
YERBİLİMLERİ

Bulletin for Earth Sciences

Cilt / Volume 37 Sayı / No 1 Nisan / April 2016

Editörler Kurulu / Editorial Board

Baş Editör (*Editor-in-Chief*)

ELİF VAROL MURATÇAY

Editör (*Editor*)

OKAY ALTUN

OKAN DELİBAŞ

İNAN ULUSOY

Yardımcı Editör (*Assistant Editor*)

BURCU KAHRAMAN

Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board (2016-2018)

Serdar Akyüz (İstanbul, Türkiye)
Musa Alpaslan (Mersin, Türkiye)
Ali İhsan Arol (Ankara, Türkiye)
Mehmet Arslan (Trabzon, Türkiye)
Faruk Aydın (Trabzon, Türkiye)
Nurgül Balcı (İstanbul, Türkiye)
Hakan Başarı (Perth, Avustralya)
A. Tuğrul Başokur (Ankara, Türkiye)
Hannes Bathke (Thuwal, S. Arabistan)
Celal Serdar Bayarı (Ankara, Türkiye)
Hasan Bayhan (Ankara, Türkiye)
Erdin Bozkurt (Ankara, Türkiye)
Osman Candan (İzmir, Türkiye)
Namık Çağatay (İstanbul, Türkiye)
Muazzez Çelik Karakaya (Konya, Türkiye)
Attila Çiner (İstanbul, Türkiye)
Ünal Dikmen (Ankara, Türkiye)
Kadir Dirik (Ankara, Türkiye)
Hakan Dünder (Ankara, Türkiye)
Murat Ercanoğlu (Ankara, Türkiye)

Hasan Ergin (İstanbul, Türkiye)
Gökhan Göktürkler (İzmir, Türkiye)
Şengül Can Genç (İstanbul, Türkiye)
Klaus Gessner (Perth, Avustralya)
Nilgün Güleç (Ankara, Türkiye)
Cüneyt Güler (Mersin, Türkiye)
Emine Aysun Güney (İstanbul, Türkiye)
Cahit Helvacı (İzmir, Türkiye)
Yusuf Kağan Kadioğlu (Ankara, Türkiye)
Doğan Kalafat (İstanbul, Türkiye)
Orhan Karslı (Rize, Türkiye)
Biltan Kürkçüoğlu (Ankara, Türkiye)
Halim Mutlu (Ankara, Türkiye)
Atike Nazik (Adana, Türkiye)
Faruk Ocağoğlu (Eskişehir, Türkiye)
Aral Okay (İstanbul, Türkiye)
Cem Saraç (Ankara, Türkiye)
Mehmet Akif Sankaya (İstanbul, Türkiye)
Gürol Seyitoğlu (Ankara, Türkiye)
Harun Sönmez (Ankara, Türkiye)

Hasan Sözbilir (İzmir, Türkiye)
Şevket Şen (Paris, Fransa)
Sabri Bülent Tank (İstanbul, Türkiye)
Orhan Tatar (Sivas, Türkiye)
Abidin Temel (Ankara, Türkiye)
Erhan Tercan (Ankara, Türkiye)
Cemal Tunoğlu (Ankara, Türkiye)
Okan Tüysüz (İstanbul, Türkiye)
Timur Ustaömer (İstanbul, Türkiye)
Ulvi Can Ünlügenç (Adana, Türkiye)
Bahtiyar Ünver (Ankara, Türkiye)
Keith T. Weber (Idaho, Amerika)
Hubert Whitechurch (Strasbourg, Fransa)
Hüseyin Yalçın (Sivas, Türkiye)
Mustafa Gürhan Yalçın (Antalya, Türkiye)
Namık Yalçın (İstanbul, Türkiye)
Ali Bahadır Yavuz (İzmir, Türkiye)
Sabah Yılmaz Şahin (İstanbul, Türkiye)
Galip Yüce (Ankara, Türkiye)

YERBİLİMLERİ Dergisi makale dizin ve özlery;

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 : Yağmur İNAL EMİROĞLU
Karakuş Antiklinali, Kahta (Adıyaman) TÜRKİYE

Cover

Design : Yağmur İNAL EMİROĞLU
Photographed by Yağmur İNAL EMİROĞLU
Karakuş Anticlinal, Kahta (Adıyaman) 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): 03.06.2016

YERBİLİMLERİ

Bulletin for Earth Sciences

Cilt / Volume 37 Sayı / No 1 Nisan / April 2016

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (Çkka) Kullanılarak, Van İli Merkez İlçelerinin Kentsel Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi, Van / Türkiye / Urban Flood Susceptibility Assessment of Central Districts of Van Province, Turkey, Using Geographic Information System (GIS)-Based Multi Criteria Decision Analysis (MCDA)
Levent SELÇUK, Azad SAĞLAM SELÇUK, Dilan KASAPÖĞLU1

Patlatma Noktası ile Ölçüm Noktası Arasındaki Mesafeye (R) Ait Yatay ve Düşey Bileşenlerin Maksimum Parçacık Hızına Etkisi / Effect of the Horizontal and Vertical Components Belongs to Distance Between the Blasting Point and the Measurement Point on Peak Particle Velocity
Abdurrahman TOSUN19

Sivas-Yıldızeli Yöresi Ultramafik Plütonik Kayaçlarla İlişkili Flogopit Oluşumlarının Kökeni / Origin of Phlogopite Occurrences Related to Ultramafic Plutonic Rocks in the Sivas-Yıldızeli Area
Hüseyin YALÇIN, Ömer BOZKAYA, Hülya YEŞİLDAĞ27

2005 Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Mekânsal Değerlendirilmesi / The Spatial Evaluation of 2005 Sığacık Gulf (İzmir) Earthquakes
Özde BAKAK51

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (Çkka) Kullanılarak, Van İli Merkez İlçelerinin Kentsel Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi, Van / Türkiye

Urban Flood Susceptibility Assessment of Central Districts of Van Province, Turkey, Using Geographic Information System (GIS)-Based Multi Criteria Decision Analysis (MCDA)

LEVENT SELÇUK^{1*}, AZAD SAĞLAM SELÇUK¹, DİLAN KASAPOĞLU¹

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Tuşba 65080 Van, Türkiye

Geliş (received) : 30 Haziran (June) 2015

Kabul (accepted) : 22 Ocak (January) 2016

ÖZ

Van (Türkiye) ili su baskınlarının sıklıkla gözlemlendiği şehirlerimizden birisidir. Son 60 yıllık istatistiksel çalışmalar içerisinde Van ili ve ilçelerinde toplam 166 su baskını olayı meydana gelmiştir. Bu durumun en önemli nedenleri; sonbahar ve ilkbahar aylarında gözlenen aşırı yağışlar, özellikle karların erimesiyle birlikte yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu doygun zemin koşulları, yerleşim alanlarının kapalı yüzeyler yaratması ve yetersiz kanalizasyon alt yapısıdır.

Bu çalışmanın amacı coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılarak, Van merkez ilçelerinde kentsel taşkın duyarlılığının değerlendirilmesidir. Çalışmada oluşturulan model 6 ayrı faktörü içerir. Bunlar; litoloji, yeraltı su tablası derinliği, eğim, yükseklik, drenaj kanallarına olan mesafe ve alan kullanımıdır. Taşkın duyarlılık haritası tüm tanımlı faktörlerin birbiri ile kıyaslanmasından oluşan karşılaştırma matrisi kullanılarak elde edilmiştir. Haritanın güvenilirliği ve doğruluğu, söz konusu merkez ilçelerinde meydana gelen taşkın olaylarının karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiştir. Aşırı yağışlara bağlı olarak gerçekleşen taşkın olayları, harita içerisinde tanımlı yüksek duyarlı alanlar içerisinde yer almaktadır. Duyarlılık haritasına göre, Van ili İpekyolu merkez ilçesi, diğer ilçelere göre çok daha yüksek taşkın potansiyeline sahiptir. Yüksek duyarlılık genellikle düşük eğimli, genel olarak geçirimsiz litolojik birimlerin yer aldığı alanlar olarak dikkat çekmektedir. Dolayısıyla, olası taşkınlardan korunmak amacıyla dere yataklarının ve kanalizasyon alt yapı sistemlerinin iyileştirilmesi en etkin yöntemler olarak görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi bilgi sistemi (CBS), çok kriterli karar analizi (ÇKKA), duyarlılık, taşkın, Van.

ABSTRACT

Van (Turkey) is one of the easily affected cities in the flooding. According to the latest 60-year statistical data, a total of 166 flood events were occurred in Van province and its districts. The most important reason for the flooding is the impermeable cover of residential areas and poor substructure systems within heavy rainfall in the spring which ground water level is close to the surface due to melting of snow.

The scope of this study is to evaluate the flood susceptibility of the central district of Van, using multi-criteria decision analysis (CPL), and geographic information systems (GIS). The susceptibility model developed in this study contains six different factors. These are: lithology, the depth of groundwater table, distance to the discharge channels, slope, elevation (above mean sea level) and land-use. The susceptibility assessment is conducted by using a comparison matrix where all identified criteria of GIS layers are compared against each other. The acceptability

* L. Selçuk

e-posta: lselcuk@yyu.edu.tr

and reliability of the model was determined using historical events. All of these events plotted over the model showed that there is a remarkable coincidence with high susceptibility areas. The flood susceptibility model shows that İpekyolu, central district of Van city, has much more flood hazard potential than those of other districts. High susceptibility to flooding in the study area is mainly related with flat terrain features so that the area has a low slope angle, impermeable lithology and the presence of urban stream channels with poor maintenance plan. Therefore, in order to prevent the possible flooding, site planning, improving the stream beds and substructure systems should be effectively integrated in potential areas.

Keywords: Geographical information system (GIS), multi-criteria decision analysis (MCDA), susceptibility, flood, Van.

GİRİŞ

Su baskınlarından etkilenen afetzede sayıları ülkemiz genelinde değerlendirilmeye alındığında, Van ili ve ilçeleri taşkın olaylarından en çok etkilenen yerleşim alanları içerisinde yer alır. Sonbahar ve özellikle ilkbahar aylarında şiddetli yağışlar, Van ili ve ilçelerinde 1950-2008 yılları arasında 166 ayrı su baskınına neden olmuştur. AFAD (2008) tarafından rapor edilen bu olaylardan etkilenen toplam afetzede sayısı ise yaklaşık 1480'dir. Son 15 yıllık süreç içerisinde ise (2000-2015) sadece merkez ilçelerde meydana gelen su baskını sayısı yaklaşık 30 civarındadır. Bu istatistiksel veri her yıl farklı yağışlarla birlikte en az iki su baskını olayının şehir merkezinde yaşandığını göstermektedir.

Taşkın olayları bölgenin meteorolojik özellikleri ve topoğrafik yapısıyla yakından ilişkilidir. Her ne kadar ana etmen bölgenin yağış karakteri, jeolojik ve jeomorfolojik koşullar olsa da, özellikle dere yataklarındaki kontrolsüz yapılaşma, inşaat hafriyatı ve yetersiz altyapı sistemleri gibi yanlış arazi kullanımı sonucu doğan ve hidrolik dengeyi bozan insan aktiviteleri de önemli etkenler arasındadır. Özellikle Van ili gibi hızlı büyüyen şehirlerde, artan nüfus atık suların artmasına ve buna bağlı olarak aşırı yağışlarla birlikte kentsel taşkın olaylarının gelişmesinde ana etkindir. Yüzeyde suyun akışını kontrol eden yollar ve kaldırım, ayrıca zeminin büyük bir kesimini kapsayan binalar ile engellenen doğal drenaj alanları, suyun akışını kısıtlayarak taşkın etkisini arttırmaktadır (Harris ve Rantz, 1964; Konrad ve Booth, 2002; Konrad ve Booth, 2005; Fernandez ve Lutz, 2010). Taşkın olaylarının azaltılmasında kent alanlarındaki atık suların tahliyesi ve kanalizasyon alt yapısı önemli rol oynamaktadır.

Kent nüfusunun artışı ile birlikte söz konusu etkinin şiddeti de artmaktadır. Bu nedenle, olası taşkın duyarlılığının değerlendirilmesinde, meteorolojik koşulların yanında, yeraltı su derinliği, jeolojik durum ve kentin bu etki üzerindeki rolü de dikkate alınmalıdır. Özellikle yoğun yerleşim alanlarında taşkın etkisi çok daha şiddetli hissedilmektedir. Çünkü etkilenen alanlar genellikle drenaja kapalı yüzeyler ve yetersiz yeraltı drenaj kanallarını içermektedir. İlimli yağışlarda bile, kanalizasyon alt yapısında yüksek debili akımlar söz konusu olabilmektedir. Aşırı yağışlara meyilli alanlarda bu durum, riskin artmasında önemli bir olgudur.

Meteorolojik verilere bağlı olarak olası taşkınların tahmini günümüzde sınırlı iken, kentsel taşkın duyarlılık haritaları veya modelleri olası tehlikenin değerlendirilmesinde ve kentin gelişiminin planlanmasında önemli veriler sağlamaktadır. Ayrıca söz konusu modeller genellikle taşkın meyilli alanların drenaj altyapı ihtiyaçlarını belirlemek içinde kullanılmaktadırlar (Büchle vd., 2006). Bu kapsamda Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) kullanımı duyarlılık haritalarının oluşturulmasında oldukça önemli bir araçtır. Çünkü CBS, doğal afetlerin değerlendirilmesinde gerekli olan topografik arazi bilgilerini analiz eder ve fazla sayıda kriteri çok sayıda arazi verisi ile değerlendirmeye olanak tanır. CBS ile birlikte çok kriterli karar analizinin (ÇKKA) birlikte kullanımı, karmaşık karar problemlerin, tasarım, değerlendirme ve alternatif kararların çözüm teknikleri üzerine zengin bir koleksiyon sunar (Malczewski, 2006). Özellikle doğal afetlerin ve jeolojik çevrenin değerlendirilmesinde, CBS ve ÇKKA yaklaşımlarının kullanılması birçok çalışmada önerilmektedir (Ayalew vd., 2004; Gamper vd., 2006; Fernandez ve Lutz, 2010; Dai vd., 2001; Joerin vd., 2001; Kolat vd., 2006; Selçuk, 2013).

