972; Erinç vd., 1961; Planhol ve Bilgin, 1961; Arpat ve Özgül, 1972; Atalay, 1984; Sayhan, 1999; Altın, 2003 ve 2006; Türkeş ve Öztürk, 2008, 2011; Biricik, 2010; Öztürk, 2012).

Anadolu’da kaya buzullarına Doğu Karadeniz Dağları, İhtiyar Şahap Dağları, Esence (Keşiş) Dağları, Mercan Dağları, Erciyes Dağı gibi yüksek dağlık alanlarda rastlanılmaktadır (Sarıkaya, 2011; Sarıkaya vd., 2014). Anadolu’da kaya buzullarını doğrudan konu edinen çalışmalar bulunmakta ve az sayıdadır. Bu çalışmalardan

Çizelge 1. Kaya buzullarının sınıflandırılması.

Table 1. Classification of rock glaciers.

Oluşum Modeli	Biçim	Aktivite	Konum
1- Permafrost	1- Lob Şekilli	1- Aktif	1- Vadi Tabanı
2- Buz Çekirdekli	2- Dil Şekilli	2- Aktif Olmayan	2- Vadi Yamacı
		3- Kalıntı	

ilkinde Arpat ve Özgül (1972) tarafından Orta Toroslarda, Geyik Dağı'nda 2050 m yükseltinin üzerindeki tümseksi morenler, kaya buzulu olarak yanlış tanımlanmıştır. Geyik Dağı'nda tanımlanan kaya buzullarının gerçekte tümseksi morenler olduğu Çiner vd. (1999) tarafından öne sürülmüş, daha sonra ise kozmojenik izotoplar aracılığı ile yapılan yaş tayinleri sonucu ispatlanmıştır (Çiner vd., 2015). Sarkaya (2011) ile Sarıkaya ve Tekeli (2014) tarafından uydu görüntüleri vasıtasıyla kaya buzulları ile ilgili morfometrik ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmalarda Karçal Dağları'ndaki kaya buzullarına da değinilmiştir.

Karçal Dağlarına ait genel veriler yabancı ve yerli araştırmacılar tarafından belgelenmiştir (Rickmer-Rickmers, 1934; Gürgen ve Yeşilyurt, 2012).

Rickmer-Rickmers (1934)'in "*Lazistan and Ajaristan*" adlı makalesinde Küçük Kafkaslarda Acaristan bölgesinin en yüksek kütlesini (3.800 m) Doğu Karadeniz Dağlarının bir parçası olan Karçal Dağları'nın oluşturduğunu söylemektedir. Ayrıca Doğu Karadeniz Dağları üzerinde 3 büyük buzuldan birinin Karçal Dağları'nda olduğunu, diğerlerinin ise Kaçkar Dağlarında yer aldığını belirtmiştir.

Gürgen ve Yeşilyurt (2012)'un "*Karçal Dağı Buzulları (Artvin)*" isimli çalışmalarında güncel buzullar, döküntüyle örtülü buzullar, buzul vadileri ve sirkler hakkında bilgi vermişlerdir. Bu çalışmaya göre, güncel buzulların bir kısmı çıplak halde iken bir kısmı ise döküntü ile kaplı durumdadır. Döküntü malzemesi ile güncel buzulun irtibatının kesildiği yerde kaya buzulu oluşumları başlamaktadır. Kaya buzulları jeomorfoloji haritasında belirtilmiş ancak ayrıntılı olarak değerlendirilmemiştir.

Bu çalışmada ele alınan Karçal Dağları; Karadeniz Bölgesi'nin, Doğu Karadeniz Bölümü'nde, Artvin'in kuzeyinde, Şavşat ile Borçka ilçeleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanı yaklaşık olarak 41° 19' ile 41° 22' kuzey enlemleri ve 41° 58' ile 42° 2' doğu boylamları arasında güneybatı-kuzeydoğu yönünde bir uzanış göstermektedir (Şekil 1). Doğu Karadeniz Dağları, en yüksek doruğu olan Kaçkar Dağı'ndan (3.932 m) doğuya doğru alçalarak devam eder ve Çoruh Vadisi'nin doğusunda tekrar hızla yükselerek Karçal Dağı'nda 3.431 m'ye ulaşılır.

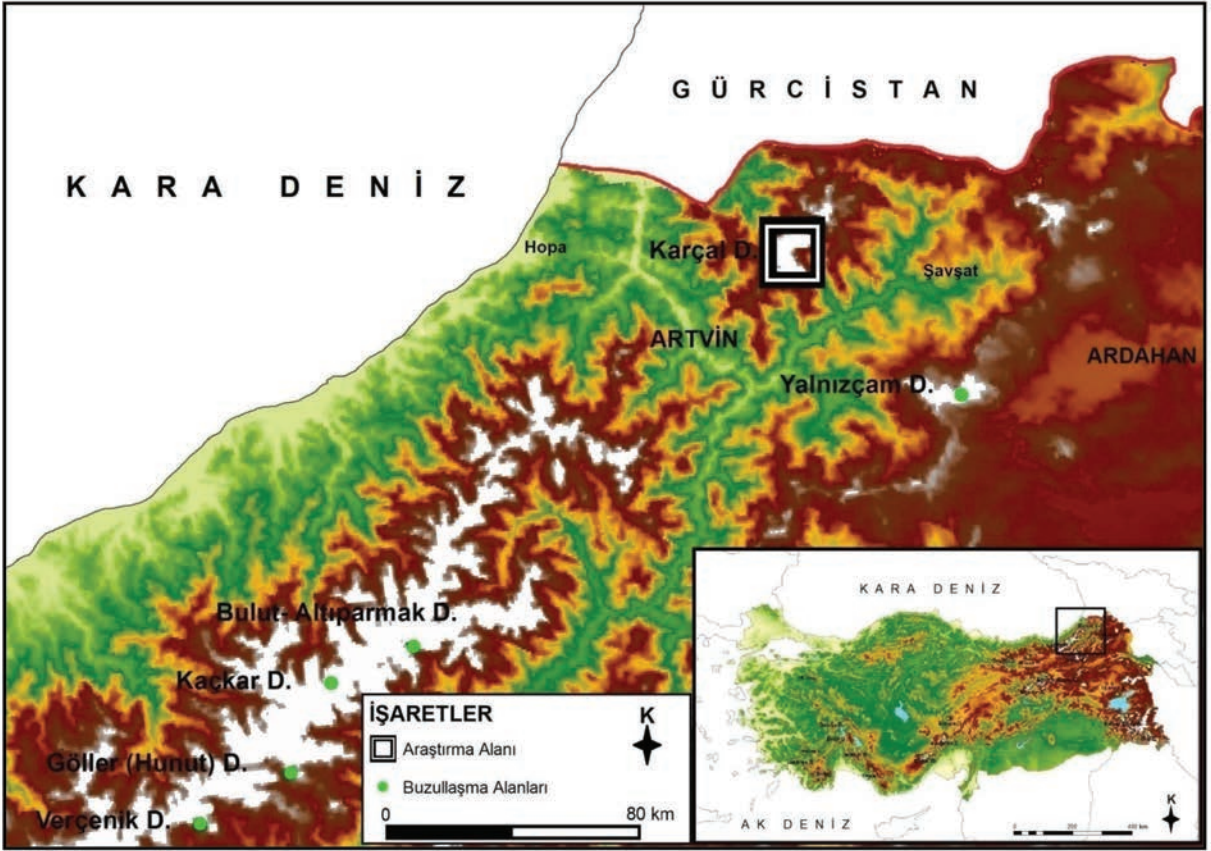
Bu çalışma ile Karçal Dağları üzerinde saptanan beş kaya buzulunun yapısal özelliklerinin belirlenmesi ile jeomorfolojik gelişiminin tespit edilmesi amaçlanmakta ve bu şekilde Anadolu periglasyal çalışmalarına katkı sağlanması hedeflenmektedir.

YÖNTEM

Karçal Dağları'ndaki kaya buzullarının alanının sınırlandırılması ve haritalarının hazırlanması çalışmanın ilk evresini oluşturmuştur. Harita çalışmaları Arc GIS 10.0 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu bağlamda 1/25.000 ölçekli Artvin F47-b3 ve Ardahan F48-a4 paftaları temin edilerek sayısallaştırılmıştır. Elde edilen topoğrafya haritası üzerine 1/100.000 ölçekli Artvin F-47 ve Ardahan F-48 jeoloji paftaları işlenmiştir. 2013 ve 2014 yılları Ağustos ayında yapılan arazi çalışmalarında kaya buzullarının yapısına ait yerinde jeomorfolojik gözlemler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen gözlemler esas alınarak alanın jeomorfoloji haritası oluşturulmuştur. Kaya buzullarının iklim şartları ile ilgisinin ortaya konulması amacıyla; 1973-2014 yılları arasını kapsayan Artvin Meteoroloji İstasyonunun yağış ve sıcaklık verileri çalışma alanına enterpolasyon metodu ile uyarlanmıştır. Arazi çalışması esnasında buzul ile kaya buzulları arasındaki sıcaklık farkının ortaya konulması amacıyla, termal kamera aracılığıyla termal fotoğraflar çekilmiştir. Kaya buzullarından sadece birine ait termal görüntüler örnek amaçlı kullanılmıştır. Çalışmada kaya buzulları, jeomorfolojik özellikleri dikkate alınarak, permafrost sürünme oluşum modeli ve buz çekirdekli kaya buzulu oluşum modeli olmak üzere iki bölümde incelenmiştir.

BÖLGESEL JEOLojİ ve FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

Kaya buzulları açısından ele alınan Karçal Dağları'nın bu kesimi, 1.500 m yükseltilerden başlayarak 3.400 m yükseltilere kadar devam etmektedir. Kabaca kuzey-güney doğrultuda uzanış gösteren sırtlar üzerinde; alanın en yüksek tepelerinden olan Karçal Tepesi (3.431 m) ile Göl Tepe (3.255 m) bulunmaktadır. Alanın kuzeydoğusunda bir diğer yüksek zirve olan Ziyaret Tepesi (3.200 m) yer almaktadır. Yörenin en büyük akarsuyu, doruklar üzerinden

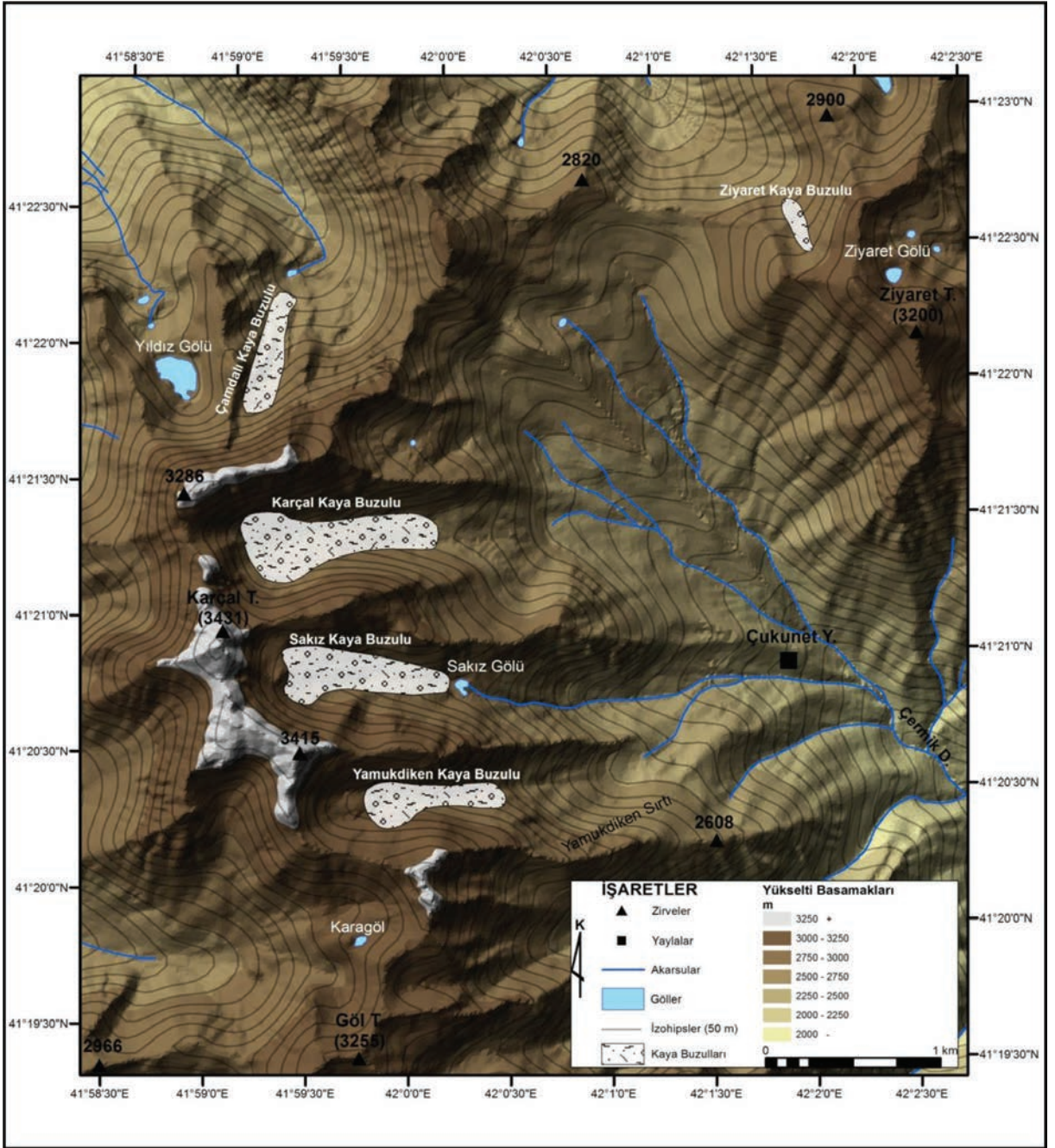


Şekil 1. Karçal Dağları'nın yer bulduru haritası.
Figure 1. Location map of the Karçal Mountains.

geçen su bölümü çizgisinin doğusunda yer alan Çermik Deresi olup güneydoğu yönünde akış göstermektedir. Su bölümü çizgisinin batı bölümünde yer alan akarsular ise batı yönünde akmaktadır (Şekil 2).

Karçal Dağları'nda jeolojik yapı; Jura'dan başlayarak Kuvaterner'e kadar süren bir zaman diliminde oluşmuştur (Şekil 3). Alanın temelini Jura yaşlı formasyonlar oluşturmaktadır. Temeli meydana getiren kayalar metadiyabaz, metakumtaşı ve metasilttaşından oluşmaktadır. İnceleme alanının güneydoğusunda Çermik Deresi ve çevresinde yüzeylenmektedir. Jura yaşlı formasyonların üzerine Kretase yaşlı formasyonlar örtmektedir (Yılmaz vd., 1997). Bunlar alanın doğusunda ve güneybatısında yer almaktadır. Alanın güneybatısını oluşturan birim Göl Tepe'nin batısında bulunmaktadır. Yapı andezit, bazalt, lav ve piroklastlarından oluşmaktadır. Kretase yaşlı son birim ise Karçal Tepesi ile Göl Tepe'nin batısında ince bir damar

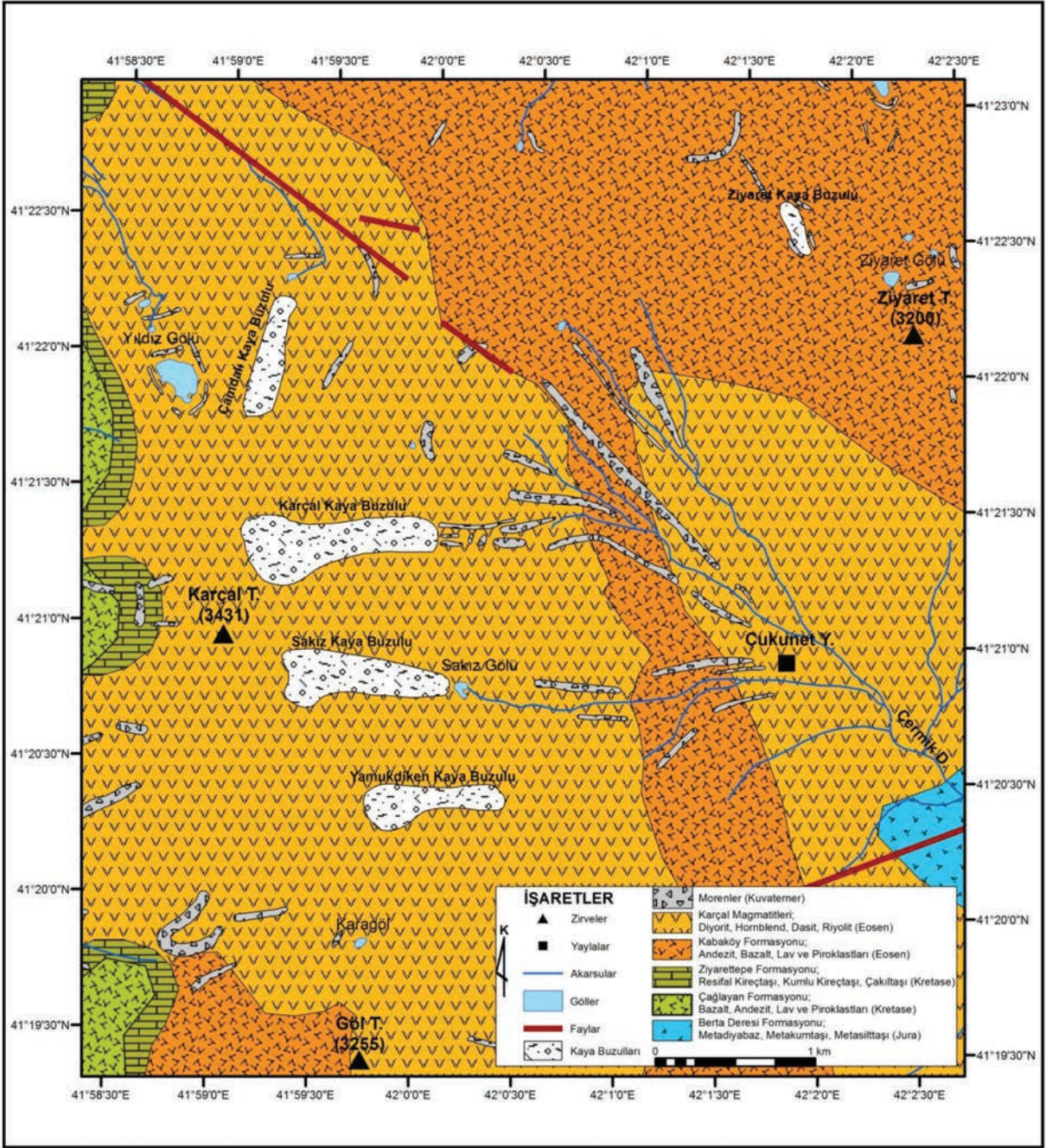
halinde uzanan resifal kireçtaşı, kumlu kireçtaşıdır. Kretase yaşlı formasyonları takiben alanın çok büyük bir bölümünde Eosen yaşlı formasyonlar yüzeylenmektedir. Genel olarak volkanitlerden oluşan yapı Eosen içerisindeki oluşum yaşı ve litolojik farklılık nedeniyle birbirlerinden ayrılmaktadır. Eosen yaşlı oluşum gösteren ilk birim andezit, bazalt, lav ve piroklastlarından oluşmaktadır (Keskin, 2013). Yapı Göl Tepe'nin güney ve doğusunda, Çukunet yaylasının batısında yer almaktadır. Eosen yaşlı son birim ise diyorit, dasit ve riyoitten meydana gelmektedir. Birim Karçal Tepesi ile Göl Tepe'nin doğusunda; Çukunet yaylasının güneyinde yer almaktadır (Yılmaz vd., 1997). Eosen yaşlı formasyonları takiben bölgedeki en genç oluşumlar Kuvaterner yaşlı morenlerdir. Morenler buzul vadilerinin tabanlarında yer almakta ve genel olarak Çukunet yaylası batısı, Ziyaret Tepe kuzeyi, Yıldız Gölü civarı, Karagöl'ün batısında görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Karçal Dağları'nın topoğrafya haritası ve kaya buzullarının konumları.
Figure 2. Topographic map of the Karçal Mountains and locations of rock glaciers.

Kaya buzulları Eosen yaşlı volkanitlerden oluşmuşlardır. Volkanitler zirve bölümlerini oluşturmakla beraber çok geniş alan kaplamaktadır. Çatlaklı ve fiziksel ufalanmaya karşı daha az dirençli olan yapısı ile volkanitler; donma çözülme olaylarından daha fazla etkilenecek kaya buzullarının jeomorfolojik gelişimini hızlandırmıştır (Şekil 3).

Karçal Dağları'nda büyük bir kısmı erimiş olmakla birlikte güncel buzullar da bulunmaktadır. Jeomorfolojik özellikler açısından alanda çoğunlukla doğu-batı doğrultusunda uzanış gösteren buzul vadilerinin varlığı dikkat çekmektedir. Farklı buzul vadilerinin tabanlarında beş adet kaya buzulu yer almaktadır.



Şekil 3. Karçal Dağları'nın jeoloji haritası (1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından değiştirilmiştir, MTA 2013).

Figure 3. Geological map of the Karçal Mountains (Modified from geological map scale of 1/100.000, MTA 2013).

Bunlar; Çamdalı, Karçal, Sakız, Yamukdiken ve Ziyaret kaya buzullarıdır. Buzul vadilerinin tabanlarında taban morenleri ve yan morenler yer almaktadır (Şekil 4). Kaya buzulları içerisinde aktif olanları eğim doğrultusunda loblar şeklinde doğuya ve kuzeye doğru akış halindedir.

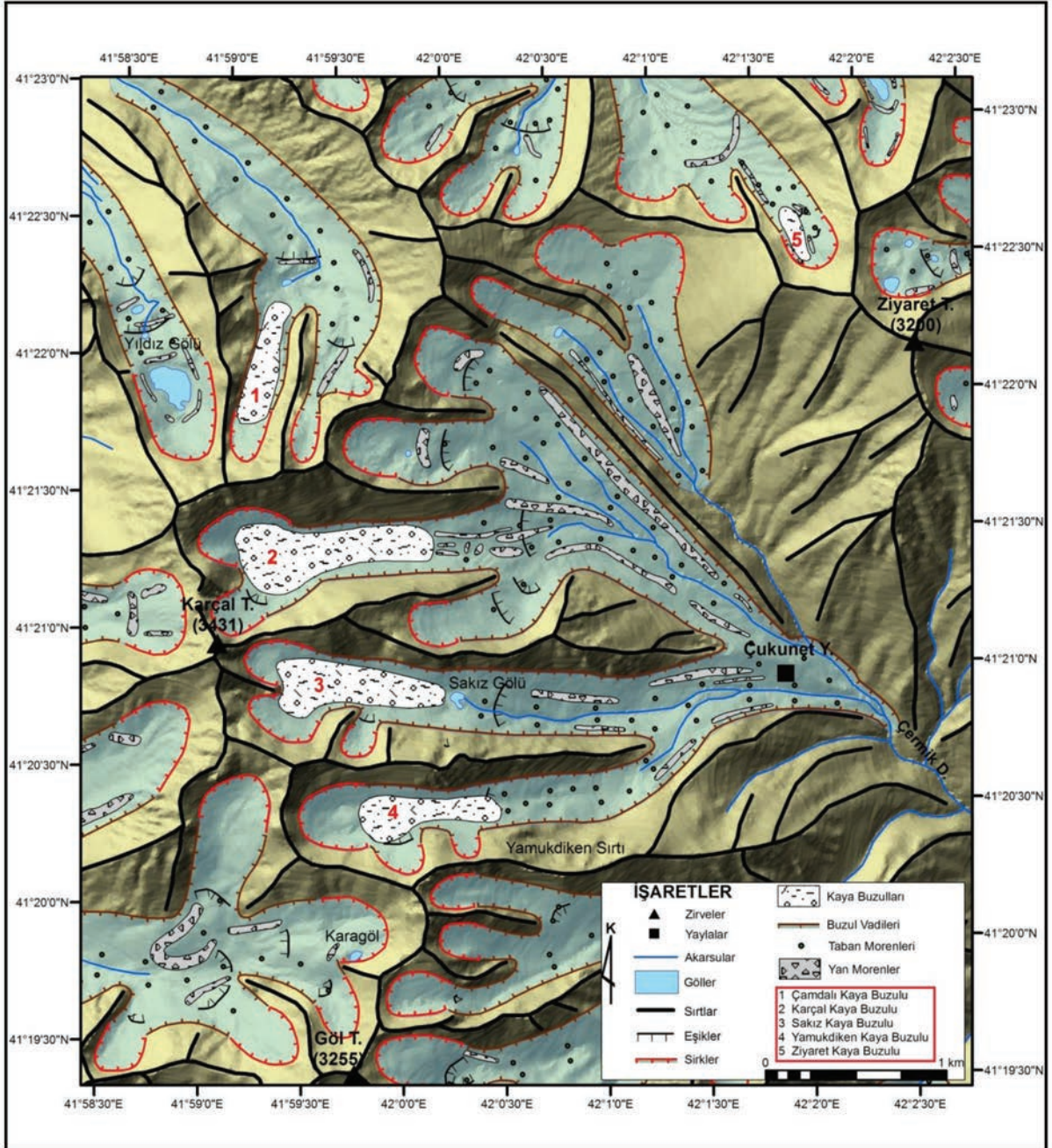
Potter (1972)'a göre kaya buzulları, % 3 ile 25 arasında eğime sahip olan alanlarda daha iyi gelişim göstermektedir. Karçal Dağları'ndaki kaya buzullarının geliştiği farklı vadi tabanlarında, eğim değerleri % 6 ile 42 arasında değişmektedir. Bu durum kaya buzulu gelişimi

için belirli ölçüde uygun eğim koşullarının varlığını göstermektedir (Şekil 5).

Kuşkusuz kaya buzullarının oluşumu için iklim özellikleri önemli bir paya sahiptir. Kaya buzullarının gelişiminde permafrost etkinin tam anlamıyla sağlanması - 4 °C ile - 10 °C arasındaki yıllık ortalama sıcaklığa ve 500-1000 mm

arasındaki yıllık toplam yağış oranına bağlıdır. Buz çekirdekli kaya buzulu oluşumunda ise 1 °C ile -10 °C arasındaki yıllık ortalama sıcaklık baz alınır (Humlum, 1998).

Karçal Dağları'nda sıcaklık ve yağış ölçümleri yapılmaması nedeniyle, en yakın meteoroloji



Şekil 4. Karçal Dağları'nın jeomorfoloji haritası.
Figure 4. Geomorphological map of the Karçal Mountains.

istasyonu olan 628 m yükseltideki Artvin Meteoroloji İstasyonunun 1973-2014 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Bu dönem aralığındaki yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerleri 3.000 m'den fazla yükseltiye sahip olan çalışma alanına enterpolasyon yöntemiyle uyarlanmıştır. Sıcaklık haritasının yapımında $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ 'lik sıcaklık gradyanı, yağış haritasının yapımında ise $54\text{ mm} / 100\text{ m}$ 'lik yağış gradyanı temel alınmıştır (Ardel vd., 1969). Karçal Dağları'nın zirve kesimlerinde yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında olduğu, yağış değerlerinin ise 1.750 mm 'den fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Belirlenen sıcaklık ve yağış değerleri kaya buzullarının gelişimi açısından elverişli ortam sağlamaktadır (Şekil 6).

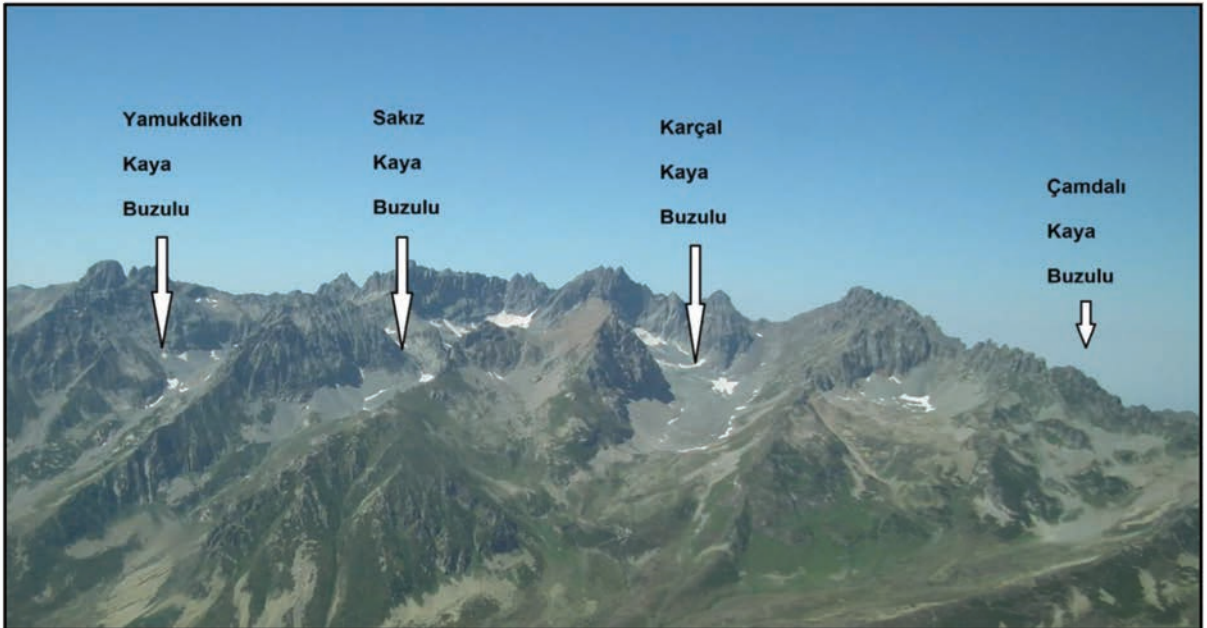
KARÇAL DAĞLARI'NDAKİ KAYA BUZULLARI

Bu bölümde Karçal Dağları üzerindeki beş kaya buzulu farklı sınıflamalara göre tanımlanacak, temel morfolojik ve morfometrik özellikleri verilecektir (Çizelge 2). Kaya buzulları değerlendirilirken uluslararası kabul gören dört sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Bu bağlamda kaya buzulları, oluşumuna göre; permafrost ve buz çekirdekli, lokasyonuna göre; vadi tabanı ve

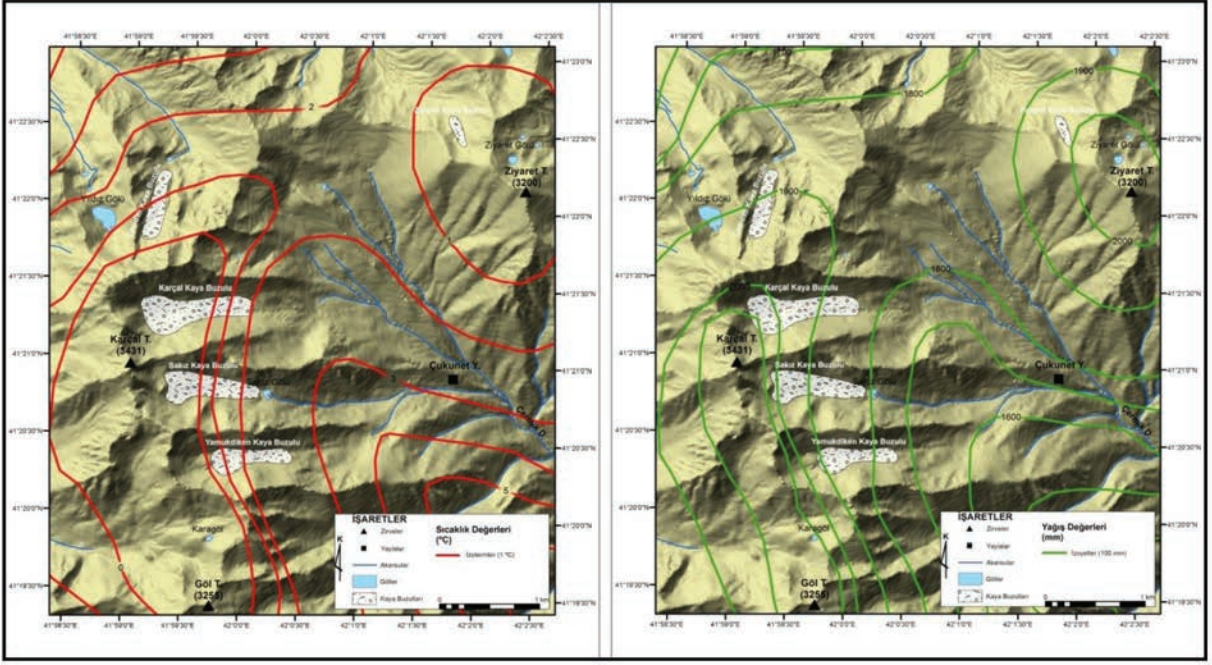
vadi yamacı, jeomorfolojik özelliklerine göre; lob ya da dil şekilli ve hareket durumuna göre; aktif, aktif olmayan ve kalıntı olmak üzere değerlendirilmiştir. Tüm bu sınıflamaların yanı sıra arazi çalışmalarında elde edilen bulgular da göz önünde tutularak kaya buzullarında likenlerin bulunduğu yerlere göre üç farklı aktivite aşamasında tespitler yapılmıştır. Likenlerin ve alpin bitki örtüsünün olmadığı, lobların belirsiz olduğu kesim birinci aşama olarak belirtilmiştir. Likenlerin ve alpin bitki örtüsünün göreceli az bulunduğu, lobların belirginleşmeye başladığı kesim ikinci aşama olarak tanımlanmıştır. Likenlerin ve alpin bitki örtüsünün yüzeyi tamamen kapladığı ve lobların iyice belirginleştiği kesim ise üçüncü aşama olarak belirtilmiştir.

Çamdalı Kaya Buzulu

Karçal Tepesi'nin kuzeyinde, Yıldız Gölü'nün doğusunda $41^{\circ},3654\text{ K}$ enlemi ile $41^{\circ},9868\text{ D}$ boylamı arasında yer almaktadır. 2.900 m ile 2.600 m yükseltileri arasında sirk önünden başlayarak bir eşikte sonlanmakta ve güney-kuzey yönünde uzanmaktadır (Şekil 4). Dil kesimi ile kök kısmı arasında 300 m 'lik yükselti farkına, $0,15\text{ km}^2$ alana ve $\% 42$ eğime, yaklaşık olarak 700 m uzunluğa, 150 m genişliğe ve dil kısmında



Şekil 5. Karçal Dağları kaya buzullarının konumları (Doğudan batıya doğru bakış).
Figure 5. Locations of the rock glaciers in Karçal Mountains (View from east to west).



Şekil 6. Karçal Dağları'nın olası sıcaklık ve yağış haritaları (MGM 1973-2014).

Figure 6. Probable temperature and precipitation maps of the Karçal Mountains (MGM 1973-2014).

25 m kalınlığa sahiptir (Çizelge 2). Alanda genellikle riyolit ve dasit kayaları yaygın olarak gözlenmektedir. Kaya buzulları 10 cm ile 100 cm arasında değişen boyutlardaki döküntü malzemesinden oluşmaktadır. Boyuna loblara sahip dil şekilli kaya buzulunun oluşumunda buz çekirdeği ön plandadır. Buzulun geri çekilme hareketine bağlı olarak kaya buzulu eğim doğrultusunda kuzeye doğru hareket halindedir (Şekil 7). Lokasyonuna göre vadi tabanında yer almaktadır (Şekil 8).

Karçal Kaya Buzulu

Karçal Tepesi'nin doğusunda 41°35'43 K enlemi ile 41°99'19 D boylamında yer almaktadır. 2.935 m ile 2.730 m yükseltileri arasında sirk önünden başlayarak vadi içerisinde sonlanmakta ve batı-doğu yönünde uzanmaktadır (Şekil 4). Kaya buzulunun kök kısmı ile dil kesimi arasındaki yükselti farkı 205 m, eğimi % 17 ve alanı 0.32 km²'dir. Yaklaşık olarak 1.200 m uzunluğa, 250 m genişliğe, dil kısmında 40 m kalınlığa sahiptir (Çizelge 2). Litolojik yapı genel olarak diyorit ve dasitten ibarettir. Aşınımına karşı dayanıksız olan materyal kaya buzullarının daha iyi gelişmesine ve belirgin loblara sahip olmasına

neden olmaktadır. Kaya buzulları 10 cm ile 200 cm arasında değişen boyutlardaki döküntü malzemesinden oluşmaktadır. Kaya buzulunun gelişiminde donma çözülme olaylarına bağlı permafrost etkiler daha fazla rol oynamaktadır. Kaya buzulunun kök kesiminde gelişigüzel boyuna loblar yer almaktadır. Bu oluşum sirk bölümünde yer alan güncel buzul ile permafrost etkinin karşılaştığı alana denk gelmektedir. Dil kesimine göre daha genç oluşu, düzenli lobların henüz gelişmemiş olmasına neden olmuştur.

Karçal kaya buzulunun dil kesiminde enine konsantrik loblara sahip olan alan üç sınıfa ayrılmıştır. 2.935 m ile 2.810 m yükseltileri arasındaki birinci aşamada loblar üzerinde likenler ve alpin bitki örtüsü bulunmamaktadır. 2.800 m ile 2.776 m yükseltileri arasında bulunan ikinci aşamadaki loblarda alpin bitki örtüsü ve likenler belirginleşmeye başlamaktadır. 2.766 m ile 2.730 m yükselti arasındaki üçüncü aşamada bulunan loblarda ise yüzey tamamen alpin bitki örtüsü ve likenlerle kaplanmaktadır. İkinci aşamanın bittiği ve üçüncü aşamanın başladığı kesimde 10 m'lik yükselti farkı bulunmaktadır. Oluşum bakımından üçüncü aşama alanlar diğerlerine oranla göreceli olarak daha yaşlıdır

Çizelge 2. Karçal Dağları kaya buzularının hipsometrik özellikleri.

Table 2. Hypsometric properties of the rock glaciers in Karçal Mountains.

KAYA BUZULU	Dil Yüksekliği (m)	Kök Yüksekliği (m)	Uzunluğu (m)	Maksimum Genişliği (m)	Alanı (km ²)	Eğimi (%)	Dil Kısımının Kalınlığı (m)	
1	Çamdalı	2.600	2.900	700	150	0.15	42	25
2	Karçal	2.730	2.935	1.200	250	0.32	17	40
3	Sakız	2.790	3.050	1.150	200	0.23	22	30
4	Yamukdiken	3.030	3.070	600	120	0.07	6	20
5	Ziyaret	2.890	2.940	200	50	0.01	25	10



Şekil 7. Çamdalı kaya buzulu (Güneyden kuzeye doğru bakış). Çizgiler akış yönünü göstermektedir.

Figure 7. Çamdalı rock glacier (View from south to north). Lines show flow direction.

(Şekil 9). Birinci aşamada yer alan kaya buzulları daha çok buz çekirdeğinin etkisindedir. Gelişimini altında bulunan buzul kontrol etmektedir. Lokasyonuna göre vadi tabanında yer almaktadır. Uygun vadi genişliğine sahip olan

yapı kaya buzulları içerisinde en büyük ve iyi gelişmiş olanıdır. Kaya buzulunun dil kesiminin tamamen likenlerle kaplı olması günümüzde aktif olmadığının işaretlerinden biridir (Şekil 10).



Şekil 8. Çamdalı kaya buzunun bölümleri (A: Dil, B: Orta, C: Kök, D: Blok boyutu).
Figure 8. Parts of Çamdalı rock glacier (A: Tongue, B: Centre, C: Source area, D: Block size).

Gürgen ve Yeşilyurt (2012), Karçal Dağları'nda güncel buzulları inceledikleri çalışmalarında kaya buzullarının bir bölümünü güncel buzulun üzerini örten döküntü örtüsü şeklinde tanımlamışlardır. Bu tespit sirk bölümünden itibaren güncel buzulun sonlandığı birinci aşama kaya buzullarının başladığı alana kadar geçerlidir. Bu aşamadan itibaren dil bölümüne kadar olan kesimde kaya buzulları yer almaktadır. İyice belirginleşen loblar, artan kalınlık döküntü örtüsünün yanı sıra kaya buzullarını işaret etmektedir.

Sakız Kaya Buzulu

Karçal Tepesi'nin güneyinde 41°,3456 K enlemi ile 41°,9949 D boylamı arasında bulunmaktadır. 3.050 m ile 2.790 m yükselteleri arasında sirk önünden başlayarak bir eşik üzerinde son bulmakta ve batı-doğu yönünde uzanmaktadır (Şekil 4). Kök kısmı ile dil kısmı arasındaki

yükselti farkı 260 m, alanı 0,23 km², eğim oranı ise % 22'dir. Ortalama 1.150 m uzunluğa, 200 m genişliğe ve dil kısmında 30 m kalınlığa sahiptir (Çizelge 2). Dasit, riyolit ve andezit litolojik yapıyı oluşturmaktadır. Kaya buzulları 10 cm ile 150 cm arasında değişen boyutlardaki döküntü malzemesinden oluşmaktadır (Şekil 11). Lokasyonuna göre vadi tabanında yer almaktadır. Kaya buzulu çoğunlukla boyuna loblara sahip olmakla birlikte dil kesiminde enine loblar da bulunmaktadır. Buzulun etkisinde oluşum gösteren yapı; eğim doğrultusunda doğuya doğru hareket halindedir (Şekil 12).