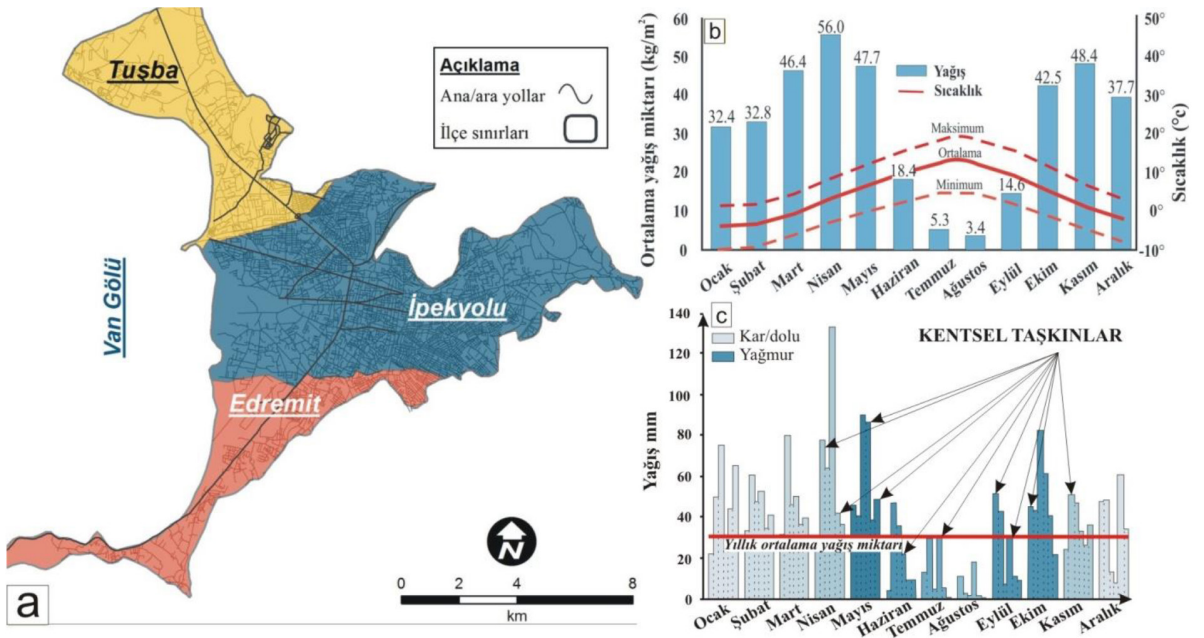
Bu çalışmanın amacı CBS tabanlı ÇKKA kullanılarak, Van merkez ilçelerinde taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasıdır. Çalışmada oluşturulan model 6 ayrı faktörü içermektedir. Bu faktörler litoloji, yeraltı su tablası derinliği, eğim, yükseklik, kanal mesafesi ve alan kullanımıdır. Duyarlılık modeli tüm tanımlı kriterlerin birbiri ile kıyaslanmasından oluşan karşılaştırma matrisi kullanılarak elde edilmiştir. Modelin güvenilirliği ve doğruluğu, söz konusu merkez ilçelerinde meydana gelen olayların model ile karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiştir.

ÇALIŞMA ALANI

Van ili merkez ilçeleri, yaklaşık 1650 m ile 1770 m kotları arasında, Van Ovası üzerinde yer almaktadır. Ortalama yükseklik farkı (relief) 120 m'dir. Yerleşim alanının batı sınırını oluşturan Van Gölü kıyısında 1° ile 2° olan eğim değeri, doğu ve güney kesimlerde 6° ile kısmen 16° değerlerine ulaşmaktadır. Bu açıdan, Van ili merkez ilçeleri genel olarak düşük eğimli geniş düzlüklerden oluşmuş bir topografyaya sahiptir.

Çalışma alanı İpekyolu, Tuşba ve Edremit merkez ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 1a). Yaklaşık 116 km² içerisinde yer alan ilçe merkezlerindeki toplam nüfus 538.801' dir (TİK, 2015). Bu nüfusun %51'i eski yerleşim alanının da içinde bulunduğu İpekyolu ilçesindedir. Söz konusu ilçe yüksek katlı yapılaşmanın yoğun olarak gözleendiği merkez konumundadır. İpekyolu ilçesinin nüfus yoğunluğu, topografyası ve alan kullanımı Ereğ Dağı eteklerinden Van Gölü'ne doğru değişkendir. Edremit ve Tuşba ilçeleri ise göreceli olarak düşük katlı yapılaşmanın hâkim olduğu konut alanlarını içermektedir. Tarihsel süreç içerisinde, kent yaşamı ipekyolu (D300 Devlet Karayolu) ile demiryolu arasında gelişmeye başlamıştır. Süreç içerisinde kent ipekyolunun sağladığı ulaşım kolaylıkları ile beraber karayoluna ve karayolu aksı boyunca yayılmasını sürdürmüştür.

Bölgenin iklim durumu denizlerden uzak ve yüksek olmasından dolayı şiddetli karasal iklim tipidir. Bu iklim kendini özellikle çok soğuk ve uzun kışlarla belli eder. Sert ve uzun kışların hüküm sürdüğü bu yüksek bölüm içinde, nispeten



Şekil 1. a) Çalışma alanının yer bulduru haritası, b) Van ili merkez ilçeleri için ortalama yağış miktarı ve sıcaklık eğrileri, c) 2008-2013 yılları arasında meydana gelen taşkın olayları.

Figure 1. a) Location map of the study area, b) Annual average precipitations and temperature lines of Van Province, c) several flood events occurred between 2008 and 2013 years.

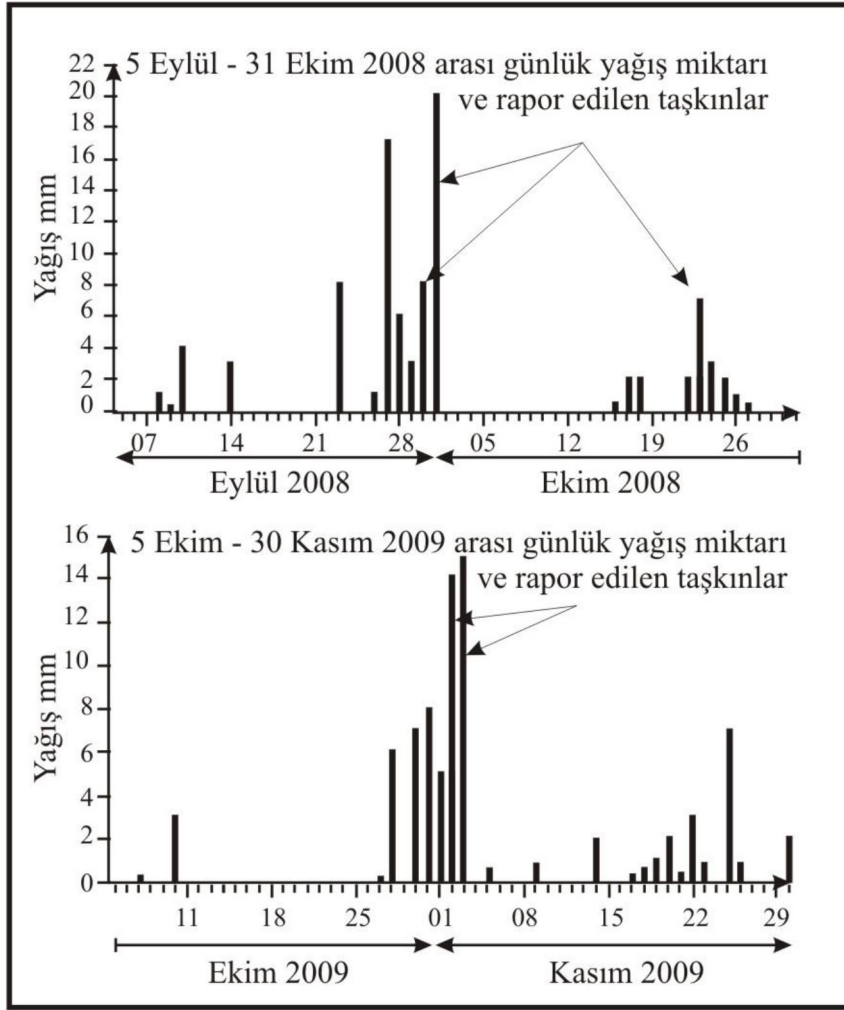
alçak kısımlar, özellikle Van gölü kıyılarında yer alan ovalar, kışların çok şiddetli olmadığı çukur alanlardır. Bu ovaların en büyüğü, merkez ilçe yerleşim alanlarının da üzerinde bulunduğu, Van Gölü'nün doğusunda, göl ile Erek Dağı arasında uzanan ve yüksekliği 1650-1850 m'ye varan Van Ovası'dır. Van ovasında kışlar, gölün yumuşatıcı etkisinden dolayı Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki diğer alanlar kadar şiddetli geçmediği gibi, yaz ayları sıcaklık değerleri de yüksek değildir (Kalelioğlu, 1991). 1950-2014 yılları arası istatistiksel verilere göre, yılın en soğuk ayı olan ocak ayının ortalama sıcaklığı -3.5°C , en sıcak ay olan temmuz ayının ortalama sıcaklığı 22°C kadardır (MGM, 2015). Karasal tip yağış rejiminin görüldüğü ovada, kutupsal cephenin oluştuğu ve konvektif yağışların başladığı ilkbahar, yılın en yağışlı mevsimidir (Şekil 1b). Yıllık ortalama yağış miktarı 385.7 kg/m^2 'dir. Karasal yağış rejiminin görüldüğü ovada, yıllık yağışın % 28.5' i kış, % 37.5' i ilkbahar, % 6.5' i yaz ve % 27.5' i sonbahar aylarında meydana gelir.

Van Ovası'nı kateden en önemli drenaj hattı Engüsnar (Değirmendere) Çayı'dır. Dere kuzeydoğudan başlayarak ovanın kuzey kesimi boyunca devam eder. Ova içerisindeki hattı ise Akköprü Deresi'dir. Ovanın güney kısmında ise Erek Dağı etekleri boyunca devam eden Kurubaş (Doni Çayı) Deresi bulunur. Bu dere yan kollara ayrılarak ovanın güneydoğu kenarını izler. Bu ana dere yatakları ile birlikte ilkbahar döneminde karların erimesiyle oluşan mevsimlik dereler taşıdıkları sedimanlar ile ovadaki alüvyon birikim sürecini günümüzde sürdürür. Son yıllarda kent gelişimine paralel olarak, dere yatakları etrafında gelişen mahallelerdeki atıklar ve akarsuyun getirdiği blok boyutu malzeme, dere yataklarının drenaj kapasitesini etkilemiştir. Bu durumun en önemli örnekleri 1 Ekim 2008 ve 3 Kasım 2009 tarihlerinde anlık yağışlara bağlı olarak gelişen Tuşba ve İpekyolu ilçelerinde yaşanan ani taşkın olaylarıdır (Şekil 2). 1 Ekim 2008 tarihinde Akköprü ve Kurubaş dereleri taşmıştır. Tuşba ilçesinde İstasyon, Akköprü, Beyüzümü, Altıntepe, A. Gazi mahalleleri, İpek yolu ilçesinde ise Selimbey, Yenimahalle, Karşıyaka, Seyyit Fehim Arvası, Cevdetpaşa Mahalleleri ve yakın çevresi, Edremit ilçesinde ise Süphan mahallesi taşkından sıklıkla etkilenen

yerleşim alanlarıdır (Şekil 3). 3 Kasım 2009 tarihinde Akköprü Deresi'nin taşmasına bağlı olarak, dere yatağında bulunan Altıntepe mahallesindeki yaklaşık 20 konut ve geniş bir arazi su altında kalmıştır.