Karçal Dağları'ndaki sıcaklık koşulları aynı gün içerisinde çok yakın mesafelerde ve sürelerde bile değişiklik göstermektedir. Kaya buzulları ile altında bulunan buz çekirdeğinin sıcaklık değerleri birbirinden farklıdır. Bu da kaya buzullarının, gelişiminde rol oynayan buz çekirdeğini



Şekil 9. Karçal kaya buzulu (Doğudan batıya doğru bakış). Çizgiler liken sınırını göstermektedir.

1: Likensiz alan, 2: Belirgin likenli alan, 3: Tamamen likenli alan.

Figure 9. Karçal rock glacier (View from east to west). Lines show lichen border.

1: No lichen area, 2: Distinct lichenous area, 3: Completely lichenous area.

koruduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 13). Sakız kaya buzulu içerisinde bulunan buz bütün dönem varlığını sürdürmektedir. Yüzeşte 10 °C civarında olan sıcaklık kaya buzullarının oluşturduğu örtü nedeniyle radyasyonun derine doğru iletimini engellemektedir. Böylece buz varlığını yaz aylarında da sürdürerek kaya buzulunun hareketinin yaz aylarında da devam etmesine neden olmaktadır. Örnek amaçlı değerlendirilen termal görüntüler, yakın mesafelerde bulunan diğer buz çekirdekli kaya buzulları (Çamdalı ve Yamukdiken) için de kaynak niteliğini taşımaktadır. Permafrost etkileriyle oluşan kaya buzulları (Karçal ve Ziyaret) altında buz çekirdeği bulunmadığından onlar için termal kayıtlar gerçekleştirilmemiştir.

Yamukdiken Kaya Buzulu

Karçal Tepesi'nin güneydoğusunda 41°,3383 K enlemi ile 41°,9980 D boylamı arasında yer

almaktadır. Karagöl'ün kuzeyinde 3.070 m ile 3.030 m yükseltileri arasında sirk önünden başlayarak vadi içerisinde son bulmakta ve batı-doğu yönünde uzanmaktadır (Şekil 4). Kök kısmı ile dil kesimi arasında 40 m'lik yükselti farkına, 0,07 km²'lik alana ve % 6 eğime, yaklaşık 600 m uzunluğa, 120 m genişliğe ve 20 m kalınlığa sahiptir (Çizelge 2). Genellikle dasit, riyolit ve bazaltlardan oluşan volkanik materyal egemen durumdadır. Kaya buzulları 10 cm ile 500 cm arasında değişen boyutlardaki döküntü malzemenin oluşmaktadır. Kum, çakıl ve blok boyutundaki taneler bir arada yer almaktadır (Şekil 14). Boyuna loblara sahip olan kaya buzulunun oluşumunda buzul etkisi ön plandadır. Buzulun geriye doğru çekilmesine bağlı olarak eğim yönünde doğuya doğru hareket halindedir. Lokasyonuna göre vadi tabanında yer almaktadır (Şekil 15).



Şekil 10. Karçal kaya buzulunun bölümleri (A: Dil, B: Orta, C: Kök, D: Blok boyutu).
Figure 10. Parts of Karçal rock glacier (A: Tongue, B: Centre, C: Source area, D: Block size).

Ziyaret Kaya Buzulu

Ziyaret Tepesi'nin kuzeybatısında 41°,3725 K enlemi ile 42°,0291 D boylamı arasında bulunmaktadır. 2.940 m ile 2.890 m yükseltileri arasında sirkten başlayarak eşik üzerinde son bulmakta ve güney-kuzey yönünde uzanmaktadır (Şekil 4). Kök kısmı ile dil kısmı arasındaki yükselti farkı 50 m olup dil kısmına doğru genişlemektedir. Ortalama 200 m uzunluğa, 50 m genişliğe ve dil kesiminde 10 m kalınlığa sahiptir (Çizelge 2). Genellikle andezit, bazalt lav ve piroklastlarından oluşan yapı; sirk ve vadi tabanının dar olması nedeniyle kaya buzulları içerisinde en küçük olanıdır. Kaya buzulları 10 cm ile 50 cm arasında değişen boyutlardaki döküntü malzemesinden oluşmaktadır. Kaya buzulunun alanı 0,01 km², eğim değeri ise % 25'tir. Enine loblara sahip kaya buzulunun oluşumunda

permafrost etkiler daha ön plandadır. Enine loblara sahip olan alan üç sınıfta değerlendirilmiştir. 2.940 m ile 2.910 m yükseltileri arasında birinci aşamadaki loblarda likenler ve alpin bitki örtüsü bulunmamaktadır. 2.905 m ile 2.898 m yükseltilerindeki ikinci aşamada bulunan loblarda alpin bitki örtüsü ve likenler belirginleşmeye başlamaktadır. 2.898 m ile 2.890 m yükseltiler arasında yer alan üçüncü aşamadaki loblarda ise yüzey tamamen alpin bitki örtüsü ve likenlerle kaplanmaktadır (Şekil 16). Lokasyonuna göre vadi yamacında yer almaktadır. Kaya buzulunun dil kesiminin likenlerle ve vejetasyon örtüsü ile tamamen kaplı olması aktif olmadığını işaretlerindedir (Şekil 17).



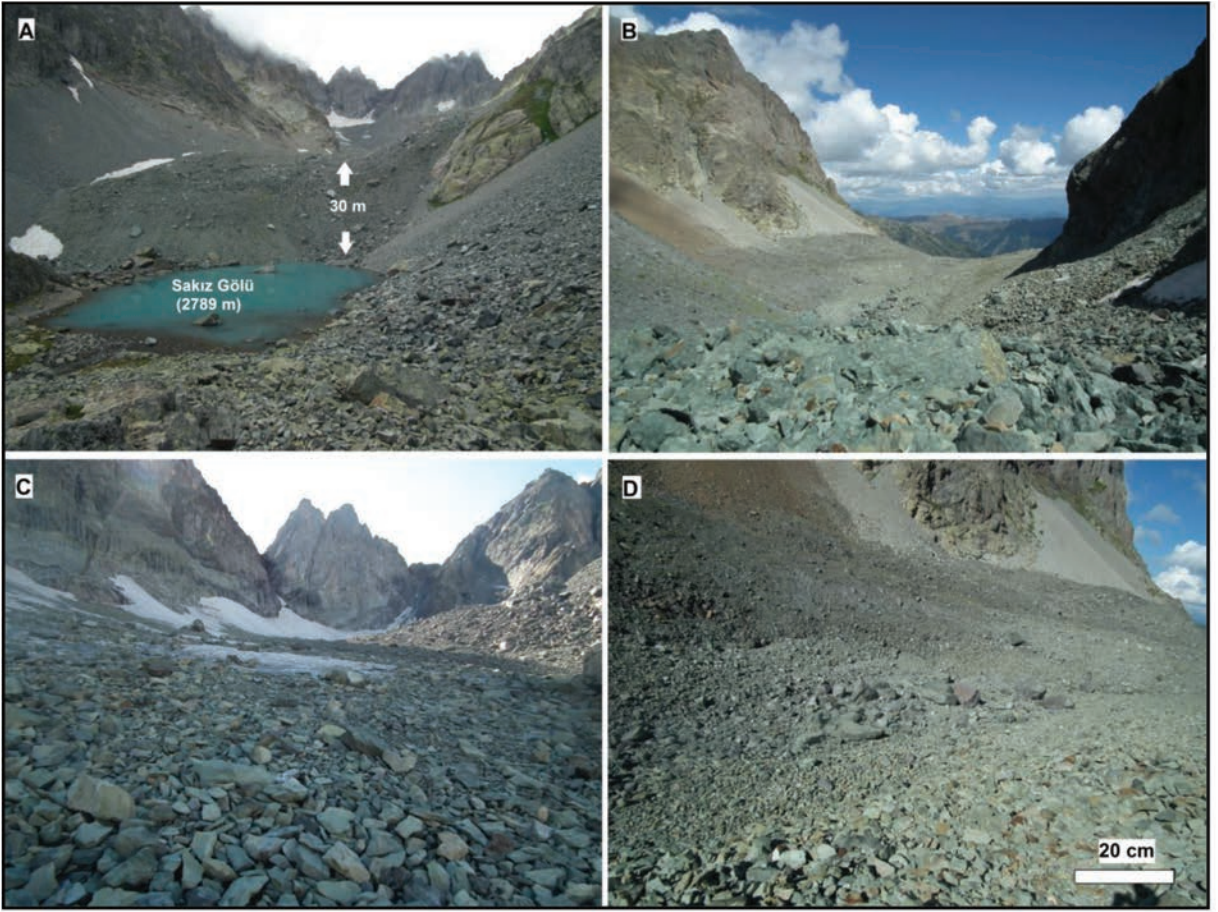
Şekil 11. Sakız kaya buzulu (Batıdan doğuya doğru bakış). Çizgiler akış yönünü göstermektedir.
 Figure 11. Sakız rock glacier (View from west to east). Lines show flow direction.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

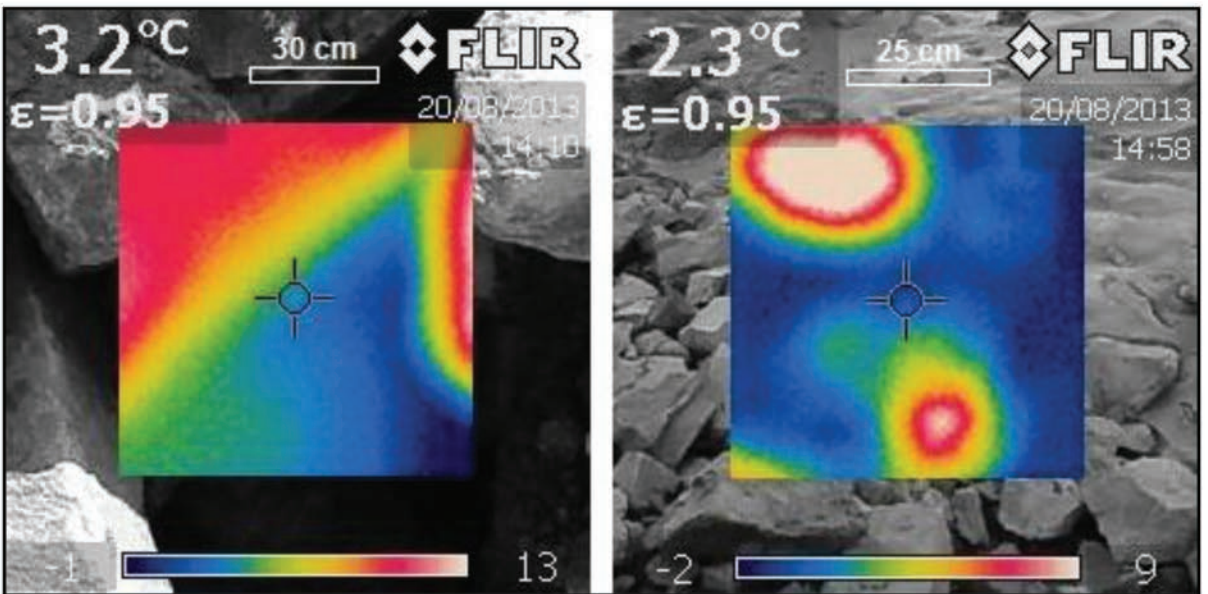
Karçal Dağları'nda 2.730 m ile 3.070 m yükseltiler arasında beş adet kaya buzulu bulunmaktadır. Bunlar; Çamdalı, Karçal, Sakız, Yamukdiken ve Ziyaret kaya buzullarıdır. Literatürde daha önce bahsedilmeyen bu kaya buzullarının isimlendirilmesi yakın çevrelerindeki tepe, göl ve yayla isimlerine izafeten yapılmıştır.

Permafrost ve buz çekirdekli olmak üzere iki oluşum modelinde gelişen kaya buzulları birbirlerinden farklı karakteristik özelliklere sahiptir. Permafrost etki sonucu oluşan kaya buzullarına konsantrik loblara sahip iken, buz çekirdekli kaya buzulları boyuna loblara sahiptir. Bu durum donma çözülme olayları ile buz çekirdeğinin geriye doğru çekilmesindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Kaya buzulları sirk önünden

başlayarak vadi içerisinde veya eşik üzerinde sonlanmaktadır. Ziyaret ve Çamdalı kaya buzulları güney-kuzey yönlü, diğerleri ise batı-doğu yönlü uzanış göstermektedir. Kaya buzulları Eosen yaşlı volkanitler üzerinde gelişmiştir. Aşınım ve fiziksel ufalanmaya karşı dayanıksız olan kayalar, oluşumun daha iyi gerçekleşmesine neden olmuştur. Belirlenen kaya buzulları toplam olarak 0.78 km² alan kaplamaktadır. Kaya buzulları arasında en büyük ve gelişimini Karçal kaya buzulu olup (0,32 km²) vadi tabanında yer almaktadır. En küçük olan Ziyaret kaya buzulu ise (0,01 km²) vadi yamacında bulunmaktadır. Bu kaya buzullarının her ikisi de permafrost etkilerine bağlı olarak gelişmiş, enine konsantrik loblara sahiptir. Dil kesimlerinin likenlerle kaplı olması günümüzde aktivitelerini tamamen kaybetmiş daha eski oluşumlar olduklarını göstermektedir.



Şekil 12. Sakız kaya buzunun bölümleri (A: Dil, B: Orta, C: Kök, D: Blok boyutu).
 Figure 12. Parts of Sakız rock glacier (A: Tongue, B: Centre, C: Source area, D: Block size).



Şekil 13. Sakız kaya buzunun termal görüntüleri.
 Figure 13. Thermal pictures of Sakız rock glacier.

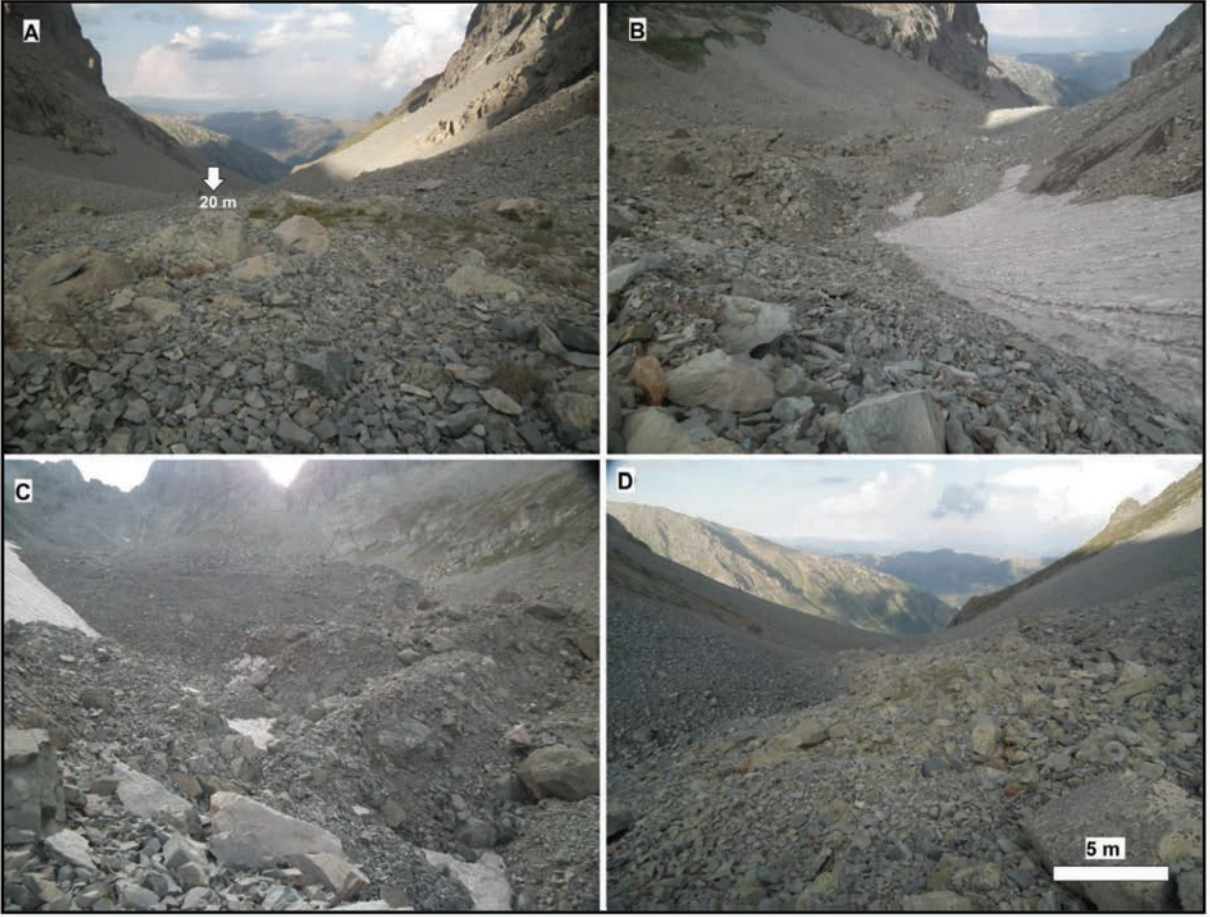


Şekil 14. Yamukdiken kaya buzulu (Batıdan doğuya doğru bakış). Çizgiler akış yönünü göstermektedir.
Figure 14. Yamukdiken rock glacier (View from west to east). Lines show flow direction.

Ancak henüz bir yaş verisi bulunmamaktadır. Çamdalı, Sakız ve Yamukdiken kaya buzulları ise buz çekirdeği etkisinde, vadi tabanında gelişmiş olup boyuna loblara sahiptir. Dil kısımlarında likenlerin bulunmaması halen aktif olduklarının göstergelerinden biridir. Kaya buzulları içerisinde eğim değeri en yüksek olan Çamdalı kaya buzulu (% 42), olup sirk içerisinde başlayarak eşik önünde sona ermektedir. Eğimin en az olduğu (% 6) kaya buzulu ise Yamukdiken kaya buzuludur. Yamukdiken kaya buzulunda 5 m'den fazla büyüklüğe sahip bloklar ile çakıl boyutundaki malzeme bir arada yer almaktadır. Kaya buzullarının görünüşleri esas alınarak yapılan bu genel değerlendirmede yaş verme imkânı olmamıştır. Ancak, daha sonrasında yapılacak arazi çalışmaları sırasında konsantrik loblar üzerindeki bloklardan alınacak kayaç örnekleri kozmojenik yöntemlerle tarihlendirilerek kaya buzullarının

oluşum zamanlarını kesin olarak saptamak mümkün olacaktır.

Anadolu'da Karçal Dağları'nın yanı sıra Doğu Karadeniz Dağları, İhtiyar Şahap Dağları, Mercan Dağları, Esence (Keşiş) Dağları ve Erciyes Dağı gibi yüksek dağlık alanlarda da kaya buzulları yer almaktadır. Karçal dağlarında tespiti gerçekleştirilen beş kaya buzulu oluşum ve gelişim bakımından birbirlerinden farklı özellikler taşımaktadır. Çamdalı kaya buzulu; buz çekirdekli kaya buzulu olup, vadi tabanında yer almakta ve boyuna loblara sahip dil şekilli özellik göstermektedir. Üzerinde liken barındırmayan kaya buzulu günümüzde aktivitesini buz çekirdeğinin geriye çekilmesine bağlı olarak kuzeye doğru sürdürmektedir. Karçal kaya buzulu; permafrost etkileriyle gelişmiş ve vadi tabanında yer almaktadır. Çamdalı kaya buzulundan farklı olarak enine loblara sahiptir. Bu değişimin oluşum



Şekil 15. Yamukdiken kaya buzunun bölümleri (A: Dil, B: Orta, C: Kök, D: Blok boyutu).

Figure 15. Parts of Yamukdiken rock glacier (A: Tongue, B: Centre, C: Source area, D: Block size).

mekanizmasının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kaya buzulu üzerinde yoğunluğuna göre üç aşamada liken varlığı bulunmaktadır ve günümüzde aktivitesini sürdürmemektedir. Sakız kaya buzulu; vadi tabanında bulunmakta ve buz çekirdekli kaya buzulu özelliği taşımaktadır. Boyuna loblara sahip, dil şekilli, likenden yoksun ve doğu yönünde aktif durumdadır. Yamukdiken kaya buzulu; buz çekirdekli kaya bu-

zulu olup, vadi tabanında yer almaktadır. Boyuna loblara sahip, doğuya doğru aktif ve üzerinde liken bulunmamaktadır. Ziyaret kaya buzulu; permafrost etkilerle oluşum göstermiş ve vadi yamacında bulunmaktadır. Enine loblara sahip kaya buzulu aktivitesini kaybetmiş olmakla birlikte liken yoğunluğuna göre üç aşamada karakteristik özelliklere sahiptir.



Şekil 16. Ziyaret kaya buzulu (Güneyden kuzeye doğru bakış). Çizgiler liken sınırını göstermektedir.
1: Likensiz alan, 2: Belirgin likenli alan, 3: Tamamen likenli alan.

Figure 16. Ziyaret rock glacier (View from south to north). Lines show lichen border.
1: No lichen area, 2: Distinct lichenous area, 3: Completely lichenous area.



Şekil 17. Ziyaret kaya buzulunun bölümleri (A: Dil, B: Orta, C: Kök, D: Blok boyutu).

Figure 17. Parts of Ziyaret rock glacier (A: Tongue, B: Centre, C: Source area, D: Block size).

KATKI BELİRTME

Çalışma Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeler Başkanlığı tarafından 13L5358001 numaralı proje ile desteklenmiştir. Yazarlar, yayına yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan hakemler Prof. Dr. Attila Çiner ve Doç. Dr. Mehmet Akif Sarıkaya'ya, değerli görüş ve katkılarından dolayı Harun Tunçel, Gözde Dede, Soner Serin, Ali Turan Ocak, Oğuzhan Aktaş ve Seda Akkurt'a içtenlikle teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Altın, T., 2003. Orta Toroslarda (Aladağlar ve Bolkar Dağları) Görülen Periglasyal Şekiller, Sırrı Erinç Sempozyumu, Genişletilmiş Bildiri Özetleri, 206-210, İstanbul.
- Altın, T., 2006. Aladağlar ve Bolkar Dağları Üzerinde Görülen Periglasyal Jeomorfolojik Şekiller, Türk Coğrafya Dergisi, 46, 105-122, İstanbul.
- Ardel, A., Kurter, A., ve Dönmez, Y., 1969. Klimatoloji Tatbikatı, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1123, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, 40, İstanbul.
- Arpat, E., ve Özgül, N., 1972. Orta Toroslarda Geyik Dağı Yöresinde Kaya Buzulları, MTA Dergisi, 78, Ankara.
- Atalay, İ., 1984. Mescid Dağının Glasyal Morfolojisi, Ege Coğrafya Dergisi, 2, 129-138, İzmir.
- Barsch, D., 1996. Rockglaciers, Indicators for the Permafrost and Former Geoecology in High Mountain Environment, Series in the Physical Environment, 16, Springer, Berlin, 331.
- Bilgin, T., 1960. Kaz Dağı ve Üzerindeki Periglasyal Şekiller Hakkında, Türk Coğrafya Dergisi, 20, 114-123, İstanbul.
- Bilgin, T., 1969. Gavur Dağı Kütlesinde Glasiyal ve Periglasiyal Topoğrafya Şekilleri, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1494, İstanbul.
- Bilgin, T., 1972. Munzur Dağları Doğu Kısmının Glasyal ve Periglasyal Morfolojisi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1757, İstanbul.
- Biricik, A., S., 2010. Nurhak Dağlarında Glasyal ve Periglasyal Rölyef, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (Prof. Dr. Oğuz Erol Anısına) Bildiriler Kitabı, 220-242, Afyonkarahisar.
- Çalışkan, O., 2015. Permafrost ve Periglasyal Jeomorfoloji, Ankara Üniversitesi Yayınları, 437, Ankara.
- Çiner, A., Deynoux, M., ve Çörekçioğlu, E., 1999. Hummocky moraines in the Namaras and Susam valleys Central Taurids, SW Turkey, Quaternary Science Reviews, 18, 4-5, 659-669.
- Çiner, A., Sarıkaya, M. A., ve Yıldırım, C., 2015. Hummocky moraines of piedmont glaciers from Geyikdağ, Central Tauride Mountains, Turkey: insights from cosmogenic ³⁶Cl dating, Quaternary Science Reviews, 116, 44-56.
- Erinç, S., 1955. Glasyal ve Periglasyal Jeomorfoloji Bakımından Honaz ve Bozdağ, Türk Coğrafya Dergisi, 13-14, 24-44, İstanbul.
- Erinç, S., 1957. Uludağ'ın Periglasyali Hakkında, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 8, 91-94, İstanbul.
- Erinç, S., Bilgin, T., ve Bener, M., 1961. Ilgaz Üzerinde Periglasyal Şekiller, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 12, 90-99, İstanbul.
- Giardino, J., ve Vick, S., 1987. Geologic engineering aspects of rock glaciers, In: Giardino, J., Shroder, J., Vitek, J., (Eds.), Rock Glaciers, Allen and Unwin, London, 265-287.
- Gürgen, G., ve Yeşilyurt, S., 2012. Karçal Dağı Buzulları (Artvin), Coğrafi Bilimler Dergisi, 10, 1, 91-104, Ankara.
- Hamilton, S., ve Whalley, W., 1995. Rock glacier nomenclature: a reassessment, Geomorphology, 14, 73-80.
- HGK, 2013. 1/ 25.000 Ölçekli Artvin F 47-b2, Ardahan F 48-a4 Topoğrafya Haritaları, (HGK: Harita Genel Komutanlığı), Ankara.
- Humlum, O., 1998. The climatic significance of rock glaciers, Permafrost and Periglacial Processes, 9, 375-395.
- Keskin, İ., 2013. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Artvin E-47 ve F-47 Pafta-

- ları, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Keskin, İ., 2013. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan E-48 ve F-48 Paftaları, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Martin, H., ve Whalley, W., 1987. Rock Glaciers, Part 1: rock glacier morphology, classification and distribution, *Progress in Physical Geography* 11, 260-282.
- MGM, 2014. 1973-2014 Yılları Arası Artvin Meteoroloji İstasyonu Ölçüm Verileri, (MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü), Ankara.
- Outcalt, S., ve Benedict, J., 1965. Photointerpretation of two types of rock glacier in the Colorado front range, *USA Journal of Glaciology* 5 (42), 849-856.
- Öztürk, M. Z., 2012. Uludağ'daki Periglasyal Süreçlerin, Periglasyal Yerşekillerinin ve Bunları Denetleyen Etmenlerin İncelenmesi, Nilüfer Akkılıç Kütüphanesi Yayınları, No: 10 Bursa.
- Planhol, X., ve Bilgin, T., 1961. Karagöl Kütleşi Üzerinde Pleistosen ve Aktüel Glasasyon İle Periglasyal Şekiller, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 12, 127-146, İstanbul.
- Potter, N., 1972. Iced cored rock glaciers, Gale-na Creek northern Absoraka Mountains, Wyoming, *Geological Society of American Bulletin*, 83, 3025-3058.
- Rickmer-Rickmers, W., 1934. Lazistan and Acaristan, *The Geographical Journal*, 84, 6, (Dec., 1934), 465-478.
- Sarıkaya, M. A., 2011. Türkiye'nin Güncel Buzulları, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel (Ed: D. Ekinci), *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, 6, 527-544, İstanbul.
- Sarıkaya, M. A., Çiner, A., ve Zreda, M., 2011. Quaternary Glaciations of Turkey, In: *Quaternary Glaciations-extent and chronology; a closer look*, Ehlers, J., Gibbard, P. L., Hughes, P. D., (Eds.): Elsevier Publications, *Developments in Quaternary Science*, 15, Amsterdam, The Netherlands, 393-403.
- Sarıkaya, M. A., ve Tekeli, A. E., 2014. Satellite inventory of glaciers in Turkey, In: *Global Land Ice Measurements from Space*, Kargel, J.S., Leonard, G.J., Bishop, M.P., Kaab, A. and Raup, B. (Eds.), Praxis-Springer (Publisher), Berlin, Heidelberg, 876 pp. ISBN: 978-3-540-79817-0, 465-480.
- Sayhan, H., 1999. Erciyes'in Doğusunda Aktüel Morfodinamiğe Bağlı Olarak Gelişen Tufurların Genetik ve Morfometrik Analizi, *Türk Coğrafya Dergisi*, 34, 141-165, İstanbul.
- Türkeş, M., ve Öztürk, M. Z., 2008. Uludağ'ın Periglasyal Jeomorfolojisi, *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (Prof. Dr. Mehmet Ardos Anısına) Bildiriler Kitabı*, 387-395, Çanakkale.
- Türkeş, M., ve Öztürk, M. Z., 2011. Uludağ'da Girland ve Çember Oluşumları, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9, 2, 239-257, Ankara.
- Wahrhaftig, C., ve Cox, A., 1959. Rock glaciers in the Alaska Range, *Geological Society of American Bulletin*, 70, 383-436.
- Whalley, W. B., ve Martin, H. E., 1992. Rock Glaciers: II Models and Mechanism, *Progress in Physical Geography*, 16, 2, 127-186.
- Yılmaz, A., Tandoğan, E., Adamia, S., ve Lazrashvili, T., 1997. Geoscientific studies of the area along Turkish-Georgian border, *MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Rapor No: 521*, Ankara.

Burhaniye (Balıkesir) Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Evaluations of Liquefaction Potential of Burhaniye (Balıkesir) Settlement Area

GÜLER ESİN¹, ŞENER CERYAN^{2*}

¹ Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çağış Yerleşkesi, Balıkesir

² Balıkesir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Çağış Yerleşkesi, Balıkesir

Geliş (received) : 01 Temmuz (July) 2015

Kabul (accepted) : 27 Ağustos (August) 2015

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye’de birinci derece deprem bölgesinde yer alan Burhaniye (Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerin sıvılaşma potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu amaçla, Burhaniye belediyesinin arşivinden temin edilen arazi ve deney sonuçlarını içeren jeolojik ve jeoteknik etüt raporlarından derlenerek hazırlanan veri tabanı kullanılmıştır. Söz konusu raporlardan temin edilen 97 sondaj verisi kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuş ve bu veriler Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında değerlendirilmiştir. Burhaniye (Balıkesir) yerleşim alanı için eğim haritası, yeraltı suyu seviyesi ve yeraltı su derinlik haritaları, farklı derinlikler (3, 6, 9, 12 ve 15m) için düzeltilmiş SPT-N değerlerinin dağılımı haritaları hazırlanmıştır. Burhaniye (Balıkesir) yerleşim alanını etkileyecek diri fayların uzunlukları ve inceleme alanına olan uzaklıkları dikkate alınarak azalım ilişkisinden, olası en büyük yer ivmesi hesaplanmıştır. Söz konusu yerleşim alanını etkileyebilecek $M_w=7.2$ büyüklüğündeki olası deprem senaryosu ve en büyük ivmesinin 0.37g değeri kullanılarak Burhaniye yerleşim alanının sıvılaşmaya potansiyeli haritaları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, alüvyon, SPT-N değeri, sıvılaşma potansiyeli, Burhaniye.

ABSTRACT

In this study, the liquefaction potential of the soil in Burhaniye (Balıkesir) settlement area in the first degree earthquake zone in Turkey were evaluated. For this purpose, the database prepared by compiling geological and the geotechnical reports including field and laboratory test data from Burhaniye municipal archives were used. The database was created by using 97 borehole data from the said reports and these data were evaluated by using Geographical Information System. Slope map, map of the underground water level maps, the depth of underground water maps, SPT-N value corrected distribution maps for different depths which are 3, 6, 9, 12 and 15 m. were prepared for Burhaniye (Balıkesir) settlement area. Considering the distance from the study area investigated and the length of the active faults affecting the Burhaniye (Balıkesir) settlement area, maximum ground acceleration was calculated by the attenuation relationship. The liquefaction susceptibility map of Burhaniye settlement area maps were created using earthquake scenario of $M_w=7.2$ affecting the said settlement area and the value of probable maximum ground acceleration, 0.37g.

Keywords: Liquefaction, alluvium, SPT-N value, the liquefaction potential, Burhaniye.

* Ş. Ceryan
e-posta: sceryan@balikesir.edu.tr

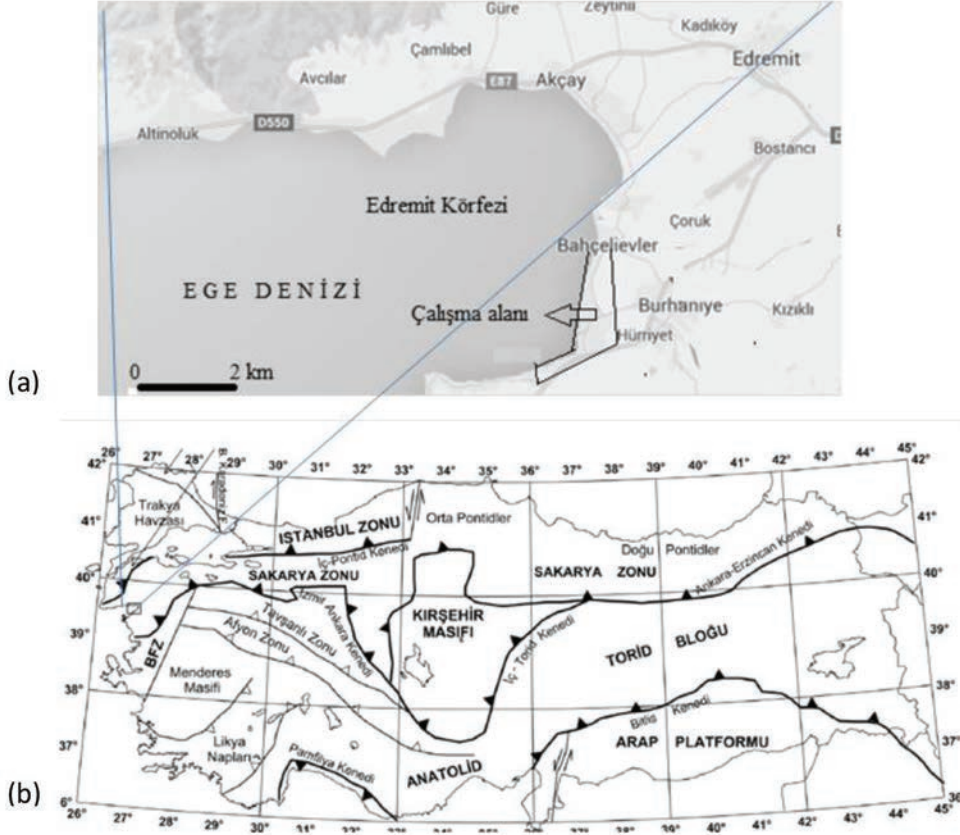
GİRİŞ

Ülkemizde de büyük can ve mal kaybına yol açan deprem tehlikelerine karşı güvenlik kavramını iki unsura sahiptir; birincisi potansiyel yıkıcı dinamik kuvvetlere karşı yapı güvenliği, ikincisi ise yapı ve yerinin dinamik (deprem) kuvvetler etkisindeki davranışdır. Depremler nedeniyle oluşan tehlikeyi azaltmak ve deprem yükleri altındaki yapıların güvenliğini sağlamak için, dinamik etkiler altındaki suya doygun ince taneli kumlu ve siltli zeminlerde oluşan sıvılaşma davranışını bilmek yerleşim amaçlı çalışmalarda önem kazanmaktadır. Zemin seviyelerinin sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik ölçütleri 4 grup altında toplamak mümkündür. Bunlar; jeolojik ölçütler, jeomorfolojik ölçütler, zemin özellikleri ve ampirik sıvılaşma analizidir (Ulusay, 2010). Ampirik sıvılaşma analizi ölçütleri, suya doygun bir zeminde sıvılaşmanın gelişip gelişmeyeceğinin bir ölçüsü olan sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının (FL) belirlenmesini esas almaktadır. Bu amaçla, zeminin tekrarlı yükler altındaki dayanımının dolaylı ifadesi olan tekrarlı dayanım oranı (CRR) ile depremin analizi yapılan noktada yaratacağı tekrarlı gerilim oranı (CSR) birbirlerine bölünür ve deprem büyüklüğüne bağlı bir düzeltme faktörü (MSF) ile çarpılarak FL elde edilmektedir. Zemin seviyesinin bir noktası için bulunan güvenlik sayıları tüm zemin profilinin sıvılaşma potansiyelini ifade etmekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle söz konusu potansiyelin bulunması için değişik yaklaşımlar geliştirilmiştir (Iwasaki vd., 1982; Youd ve Perkins, 1987, Chen ve Juang, 2000; Juang vd. 2003; Sönmez, 2003, Çetin vd., 2004; Sönmez ve Gökçeoğlu, 2005; Holzer, 2008).

Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI) ilk defa Iwasaki vd. (1978, 1982) tarafından bir zemin kolonunun sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek için önerilmiştir. Sönmez (2003) ve Iwasaki vd. (1978, 1982) tarafından önerilen yöntemde güvenlik faktörü katsayısı limit değerini 1 yerine 1.2 değerini alarak LPI metodu yeniden düzenlenmiştir. Chen ve Juang (2000) tarafından önerilen sıvılaşma olasılığına bağlı olarak sıvılaşabilirliği tanımlamaları yapılmış olup, bu sınıflamada F_L 'nin 1.411'in üzerinde olması durumunda, sıvılaşmaya yöne-

lik olarak “hemen hemen kesinlikle sıvılaşmaz” tanımı yerine sıvılaşma beklentisinin oldukça düşük olduğu ifadesine yer verilmiştir. Juang vd., (2003) tarafından sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (F_L) ile sıvılaşma olasılığı (P_L) arasında veriye dayalı olarak bir ilişki tanımlanmıştır. Lee vd. (2003) tarafından benzer bir amaçla Sıvılaşma Riski İndeksi (IR) tanımı yapılmıştır. IR tanımında Iwasaki vd. (1982) tarafından önerilen Sıvılaşma İndeksi (LI) eşitliğindeki güvenlik katsayısının yer aldığı bileşeni (P_L) ile yer değiştirmiştir. Ancak, araştırmacılar makalelerinde bazı değerlendirmeler yapmalarına karşın IR değerinin yorumlanmasına yönelik bir sınıflama yer almamaktadır. Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) “Sıvılaşma Riski İndeksi” yerine “Sıvılaşma Şiddeti İndeksi, I_s ” terminolojik olarak tercih etmişler ve I_s ’ye göre bir sınıflandırma da önemli işlerdir.

Burhaniye yerleşim alanı (Şekil 1) Kuvaterner yaşlı alüvyon üzerine kurulmuş olup, yerleşim alanı ve yakın çevrelerindeki jeoteknik amaçlı sondaj çalışmalarındaki verilere göre yeraltı su seviyesinin derinliği genellikle 6 m’den azdır. Bu bölge Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)’nin güney kısmında yer almakta olup genel olarak bölge, kuzeyden KAFZ ve güneyden Ege Graben Sistemi’nin etkisi altındadır. Diğer bir deyişle yöre KAFZ ile Ege Bölgesi’nin açılma rejimi arasında bir geçiş zonu özelliği taşımaktadır. Burhaniye ilçesi yerleşim alanının bu jeolojik, hidrojeolojik ve tektonik özellikleri nedeniyle olası kuvvetli yer hareketleri sırasında sıvılaşma tehlikesi açısından değerlendirilmesinin yararlı olacağı görülmektedir. Bu çalışmada, Burhaniye belediye arşivindeki arazi ve laboratuvar deney sonuçlarını içeren jeolojik ve jeoteknik etüt raporları incelenmiş olup bu rapordan temin edilen 97 sondaj verisi (Şekil 2) kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veriler ve sahanın sayısal yükseklik modeli Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında değerlendirilmiştir. Esri ArcInfo (Versiyon 10.2) programı ile yapılan bu analizler sonucunda, inceleme alanındaki jeolojik birimlerin dağılımı, yeraltı su seviyesi ve derinliğinin durumu, farklı derinlikler için SPT-N değerlerinin ve zeminlerin göreceli sıklığının dağılımı elde edilmiştir. MTA’nın 2012 yılında güncellediği aktif fay haritasından yararlanarak inceleme alanını etkileyecek faylar belirlenmiş, olası deprem



Şekil 1. Türkiye'nin tektonik haritası (Okay vd. 1996) (a) ve çalışma alanı konumu (b).
Figure 1. Tectonic map of Turkey (Okay et al., 1996) (a) and the location of the study area (b).