Yaklaşık son 15 yıllık dönemde rapor edilen taşkın olayları incelendiğinde, afetlerin merkez ilçeler için farklılık gösterdiği görülmektedir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi, İpekyolu ve Tuşba merkez ilçeleri, Edremit merkez ilçesine göre söz konusu afetlerden daha fazla etkilenmektedir. Bu durum, Edremit ilçesindeki yerleşim alanlarının büyük bir kısmının ilçenin güney ve güney doğusunda, yüksek kesimli alanlarda yer almasından kaynaklanır (Şekil 3 ve 4). Yüksek eğimli alanlarda yağmur suları eğim boyunca yüksek hız ile akarken, çok daha düşük eğime sahip Tuşba ve İpekyolu merkez ilçelerinde şiddetli yağışlar drenaj sistemlerini aşarak yüksek kapasitede yüzey akışlarına neden olmaktadır. Son yıllarda yaşanan su baskını olayları incelendiğinde, söz konusu olayların genellikle aylık ortalama yağışların üzerinde, aşırı yağışlara bağlı olarak meydana geldiği görülmektedir (Şekil 1c ve 5a). 2013 ve 2014 yılları Nisan ve Mayıs aylarında, şehir yaşamının yoğun olduğu İpekyolu ilçesinde, yaşanan su baskınları şehir yaşamını olumsuz yönde etkilemiş ve Cumhuriyet mahallesinde birçok işyeri zarar görmüştür. Van merkez ilçeleri için 1980-2015 yıllarına ait yağış verileri dikkate alındığı zaman, 1984 yılı Mayıs ayında en fazla yağışın meydana geldiği görülmektedir. Söz konusu bu yağış değerinin yineleme dönemi 36 yıl, olasılık değeri ise yaklaşık % 1'dir. Bölge için en yüksek yağış değerinin kısa dönem içerisinde oluşma olasılığı düşük olsa da, aylık ortalama değerlerin üzerinde meydana gelebilecek yağışların olasılığı oldukça yüksektir. Örneğin, 3 yıllık yineleme periyodu içerisinde Nisan ve Mayıs ayları için elde edilebilecek olan yaklaşık yağış değerleri sırasıyla 64 ile 60 mm'dir. Bu değerler söz konusu aylar için ortalamanın (ortalama; 56 mm ve 48 mm) üzerindedir (Şekil 5b). Aylık ortalama yağışlar için gerekli dönüş periyodu ise 2.1 yıldır ve oluşma olasılığı yaklaşık % 49' dur.

Diğer taraftan yaşanan su baskınlarının şiddetini arttırıcı yönde rol oynayan, yeraltı su seviyesi ve zemin doygunluğu önemli parametreler



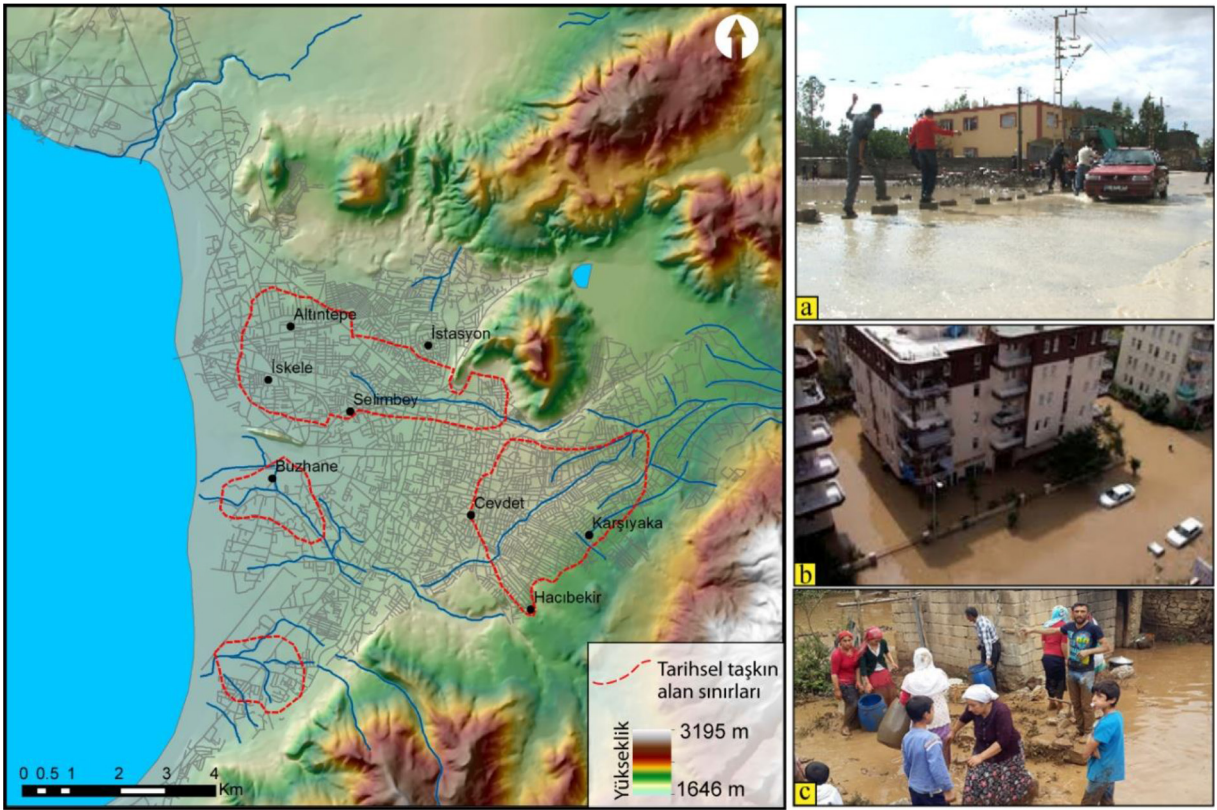
Şekil 2. 2008 ve 2009 güz döneminde günlük yağış miktarları ve rapor edilen taşkınlar.
Figure 2. The daily rainfall amounts and the flood events reported in the fall of 2008 and 2009 years.

olsa da, özellikle yaz ayları sonrası anlık yağışlara bağlı olarak yaşanan taşkınlarda şehir yaşamını etkilemektedir. Yaz aylarının ortalama yağış yükseklikleri değerlendirildiğinde Eylül ve Ekim ayları sonlarında henüz zeminin doygunluğa ulaşması mümkün değildir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, 1 Ekim 2008 ve 3 Kasım 2009 tarihlerinde merkez ilçelerde meydana gelen taşkınlar yeraltı su seviyesinin düşük veya zeminin suya doymun olmadığı anlık yağışlara bağlı olarak gelişmiştir. Söz konusu afetler altyapının yetersiz veya zeminin yağışa kapalı olduğu alanlarda, anlık yağışlara bağlı olarak sıklıkla yaşanmaktadır. Dolayısıyla bölgede yaşanan taşkın olayları, jeolojik ve hidrojeolojik koşullar dışında, kontrolsüz yapılaşma ve yetersiz altyapı sistemleri

gibi yanlış arazi kullanımına sebep olan uygulamalardan da önemli derecede etkilenmektedir.

YÖNTEM

Taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasında kullanılan akış şeması Şekil 6'da verilmiştir. Yöntemin ilk aşaması, kentsel taşkın potansiyelinin değerlendirilmesinde etkin faktörleri ve bu faktörlerin veri analizlerini içerir. Bu kapsamda mahalle bazında 1/1000 ölçekli hâlihazır imar paftalarından yararlanılarak, çalışma alanı için detaylı dijital yükseklik modeli (DEM) oluşturulmuştur. DEM kriging interpolasyon yöntemiyle 1 m x 1 m hücre boyutunda yüksek çözünürlük ile üretilmiştir. Söz konusu yükseklik modeli



Şekil 3. Van merkez ilçeleri için taşkın alan sınırları ve bazı taşkın/su baskını olaylarının a) Ekim 2008, b) Haziran 2012, c) Mayıs 2013 tarihli görüntüleri.

Figure 3. Flood areas for Van central districts and the views of some flood events in a) October 2008, b) June 2012, c) May 2013.

kullanılarak ilçe merkezlerine ait eğim katmanını oluşturulmuştur. Çalışma alanında yapılan önceki araştırmalardan, imar paftalarından ve çalışma kapsamında elde edilen sondaj verilerinden yararlanılarak bölgenin litoloji, yeraltı su seviyesi ve alan kullanımı gibi diğer katmanları üretilmiştir. Söz konusu her bir katman taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasında bir kriter olarak ele alınmıştır.

Yöntemin sonraki aşaması her bir CBS katmanı için ağırlık değerlerinin hesaplanmasıdır. Ağırlık değerlerinin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. AHP, çok kriterli karmaşık karar problemlerinin analizinde yaygın olarak kullanılan matematiksel bir yöntemdir. AHP, 1/9 (az önem derecesi) ile 9 (çok önem derecesi) değerleri arasında bir karşılaştırma ölçeği kullanarak, matris içerisinde tanımlı her bir kriterin birbiriyle kıyaslanmasına ve her bir

kriter için yüzde cinsinden ağırlık değerlerinin belirlenmesine olanak tanır (Saaty ve Vargas, 1991).

AHP kendi içinde tutarlı bir sistematığe sahip olsa da, sonuçların gerçekçiliği doğal olarak, karar vericinin kriterler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığına bağlıdır. Dolayısıyla AHP bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için tutarlılık oranını (CR) önermektedir. CR, önemli kriterlerin ve dolayısıyla kriterler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesini sağlar. Saaty (1980) tutarlılık oranını (CR) hesaplamada aşağıdaki bağıntıyı önermiştir (Eşitlik (1)).

$$CR = CI/RI \quad (1)$$

Burada CI, tutarlılık değerindeki sapmayı belirleyen tutarlılık indeksi, RI ise karşılaştırmada

Çizelge 1. Van merkez ilçelerinde meydana gelen bazı taşkın olayları (AFAD, 2015).
Table 1. Some flood events occurred in the central district of Van (AFAD, 2015).

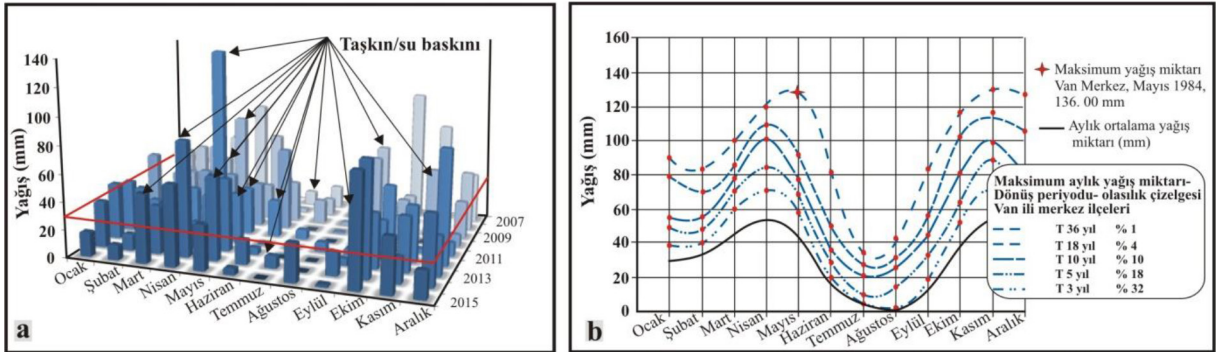
İPEKYOLU		TUŞBA		EDREMİT	
YER	TARİH	YER	TARİH	YER	TARİH
Merkez	16/04/2003	Akköprü, Mh	01/10/2008	Süphan Mh	30/09/2008
Araştırma H	18/09/2003	Beyüzümü Mh	01/10/2008	Süphan Mh	01/10/2008
Cumhuriyet Cad	06/03/2004	A.Gazi Mh	01/10/2008	Merkez	25/09/2011
Merkez	04/06/2007	A.Yesivi İÖO	21/11/2008		
Merkez	14/06/2007	Seyrentepe Mh	02/11/2009		
Merkez	24/05/2007	Akköprü Mh	03/11/2009		
Hacıbekir Mh	30/09/2008	Altıntepe Mh	03/11/2009		
Karşıyaka Mh	30/09/2008	E. Vakfi İÖO	03/11/2009		
S. F. Arvasi, Mh	01/10/2008	Istasyon Mh	09/04/2009		
Yeni Mh	01/10/2008	Istasyon Mh	09/03/2009		
Cevdetpaşa Mh	01/10/2008	A.Yesevi İÖO	11/04/2011		
Z. Hanım Cad	23/10/2008	Mar. Sitesi	27/04/2011		
Merkez	02/11/2009	Merkez	04/05/2011		
Merkez	12/06/2011	Merkez	02/05/2011		
Merkez	30/05/2011	İstasyon Mh	25/06/2012		
Kumru Sk	19/05/2011	İskele, Vatso	20/05/2013		
Merkez	22/04/2011	Altıntepe Mh	22/04/2014		
Yeraltı Çarşısı	20/05/2013	Beyüzümü Mh	22/04/2014		
Merkez	23/07/2014				
Yeni Mh	22/04/2014				
Hacıbekir Mh	22/04/2014				
Karşıyaka Mh	22/04/2014				
Halılağa Mh	22/04/2014				
Selimbey Mh	22/04/2014				
Cevdetpaşa Mh	22/04/2014				
Yeraltı çarşısı	01/05/2014				
Selimbey Mh	16/02/2015				
Kale Alanı	30/03/2015				

Not: yağış değerleri Şekil 5a' da verilmiştir.



Şekil 4. Van merkez ilçeleri tanımlayan genel görüntüler.

Figure 4. General views of Van central districts.



Şekil 5. a) Van merkez ilçeleri için 2007-2015 yılları arası yağış verileri ve su baskını olayları, b) 1980-2015 yılları arası yağış verilerine bağlı olarak hazırlanan yağış-olasılık ve dönüş periyodu ilişkileri.

Figure 5. a) Precipitation data and flooding events between 2007 and 2015 years for Van central districts, b) precipitation, probability and return period relations obtained from 1980 -2015 years.

kullanılan kriterlerin sayısına bağlı standart düzeltme değeridir. (2) no.lu eşitlik kullanılarak tutarlılık indeksi değeri elde edilir.