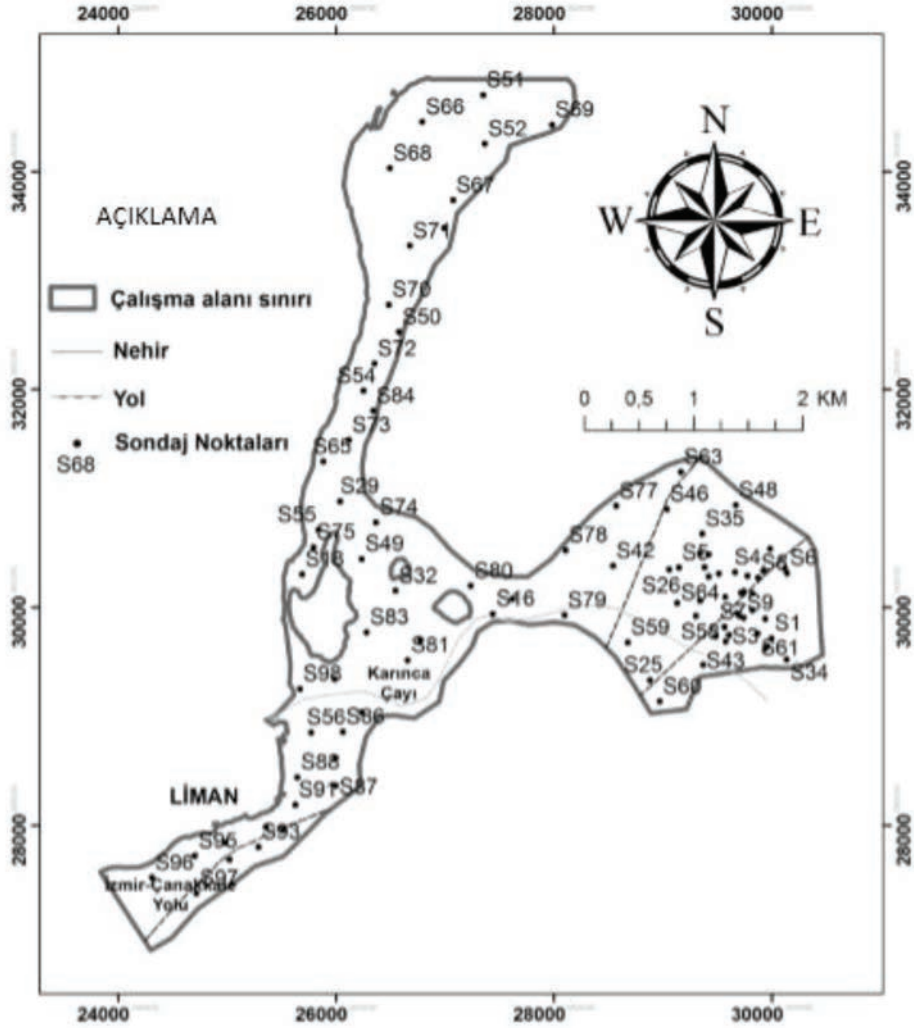
senaryoları için azalım ilişkilerinden yararlanılarak olası en büyük yatay yer ivmeleri hesaplanmıştır. İnceleme alanındaki zemin seviyelerinin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde Youd vd. (2001)'de önerilen yöntem izlenmiş olup hesaplamalarda Novaliq (Ver. 2.53) programı kullanılmıştır. Sondajların yapıldığı lokasyonlarda, zemin profilinin sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde Sönmez (2003) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır. Bu çalışmada, bölgenin sayısal haritaları oluşturulurken sondaj lokasyonlarının olmadığı noktada ilgili değişken değerini bulmak için "Uzaklığın Karesi Yöntemi" (IDW; Inverse Distance Weighted) seçilmiştir.

İNCELEME ALANI VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLJİK VE TEKTONİK ÖZELLİKLER

Alp - Himalaya Dağ oluşum sistemi içerisinde yer alan Türkiye'nin jeolojik yapısını, bir kaç

bölgede yüzeyleyen Pan-Afrikan temel ile Tetis Okyanusu'nun evrim süreci içerisinde oluşan kıtasal zonlar ile bunlar arasında yer alan okyanusal kenet kuşaklarının oluşturduğu paleotektonik zonlar şekillendirmektedir (Şekil 1). İnceleme alanı ve çevresini de kapsayan İç Pontid Kenedi güneyinde, Biga Yarımadası'ndan Doğu Karadeniz'e kadar uzanan, kıtasal kayaç topluluğu Sakarya Zonu'nu oluşturmaktadır (Duru vd. 2004).

Sakarya Zonu'nun temelindeki gnays, mermer ve metaperidotitlerden oluşan metamorfik masifler (Kazdağı, Uludağ ve Pulur masifleri) Her-siniyen orojenezinden etkilenmiştir. Bu masifleri tektonik dokanakla örten, düşük dereceli metamorfizmadan etkilenmiş ve yoğun deformasyona uğramış, içerisinde kireçtaşı blokları bulunduran Geç Paleozoik-Triyas yaşlı volkano-sedimanter kayaç toplulukları (Karakaya Kompleksi) yer almaktadır (Duru vd, 2004). Bu



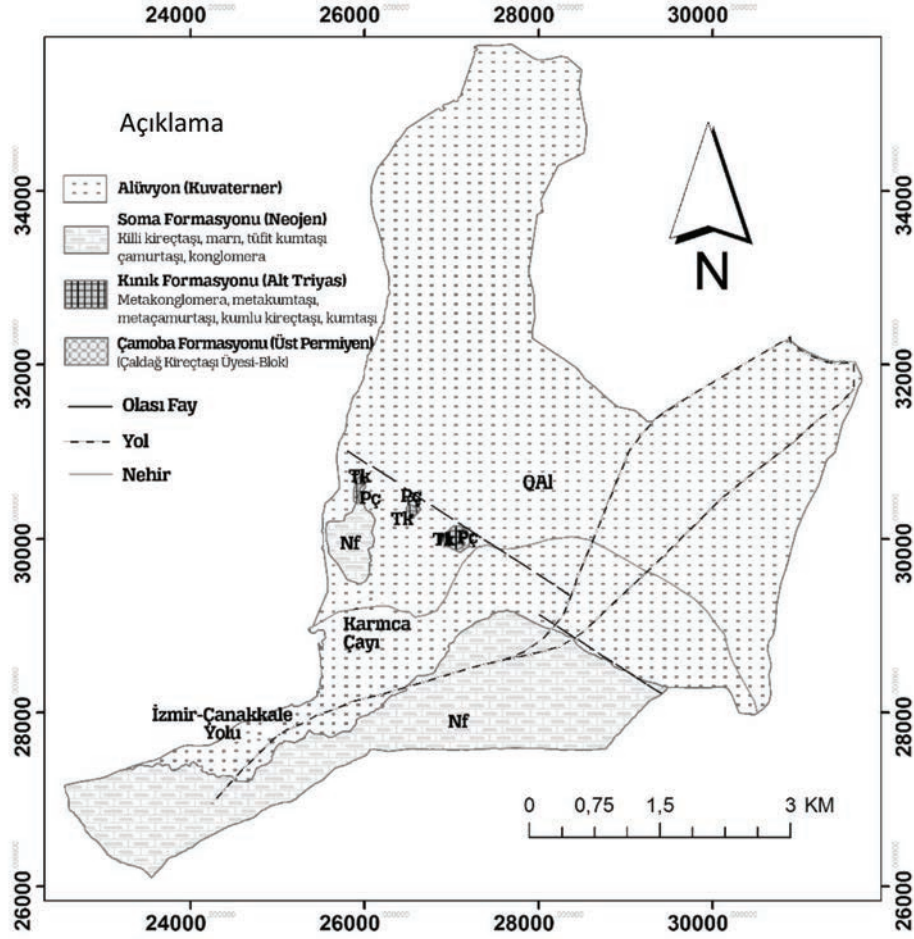
Şekil 2. Çalışma alanındaki sondaj lokasyonları.
Figure 2. Borehole locations in the study area.

kayaçlar üzerine Erken Jura-Eosen yaşlı karbonat ve filiş istifi transgresif olarak gelmektedir. Geç Paleozoik-Miyosen yaş aralığında Sakarya Zonu içerisinde yoğun granitik sokulumlar bulunmaktadır (Duru vd, 2004).

Burhaniye yerleşim alanında en yaşlı birim Kınık Formasyonu olarak adlandırılan (Akyürek, 1989), metakonglomera, metakumtaşı, metaçamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşından oluşan ve içinde Permiyen yaşlı Çaldağ Kireçtaşı üyesine ait değişik boyutlarda bloklar içeren birimdir (Şekil 3). Kınık Formasyonu üzerinde, uyumsuz olarak killi kireçtaşı, marn, silttaşı, tüfit, kumtaşı, konglomera, ardalanması ve bu kaya türlerinin bir

veya birkaçının baskın olduğu kaya türlerinden oluşan Soma Formasyonu yer almaktadır (Şekil 3). Bu formasyonun üstünde uyumsuz olarak bulunan alüvyon, çalışma alanında çoğunlukla kumlu, bazen çakıllı ve yer yer de siltli olarak gözlenmiştir.

Balıkesir-Edremit hattının kuzeyinde kalan alan KAFZ'nun sağ atımlı hareketinin etkisi altında inceleme alanını da içine alan bölge güneybatıya doğru yelpaze gibi açılma rejimine sahiptir. Bu hattın güneyinde ise Batı Anadolu'nun K-G açılması sonucu oluşan yapısal unsurlar yer almaktadır (Ercan, 2010). Balıkesir-Bigadiç-Sındırgı ile Gediz, Bakırçay göçüntüleri bunlardan



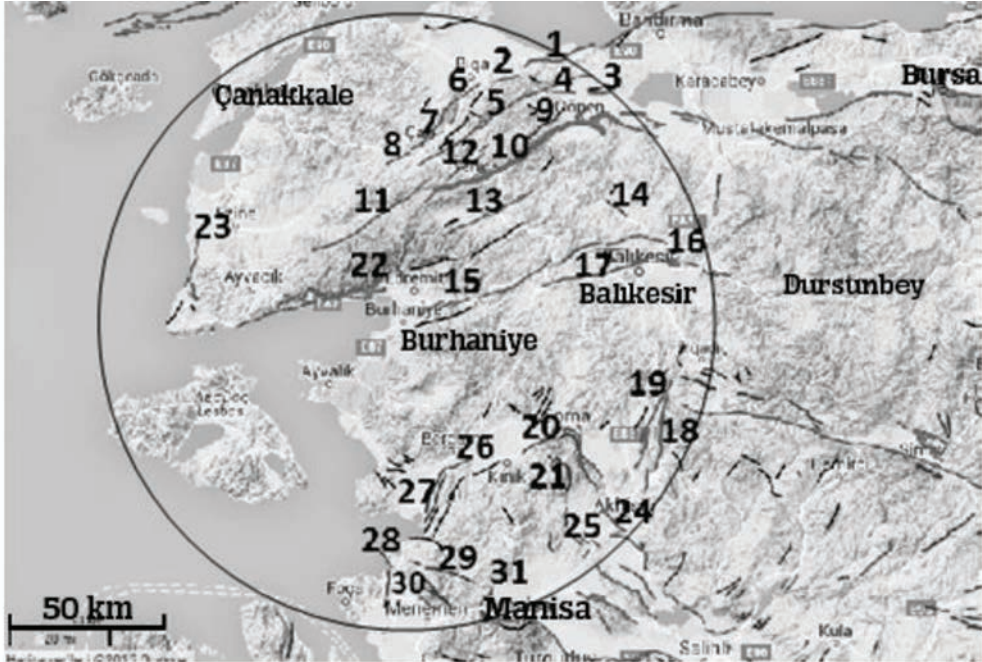
Şekil 3. Burhaniye yerleşim alanının jeoloji haritası (İçöz vd., 2000'den değiştirilmiştir.).
Figure 3. Geological map of the Burhaniye settlement area (revised from İçöz et al., 2000).

önemli olanlarıdır (Ercan, 2010; Emre vd., 2012). Ege Denizi'nde ise Pliyosen yaşlı K-G doğrultulu faylanmalar yaygındır. Balıkesir ve yakın çevresi, Batı Anadolu'nun K-G doğrultulu açılma rejiminin ürünü olan fayların ürettiği depremler ile Anadolu'nun batıya doğru ilerlemesi sonucu oluşan KAFZ'nun Marmara'daki kollarında gelişen depremlerden etkilenebilmektedir (Ercan, 2010; Emre vd., 2012).

Burhaniye yerleşim alanı için en kritik deprem senaryosunun belirlenmesinde MTA'nın 2012 yılında güncellediği Türkiye diri fay haritasından inceleme alanına en fazla 100 km uzağındaki diri faylar dikkate alınmıştır (Şekil 4). Söz konusu fayların potansiyel deprem büyüklüğünün belirlenmesi açısından uzunlukları ve olası

en büyük yatay ivmenin belirlenmesi açısından inceleme alanına uzaklıkları birlikte dikkate alındığında inceleme alanında Havran-Balıkesir Fay Zonu, Balıkesir Fayı, Edremit Fay Zonu ve Yenice-Gönen Fay Zonu'nun daha fazla öneme sahip oldukları görülmektedir. Bu amaçla yapılan ampirik hesaplamalar sonraki bölümlerde sunulmuştur.

Havran-Balıkesir Fay Zonu Biga yarımadası güneydoğusunda Balıkesir il sınırları içinde, Edremit Körfezi ile Kepsut arasında uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı aktif fay sistemidir. Havran-Balıkesir arasında KD-GB uzanımlı olan fay sistemi, tepe noktası Balıkesir il merkezi kuzeyinde yer alan, güneye doğru geniş bir büküm yapar ve büküm doğusunda KB-GD doğrultu-



Şekil 4. Burhaniye yerleşim alanını etkileyen faylar (1: Sinekçi Fayı 2 Nolu Segmenti, 2: Sinekçi Fayı 3 Nolu Segmenti, 3: Gündoğan Fayı 1 Nolu Segmenti, 4: Gündoğan Fayı 2 Nolu Segmenti, 5: Sarıköy Fayı, 6: Biga-Çan Fay Zonu Biga Segmenti, 7: Biga-Çan Fay Zonu Yuvalar Segmenti, 8: Biga-Çan Fay Zonu Çan Segmenti, 9: Akçapınar Fayı, 10: Yenice-Gönen Fayı, 11: Evciler Fayı, 12: Bekten Fayı, 13: Pazarköy Fayı, 14: Şanlı Fayı, 15: Havran-Balya Fay Zonu, 16: Balıkesir Fayı Kepsut Segmenti, 17: Balıkesir Fayı Gökçeyazı Segmenti, 18: Gelenbe Fay Zonu Doğu Segmenti, 19: Gelenbe Fay Zonu Batı Segmenti, 20: Soma-Kırkağaç Fay Zonu, 21: Soma-Kırkağaç Fay Zonu, 22: Edremit Fay Zonu, 23: Kestanelbol Fayı, 24: Gediz Graben Fay Sistemi Akhisar Fayı, 25: Gediz Graben Fay Sistemi Mustafa Kemal Paşa Fayı, 26: Bergama Fayı, 27: Zeytindağ Fay Zonu 1 Nolu Segmenti, 28: Yenifoça Fayı, 29: Güzelhisar Fayı, 30: Menemen Fay Zonu, 31: Gediz Graben Fay Sistemi Muradiye Fayı) (MTA, 2012).

Figure 4. The active faults affecting the Burhaniye settlement area (1: The second segment of Sinekçi Fault 2: The third segment of Sinekçi Fault, 3: The first segment of Gündoğan Fault, 4: The second segment of Gündoğan Fault, 5: The Sarıköy Fault, 6: The Biga segment of Biga-Çan Fault Zone, 7: The Yuvalar segment of Biga-Çan Fault Zone, 8: The Çan segment of Biga-Çan Fault Zone 9: The Akçapınar Fault, 10: The Yenice-Gönen Fault, 11: The Evciler Fault, 12: The Bekten Fault, 13: The Pazarköy Fault, 14: Şanlı Fault, 15: Havran-Balya Fault Zone, 16: The Kepsut segment of Balıkesir Fault, 17: The Gökçeyazı segment of Balıkesir Fault, 18: The East segment of Gelenbe Fault Zone, 19: The West segment of Gelenbe Fault Zone, 20: The first segment of Soma-Kırkağaç Fault Zone 21: The second segment of Soma-Kırkağaç Fault Zone, 22: The Edremit Fault Zone, 23: The Kestanelbol Fault 24: The Akhisar Fault (Gediz Graben Fault System), 25: The Mustafa Kemal Paşa Fault (Gediz Graben Fault System), 26: The Bergama Fault, 27: The first segment of Zeytindağ Fault Zone, 28: Yenifoça Fault 29: Güzelhisar Fault, 30: Menemen Fault Zone, 31: The Gediz Muradiye Fault (Graben Fault System) (MTA, 2012).

sunu kazanır. Söz konusu bölümü oluşturan faylar sağ yönlü doğrultu atımlı faylardır (Emre vd., 2012). Bu fay zonu Havran-Balya ve Balıkesir Fayı olmak üzere iki fayı içermektedir ya da kapsamaktadır gibi bir ifade daha doğru olur (Emre vd., 2012). Bu iki fay İvrindi-Balıkesir arasında ortalama 7-10 km genişlikte birbirine paralel uzanır. Tarihsel ve aletsel dönem kayıtlarında Havran-Balya fay'ında büyük depremler

geliştğine ilişkin bilgiler mevcut değildir (Emre vd., 2012). Balıkesir Fayı; İvrindi-Kepsut ilçeleri arasında D-B genel doğrultusunda güneye doğru iç bükey olarak uzanır (Emre vd., 2012).

Sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olan Balıkesir Fayı, Balıkesir kent merkezi yakın kuzeyinde, güneye iç bükey yaptığı bölümü ile karakteristiktir (Emre vd., 2012). Bu bölümü Balıkesir

Fayı'nı batı ve doğu olmak üzere iki segmente ayırır. Balıkesir Fayı'nın yaşı ve toplam atımı hakkında kesin veri yoktur. Balıkesir il yerleşkesine çok yakın oluşu nedeniyle fayın deprem tehlikesinin anlaşılması için yapılabilecek olan paleosismolojik araştırmalar önem taşımaktadır (Emre vd., 2012).

Edremit Fay Zonu Biga yarımadası güneyinde Edremit Körfezi ile Kazdağ Yükselimi arasında yer alır (Emre vd., 2012). Edremit Fay Zonu, karadaki geometrisi ve niteliğindeki değişimler dikkate alınarak Altınoluk ve Zeytinli olmak üzere iki ana segmente ayrılır. Altınoluk segmenti K80D genel doğrultuda uzanan düşük açılı bir normal fay ve bunun tavan bloğunda gelişmiş, zonal yapı sunan sentetik ve antitetik faylardan oluşur (Sarı vd., 2010; Emre vd., 2012). KD-GB genel gidişli Zeytinli segmenti ise yaklaşık 15 km uzunluktadır. Çizgisel gidişli tek bir faydan oluşan bu segment sağ yönlü doğrultulu atım bileşenli verev bir fay özelliği sergiler (Sarı vd., 2010; Emre vd., 2012).

Yenice-Gönen Fay Zonu Gönen doğusundaki Tütüncü ile Yenice ilçesi güneybatısı arasında toplam 67 km uzunluğunda olup, K65D genel doğrultuludur (Sarı vd., 2010; Emre vd., 2012). Magnitüdü 7.2 olan, 1953 yılı Yenice-Gönen depremiyle oluşmuş yüzey kırıkları Yenice-Gönen arasında ilk defa Herece (1985) tarafından detaylı olarak haritalanarak Yenice-Gönen Fayı olarak adlandırılmıştır (Sarı vd., 2010). Bu fay, Duru vd. (2007) tarafından hazırlanan 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Balıkesir-İ18 paftasında ise sağ yanal atımlı diri fay olarak tanımlanmıştır (Sarı vd., 2010).

İNCELEME ALANININ VE YAKIN ÇEVRESİNİN TOPOĞRAFYA, YERALTISU DURUMU VE ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Burhaniye yerleşim alanında yükseklik kıyı kesimlerden iç kesimlere, doğuya doğru düzenli olarak artmakta olup 20 m düzeylerine ulaşmaktadır (Şekil 5a). İnceleme alanında kıyıda 1 km kadar uzak alanlarda yükseklik 5 m'ye kadar çıkabilmektedir (Şekil 4a). Sıvılaşma açısından daha kritik öneme sahip alüvyon zeminlerin yayılım gösterdiği alanlarda eğim en fazla 5° iken

diğer alanlarda genellikle 5-15° arasında değişmektedir (Şekil 5b).

Bu çalışma kapsamında daha önce açılmış sondajlardan derlenen veri tabanı kullanılarak yapılan değerlendirmede; yeraltı su seviyesinin (YASS) topoğrafik yüzeye yaklaşık paralel olduğu ve sahilden doğuya doğru yüksekliğinin düzenli olarak artarak 12 m'ye ulaştığı görülmüştür (Şekil 5c). YASS'nin derinliği inceleme alanının sahil kısmında 3 m'den sığ iken bu kıyı kesiminin yaklaşık 1 km doğusunda kalan alanlarda ise 6 m'ye ulaşmaktadır (Şekil 5d).

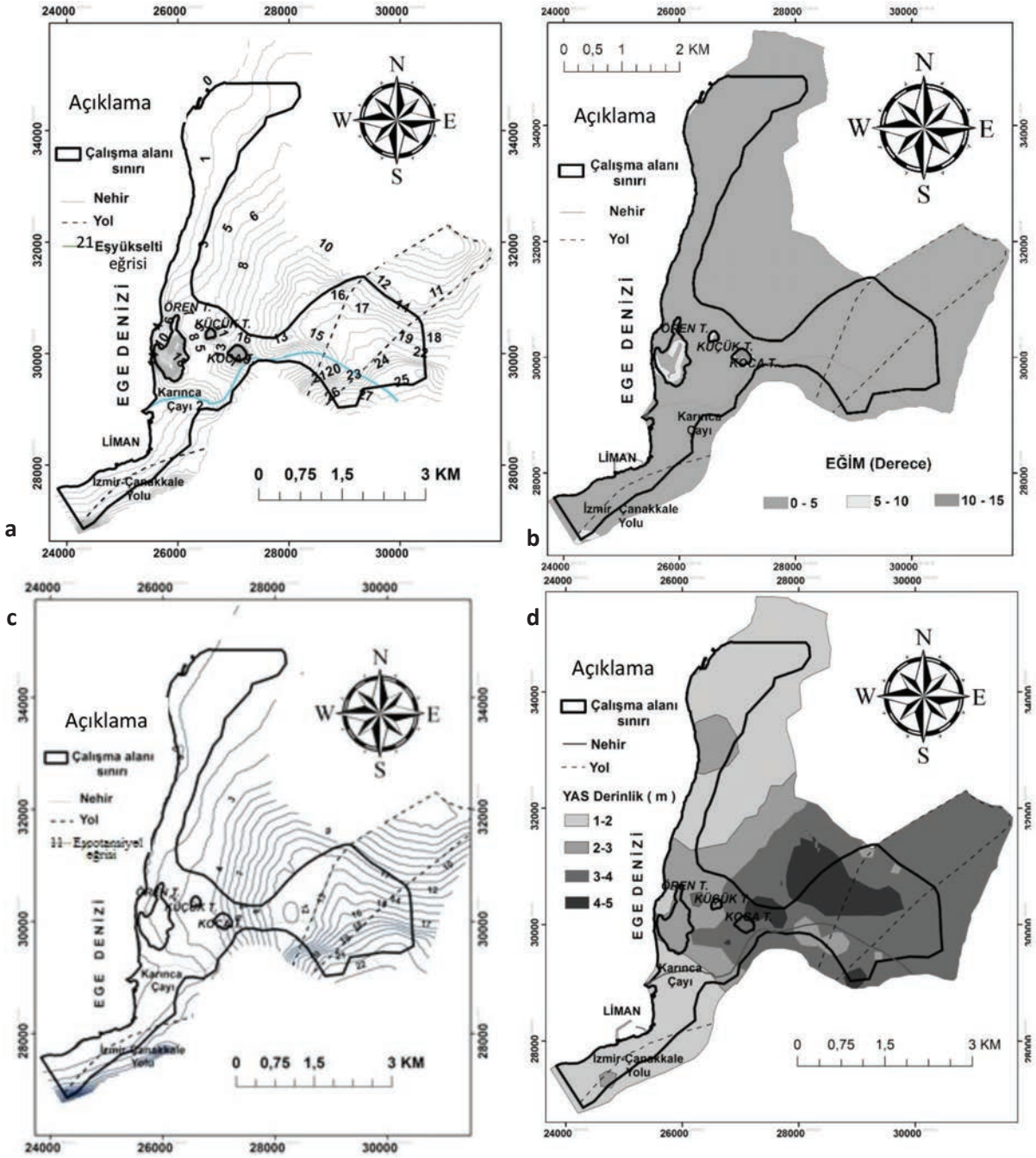
Burhaniye Belediyesi arşivinden sağlanan jeolojik ve jeoteknik etüt raporlarındaki verilere göre alüvyonu oluşturan zemin seviyeleri çoğunlukla kum, siltli kum ve kumlu silt olup yer yer çakıllı kum ve kumlu çakıllardan oluşmaktadır. İnceleme alanındaki alüvyon zeminlerin düzeltilmiş SPT-N değerleri CBS ortamında değerlendirilmiş ve topoğrafik yüzeyden 3, 6, 9, 12 ve 15 m derinlik için değişimini gösteren haritalar üretilmiştir (Şekil 6).

Düzeltilmiş SPT-N değerlerinin değişimini veren haritalar incelendiğinde, batıdan doğuya doğru bir zonlanmanın olduğu söylenebilmektedir (Şekil 6).

İNCELEME ALANI YAKIN ÇEVRESİ İÇİN SIVILAŞMA POTANSİYELİ HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Burhaniye yerleşim alanının sıvılaşma potansiyeli haritası oluştururken sondaj lokasyonlarında zemin tabakalarının her biri için sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (F_L) belirlendikten sonra zemin profilinin tümü için "Sıvılaşma İndeksi" nin hesaplanmasında Sönmez (2003)'de önerilen yöntem esas alınmış olup noktalar için Sıvılaşma İndeksi değeri IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmada, inceleme alanında yayılım gösteren alüvyondaki zemin tabakaları F_L 'nin hesaplanmasında Youd vd. (2001)'de verilen yöntem izlenmiştir. Bu yöntemde, Tekrarlı Gerilim Oranı (CSR), Seed ve Idriss (1971) tarafından önerilen aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır;

$$CRS=0.65(\sigma_v/\sigma'_v)(a_{max}/g)r_d \quad (1)$$



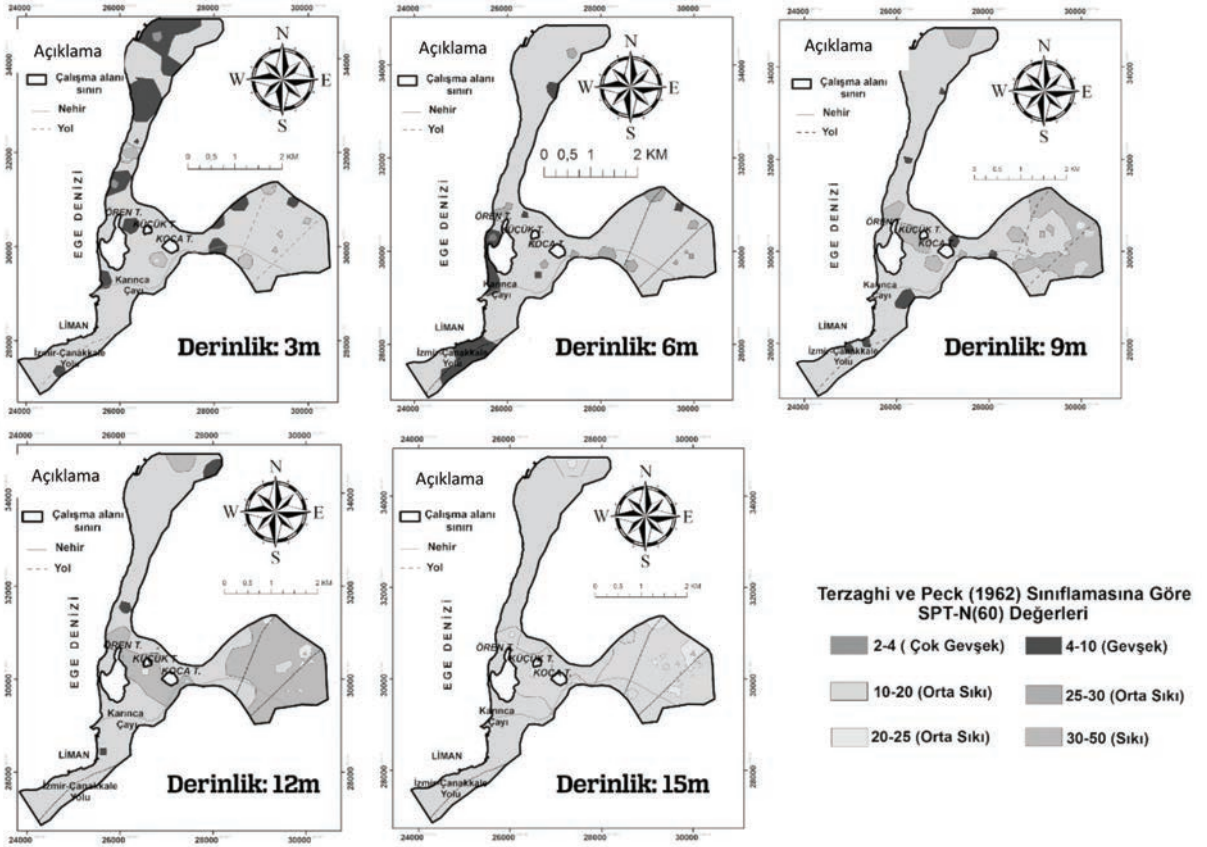
Şekil 5. Burhaniye yerleşim alanının topoğrafik haritası (a), eğim haritası (b), yeraltı su seviyesi haritası (c) ve yeraltı su derinliği haritası (d).

Figure 5. Topographical map (a), slope map (b) groundwater level map (c) and groundwater depth map (d) of the Burhaniye settlement area.

Burada a_{\max} gal cinsinden maksimum yatay yer ivmesidir. r_d gerilme azaltma katsayısı, g ise gal cinsinden yer çekimi ivmesidir. σ_v ve σ/v ise sırasıyla düşey gerilme ve efektif düşey gerilmedir.

Youd vd. (2001) r_d için ortalama değerini aşağıda verilen eşitlikle belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Burada z metre cinsinden derinliktir.

$$r_d = \frac{(1.00 - 0.4113z^{0.5} + 0.0452z + 0.001753z^{1.5})}{(1.000 + 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2)} \quad (2)$$



Şekil 6. Farklı derinliklerde düzeltilmiş SPT-N değerlerini gösteren harita.
Figure 6. The map representing the value of corrected SPT-N at different depths.

Burhaniye yerleşim alanında yayılım gösteren alüvyonlarda zemin seviyelerinin sıvılaşmaya karşı güvenlik sayısını bulmak için gerekli maksimum yatay yer ivmesinin belirlenmesinde Ulusay vd. (2004) tarafından önerilmiş ivme azalım ilişkisi kullanılmıştır (Eşitlik 3).

$$a_{max} = 2.18e^{0.0218(33.3M_w - R_e + 7.8427S_A + 18.9282S_B)} \quad (3)$$

Yukarıdaki eşitlikte a_{max} en büyük yer ivmesi, M_w moment büyüklüğü, R_e depremin merkez üstüne olan uzaklık, S_A ve S_B yerle zemin koşullarını tanımlayan sabitlerdir. Kaya olması durumunda $S_A = S_B = 0$, zemin koşullarında $S_A = 1$ ve $S_B = 0$, yumuşak zemin koşullarında ise $S_A = 0$ ve $S_B = 1$ 'dir (Ulusay vd., 2004).

İnceleme alanını etkileyecek en büyük yer ivmesini elde edebilmek için olası deprem senaryoları öngörülmüştür. Bu amaç için önce MTA'nın en son 2012'de güncellediği Türkiye diri fay

haritasından yararlanılarak söz konusu alana uzaklığı en fazla 100 km olan faylar seçilmiş (Şekil 3) ve daha sonra Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen eşitlik (Eşitlik 4) yardımıyla söz konusu fayların üretebileceği olası depremlerin Moment büyüklüğü (M_w) değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 1).

$$M_w = a + b \log(SRL) \quad (4)$$

Yukarıdaki eşitlikte, SRL beklenen yüzey kırığının (ya da tasarım depremini üretmesi beklenen fay segmentinin) uzunluğu km olup, a ve b katsayıları fayın türüne bağlıdır ve Çizelge 2'den alınmıştır.

Burhaniye yerleşim alanı için öngörülen deprem senaryolarına göre en büyük yer ivmesi inceleme alanının yaklaşık 8 km batısında yer alan Havar-Balya-Balıkesir Fayı Zonu'nun oluşturacağı

Çizelge 1. Burhaniye yerleşim alanını etkileyen aktif faylara göre olası deprem senaryolarının büyüklükleri.
 Table 1. The magnitude of possible scenario earthquakes and maximum ground acceleration based on the active faults affecting the Burhaniye settlement area.

No	Senaryo Deprem	Segment Adı	L (km)	Re (km)	Mw	a_{max} (gal)
1	Sinekçi Fayı	2	15.7	93.4	6.4	31.1
2	Sinekçi Fayı	3	9.4	84.6	6.2	31.2
3	Gündoğan Fayı	1	10.9	98.8	6.2	24
4	Gündoğan Fayı	2	12.5	90.4	6.3	30.5
5	Sarıköy fayı		66.6	51.6	7.1	131
6	Biga-Çan Fay Zonu	Biga	15.3	70.9	6.4	50.3
7	Biga-Çan Fay Zonu	Yuvalar	14.2	59.4	6.4	63
8	Biga-Çan Fay Zonu	Çan	19.9	51.5	6.5	84.5
9	Akçapınar Fayı		18.4	73.9	6.5	50.3
10	Yenice-Gönen fayı		88.1	40.4	7.3	185.7
11	Evciler Fayı		46.4	30.7	7	181.1
12	Bekten Fayı		16.2	49.2	6.4	82.4
13	Pazarköy Fayı		34.5	32.5	6.8	156.4
14	Şamlı Fayı		9.3	80.6	6	34
15	Havran-Balıkesir Fay Zonu		85.3	8	7.3	372
16	Balıkesir Fayı	Kepsut	27.3	90.3	6.7	40.7
17	Balıkesir Fayı	Gökçeyazı	39.2	51.1	6.9	109.3
18	Gelenbe Fay ZONU	Doğu	35.5	94.8	6.8	40.6
19	Gelenbe Fay Zonu	Batı	36.5	93	6.8	42.7
20	Soma-Kırkağaç Fay Zonu	1	31.7	64.3	6.8	75.8
21	Soma-Kırkağaç Fay Zonu	2	39.3	61.3	6.9	87.5
22	Edremit Fay Zonu		71.7	10.5	7.2	330
23	Kestanbol Fayı		21.8	64.2	6.6	66.3
24	Gediz Graben Fay Sistemi	Akhisar Fayı	11.9	93.3	6.3	28.1
25	Gediz Graben Fay Sistemi	Mustafa Kemal Paşa Fayı	4.9	92.8	5.8	20.5
26	Bergama Fayı		9.3	52.4	6	62.8
27	Zeytindağ Fay Zonu	1	17.3	51.1	6.5	81.1
28	Yenifoça Fayı		21	75.1	6.6	51.5
29	Güzelhisar Fayı		23	79.2	6.6	48.7
30	Menemen Fay Zonu		8	91.4	6.1	25.4
31	Gediz Graben Fay Sistemi	Muradiye Fayı	7.8	93.4	6.1	24

(a_{max} : en büyük yer ivmesi, L: Fay izi uzunluğu, M_w : moment büyüklüğü, R_e : depremin merkez üstüne olan uzaklık)

Çizelge 2. Fay segmenti yaklaşımı ile senaryo deprem büyüklüğünü veren eşitlikteki a ve b katsayıları (Wells ve Coppersmith, 1994).

Table 2. Coefficients a and b in the equation representing the scenario earthquake magnitude based on fault segment approach (Wells and Coppersmith, 1994).

Fay Türü	a katsayısı	b katsayısı
Doğrultu atımlı fay	5.16	1.12
Normal fay	4.86	1.32
Ters fay	5.00	1.22
Tüm fay türleri	5.08	1.16

$M_w=7.2$ büyüklüğündeki deprem için elde edilmiş olup, bu değer yaklaşık 0.37 g seviyesindedir.

Çalışma alanındaki zemin tabakalarının tekrarlı dayanım oranını bulmak için (CRR) aşağıda verilen eşitlik (Youd vd., 2001) kullanılmıştır.

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{[10(N_1)_{60CS} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (5)$$

Burada $CRR_{7.5}$ $M_w=7.5$ büyüklüğündeki deprem için zeminin tekrarlı dayanım oranı, $(N_1)_{60CS}$ ise ince tane oranına göre yeniden düzeltilmiş SPT-N değeridir.

$(N_1)_{60CS}$ bulmak için gerekli düzeltme katsayıları Youd vd. (2001)' den alınmış olup bu değerlerin ince tane oranına (ITO) göre düzeltilmesi için aşağıda verilen eşitlikler (Youd vd., 2001) uygulanmıştır (Eşitlikler 6-12);

$$(N_1)_{60CS} = \alpha + \beta(N_1)_{60CS} \quad (6)$$

$$\alpha = 0 \quad (ITO \leq \%5) \quad (7)$$

$$\alpha = \exp \left[1.76 - \left(\frac{190}{ITO^2} \right) \right] \quad (\%5 < ITO \leq \%35) \quad (8)$$

$$\alpha = 5.0 \quad (ITO > \%35) \quad (9)$$

$$\beta = 0 \quad (ITO \leq \%5) \quad (10)$$

$$\beta = \exp \left[0.99 - \left(\frac{ITO^{1.5}}{1000} \right) \right] \quad (\%5 < ITO \leq \%35) \quad (11)$$

$$\beta = 1.2 \quad (ITO > \%35) \quad (12)$$

Bu çalışmada 7.5 büyüklüğünden farklı büyüklükteki olası depremler için uygulanacak düzeltme faktörü için Seed ve Idriss (1971) tarafından verilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

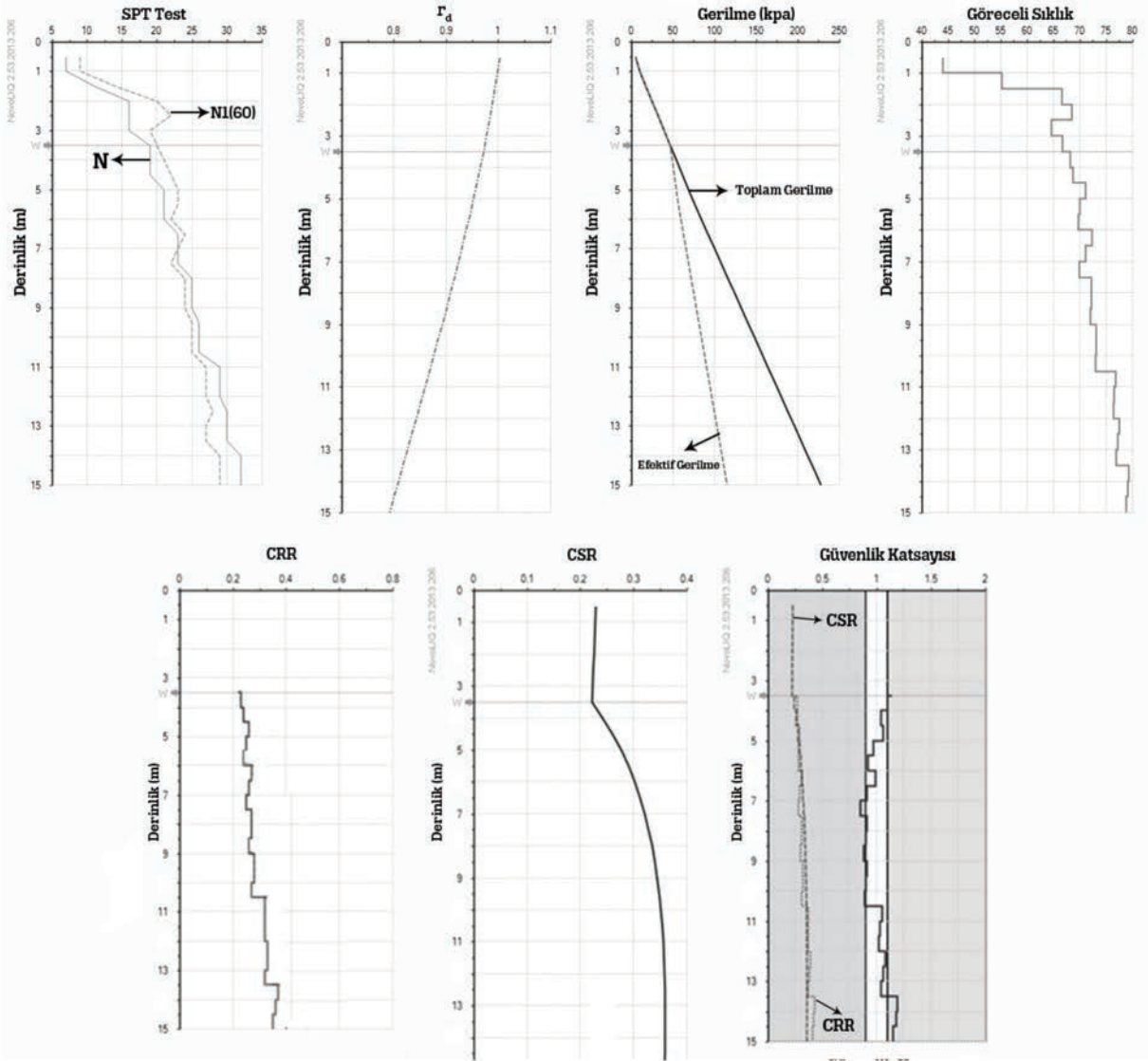
$$MSF = \left(\frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \right) \quad (13)$$

Burhaniye yerleşim alanında yayılım gösteren alüvyondaki zemin seviyelerinin sıvılaşmaya karşı güvenlik sayısının bulunmasında NovoLiq (Ver: 2.53) programı kullanılmış olup programın çıktısına örnek olarak 36 nolu sondaj için hesaplanan değerlerin zemin profili boyunca değişimi Şekil 7'de verilmiştir.