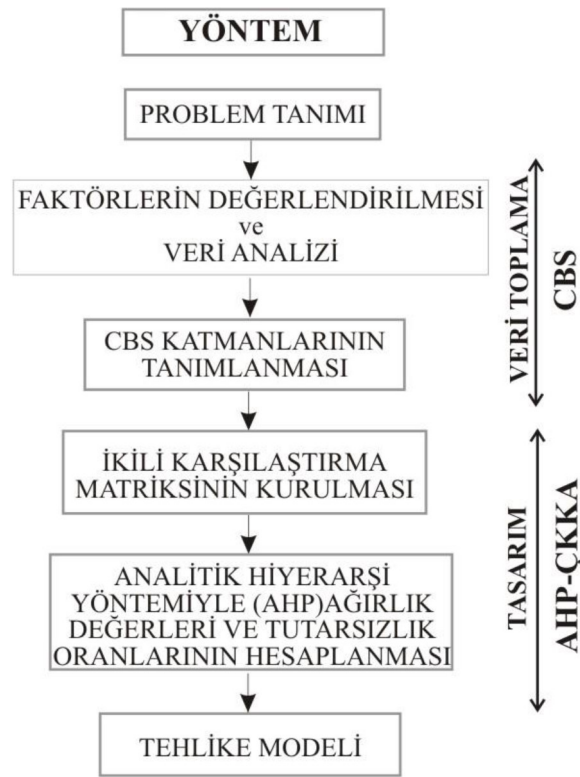
$$CI = \frac{(y_{maks} - n)}{n - 1} \quad (2)$$

Sayısal değerler açısından, kriterin önem değerlerinin ağırlık değerlerine bölümünden elde edilen eşik değeri (y_{maks}), her zaman karşılaştırma yapılan kriterlerin sayısına (n) eşit veya eleman sayısından büyük bir değere sahiptir. Hesaplanan CR değerinin 0.10' dan küçük olması karar

vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10 değerinden büyük olması bir hesaplama hatasını ve/veya karar vericinin karşılaştırmadaki tutarsızlığını göstermektedir.

FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÇKKA ile birbirinden farklı özelliğe sahip ve bağımsız faktörler bir arada değerlendirilir. Böylelikle, çok daha güvenilir sonuçların elde



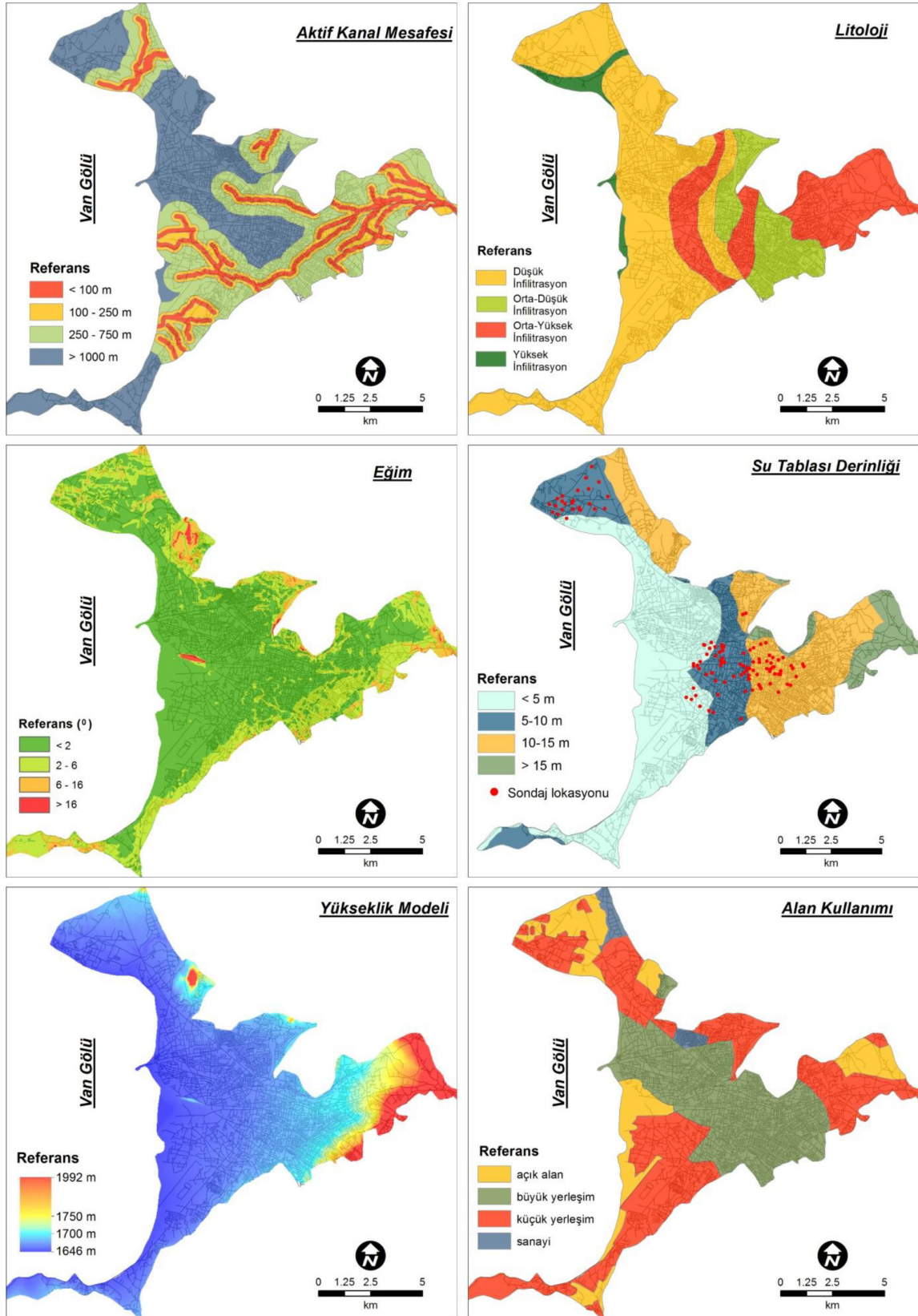
Şekil 6. Taşkın duyarlılık değerlendirmesi için akış şeması.
Figure 6. Flowchart of procedure for flood assessment.

edilmesi ve karar verme sürecinde birden fazla alternatifin değerlendirilmesi sağlanır. Taşkın duyarlılık değerlendirmesinde, ÇKKA ile çok sayıda faktör birlikte değerlendirilmiştir. Bölgeye olan yağış miktarı ve iklimsel meteorolojik bileşenler günlük hava durumu ile ilişkilidir ve sürekli değişim gösterirler. Bu nedenle, çalışmada meteorolojik veriler yerine, çok daha süreklilik gösteren, şehirleşmenin hidrojeolojik etkisi ve jeolojik durum üzerinde durulmuştur. Şehirleşme süreci içerisinde, doğal jeolojik ortam geçirimsiz olabileceği gibi, bina ve yollar ile geçirimsiz yüzeylerin oluşturulması da söz konusudur. Dolayısıyla, ana akış yollarının değişmesi ve potansiyel sızma miktarının azalması taşkın tehlikesini artırır. Çalışmada taşkın duyarlılığını değerlendirmek için, şehirleşme sürecine ve jeolojik duruma bağlı olan hidrojeolojik etkiler dikkate alınarak, 6 ayrı faktör içerisinde değerlendirme yapılmıştır (Şekil 7). Bu önemli faktörler, litoloji, su tablası derinliği, eğim, yükseklik, kanal mesafesi ve alan kullanımıdır. Taşkın duyarlılık

modelinin değerlendirilmesinde kullanılan her faktöre ait ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

Eğim

Eğim değerleri potansiyel taşkınların değerlendirilmesinde önemli bir arazi parametresidir. Literatürdeki sonuçlara göre su toplama havzaları 4 grup içerisinde değerlendirilmektedir. İlk grup arazi eğim değerlerinin 2° 'den az olduğu durumdur. Bu grupta taşkın olayları topografyaya oldukça duyarlıdır. Eğim değerlerinin 2° ile 6° arasında olması durumunda yine topografyaya olan duyarlılık yüksektir ancak ilk gruptan daha düşük bir duyarlılık söz konusudur. Eğim değerlerinin 6° ile 16° arasında olması durumunda az duyarlılık söz konusu iken, eğim değerlerinin 16° 'den yüksek olması durumunda taşkın parametreleri topografya için önemli değildir (Masoudian, 2009). Genellikle eğimin düşük olduğu düz alanlar yüzey akışının düşük olduğu geçici su toplanma alanlarıdır.



Şekil 7. Taşkınların değerlendirilmesi için CBS katmanları ve alt kriterleri.
Figure 7. GIS layers and their criteria for flood assessment.

Çalışma alanının genel akış yönü doğudan batıya doğrudur. Eğim değerleri genellikle 16°' den batıya doğru 2° arasında değişmektedir. Çizelge 2'de verildiği gibi eğim değerleri 4 grup içerisinde değerlendirilmiştir.

Kanal Mesafesi

Drenaj kanalına olan uzaklık, kent planlamasında özellikle taşkın açısından önemli bir faktördür. Çünkü yerleşim alanlarında meydana gelen taşkın olaylarında en çok etkilenen kesimler

Çizelge 2. Her bir katman içerisindeki kriterlerin ağırlık değerleri.
Table 2. Assigned weight values for criteria in each layer.

Katmanlar	Ağırlık	Kriter	Değerler
Aktif kanal mesafesi	0.3012	>750	0.5791
		750-250	0.2326
		250-100	0.1213
		<100	0.0670
		Tutarsızlık oranı: 0.007625	
Litoloji	0.2126	Yüksek infiltrasyon	0.6273
		Yüksek-orta infiltrasyon	0.2033
		Orta-düşük infiltrasyon	0.1084
		Düşük infiltrasyon	0.0610
Tutarsızlık oranı: 0.012359			
Eğim	0.2365	>16°	0.5923
		16°-6°	0.2724
		6°-2°	0.0844
		<2°	0.0508
Tutarsızlık oranı: 0.017831			
Su tablası derinliği	0.0842	>15	0.6678
		15-10	0.1971
		10-5	0.0703
		<5	0.0647
Tutarsızlık oranı: 0.01935			
Yükseklik	0.0985	>1770	0.6644
		1770-1750	0.1815
		1750-1700	0.0981
		<1700	0.0559
Tutarsızlık oranı: 0.016383			
Alan kullanımı	0.0669	Açık alan	0.5967
		Sanayi	0.2819
		Büyük yerleşim	0.0627
		Küçük yerleşim	0.0586
Tutarsızlık oranı: 0.015675			

drenaj kanallarına yakın olan mesafelerdir (Weli ve Oye, 2014). Drenaj havzası içerisinde insan faaliyetleri, dere yatağının değiştirilmesine bağlı olarak olası su baskını potansiyelini arttırmaktadır. Çalışmada kanal mesafe aralıkları 100 m'den küçük, 100 m ile 250 m, 250 m ile 750 m ve 750 m'den büyük olacak şekilde tampon bölgelere ayrılmıştır.

Yükseklik

Yağış, sıcaklık ve rüzgar gibi meteorolojik faktörler yüksekliğe bağlı olarak değişim gösterirler. Genel olarak yüksek rakımlarda, yağış tipi ve rüzgâr küresel kuşaklara bağlı olarak değişim gösterirler. Özellikle düşük kotlarda nispeten sıcak hava koşullarına bağlı olarak yağış tipi yağmur olarak yüze düşer. Ayrıca yükseklik, taşkın yönünün kontrolünde ve yeraltı su tablası derinliği içinde önemli bir rol oynar (Fernandez ve Lutz, 2010).

Çalışma alanı, 1650 m ile 1770 m yükseklik değerleri içerisinde değişen düşük eğimli Van Ovası üzerinde bulunmaktadır. Yükseklik değerleri doğuya doğru gidildikçe artmaktadır. Oluşturulan dijital yükseklik modelinde 4 ana grup içerisinde değerlendirilme yapılmıştır. 1770 m ile 1800 m yükseklik değerleri taşkın duyarlılığının düşük olduğu en uygun yükseklik değerleridir. 1700 m ve daha düşük yükseklik değerleri potansiyel taşkın meydana gelebileceği uygun olmayan yükseklik değerleri olarak tanımlanmıştır. 1750 m-1770 m ve 1750 m-1700 m yükseklik değer aralıkları ise orta gruplar olarak değerlendirilmiştir.

Litoloji

Litoloji yüzey akışını etkilemesi nedeniyle önemli bir faktördür. Örneğin karstik bir yapı ani taşkın oluşumunu engellerken, düşük geçirgenliğe veya infiltrasyona sahip fliš veya Neojen yaşlı sedimanlar taşkın duyarlılığını arttırmaktadır (Bonacci vd., 2006; Kourgialas ve Karatzas, 2015). Çalışmada sondaj verileri kullanılarak Plio-Kuvaterner yaşlı sedimanların geçirgenlik değerleri dikkate alınarak 4 ana grup içerisinde değerlendirilme yapılmıştır. Bu gruplar yüksek infiltrasyon (SP), yüksek-orta infiltrasyon (SM),

orta-düşük infiltrasyon (ML-MH) ve düşük infiltrasyon (CL-CH) olarak değerlendirilmiştir.