Zemin seviyelerinin sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı yüzeyden derine doğru profil boyunca farklılıklar sunmakta olup tek başına sıvılaşmanın yüzeydeki etki derecesini değerlendirilmesinde yetersizdir (Sönmez, 2003). Bu nedenle, farklı araştırmacılar tarafından zemin profilinin tümünü ifade edebilecek sıvılaşma şiddetini veren bazı yaklaşımlar önermişlerdir (Iwasaki vd., 1982; Sönmez, 2003; Sönmez ve Gökçeoğlu 2005; Holzer, 2008).

Iwasaki vd. (1982) sondaj lokasyonu için yüzeyden 20 m derinliğe kadar sıvılaşmanın şiddetinin değerlendirilmesi için aşağıda verilen eşitlikle (Eşitlik 14) bulunan "Sıvılaşma İndeksi, L_1 " ni önermiştir.

$$L_1 = \int_{Z=0}^{Z=20} W(z)F(z)dz \quad (14)$$



Şekil 7. Sıvılaşma potansiyeli temsil eden güvenlik faktörünü elde etmek için kullanılan Novaliq programının çıktısı.
Figure 7. The output of the Novaliq program used to obtain safety factor representing liquefaction potential.

Burada sıvılaşabilirliği araştırılan tabaka derinliği, $z \geq 20$ olduğunda $W(z)=0$ ve $z < 20$ olduğunda ise $W(z)=10-0.5z$ dir. Sıvılaşmaya kaşı güvenlik katsayısı $F_L < 1.0$ olduğunda $F(z)=1-F_L$ diğer durumda $F(z)=0$ dir.

Iwasaki vd. (1982) tarafından önerilen Sıvılaşma İndeksinin iki önemli sınırlaması bulunmaktadır (Sönmez 2003); a) Sıvılaşma potansiyeli olmayan ($F_L > 1$) alanlar ayırtlanamaz ve b) Orta sıvılaşma potansiyeli tanımlamada yer alma-

maktadır. Bu iki sınırlamayı aşmak için Sönmez (2003), Iwasaki vd. (1982) tarafından önerilen yaklaşımda, yüzeyden 20 m derinliğe kadar tüm seviyelerde $F_L > 1.2$ 'den büyük olması koşulunda sondaj lokasyonu için Sıvılaşma İndeksi $L_1=0$ olmakta ve yeni sınıflamaya göre "Sıvılaşma yok" tanımı yapılmaktadır (Eşitlikler 15-20). Ayrıca, "orta" tanımı da yapılan yeni öneri ile sınıflamaya dahil edilmiştir (Çizelge 3) (Sönmez, 2003). İnceleme alanının sıvılaşma potansiyelini bulmak için Sönmez (2003) tarafından verilen aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

Çizelge 3. Sıvılaşma İndeksi sınıflaması (Sönmez, 2003).
Table 3. Liquefaction Index classification (Sönmez 2003).

Sıvılaşma İndeksi	Tanımlama
0	Sıvılaşma yok
0-2	Düşük
2-5	Orta
5-15	Yüksek
>15	Çok Yüksek

$$L_1 = \int_{z=0}^{z=20} W(z)F(z)dz \quad (15)$$

$$z < 20 \text{ m} \quad W(z) = 10 - 0.5z \quad (16)$$

$$z \geq 20 \text{ m} \quad W(z) = 0 \quad (17)$$

$$F(z) = 0 \quad F_L \geq 1.2 \quad (18)$$

$$F(z) = 2 \times 10^6 e^{-18.427F_L} \quad 12 > F_L > 0.95 \quad (19)$$

$$F(z) = 1 - F_L \quad F_L < 0.95 \quad (20)$$

Bu çalışma sonucunda elde edilen Burhaniye yerleşim alanının sıvılaşma potansiyeli haritasında (Şekil 8) kıyıda orta ve iç kesimlere doğru (doğuya doğru) bir zonlanmanın olduğu, aynı yönde sıvılaşma şiddeti indeksinin de azaldığı görülmektedir.

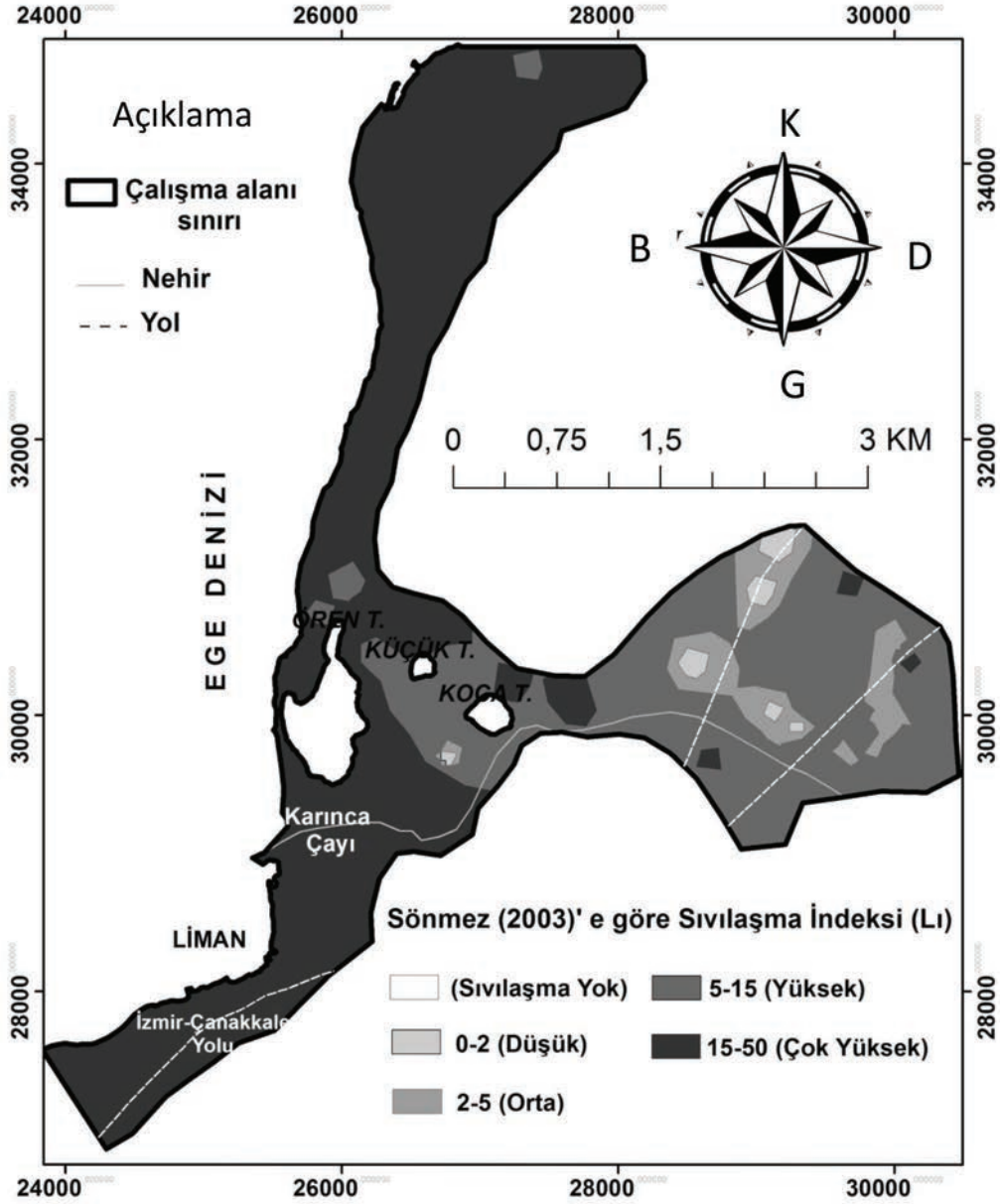
İnceleme alanında, kıyı boyunca “Çok Yüksek” sıvılaşma şiddeti değerinin orta kesimlere gidildikçe “Yüksek” şiddete, orta kesimlerden doğuya doğru devam ettikçe yine “Yüksek” ve yer yer de “Orta” ve “Düşük” sıvılaşma şiddeti değerine düştüğü görülmektedir. Burhaniye yerleşim alanının yaklaşık %48’i “çok yüksek”, %42’i “yüksek”, %7’i “orta” ve %3’ü düşük sıvılaşma şiddetine sahiptir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Burhaniye yerleşim alanının jeolojik, hidrojeolojik ve tektonik özellikleri nedeniyle, olası kuvvetli yer hareketleri sırasında sıvılaşma tehlikesi al-

tında olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, söz konusu alanın Burhaniye Belediyesi tarafından yaptırılmış jeoteknik sondajlar, yerinde yapılmış standart penetrasyon deneyi (SPT) verileri esas alınarak sıvılaşma duyarlılık haritaları üretilmiştir. Burhaniye yerleşim alanının sıvılaşmaya karşı duyarlılığı Sönmez (2003) ve Lee vd., (2003)’nin yaklaşımlarına göre sıvılaşma şiddeti indeksleri hesaplanmıştır. Sıvılaşma duyarlılık haritaları üretilmiştir. Sönmez (2003)’in yöntemine göre hesaplanan Sıvılaşma İndeksi ve sınıflamasına göre oluşturulan harita incelendiğinde, inceleme alanının yaklaşık %48’i “çok yüksek”, %42’i “yüksek”, %7’i “orta” ve %3’ü düşük sıvılaşma şiddetine sahip olduğu görülmektedir. Burhaniye mevcut yerleşim alanındaki arazilerin yeniden değerlendirilmesinde ve arazi kullanım kararları verilirken bu çalışmada ortaya konan sıvılaşmaya karşı duyarlılık haritası temel teşkil edebilir.

Burhaniye yerleşim alanını etkileyecek olası bir depremin oluşturacağı riski azaltmak için her bir mikro bölgenin, özellikle sıvılaşma potansiyeli yüksek ve çok yüksek olan bölgelerdeki bina stoğunun durumunun; kullanım niteliğinin, depremdeki davranışlarının, hasar görülebilirlik oranlarının, binadaki yaşayan kişi ve binanın değerinin belirlenmesi gerekir. Bu belirlemeden sonra olası deprem senaryolarına göre can ve mal kaybını azaltacak önlemlerin de yer aldığı bir afet programının hazırlanması gerekmektedir. Tüm bu çalışmaların I. Derece Deprem Bölgesi’nde yer alan Balıkesir ili büyükşehir sınırları içerisinde kalan tüm alanlar için yapılması gerekmektedir.



Şekil 8. Burhaniye yerleşim alanının sıvılaşma potansiyeli haritası.

Figure 8. Liquefaction potential map of the Burhaniye settlement area.

KAYNAKLAR

Akyürek, B., 1989. 1:100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Ayvalık G3 paftası. M.T.A. Genel Müd. Yayınları, 97, 9, 1249-1273.

Chen, C.J. ve Juang, C.H., 2000. Calibration of SPT and CPT-based liquefaction evaluation methods. In: Mayne PW, Hryciw

R (eds), Innovations and applications in geotechnical site characterization, Geotechnical Special Publication, ASCE, Reston, 97, 49-64.

Çetin, K.O., Seed, R.B., Kiureghian, A.D., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Kayen, R.E., ve Moss, R.E.S., 2004. Standard penetration test-based probabilistic and deterministic assessment of seismic soil

- liquefaction potential. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130, 12, 1314-1340.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F. ve Kar, H. 2004. New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in north-west Turkey. *Turkish journal of Earth Sciences' A special issue commemorating, Okan Tekeli'*, 177-186.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Dönmez, M., Ilgar, A., ve Akçay, E.A. 2007. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları Bandırma-İ18 Paftası, MTA, 102.
- Emre, Ö., Doğan, A. ve Yıldırım, C., 2012. Biga Yarımadasının diri fayları ve deprem potansiyeli. (eds: E. Yüzer and G. Tunay). *Biga Yarımadasının Genel ve Ekonomik Jeolojisi*, 28, Ankara: Pozitif Matbaacılık Ltd. Sti., 163-191.
- Ercan, Ö.A., 2010. Balıkesir'in deprem sakınımları ile kentsel tasarım yönelimi, çağdaş jeofizikle yerinceleme çalışmaları. *Balıkesir Kent Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, EMOYayın No: SK/2011/3, Balıkesir, 21-46.
- Herece, E., 1985. The Yenice-Gonen earthquake of 1953 and some examples of recent tectonic events in the Biga Peninsula of northwest Turkey. MSc. Thesis, Penn State University, ABD.
- Holzer, T., 2008. Probabilistic liquefaction hazard mapping. *Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, IV, 1-32.
- İçöz, E., Karadeniz, D. Arslaner, B., Bostancı, B. ve Türk, N., 2000. Burhaniye (Balıkesir) Yerleşim Alanının Jeolojik- Jeofizik- Jeoteknik Etüd Raporu (Yayınlanmamış).
- Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K. I., ve Yasuda, S., 1978. A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various sites in Japan. *Proc. 2nd International Conference on Microzonation*, 885-896.
- Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S., ve Sato, H., 1982. Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Microzonation*, Seattle, 3, 1319-1330.
- Juang, C.H., Yuan, H., Lee, D.H. ve Lin, P.S., 2003. A simplified CPT-based method for evaluating liquefaction potential of soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 129, 1, 66-80.
- Lee, D.H., Ku, C.S. ve Yuan, H., 2003. A study of the liquefaction risk potential at Yuanlin. *Taiwan Engineering Geology*, 71, 97-117.
- MTA, 2012. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye. <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>, 15 Mayıs 2015.
- Okay, A., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Metzger, R., ve Akyüz, H.S., 1996. Paleozoic and Neo-Tethyan events in north-west Turkey: Geological and geochronological constraints: Yin, A. and Harrison, T.M., eds. *Tectonic Evolution of Asia*: 420-44
- Sarı, R., Tufan, E.A., ve Yenigün, K.G., 2010. Kentimizin heyelan, deprem ve taşkın alanları açısından irdelenmesi. *Balıkesir Kent Sempozyumu Bildiriler Kitabı* EMO Yayın No: SK/2011/3, Balıkesir, 139-150.
- Seed, H.B. ve Idriss, I.M., 1971. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 97, 9, 1249-1273.
- Sönmez, H. ve Gökçeoğlu, C., 2005. A liquefaction severity index suggested for engineering practice. *Environmental Geology*, 48, 81-91.
- Sönmez, H., 2003. Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegöl-Turkey). *Environmental Geology*, 44,7, 862-871.
- Ulusay, R., 2010. *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler (Practical Information for Geotechnical Applications-Updated-Expanded 5th Edition)*. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Güncellenmiş ve Genişletilmiş 5. Baskı, Yayın No. 38, 458 sayfa.

- Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gökçeoglu, C., 2004. An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. *Engineering Geology*, 74, 3/4, 265-291.
- Wells, D., ve Coppersmith, K., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 974-1002.
- Youd, T.L. ve Perkins, D.M., 1987. Mapping of liquefaction severity index. *Journal of Geotechnical Engineering*, 113, 11, 1374-1392.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B., ve Stokoe II, K.H., 2001. Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 817-833.

YAZIM KURALLARI

1. YAYIN İLKE VE KURALLARI

YERBİLİMLERİ Dergisi'ne gönderilecek yazılar, daha önce yayımlanmamış, ayrıca eş zamanlı olarak diğer bir dergiye veya sempozyum, kongre vb. gibi etkinliklerde sunulmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Ayrıca, dergiye sunulacak yazıyla ilişkili diğer makalelerin içeriklerindeki çakışma, en alt düzeyde olmalı ve giriş/tartışma bölümleriyle sınırlı kalmalıdır.

Yazarlar, yazılarını hazırlarken, derginin “**Yazım Kuralları**” başlıklı ayrıntılı kılavuzundan yararlanmalıdırlar. Editörler, bu kılavuza uygun şekilde hazırlanmamış yazıları yazar(lar)ına iade edebilirler. Çok yazarlı yazılarda yazarlardan biri “Başvurulacak Yazar” konumunda olmalıdır. Tüm yazarların; çalışmada yer aldığı, yazıyı onayladıkları ve yazının dergiye sunulmasını kabul ettikleri esas alınır.

Dergiye sunulan yazılar, önce Baş Editör ile bir Editör tarafından incelenir. Daha sonra makalenin değerlendirilmesi, düzeltilmesi ve yayıma kabulü veya kabul edilmemesi gibi işlemlerin yürütülmesi amacıyla bir Editör, Baş Editör tarafından görevlendirilir. Yazarlar, Yayın Danışma Kurulu'ndan ve/veya bu kurulun dışından seçilmiş en az iki hakeme gönderilir. Yazıları değerlendirirken hakemlerden gizlilik ilkesine uymaları istenir ve adlarının açıklanıp açıklanmaması kendilerinin tercihine bırakılır. Yazılar, hakemlerin görüşleri alındıktan sonra, ayrıca Baş Editör ve ilgili Editör tarafından da değerlendirilir. Değerlendirmenin sonucuna göre yazının yayıma kabulü veya reddi ile ilgili son karar Baş Editör tarafından verilir.

2. GÖNDERİLECEK YAZILARIN NİTELİĞİ

Dergide yerbilimlerinin değişik alanlarında (jeoloji, jeofizik, madencilik ve jeomorfoloji) gerçekleştirilmiş özgün araştırmalar, yeni gelişmeler ve vaka sunumları ile ilgili yazılara yer verilmektedir. Kabul edilen başlıca yazı türleri, “Özgün Araştırma Makaleleri” ve “Teknik Notlar”dır. Fikirler, mevcut tekniklere ilişkin destekleyici çalışmalar veya ön sonuçlar Teknik Not olarak kabul edilir. Teknik Notlar, genel olarak, makalelerden daha kısa yazılar olup, bu yazılarda Öz bölümünün verilmesine gerek yoktur. Bunların yanı sıra, önceki çalışmaları veya bir konuyu eleştirel bir yaklaşımla derleyen ve o konuda bazı katkılar da sağlayan “Eleştirel Derlemeler” ile dergide yayımlanmış makalelere ilişkin “Tartışmalar” da sunulabilir. Ancak Teknik Notlarla ilgili Tartışma türü yazılara dergide yer verilmez.

3. YAZILARIN GÖNDERİLMESİ

Yazılar, elektronik ortamda (internet aracılığıyla) veya posta ile gönderilebilir. Editörlük makalelerin yıpranması veya kaybolmasıyla ilgili herhangi bir sorumluluk almayacağı için, yazarlar yazılarının bir kopyasını muhafaza etmelidirler.

Doç. Dr. Elif VAROL MURATÇAY

Yerbilimleri Dergisi

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe, Ankara

E-mail: yerbilimleri@hacettepe.edu.tr

Tel : +90 312 297 7744

Fax : +90 312 299 2034 veya +90 312 299 2075

Yazılar, elektronik ortamda (internet aracılığıyla) veya posta ile gönderilebilir. Editörlük makalelerin yıpranması veya kaybolmasıyla ilgili herhangi bir sorumluluk almayacağı için, yazarlar yazılarının bir kopyasını muhafaza etmelidirler.

4. YAZILARIN HAZIRLANMASI (YAZIM KURALLARI)

Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçeye çevrilir. İngilizce sunulacak yazılarda hem İngiliz, hem de Amerikan İngilizcesi kullanılabilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir.

Yazılar, genel olarak, aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar adları (koyu ve tamamı büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın E-posta (ilk sayfanın sol alt kısmında)
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzeme(ler), tanımlamalar, analizler vd.)
- (g) “Sonuçlar ve Tartışma” veya “Tartışma ve Öneriler”
- (h) Katkı Belirtme (gerekliyse)
- (i) Kaynaklar
- (j) Ekler (gerekliyse)
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller

dizini) A4 (29.7 cm x 21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntoyla (Arial) yazılmalı, tüm sayfalarına ve ayrıca metindeki her satıra (başlıklar dahil) numara verilmelidir.

ÖZ

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

Yazılarda SI birimleri (örneğin; kPa, MPa, kN/m³) kullanılmalıdır. Bununla birlikte, eğer istenirse, bu birimlerin diğer sistemlerdeki karşılıkları da parantez içinde verilebilir (örneğin; “İncelenen kumtaşının birim hacim ağırlığı ve tek eksenli sıkışma dayanımı sırasıyla 24 kN/m³ (2.4 kg/m³) ve 60 MPa (600 kgf/cm²)’dir”).