Su Tablası Derinliği

Sızma kapasitesi yeraltı suyunun derinliğinden etkilenir. Özellikle ilkbahar aylarında yağışların artması ve karların erimesine bağlı olarak yeraltı su seviyesi yüze yaklaşmakta ve zemin uygun hale gelmektedir. Bu durum söz konusu akış miktarını da arttırmaktadır. Havzanın depolama kapasitesinin belirlenmesinde, efektif su tablası derinliğinin bilinmesi gerekliliğine birçok çalışmada değinilmiştir (Trosh vd.,1993; Yin ve Li, 2001; Fernandezve Lutz, 2010). Bu çalışmada elde edilen yeraltı su tablası derinlikleri, mahalle bazında yapılan sondaj çalışmaları ile bölgede önceki dönemlerde yapılan jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalardan elde edilen verilerin birlikte korele edilmesiyle oluşturulmuştur. Ancak çalışma alanının litolojik ve benzer olarak hidrojeolojik parametreleri anlık olarak değişkenlik sergileyebilmektedir. Özellikle veri yetersizliği olan alanlarda yapılan kısıtlı sayıdaki çalışmalardan elde edilen verilerin süreklilik gösterdiği kabul edilmiştir (Şekil 7). Çalışmada 15 m'den daha derinde bulunan yeraltı su tablası değerleri taşkın tehlikesinin düşük duyarlılığa sahip olduğu bir kriter olarak değerlendirilmiştir. 0 ile 5 m arasında değişen yeraltı su seviyesi değerleri ise taşkın için elverişli koşullar sağlamaktadır. 5 m ile 10 m ve 10 m ile 15 m derinlikler ise diğer kriterler olarak değerlendirilmiştir.

Alan Kullanımı

Bina, yol, otopark gibi asfaltlanmış alanlar zeminin sızma kapasitesini ve akış miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Şehirleşmede tipik olarak yüzey suyu ve tahliye edilecek suyun miktarı artmaktadır. Söz konusu mahallelere ait alan kullanım sınıflaması, şehir imar planı dikkate alınarak yapılmıştır. Burada sayısal değerler olarak hektar başına düşen konutların sayısı dikkate alınmıştır. Bu aynı zamanda şehrin yoğunluk (R) kodunu oluşturmaktadır. Örneğin R35 hektar başına 35 konut demektir. Her yoğunluk kodu da minimum veya ortalama taban alanı gereksinimlerini getirir. Bu değerler uluslararası tasarım kodları içerisinde tanımlıdır. Van için ortalama

olarak R17 yoğunluk kodu hesaplanmıştır. Bu kod değeri azami 500 m² gereksinimini sunmaktadır. Elbette ki bu ortalama değer, şehrin cazibe noktalarına veya mahallelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu değerden daha küçük olan alanlar daha yoğun yapılaşmanın olduğu, daha büyük değerler ise seyrek yapılaşmanın olduğu alanları tanımlar. Buna göre çalışma alanı; açık alanlar (tarım ve park alanları), sanayi (ticari ve iş merkezleri), büyük (<500 m²) ve küçük (>500 m²) yerleşim alanları olmak üzere 4 ayrı bölge içerisinde değerlendirilmiştir.

DUYARLILIK MODELİNİN OLUŞTURULMASI

6 ayrı CBS kriteri ve her CBS katmanı içerisinde tanımlı faktörlerin ağırlık değerleri ikili karşılaştırma matrisi temel alınarak belirlenmiştir. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken, yukarıda tanımlı her bir kriterin önem derecesi mühendislik bakış açısı içerisinde değerlendirilmiştir. Karşılaştırma matrisleri içerisinde elde edilen her bir katman içerisinde tanımlı faktörlerin ağırlık değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarsızlık oranı (CR) değerleri, Saaty (1980) tarafından önerildiği gibi 0,10 değerinden küçüktür.

Her bir kriterin ağırlık değeri, CBS katmanlarında tanımlı gerçek veriye bağlı olarak değerlendirilmektedir. Ancak, (AHP) içerisinde kriterlerin önem derecesi, bu konuda uzman kişinin mühendislik yargısına bağlı olduğundan dolayı

oldukça subjektiftir. Bu kişisel yargıyı önlemek için, Çizelge-3’de görüldüğü gibi her bir katman için ağırlık değerlerinin belirlenmesinde, bölgeyi tanıyan, konusunda yeterli bilgi ve beceriye sahip farklı uzmanların önem dereceleri hakkındaki değerlendirmeleri dikkate alınmıştır. Taşkın duyarlılık değerlendirmesinde uzmanların vermiş olduğu yüksek önem dereceleri aktif kanal mesafesi ve eğim katmanları üzerindedir. Bu katmanların ağırlık değerleri diğer katmanlara oranla daha yüksektir. Litoloji katmanı üzerinde ise genel olarak uzmanlar eşit derecede bir değerlendirmede bulunmuşlardır. Diğer CBS katmanları ise (yükseklik, su tablası derinliği ve alan kullanımı) göreceli olarak daha az önem derecesine sahiptir. Modelin oluşturulmasında her bir kriter için uzmanlar tarafından verilen ağırlık değerlerinin ortalaması kullanılmıştır. Ortalama ağırlık değerlerine göre söz konusu faktörlerin önem sırası; aktif kanal mesafesi, eğim, litoloji, yükseklik, su tablası derinliği ve alan kullanımı şeklindedir.

Çalışmada her bir CBS katmanı kendi içerisinde alt kriterlere ayrılmıştır. Dolayısıyla, taşkın modelinin elde edilmesinde 6 ayrı CBS katman içerisinde, tanımlı 24 ayrı kriterin ağırlık değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Söz konusu modelin oluşturulmasında kriterlerin ağırlık değerleri aşağıdaki ilişki ile belirlenmiştir.

$$H_i = \sum w_i x_i \quad (3)$$

Çizelge 3. 4 ayrı uzmana göre Van il merkezinde taşkın duyarlılığı için CBS katmanlarının ağırlık değerleri.
Table 3. Assigned weight values of GIS layers for flood susceptibility in Van city according to 4 experts.

CBS katmanları	Yazarlar	Uzman A	Uzman B	Uzman C	Ortalama
Aktif kanal mesafesi	0.4872	0.1347	0.1244	0.4587	0.3012
Litoloji	0.2287	0.2035	0.1244	0.2941	0.2126
Eğim	0.1289	0.3653	0.3641	0.0877	0.2365
Su tablası derinliği	0.0638	0.0809	0.1244	0.0675	0.0841
Yükseklik	0.0503	0.0809	0.212	0.0508	0.0985
Alan kullanımı	0.0411	0.1347	0.0507	0.0412	0.0669
Tutarsızlık Oranı(CR)	0.016279	0.012376	0.009876	0.015271	0.0134505

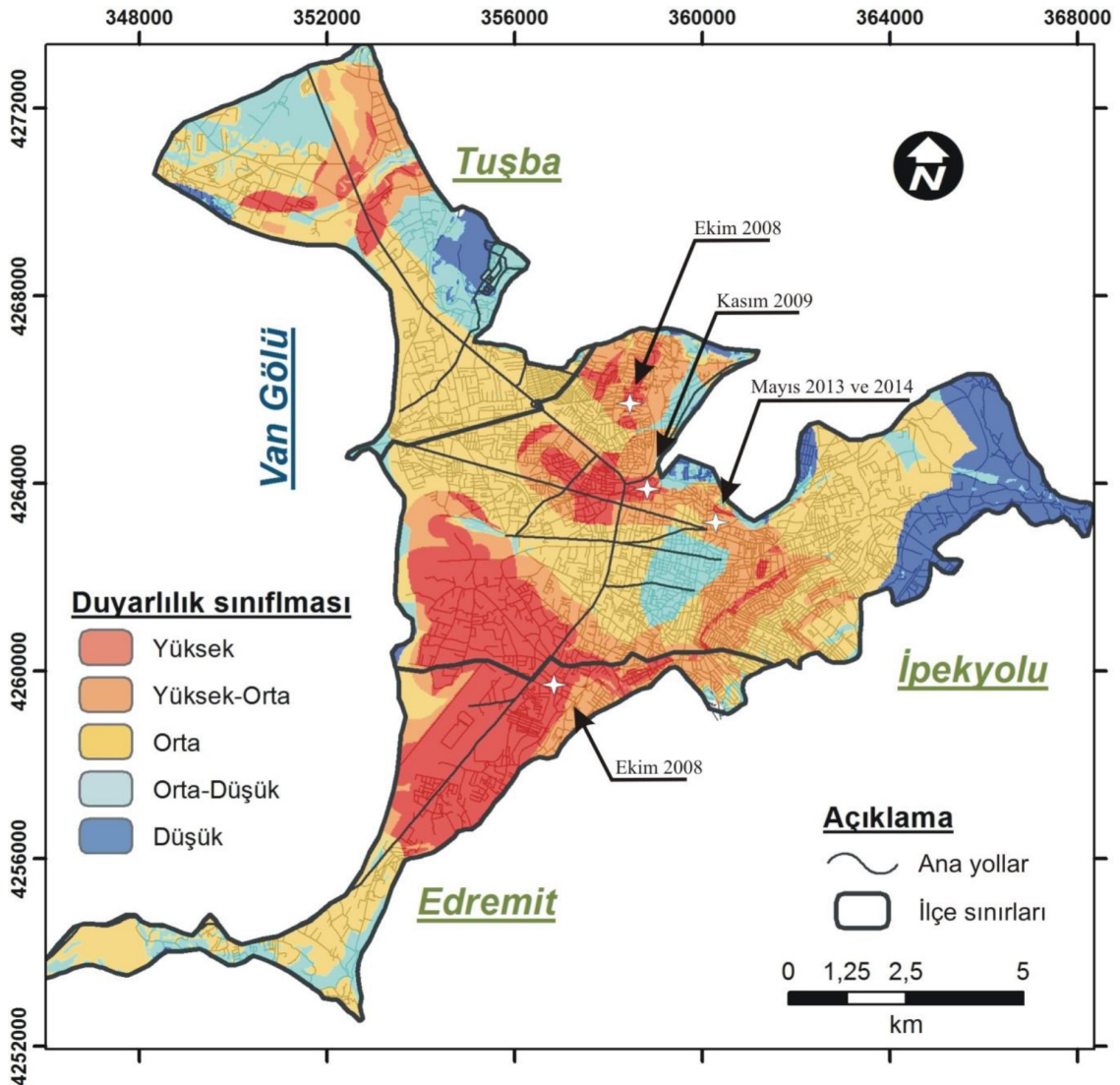
Burada, H_i model haritanın piksel ağırlık değeridir. w_i her bir CBS katmanı için belirlenen ağırlık değeri, x_i ise her bir CBS katmanında tanımlı alt kriterlerin (i) ağırlık değeridir.

Çalışma alanı için oluşturulan duyarlılık modeli 5 ayrı bölgeye ayrılmıştır (Şekil 8); Yüksek Duyarlılık, Yüksek-Orta Duyarlılık, Orta Duyarlılık, Orta-Düşük Duyarlılık ve Düşük Duyarlılık. Modelde bölgelerinin sınır ağırlık değerleri belirlenirken, doğal kesiklik sınıflaması (Natural Breaks Classification) yöntemi kullanılmıştır. Jenks optimizasyonu olarak bilinen yöntem, veriyi en ideal

ayrım ile sınıflara ayırmaktadır. Yöntemdeki sınır değerlerin elde edilmesinde, her sınıfta gözlenen değerler ile ortalama değerler arasındaki farkların kareler toplamlarının tekrarlı karşılaştırması dikkate alınmaktadır (Jenks, 1967). Bölgeleri tanımlayan bu sınır değerlerin uygunluğu, söz konusu faktörlerin önem derecesine bağlı olarak ayrıca değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasında CBS tabanlı ÇKKA yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 8. Çalışma alanının taşkın duyarlılık modeli.
Figure 8. Flood susceptibility model of the study area.

Yöntem birçok faktörün birlikte değerlendirilmesinde ortaya çıkan problemlerin pratik olarak çözümlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesinde ve çok sayıdaki verinin bütünleştirilmesinde yöntemin kapasitesi ve kolaylığı, doğal afetlerin farklı faktörler içerisinde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Bu kapsamda oluşturulan duyarlılık modelinde, İpekyolu ilçesi yüksek duyarlı alanları içermektedir. Yüksek duyarlı alanlar İpekyolu merkez ilçesinin toplam alanının yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır. Söz konusu ilçede taşkın duyarlılığının çok yüksek olduğu mahalleler Hatuniye, Buzhane, Alipaşa, S.Fehim Avrasi, Yeni mahalle ve Cevdetpaşa mahalleleridir. Taşkın yüksek olduğu mahalleler ise Selimbey, Yalı, Cumhuriyet ve Esenler mahalleleridir. Taşkın duyarlılığının orta ve düşük olduğu mahalleler ise Şerefiye ve Serhat mahalleleridir. Tuşba ilçesinde ise Akköprü, İstasyon, Beyüzümü, Altıntepe ve Abdurrahman Gazi mahalleleri yüksek duyarlı bölgeler içerisinde yer alırken, Edremit ilçesinde Şabaniye ve Süphan mahalleleri dışında genellikle orta ve kısmen düşük duyarlılık söz konusudur. 3 ayrı merkez ilçe dikkate alındığı zaman, yüksek duyarlı alanlar toplam alanın % 19.9'ünü oluşturmaktadır. Yüksek-orta ile orta duyarlı alanlar ise sırasıyla toplam alanın % 18.4 ve % 39.8'ini oluşturmaktadır. Bu değerler merkez ilçelerin önemli bir bölümünün olası bir taşkın olayında yüksek derecede etkilenebileceğini göstermektedir. Nitekim oluşturulan modelde yüksek duyarlılığa sahip mahallelerin büyük bir kesimi 1 Ekim 2008 ve Kasım 2009 tarihlerinde meydana gelen taşkın olaylarından aşırı derecede etkilenmiştir (AFAD, 2015). Dolayısıyla, taşkın potansiyeli yüksek olan bölgelerde yaşayan insanların güvenliği ve taşkın olaylarına karşı etkin bir planlama için, oluşturulan duyarlılık modeli yararlı bilgiler sağlayabilir. Bu kapsamda yapılacak olan uygulamalarda öncelik bu alanlarda, yoğunluğun fazla olduğu idari merkezlere verilmelidir.