Rakamların ondalık hanelerinin gösteriminde virgül yerine nokta kullanılmalıdır. Yazılarda semboller (örneğin \sum , $\sqrt{\quad}$) kullanılmamalıdır. Bunların yerine, harflerin veya rakamların (örneğin; (a), (b),.....veya (i), (ii).....veya (1), (2).....) kullanılması önerilir. Dip notu verilmesinden kaçınılmalıdır. Özellikle reklam niteliği taşıyan yazılar kabul edilmez.

Yayıma kabul edilmesi koşuluyla, derginin yazım kurallarına uygun şekilde hazırlanmış yazılar, aşırı derecede düzeltmeye ihtiyaç gösteren yazılara göre daha kısa sürede basılır.

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- Yazının başlığı
- Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- Tüm yazarların açık posta ve e-posta adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın telefon numaraları da ayrıca belirtilmelidir.

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalı ve makul uzunlukta olmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve küçük harfle) İngilizce başlık (italik ve küçük harfle) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kuralına göre verilmelidir.

Öz

Öz, çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler, hem Türkçe hem İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Öz'den sonra “Abstract” (italik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract’ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract’ın altında 7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

Kaynaklar

Gerek metinde, gerekse şekil ve çizelge açıklamalarında atıfta bulunulan tüm kaynaklar, metnin sonunda “KAYNAKLAR” başlığı altında listelenmelidir. Tek veya iki yazarlı makalelerde yazarlara atıfta bulunulmalıdır (örneğin; Barka ve Cadinsky-Cade, 1988; Hudson, 1997). İki den fazla yazarlı makalelerde ilk yazarın adının yanına “vd”. (makale Türkçe yazılmış ise) veya “et al.” (makale İngilizce yazılmış ise) eki ve yazar adlarıyla yayım tarihi arasına da virgül konmalıdır (örneğin; Vendeville vd., 1995 veya Vendeville et al., 1995).

Metin içinde kaynaklara atıfta bulunurken, kaynaklar en eski tarihten başlayarak en güncel doğru tarih sırasıyla verilmeli ve her kaynağın arasına noktalı virgül konmalıdır (örneğin; “Laboratuvar ve arazide çeşitli çalışmalar Komar ve Li (1986); Schmidt ve Gintz (1995) tarafından yapılmıştır”). Makalenin İngilizce yazılması halinde, yukarıda verilen örneklerdeki “ve” ile “vd.”nin yerine “and” ve “et al.” kullanılmalıdır.

Eğer bir kaynağa doğrudan ulaşılamıyor, ancak diğer bir kaynaktan dolaylı olarak alınıyorsa, ulaşılamayan bu kaynak alıntı yapılan diğer kaynakla birlikte aşağıda belirtilen şekilde çapraz referans olarak verilmelidir: “.....Gamble (1971; Franklin ve Chandra, 1972). Sözlü ve yazılı görüşmelere de, yukarıda belirtilen örneklerle benzer şekilde, metin içinde atıfta bulunulmalı ve ayrıca Kaynaklar dizininde de yer verilmelidir (örneğin; Gerçek (2001)).

Atıfta bulunulan kaynakların “KAYNAKLAR” bölümünde sunulmasına ilişkin örnekler

(a) Dergiler

Barka, A.A., and Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.

Yazar(lar), Tarih. Makalenin başlığı. Derginin Açık Adı, Cilt (No.), sayfa no.

(b) Bildiri Tam Metinleri ve Bildiri Özleri

Bildiri tam metinleri:

Stephansson, O., 2003. Estimation of virgin state of stress and determination of final rock stress model. Proceedings of the 3rd International Symposium on Rock Stress-RS Kumamoto'03, K.Sugawara, Y.Obara and A.Sato (eds.), A.A.Balkama, Tokyo.

Bildiri özlere:

Bouchon, M., Toksöz, M.N., Karabulut, H., Boun, M.P., Dictrich, M., and Aktar, M., 2002. Space and times evaluation of rupture and faulting during the 1999 Gölçük, İzmit (Turkey) earthquake. 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, İTÜ, İstanbul, Abstracts, p.51.

Yazar(lar), Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Başlığı, Editör(ler)in Adı (eds.), Basımevinin Adı ve Yeri, (Cilt No, verilmişse), sayfa no.

CD'ye yüklenmiş bildiriler:

Aydan, Ö., Sezaki, M., and Yazar, R., 1996. The seismic characteristics of Turkish earthquakes. 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, CD Paper No. 1025.

(c) Kitaplar

Turcotte, D.L., 1975. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge.

Yazar(lar), Tarih. Kitabın Adı. Basımevinin Adı ve Yeri.

(d) Yayımlanmış Raporlar ve Tezler

Fairhurst, C., Brown, E.T., Marsly, G., Detounay, E., Nikolaevskiy, V., Pearson, J.R.A., and Townley, L., 1998. Underground nuclear testing in French Polynesia : Stability and hydrogeology issues. Report of International Geomechanical Commission to the French Government, Vol. I and II.

Yazar(lar), Tarih. Raporun Başlığı. Kuruluşun Adı, Rapor No., Yer adı (yayımlanmamış, raporun dili).

(e) Yayımlanmamış Raporlar ve Tezler

Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Laboratory, Technical Report No. AFWL-TR-65-116, Kirtland Air Force Base, New Mexico (unpublished).

Yazar(lar), Tarih. Raporun başlığı. Kuruluşun Adı, Rapor No., Kent Adı (yayımlanmamış).

Meyer, W.H., 1977. Computer modeling of electro-magnetic prospecting methods. PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA (yayımlanmamış).

Yazar, Tarih. Tezin başlığı. Tezin türü (Y. Lisans veya Doktora), Üniversite veya Enstitü Adı, Kent Adı (yayımlanmamış).

(f) Kişisel Görüşme:

Gerçek, H., 2001. Kişisel görüşme. Karaelmas Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.

(g) İnternette İndirilen Bilgiler

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.

Kuruluş Adı, Tarih. Web adresi, web sitesine giriş tarihi.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır. Türkçe kaynaklarla ilgili bazı örnekler aşağıda verilmiştir. Bu kaynakların başlıklarının İngilizce verilmesi veya makalenin İngilizce yazılması halinde kaynağın en sonuna parantez içinde "in Turkish" ibaresi eklenmelidir.

Gülsoy, Ö.Y., Orhan, C.E., Can, N.M. ve Bayraktar, İ., 2004. Manyetik ayırma ve flotasyonla magmatik ve metamorfik kayalardan feldispat üretimi. Yerbilimleri, 30, 49-61.

Doğan, R., 2003. Kırşehir Masifi kuzeyinin tektonik ve magmatik evrimi konusunda bazı düşünceler. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, 66-67.

Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972 .Yapısal Jeoloji . İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.

Sönmez, H., 1999. Soma linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

"Hazırlanmakta" veya "incelemeye sunulmuş" olan makalelere veya bildirilere atıfta bulunulmamalı ve Kaynaklar dizininde yer verilmemelidir. Çapraz referans verilmesi halinde, kaynaklar dizininde sadece orijinal kaynağın alındığı diğer kaynağın dolaylı olarak verilmesi gerekir. Aynı yazarın veya çok yazarlı yayınlarda ilk yazarın adının bulunduğu ve aynı tarihte yayımlanmış birden fazla sayıda kaynak için, kaynakların ayırt edilebilmesi açısından yayın tarihlerinin yanına "a", "b" gibi harfler eklenmelidir (örneğin; Goodman 1988a ve 1988b).

Katkı Belirtine

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

Eşitlikler ve Formüller

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayanarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

"t = c + stanf

(1)

Burada; t makaslama dayanımı, c kohezyon, s normal gerilme ve f içsel sürtünme açısıdır".

Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; Id, x2). Karekök

işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin; scmass = scs0.5). Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda “*” işareti tercih edilmelidir (örneğin; $y = 5 \cdot 10^{-3}$). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine “/” işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca⁺⁺ ve CO₃⁻ yerine Ca²⁺ ve CO₃²⁻ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere “eşitlik (1)” şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekiyorsa, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte (çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir), derginin sayfalarındaki baskı alanını (15.8 cm x 22.5 cm) aşmayacak şekilde hazırlanmalı, metnin sonunda her bir çizelge ayrı birer sayfada bulunacak şekilde ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısmında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır. Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, “Çizelge 1” vb. şekilde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve derginin tek (7.3 cm-Genişlik) veya çift (15.8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir.

Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için derginin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalarda olacak şekilde metnin sonunda (Kaynaklar dizininin sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgelerin altında verilmelidir (örneğin; sc: tek eksenli sıkışma dayanımı; Il: illit vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekillerin her biri JPG olarak hazırlanmalı, ayrı bir dosya içine, her bir şekil ayrı olarak kaydedilmeli ve şekil numarası yazılmalıdır. Dosya içine konulan şekillerde Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalıdır. Dergi siyah-beyaz basılacağı için, yazarlar hazırlanan şekillerde bu hususu dikkate almalıdırlar. Şekil açıklamaları; Şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya konularak “Şekiller Dizini” başlığıyla verilmeli, ayrıca “Şekil 1.” olarak başlanmalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığının da içerecek biçimde 15.8 cm (Genişlik) x 22.5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin derginin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir.

Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25,000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çizgi ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a, b, c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar ayrı sayfalarda olması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller Levha olarak değerlendirilmelidir. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

Ekler

Yöntemlere (bilinen yöntemler hariç) ilişkin özel ayrıntılar veya matematiksel işlemler için makalelerde eklere yer verilebilir. Bilgisayar programı listeleri de ek olarak kabul edilir.

5. YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son kopyasını elektronik ortamda Baş Editör’e göndermelidir. Makaleler WORD ile hazırlanmalıdır. Tüm şekiller ayrı bir dosya içinde her bir şekil 300 dpi’den az olmamak koşuluyla JPG olarak ayrı sayfalarda yer almalıdır.

6. PROVA BASKILAR

Makalenin prova baskıları dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için Başvurulacak Yazar’a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı bir duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilmez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde Baş Editör’e gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilmeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

7. TELİF HAKLARI

Yazar veya Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına “Telif Hakkı Devir Formu”nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi’ne yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazar(lar)ın makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Baş Editör’e gönderilmelidir. Bu form Baş Editör’e ulaştırılmaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

1. STATEMENT OF EDITORIAL AND PUBLICATION POLICIES

Manuscripts submitted to YERBİLİMLERİ (EARTH SCIENCES) should have not been published or simultaneously submitted elsewhere. The overlap of contents between related papers should be at minimum, and normally confined to the introductory/discussion sections.

Authors should consult the Journal's "Instructions for Contributors" for detailed stylistic guidelines during preparation of their manuscript. Editors may return manuscripts that are grossly inconsistent with these guidelines. One individual will need to be the Corresponding Author where the submitted manuscript is multi-authored. It will be assumed that all the authors have been involved in the work, have approved the manuscript, and have agreed to its submission.

Manuscripts submitted to the Journal are initially evaluated by the Editor-in-Chief and one of the Associate Editors. The Editor-in-Chief then allocates the manuscript to an Associate Editor, to handle the reviewing, revision and acceptance or rejection procedures. Manuscripts are sent to at least two reviewers selected from the Editorial Advisory Board and/or external specialists. Reviewers are requested to treat the manuscript confidentially. They may choose to identify themselves or to remain anonymous. After the reviewers' comments have been received, the Editor-in-Chief and an Editor also review the papers. The Editor-in-Chief's judgment is final with regard to the review process and suitability for publication.

2. TYPES OF CONTRIBUTIONS

The Journal is concerned with original research, new developments, and case studies in earth sciences (geology, geophysics, mining, and geomorphology). The two main types of contributions are "Original Research Papers" and "Technical Notes". Ideas, preliminary results and confirmations on existing techniques are suitable as Technical Notes. In general, Technical Notes are shorter than papers and do not require Abstracts. In addition, "Comprehensive Reviews" and "Discussion" of papers that have already appeared in the Journal may also be submitted. Discussions should not exceed three pages. There is no provision for the publication of Discussion of Technical Notes.

3. SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Submissions could be send electronically, via the internet or by post. Authors should remain a copy of their manuscript, since the editors cannot accept responsibility for damage or loss of papers.

Assoc. Prof. Dr. Elif VAROL MURATÇAY

Yerbilimleri Dergisi

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe, Ankara, Turkey

E-mail: yerbilimleri@hacettepe.edu.tr

Tel : +90 312 297 7744

Fax : +90 312 299 2034 veya +90 312 299 2075

4. PREPARATION OF MANUSCRIPTS

The language of the Journal is both Turkish and English. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts, and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Journal. For manuscripts submitted in English, either British or American spelling is acceptable. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title
- (b) Names of authors (bold and in capital) and their affiliations (italic and lower-case). The name and E-mail adress of the corresponding author must appear at the bottom of the first page (in the left margin).
- (c) Abstract
- (d) Key words
- (e) Introduction (aim, content and methodolgy)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) "Results and Discussion" or "Conclusions and Recommendations"
- (h) Acknowledgements (if necessary)
- (i) References
- (j) Appendices (if necessary)
- (k) Tables
- (l) List of figure captions
- (m) Figures
- (n) Plates (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgments, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Arial) and with all pages numbered. All pages and all lines in the text (including headings) should be numbered.

ÖZ

ABSTRACT

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING

Primary Sub-Heading

Secondary sub-heading

Tertiary sub-heading.

CONCLUSIONS

ACKNOWLEDGEMENTS

REFERENCES

SI units (e.g. kPa, MPa, kN/m³) should be used, although corresponding metric units can be added in parentheses if desired (e.g. “The unit weight and compressive strength of the investigated sandstone are 24 kN/m³ (2.4kg/m³) and 60 MPa (600 kgf/cm²), respectively).

A dot should be used instead of a comma to show decimal fractions (e.g. 23.1). Symbols (such as \sum , $\sqrt{\quad}$) should not be used in the manuscript. Instead of these, please use letters or numbers (i.e. (a), (b),or (i), (ii) ..., or (1), (2)). Foot notes should be avoided especially if they contain information which could equally well be included in the text. The use of proprietary names should be avoided. Papers essentially of an advertising nature will not be accepted. In the case of acceptance for publication, concise well-prepared papers in the Journal style are likely to be published sooner than those in need of extensive editing and revision.

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)
- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated). Phone numbers for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content with reasonable length. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and lower-case) should be followed by the English title (italic and lower-case). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above.

Abstract

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Key Words

The Abstract should include not more than 7 key words which reflect the entries the authors would like to see in an index. Key words should be given in both Turkish and English. Key words should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, key words should not be provided.

References

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of “REFERENCES” following the text of the manuscript. For single or dual-author papers, refer to the author(s) name(s) (without initials) and the year of publication in parentheses (e.g. Barka and Kadiansky-Cade (1988); Hudson (1990)). For publications written by more than two authors, the name of the first author should be used, followed by “et al.” and a comma should be put between the authors’ names and the year of publication (e.g. Vendeville et al., 1995). The list of references in citations should be arranged chronologically from the earliest to the most recent, and separated by semi-colons (e.g. “Several studies, including both field and laboratory experiments (Komar and Li, 1986; Schmidt and Ergenziger, 1992; Carling et al., 1992; Schmidt and Gints, 1995) were carried out.”). If reference is not directly obtained but can be found in another reference, cross-reference should be given as follows: “.....Gamble (1971; Franklin and Chandra, 1972)”. For verbal or written personal communications, the reference should be given in the text as above (e.g. Gerçek (2001)) and also be cited in the reference list.

Examples of layout of references

(a) Journals

Barka, A.A., and Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7(1), 663-684.

Author(s), Date. Title of paper. Full Name of Journal, Vol. (No), pages.

(b) Proceedings and Abstracts

Proceedings:

Stephansson, O., 2003. Estimation of virgin state of stress and determination of final rock stress model. Proceedings of the

3rd International Symposium on Rock Stress-RS Kumamoto'03, K. Sugawara, Y. Obara and A. Sato (eds.), A.A. Balkama, Tokyo.

Abstracts:

Bouchon, M., Toksöz, M.N., Karabulut, H., Boun, M.P., Dietrich, M., and Aktar, M., 2002. Space and times evaluation of rupture and faulting during the 1999 Gölcük, İzmit (Turkey) earthquake. 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, İTÜ, İstanbul, Abstracts, p.51.

Author(s), Date. Title of paper. Title of Symposium or Congress, Name of Editor(s), Name and Location of Publisher, Vol. (if any), pages

Proceedings on CD:

Aydan, Ö., Sezaki, M., and Yarar, R., 1996. The seismic characteristics of Turkish earthquakes. 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, CD Paper No. 1025..

(c) Books

Turcotte, D.L., 1975. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge.

Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher.

(d) Published Reports

Fairhurst, C., Brown, E.T., Marsly, G., Detounay, E., Nikolaevskiy, V., Pearson, J.R.A., and Townley, L., 1998. Underground nuclear testing in French Polynesia: Stability and hydrogeology issues. Report of International Geomechanical Commission to the French Government, Vol. I and II.

Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Vol. (if any).

(e) Unpublished Reports and Thesis

Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Laboratory, Technical Report No. AFWL-TR-65-116, Kirtland Air Force Base, New Mexico (unpublished).

Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Report No., Name of City (unpublished).

Meyer, W.H., 1977. Computer modeling of electro-magnetic prospecting methods. PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA (unpublished).

Author, Date. Title of thesis. Type of Thesis (MSc or PhD), Name of University or Institution, City, Country (unpublished).

(f) Personal Communications

Gerçek, H., 2001. Personal communication. Mining Engineering Department of Karaelmas University, Zonguldak, Turkey.

(g) Information Downloaded from the Internet

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.

Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters. Some examples are given below.

Gülsoy, Ö.Y., Orhan, C.E., Can, N.M. ve Bayraktar, İ., 2004. Manyetik ayırma ve flotasyonla magmatik ve metamorfik kayalardan feldispat üretimi. *Yerbilimleri*, 30, 49-61.

Doğan, R., 2003. Kırşehir Masifi kuzeyinin tektonik ve magmatik evrimi konusunda bazı düşünceler. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, 66-67.

Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.

Nazik, L., Törk, K., Özel, E., Mengi, H., Aksoy, B. ve Acar, C., 1998. Kuzey ve kuzeydoğu Trakya (Kırklareli- Tekirdağ)'daki doğal mağaralar. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No. 4384, Ankara (yayımlanmamış).

Sönmez, H., 1999. Soma linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Papers "in preparation" or "submitted" are not valid references. In the case of cross-referencing, only the reference in which the otherwise inaccessible reference is found should appear in the list of references. For references, whose authors and dates of publication are the same, the letters "a, b," etc. should follow the date of each reference (e.g. Goodman, 1988a and 1988b).

Acknowledgements

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

Mathematical Expressions

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

(1)

Where τ is the shear strength, c is cohesion, σ is normal stress and, ϕ is internal friction angle."

Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g. I_d, x_2). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y = 5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the

symbol “*” can be preferred (e.g. $y=5 \cdot 10^{-3}$). Please use “/” for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca^{2+} and CO_3^{2-} (not Ca^{++} and CO_3^{--}). In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

Tables

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)), be represented in separate pages and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table. If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin “Table 1.” etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be represented on an separate page and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. σ_c : uniaxial compressive strength; Ill: Illite; etc).

Illustrations

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality JPG format, referred to as “Figures” and be numbered consecutively as they appear in the text. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form (grayscale), suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin “Figure 1.” etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be given offer tables together with a list of figure captions. The maximum size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal’s single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Foldout and colored illustrations are not accepted.

Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figures 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as “Plates”. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

Appendices

Appendices are encouraged for specific details of methods (except known methods) or mathematics. Computer program listings are also accepted as appendices.

5. FINAL SUBMISSION OF MANUSCRIPTS ACCEPTED FOR PUBLICATION

On acceptance of a manuscript, authors should send the digital copy of the revised final draft to the Editor-in-Chief via e-mail. Manuscripts should be processed in WORD format. All illustrations should be sent as JPG files (not less than 300 dpi resolution) individually.

6. PROOFS

One set of page proofs are sent to the corresponding author to be checked for typesetting/editing errors. Corrections should be restricted to typesetting errors, change or corrections that constitute departures from the article are not accepted. Proofs should be returned to the Editor-in-Chief within 3 days of receipt. Please note that the authors are urged to check their proofs carefully before return, since the inclusion of late corrections cannot be guaranteed.

7. COPYRIGHT

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the “Copyright Transfer” agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Earth Science Application and Research Center of Hacettepe University to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors’ proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor-in-Chief as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor-in-Chief.