Geliştirilen model, taşkından etkilenen alanlar ile karşılaştırıldığı zaman tutarlı sonuçlar sağlamaktadır (Şekil 8). Ayrıca modelde olası bir taşkın olayında çok daha geniş alanların yüksek derecede etkilenebileceği görülmektedir. Bu

durum oluşturulan modelin çok sayıdaki faktörü birlikte değerlendirmesinden kaynaklanmaktadır. Her ne kadar modelde aktif kanal mesafesi ve eğim önemli faktörler olsa da, merkez ilçelerindeki jeolojik durum, alan kullanımı, yeraltı su tablası derinliği ve yükseklik değerleri de taşkın duyarlılığını tanımlamada gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Söz konusu bu faktörler modelde tanımlı yüksek duyarlı bölgelerin çok daha geniş alanlar kaplayabileceğini göstermiştir.

Oluşturulan duyarlılık modeli geliştirilmiş bir yöntemi uygulayarak dijital formda oluşturulmuştur. Dolayısıyla, veri yetersizliği olan alanlarda güncellenerek, bu kapsamda çalışan kurum ve kuruluşlar arasında paylaşım yapılarak çok daha sağlıklı değerlendirmelerin elde edilmesi sağlanabilir. Ayrıca ülkemizin jeolojik, jeomorfolojik yapısı ve sahip olduğu iklimsel özellikleri her an can ve mal kaybına yol açabilecek doğal afetlerle karşılaşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmadan elde edilen sonuçların ve kullanılan yöntemin, meteorolojik parametrelerle birlikte yeniden değerlendirilmesiyle, henüz uygulama alanı bulamamış yerleşim alanlarında "Planlı Kentleşme" kavramına mühendislik jeolojisi açısından bir çözüm sağlayabileceği de açıkça görülmektedir.

SONUÇLAR

Van ili merkez ilçelerinin taşkın duyarlılık değerlendirmesi, bölgenin jeolojik, jeomorfolojik ve alan kullanımı dikkate alınarak CBS tabanlı olarak dijital ortamda gerçekleştirilmiştir. Aktif kanal mesafesi, jeolojik durum ve eğim değerleri, taşkın duyarlılığını değerlendirmede önemli faktörler olarak ele alınmıştır. Oluşturulan modele göre, yüksek ve yüksek-orta duyarlı alanlar, toplam alanının % 39'ünü oluşturmaktadır. Yüksek ve yüksek-orta duyarlılığa sahip alanlar, bölgede meydana gelen taşkın olayları ile oldukça uyumludur. Bu alanlar özellikle İpekyolu ilçesinin kuzeydoğu ve güneybatı mahalleleri ile Edremit ve Tuşba ilçelerinin kuzeydoğu mahalleleridir. Bu alanlar özellikle ana drenaj kanalına yakın olup, aynı zamanda düşük eğimli ve litojolojik olarak geçirimsiz birimler üzerinde yer almaktadır. İpekyolu ilçesinin merkez kesiminde

şehir yaşamı oldukça yoğundur. Bu alanlarda bina ve yol gibi drenaja kapalı yüzeylerin geniş bir alan kaplaması, özellikle bahar aylarında aşırı yağışlarla birlikte su baskını olaylarının sıklıkla gelişmesine neden olmaktadır.

Çalışmada uygulanan yöntem doğal afetlere karşı güvenilir ve sağlıklı bilgilerin elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu kapsamda üretilen duyarlılık modeli, özellikle yüksek duyarlı alanlarda, taşkına karşı yapılacak olan uygulamaların çok daha planlı ve sağlıklı bir şekilde yürütülmesinde önemli rol oynayacaktır. Ayrıca modelin oluşturulmasında, veri yetersizliği olan alanlarda güncellenerek ve/veya bu kapsamda çalışan kurum ve kuruluşlar arasında paylaşım yapılarak çok daha sağlıklı değerlendirmelerin elde edilmesi mümkündür. Oluşturulan duyarlılık modeli taşkın afetlerinde ilk aşamada meydana gelebilecek olan tehlikenin boyutlarını değerlendirmek amacıyla ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından kullanılmalıdır. Bu kapsamda güvenilir yağış ve akış verileri ile birlikte çok daha güvenilir tehlike modellerinin oluşturulması sağlanabilir.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışma kapsamında, değerli görüşlerinden dolayı, Doç.Dr. Harun Aydın'a (Yüzüncü yıl Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü), Yrd.Doç.Dr. Serkan Üner'e (Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve Yrd.Doç. Dr. Turgay Beyaz'a (Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve makalenin değerlendirilme aşamasında öneri ve düzeltmeleri ile katkı sağlayan hakem Dr. İbrahim Uçar'a ve ismi belirtilmeyen diğer hakemlere teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2008. Türkiye'de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bölgeleri envanteri (Editörler; Oktay Gökçe, Şenay Özden ve Ahmet Demir), Ankara, 127 sayfa.

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2015. Türkiye ulusal afet arşivi, <https://>

tuaatest.afad.gov.tr/main.jsp, 15 Mart 2015.

- Ayalew, L., Yamagishi, H., and Ugawa, N., 2004. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination: The case in Tsugawa area of Agano River. *Landslides*, 1, 73–81.
- Bonacci, O., Ljubenkov, L. and Roje-Bonacci, T., 2006. Karst flash floods: an example from the Dinaric karst (Croatia). *Natural Hazards and Earth System Sci.* 6 (2), 195-203.
- Büchle, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., and Nestmann, F., 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 485-503.
- Dai, F.C., Lee, C.F., and Zhang, X.H., 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology*, 61, 257–271.
- Gamper, C., Thoni, M., and Weck-Hannemann, H., 2006. A conceptual approach to the use of cost benefit and multi criteria analysis in natural hazard management. *Natural Hazards and Earth System Science*, 6, 293–302.
- Fernandez, D.S., and Lutz, M.A., 2010. Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteriadecision analysis. *Engineering Geology*, 111, 90-98.
- Harris, E., and Rantz, S., 1964. Effects of urban growth on stream flow regimes of Permanente Creek, Santa Clara County, California. *USGS WSP 1591B*.
- Jenks, G.F., 1967. The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186–190.
- Joerin, F., Theriault, M., and Musy, A., 2001. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15, 153–174.
- Kalelioğlu, E., 1991. Van Ovasının İklim Özellikle-

- ri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 35 (2), 155-166.
- Kolat, C., Doyuran, V., Aydan, C., and Suzen, L.M., 2006. Preparation of a geotechnical microzonation model using Geographical Information Systems based on multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 87, 241-255.
- Konrad, C.P., and Booth, D.B., 2002. Hydrologic trends associated with urban development in western Washington streams, United States Geological Survey Water-Resources Investigations Report 02-4040. Tacoma, Washington.
- Konrad, C.P., and Booth, D.B., 2005. Hydrologic changes in urban streams and their ecological significance. *American Fisheries Society Symposium*, 47, 157-177.
- Kourgialas, N. N., and Karatzas, G. P., 2011. Flood management and a GIS modeling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal* 56 (2), 212-225.
- Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 703-726.
- Masoudian, M., 2009. The topographical impact on effectiveness of flood protection measures, Ph.D. thesis, Kassel University.
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), 2015. Resmi istatistikler, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx#sfU>, 16 Nisan 2015.
- Saaty, T.L., and Vargas, L.G., 1991. Prediction, Projection and Forecasting. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Selçuk, L., 2013. An avalanche hazard model for Bitlis Province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analysis. *Turkish Journal of Earth Science*, 22, 523-535
- TİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2015. Temel İstatistiksel veriler, Nüfus ve Demografi, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, 30 Nisan 2015.
- Trosh, P., De Trosh, F., and Brutsaert, W., 1993. Effective water table depth to describe initial conditions prior to storm rainfall in humid regions. *Water resources research* 29 (2), 427-434.
- Weli, V.E., and Oye, I., 2014. The Effect of Urbanization on Channel Adjustment and Flood Vulnerability of Woji Basin, River State, Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*. 4 (10), 86-94.
- Yin, H., and Li, C., 2001. Human impacts on floods and flood disasters on the Yangtze River. *Geomorphology* 41 (2-3), 105-109.

Patlatma Noktası ile Ölçüm Noktası Arasındaki Mesafeye (R) Ait Yatay ve Düşey Bileşenlerin Maksimum Parçacık Hızına Etkisi

Effect of the Horizontal and Vertical Components Belongs to Distance Between the Blasting Point and the Measurement Point on Peak Particle Velocity

ABDURRAHMAN TOSUN^{1*}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği ve Bergama Meslek Yüksekokulu Buca/İzmir/Türkiye

Geliş (received) : 06 Ocak (January) 2016

Kabul (accepted) : 10 Mart (March) 2016

ÖZ

Literatürden bilindiği gibi açık ocak patlamalarından kaynaklanan maksimum parçacık hız değeri; jeolojik saha özellikleri, gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarı ve patlatma noktası (titreşim kaynağının olduğu nokta) ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafeye (R) bağlıdır. Söz konusu parametrelere göre maksimum parçacık hızını tahmin eden bağıntılar geliştirilmiştir. Bu çalışmada, bağıntılarda kullanılan, patlatma noktası ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafenin nasıl hesaplanması gerektiğini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında parçacık hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda, söz konusu bağıntılarda kullanılan mesafenin (R) yerine onun bileşenleri olan yatay ve düşey mesafelerin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Maksimum parçacık hızı, ölçekli mesafe, titreşim.

ABSTRACT

As it is known from the literature, peak particle velocity resulting from the open pit blasts depends on geological field characteristics, charge per delay and the distance values of the blasting points to the point measured of peak particle velocity. Some equations predicting to peak particle velocity have been improved according to the said parameters. In this study, some of peak particle velocity measurements were carried out in the laboratory in order to determine how the distance values of the blasting points to the point measured of peak particle velocity in the said equations should be calculated. As a result of measurements, it is seen that instead of the distance in the equations, horizontal and vertical distance being it's components should be used. .

Keywords: Peak particle velocity, scaled distance, vibration.

* A.Tosun

e-posta: abdurrahman.tosun@deu.edu.tr

GİRİŞ

Açık ocak madencilğinde yapılan patlatmalar sonucunda, patlatma noktası ile titreşim ölçümü yapılan yer arasında ortamın jeolojik özelliklerine göre değişen mesafelerde maksimum parçacık hızları meydana gelmektedir. Bu durum, patlatma çevresindeki yerleşim yerlerini olumsuz şekilde etkilemektedir. Negatif etkilerin oluşmaması için, patlatma noktasına belli mesafelerde oluşan maksimum parçacık hızlarının doğru olarak tahmin edilmesi gerekmektedir. Patlatmadan kaynaklanan maksimum parçacık hızını etkileyen faktörler, kontrol edilemeyen ve kontrol edilebilen parametreler olarak ikiye ayrılmaktadır. Kontrol edilemeyen parametreler kaya kütlelerinin jeolojik saha özelliklerini nitelendirilmektedir. Homojen ve masif kaya kütlelerine sahip sahalarda titreşim dalgaları her yöne eşit dağılım göstermektedir. Ancak heterojen yapıya sahip sahalarda, titreşim dalgaları farklı değerler alabilmektedir. Aldas ve Ecevitoğlu (2008), sadece jeolojik saha özelliklerini kullanarak maksimum parçacık hız değerini tahmin eden bir yöntem geliştirmiştir. Bu çalışmada patlayıcı miktardan bağımsız olarak, delikler arasına verilen uygun gecikmeler sayesinde en yüksek parçacık hızlarının hedef noktada minimize edilmesi sağlanmıştır.

Patlatma işlemleri sonucu oluşan maksimum parçacık hızını etkileyen kontrol edilebilir parametreler üç tanedir.

Bunlardan birincisi gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarıdır. Patlayıcı madde miktarı titreşim dalgalarının frekansını oldukça etkilemektedir (Aldas, 2010). Frekans değerleri de maksimum parçacık hızıyla ilişkilidir. İkincisi, patlatma noktası ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki uzaklıktır. Patlatma noktasından uzaklaştıkça oluşan titreşim dalgaları etkisini yitirmektedir. Kontrol edilebilen değişkenlerin sonuncusu ise gecikme zamanıdır. Patlatma operasyonlarında kullanılan gecikmeli sistem ile tüm patlatma deliklerinin aynı anda patlamaması sağlanmış olur.

Buna göre, kontrol edilebilir parametrelerden bir defada patlayan maksimum patlayıcı madde miktarı ve titreşim ölçümünün yapıldığı noktanın patlatma noktasına olan mesafe değerleri,

ölçümün yapıldığı noktada en yüksek parçacık hızlarını etkilemektedir. En yüksek parçacık hızını tahmin eden bağıntılar, bazı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Duvall ve Fogelson, 1962; Ambraseys ve Hendron, 1968; Langefors ve Kihlstorm, 1978; Ghosh and Daemen, 1984; Pal Roy, 1991; Singh vd., 2002). Ancak bunlardan en çok kullanılan Duvall ve Fogelson tarafından geliştirilen bağıntıdır. Bu bağıntıda, öncelikle bir defada patlayan maksimum patlayıcı madde miktarı ve patlatma noktasına olan mesafe arasındaki ilişki tespit edilmektedir. Bu ilişki ölçekli mesafe olarak adlandırılmaktadır.

Bu eşitlikte ölçekli mesafe Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır (Duvall ve Fogelson 1962).

$$SD=R/(\sqrt{Q}) \quad (1)$$

SD: Ölçekli mesafe

R: Patlatma noktası ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (m.)

Q: Gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarı (kg.)

Eşitlik 1'e göre, hesaplanan ölçekli mesafeler ile titreşimden kaynaklanan en yüksek parçacık hızları arasındaki ilişkiler, aşağıda verilen eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır (Duvall ve Fogelson 1962).

$$V=K * (R/(\sqrt{Q}))^{-\beta} \quad (2)$$

V: Titreşimden kaynaklanan en yüksek parçacık hızı (mm/s)

K: Arazi katsayısı

β : Arazi sönümlenme katsayısı

Burada ve β katsayıları patlatma sahasındaki kontrol edilemeyen parametreleri ifade etmektedir. Bu katsayılar her saha için farklı değerlerde olabilmektedir. ve β katsayılarının aynı sahada farklı değerler almaması için patlatmadan kaynaklanan en yüksek parçacık hız ölçümlerinin hep aynı yönde yapılması gereklidir. Eşitlik 2 yardımıyla aynı sahada daha sonraki patlatmalar için patlayıcı madde ve mesafeye göre maksimum parçacık hız tahmini yapılmaktadır. Birçok araştırmacı bu yöntemi kullanmaktadır (Özyurt vd., 2015; Hüdaverdi vd., 2007; Ak ve Konuk, 2003).

Patlatma işleminin yapıldığı nokta ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (R), en yüksek parçacık hızını oldukça etkilemektedir. Bu mesafenin Şekil 1'de görüldüğü gibi v ve h mesafeleri olmak üzere iki tane bileşeni bulunmaktadır. v mesafesi patlatma enerjisinin ulaştığı düşey mesafeyi ifade ederken; h mesafesi de patlatma enerjisinin ulaştığı yatay mesafeyi ifade etmektedir.

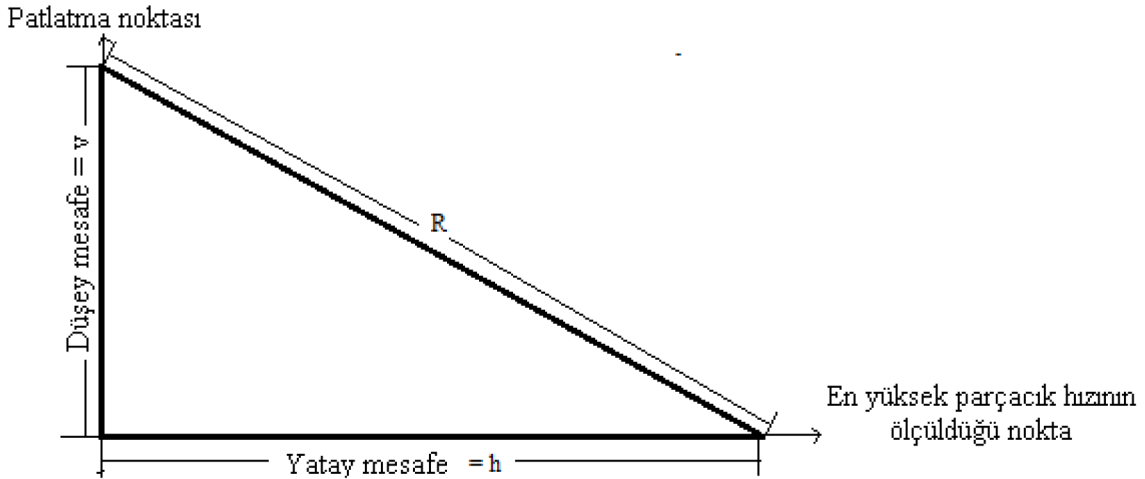
Patlatma işlemlerinde düşey (v) ve yatay (h) mesafeler oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Bazı patlatmalarda düşey mesafe çok küçük, yatay mesafe de çok yüksek değerler alırken; bazı patlatmalarda ise tersi durum oluşabilmektedir. Bu nedenle maksimum parçacık hızını tahmin eden eşitliklerde kullanılan R mesafesinin, düşey ve yatay mesafeleri ne kadar temsil ettiği çok önemlidir.

Bu çalışmada, patlamadan kaynaklanan en yüksek parçacık hızını etkileyen R mesafesinin, düşey ve yatay mesafeleri ne kadar temsil ettiğini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında birtakım titreşim deneyleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen deneylerin hepsinde titreşim kaynağını oluşturan güç aynı tutulmuştur. Jeolojik saha özelliklerinin aynı kalması için de deneyler kendi aralarında aynı olacak şekilde iki yönde dizayn edilmiştir. Deneylerde düşey mesafenin sıfır dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit

olduğu belirli R mesafeleri ile farklı düşey ve yatay mesafelere sahip aynı R mesafelerinde oluşan maksimum parçacık hız değerleri ölçülerek aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Farklı düşey ve yatay mesafeler içeren aynı R mesafesine sahip ortamların oluşmasını sağlamak için merdiven basamakları kullanılmıştır. Karşılaştırma sırasında; titreşim kaynağını oluşturan güç, jeolojik saha özellikleri ve R mesafe değerlerinin aynı olmasına rağmen farklı maksimum parçacık hız değerlerinin elde edildiği görülmüştür.

LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Laboratuvar deneylerinde ekipman olarak maksimum parçacık hızını inç/s. olarak ölçen tek jeofona sahip titreşim ölçüm cihazı ve titreşim kaynağının oluşturulmasını sağlamak amacıyla demir bilya top kullanılmıştır (Şekil 2). Deneylerin tümünde titreşim kaynağı oluşturmak amacıyla ağırlığı 242.5 gr olan demir bilya top, 172.72 cm yüksekliğe sahip mesafeden serbest düşme tekniğiyle yere düşürülmüştür. Demir bilya topun yarattığı titreşim, patlatmada gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı maddenin patlamasından kaynaklanan titreşimi ifade etmektedir. Burada demir bilya topun seçilme amacı titreşim kaynaklarının homojen ve sabit olmasının sağlanmasıdır. Deneylerde bilya top yere sadece bir defa çarptırılarak enerji yaratılmıştır.



Şekil 1. Patlatma noktası ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe bileşenleri.
Figure 1. The distance components between the point of the maximum particle velocity measured and blasting point.



Şekil 2. Titreşim ölçüm cihazı ve titreşim kaynağı oluşturulmasında kullanılan demir bilya top.
Figure 2. Vibration measurement equipment and the iron ball used to create vibration source.

Deneyler öncelikle Şekil 3'de görüldüğü gibi merdiven basamakları altında yapılmıştır. 63.5, 95.25 ve 127 cm R mesafelerine sahip düşey mesafenin sıfır dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit olduğu düz ortam ile farklı düşey ve yatay mesafeleri içeren yine 63.5, 95.25 ve 127 cm R mesafelerine sahip merdiven basamakları altında maksimum parçacık hız değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Daha sonra deneyler Şekil 4'de görüldüğü gibi merdiven basamakları üstünde yapılmıştır. Bu deneylerde de, merdiven basamakları altında yapılan deneylerde kullanılan değerler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada titreşim kaynağının olduğu nokta ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki düşey (v) ve yatay mesafe (h) değerleri önemli parametreler olarak değerlendirilmiştir. Şekil 5'ten görüldüğü gibi yapılan deneylerin, kendi aralarında aynı olacak şekilde iki yönde ve özellikle titreşim ölçüm mesafelerinin çok kısa olmasından dolayı deneylerin tümünde jeolojik saha özelliklerinin aynı kalması sağlanmıştır. Ayrıca Çizelge 1 ve 2 incelendiğinde;

düşey mesafenin sıfır, dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit olduğu merdiven üstü ve altında iki farklı yöne sahip düz ortamda yapılan titreşim ölçümlerinde, maksimum parçacık hız değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir. Bu durum, merdiven basamakları üstünde, altında ve düz ortamda yapılan deneylerin tümüne ait jeolojik saha özelliklerinin aynı olduğunu göstermektedir.

Yine Çizelge 1 ve 2'den de anlaşıldığı gibi deneylerin sahip olduğu jeolojik saha özellikleri, titreşim kaynağını oluşturan güç miktarı ve titreşim kaynağının olduğu nokta ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe parametreleri aynı olmasına rağmen; düşey mesafenin sıfır olduğu titreşim ölçümleri ile düşey mesafenin sıfır olmadığı titreşim ölçümlerinde meydana gelen maksimum parçacık hız değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Bu durum, yatay ve düşey yönlerde yayılan titreşim dalgalarının yayılma hızının birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Deney sonuçlarında, dalgaların düşey yöndeki yayılma hızının, yatay yöne göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Merdiven basamağı üstünde yapılan deneylerde dalgalar, aşağıya doğru yayılırken; merdiven



Şekil 3. Merdiven basamakları altında yapılan deneyler.

Figure 3. The tests carried out under the stairs.

Çizelge 1. Merdiven basamakları altında yapılan deneylere ait ölçümler.

Table 1. Measurement of the tests carried out under the stairs.

Titreşim kaynağının oluştuğu ölçüm noktası	R	h	v	V	Bilya topun düşürüldüğü mesafe (cm)
Düz ortamdaki ölçümler					
1	63.5	63.5	0	0.23495	172.72
2	95.25	95.25	0	0.2159	
3	127	127	0	0.19431	
Basamak altında yapılan ölçümler					
1	63.5	54.24	33.02	0.0635	172.72
2	95.25	81.36	49.53	0.05715	
3	127	108.48	66.04	0.04445	

R: Titreşim kaynağının oluştuğu nokta ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (cm)

h: Yatay mesafe (cm)

v: Düşey mesafe (cm)

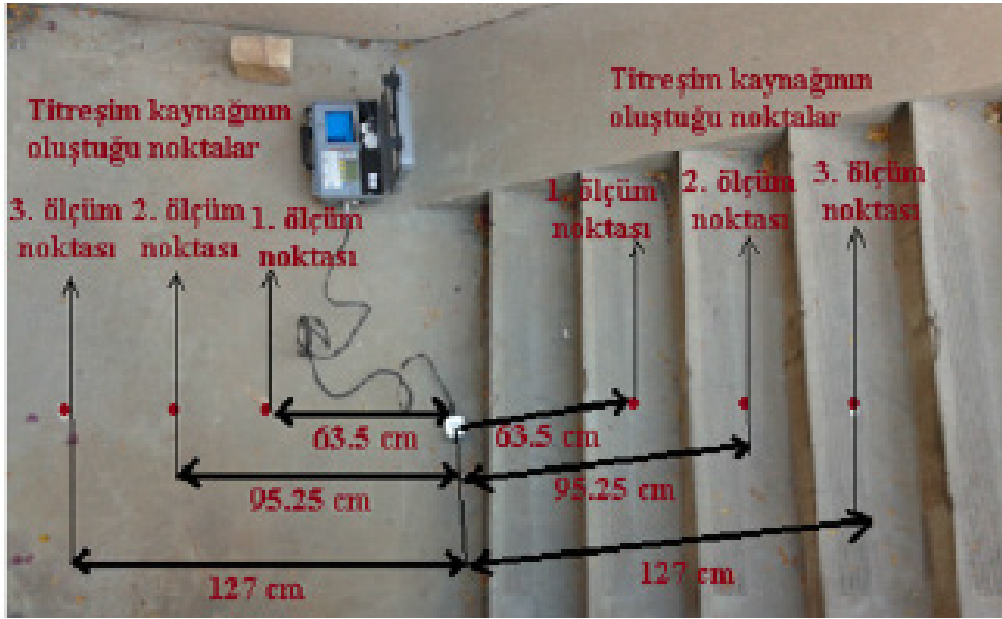
V: Ölçülen maksimum parçacık hızı (cm/s)

altındaki deneylerde ise dalgalar yukarıya doğru yayılmaktadır. Bu noktadan hareketle, düşey yöndeki aşağıya doğru yayılan titreşim dalgalarının, yine düşey yöne sahip yukarıya doğru yayılan dalgalara göre daha hızlı yayıldığı da anlaşılmıştır. Yatay/düşey yönlerde ve düşey yöne sahip aşağı ve yukarıya doğru yayılan dalgaların hızlarının mesafe değerlerine göre ne kadar

bir etki yarattığı net rakamlarla saha ortamında gerçekleştirilerek belirlenmelidir.

SONUÇLAR

Bu araştırmada, maksimum parçacık hızını tahmin eden bağıntılarda kullanılan patlatma noktası (titreşim kaynağının oluştuğu nokta) ile



Şekil 4. Merdiven basamakları üstünde yapılan deneyler.
Figure 4. The tests carried out the top of the stairs.

Çizelge 2. Merdiven basamakları üstünde yapılan deneylere ait ölçümler.
Table 2. Measurement of the tests carried out the top of the stairs.

Titreşim kaynağının oluştuğu ölçüm noktası	R	h	v	V	Bilya topun düşürüldüğü mesafe (cm)
Düz ortamdaki ölçümler					
1	63.5	63.5	0	0.23368	172.72
2	95.25	95.25	0	0.2159	
3	127	127	0	0.19558	
Basamak üstünde yapılan ölçümler					
1	63.5	54.24	33.02	0.1016	172.72
2	95.25	81.36	49.53	0.09525	
3	127	108.48	66.04	0.08255	

R: Titreşim kaynağının oluştuğu nokta ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (cm)

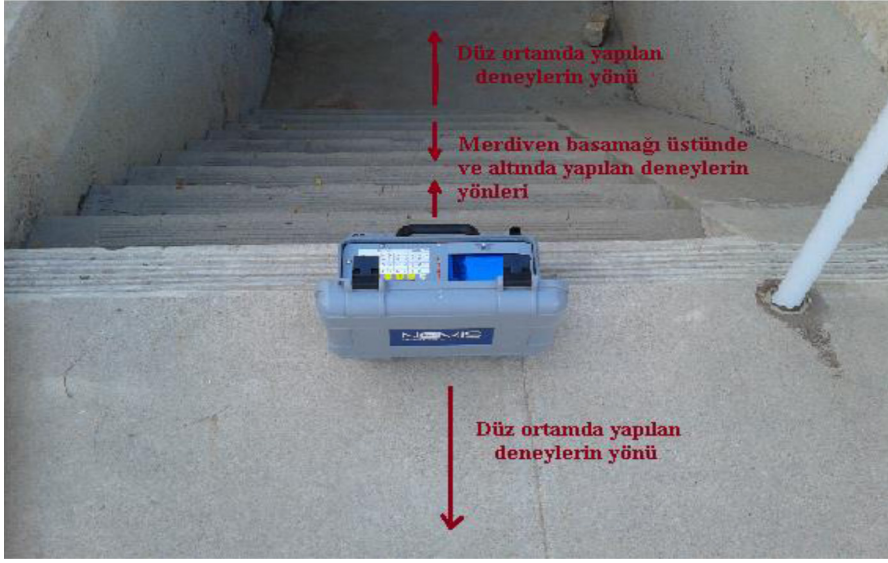
h: Yatay mesafe (cm)

v: Düşey mesafe (cm)

V: Ölçülen maksimum parçacık hızı (cm/s)

maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafenin (R) bağıntılar içinde nasıl hesaplanması gerektiğini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında bazı maksimum parçacık hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler,

merdiven basamakları altında ve üstünde olmak üzere iki türde yapılmıştır. Gerçekleştirilen deneylerin hepsinde titreşim kaynağını oluşturan güç aynı tutulmuştur. Jeolojik saha özelliklerinin aynı kalması için de deneyler kendi aralarında



Şekil 5. Yapılan deneylerin yönleri.
Figure 5. The directions of the tests carried out.

aynı olacak şekilde iki yönde dizayn edilmiştir. Hem merdiven basamağı altında hem de üstündeki deneylerde, düşey mesafenin sıfır dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit olduğu 63.5, 95.25 ve 127 cm değerlerindeki R mesafeleri ile farklı düşey ve yatay mesafelere sahip yine aynı 63.5, 95.25 ve 127 cm değerlerine sahip olan R mesafelerinde oluşan maksimum parçacık hız değerleri ölçülerek aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Merdiven basamağı altındaki maksimum parçacık hızları, düşey mesafenin sıfır olduğu deneylerde sırasıyla; 0.23495, 0.2159 ve 0.19431 cm/sn olarak ölçülürken; farklı düşey ve yatay mesafelerin olduğu deneylerde ise sırasıyla; 0.0635, 0.05715 ve 0.04445 cm/sn olarak elde edilmiştir. Merdiven basamağı üstünde ölçülen maksimum parçacık hızları ise, düşey mesafenin sıfır olduğu deneylerde sırasıyla; 0.23368, 0.2159 ve 0.19558 cm/sn olarak oluşurken; farklı düşey ve yatay mesafelerin olduğu deneylerde ise sırasıyla; 0.1016, 0.09525 ve 0.08255 cm/sn olarak elde edilmiştir. Bu durum, yatay/düşey yönlerde ve düşey yöne sahip aşağı ve yukarıya doğru yayılan dalga hızlarının birbirinden farklı değerler alabildiğini göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) 2219 doktora sonrası araştırma bursu kapsamında yapılmıştır. Bu nedenle TÜBİTAK'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Ak, H. ve Konuk, A., 2003. Eskişehir-Süpren yöresinde bir taş ocağında patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının ölçülmesi ve analizi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, ISSN 1301-045X, 1-14.
- Aldaş, G. G. U. and Ecevitoglu, B., 2008. Waveform analysis in mitigation of blast-induced vibrations. Journal of Applied Geophysics, 66, (1-2), 25-30.
- Aldaş, G. G. U., 2010. Explosive charge mass and peak particle velocity (PPV)-frequency relation in mining blast. Journal of Geophysics and Engineering, 7, 223-231.
- Ambraseys, N.R. and Hendron, A.J., 1968. Dynamic behavior of rock masses, rock mechanics. In: Stagg and Zeinkiewicz

- (eds.). Engineering Practice, John Wiley and Sons Inc., London, 203-227.
- Duval, W. I. and Fogelson, H., 1962. Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibrations. U.S. Bureau of Mines, RI 5868.
- Ghosh, A.K. and Samaddar, A.B., 1984. Design of surface mine blast. Mining Engineering Journal Institute, (I), 52-57.
- Hudaverdi, T., Kuzu, C., and Fisne A., 2007. Analysis of blast induced vibrations in aggregate mining. 36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineerin, Istanbul.
- Langefors, U., and Khilström, B., 1978. The Modern Technique of Blasting. 3rd Ed, Halsted Press, 1978, Sweeden.
- Özyurt, M.C., Kalayci, Ü., Karadoğan, A., ve Özer, Ü., 2015. Evaluation of blast induced ground vibrations at Ozarlan Quarry. Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi, Antalya, Türkiye, 894-900.
- Pal Roy, P., 1991. Prediction and control of ground vibrations due to blasting. Colliery Guardian, 239 (7), 210-215.
- Singh, T.N., Amit, P., Saurabh, P. and Singh, P.K., 2002. Prediction of explosive charge for efficient mining operation. Rock Eng. Problems and approaches in Underground Construction, South Korea, 777-785.

Sivas-Yıldızeli Yöresi Ultramafik Plütonik Kayaçlarla İlişkili Flogopit Oluşumlarının Kökeni

Origin of Phlogopite Occurrences Related to Ultramafic Plutonic Rocks in the Sivas-Yıldızeli Area

HÜSEYİN YALÇIN^{1*}, ÖMER BOZKAYA², HÜLYA YEŞİLDAĞ³

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas

²Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070, Denizli

³Afşin-Elbistan Linyit İşletmesi, 46500, Kahramanmaraş

Geliş (received) : 01 Mart (March) 2016

Kabul (accepted) : 22 Nisan (April) 2016

ÖZ

Yıldızeli yöresinde Orta Anadolu Plütonikleri'ne ait Üst Kretase yaşlı Karakoç Plütonikleri ve Paleosen yaşlı felsik plütonik kayaçlar farklı iki seri halinde bulunmaktadır. Karakoç Plütonikleri; ultramafik ve mafik kayaçlardan oluşmakta ve birbirlerine geçiş göstermektedir. Flogopit mineralizasyonları Karakoç Plütonikleri ile ilişkili olup, Yıldızeli metamorfittleri ile çevrelenmekte, felsik plütonik ve damar kayaçları ile kesilmektedir. Daykların sokulum yaptığı zonlarda granat-skapolit-epidot-flogopitik pirometasomatik oluşumlar ortaya çıkmıştır. Flogopit levhalarının oluşturduğu paketler (1-5 cm) piroksen ve/veya hornblendlerden oluşan zon (10-15 cm) ile çevrelenmektedir. Bu zon içerisinde yer yer granat, epidot ve skapolit seviyeleri ve/veya mercikleri de bulunmaktadır. Fillosilikatları ultramafik plütonik kayaçlarda simektit, C-S (klorit-simektit), klorit ve P-V/I-V (flogopit-vermikülit/illit-vermikülit); mafik plütonik kayaçlarda simektit, klorit ve I-S (illit-simektit); felsik plütonik kayaçlarda simektit; pirometasomatik kayaçlarda 1M Fe-Al flogopit, simektit, I-V/P-V ve S-V (simektit-vermikülit) oluşturmaktadır. Flogopit bileşeni olan Mg/(Mg+Fe), flogopitte 0.74 ve P-V'de 0.67'dir. Diğer silikat minerallerinden hornblend Ca-Na-K magneziyen hastingsit, skapolitler mizzonit ve granatlar ise grossular bileşimindedir. Toplam eser element konsantrasyonu flogopit-P-V-granat-hornblend-skapolit yönünde azalmaktadır. Kondrit-normalize iz ve nadir toprak element (REE) dağılımları granat-hornblend-skapolit-flogopit-P-V yönünde azalmakta olup; minerallerin desenleri genellikle birbirinden ayrılmakta ve belirgin bir ayırılma/farklılaşma göstermektedir. Flogopit ve P-V'lerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri manto ve okyanus ortası sırtı bazaltlarına (MORB) göre daha düşük; kıtasal kökenli magmatiklere ise benzerdir. Fillosilikat minerallerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD derişimleri; flogopitin hipojen, P-V'in ise süperjen kökenli olduğunu ortaya koymaktadır. Azalan δD ve artan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri flogopitleşme; buna karşın artan δD ve azalan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri vermikülitleşme yönelimini vermektedir. Diğer taraftan, izotopsal ayırılma başlangıç değeri olarak alınan granitoyid kayaçlarına göre; flogopit için ~ 280 °C ve P-V için ~130 °C oluşum sıcaklıkları elde edilmiştir. Bu sıcaklık değerleri; flogopit ve P-V minerallerinin magmatik değil, pirometasomatik kökenli olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca flogopitler; yer yer P-V ara fazından geçerek, vermikülit türü negatif dönüşümlere uğramıştır.

Anahtar Kelimeler: Ana-İz elementler, bozuşma, izotoplar, pirometasomatizma, XRD

ABSTRACT

The different two series / associations as Upper Cretaceous Karakoç plutonics and Paleocene felsic plutonic rocks belonging to Central Anatolian Plutonics are present in the Yıldızeli area. Karakoç plutonics consist of ultramafic and mafic rocks and are of transition into each other. Phlogopite mineralizations related to Karakoç plutonics are surrounded by Yıldızeli metamorphic rocks and cut by felsic plutonic and vein rocks. Garnet-scapolite-epidote-phlogopitic pyrometasomatic occurrences are seen within the zones intruded by dikes. Packages of phlogopite

* H. Yalçın

e-posta :yalcin@cumhuriyet.edu.tr

plates (1-5 cm) are surrounded by a zone (10-15 cm) with pyroxene and/or hornblendes in which garnet, epidote and scapolite layers and/or lenses are found in places. Phyllosilicates are formed of smectite, C-S (chlorite-smectite), chlorite and P-V/I-V (phlogopite-vermiculite/illite-vermiculite) in the Karakoç plutonics, smectite, chlorite and I-S (illite-smectite) in the mafic plutonic rocks, smectite in the felsic plutonic rocks, and 1M Fe-Al phlogopite, smectite, I-V/P-V and S-V (smectite-vermiculite) in the pyrometasomatic rocks. Phlogopite components as Mg/(Mg+Fe) are 0.74 for phlogopite and 0.67 for P-V. Hornblende, scapolite and garnet from the other silicate minerals are Ca-Na-K magnesian hastingsite, mizzonite and grossular in compositions, respectively. Total trace element concentrations decrease phlogopite-P-V-garnet-hornblende-scapolite trend. The distributions of chondrite-normalized trace and rare earth elements (REE) were clearly decreased from garnet-hornblende-scapolite-phlogopite towards P-V and mineral patterns distinguish from each other and also show a clear differentiation / fractionation. $\delta^{18}\text{O}$ values of phlogopite and P-V have lower than those of mantle and MORB; whereas they are similar to those of continental originated magmatic rocks. $\delta^{18}\text{O}$ and δD concentrations of phyllosilicate minerals suggested that the phlogopite and P-V have respectively hypogene and supergene origins. The decreasing δD and increasing $\delta^{18}\text{O}$ values indicate phlogopitization trend, whereas those of increasing δD and decreasing $\delta^{18}\text{O}$ sign vermiculitization trend. On the other hand, according to granitoid rocks, reflecting initial values for isotopically fractionation, formation temperatures of phlogopite and P-V were obtained as ~ 280 and ~130 °C, respectively that phlogopite and P-V minerals are thought to be pyrometasomatic rather than magmatic origin. In addition, phlogopites are sometimes undergone vermiculite type of negative transformations passing into P-V interphases.

Keywords: Major-trace elements, alteration, isotopes, pyrometasomatism, XRD

GİRİŞ

Bu çalışma, Sivas iline bağlı Yıldızeli ilçesi Karakoç Köyü ve civarındaki plütonik kayalarla ilişkili flogopit oluşumlarını kapsamaktadır. İncelemenin ana konusunu oluşturan flogopit-biyotit serisi aslında mika grubu bir mineral olmasına rağmen, sıcaklık ve kimyasal madde gibi çeşitli etkiler karşısında ayrılma (eksfolyasyon) ve/veya fiziksel genleşebilme kapasitesine sahip olması, ayrıca yapraklar arasına su molekülleri olarak sıklıkla vermiculite dönüşmesi nedeniyle endüstriyel anlamda vermiculit grubu içerisinde de değerlendirilmektedir (Örneğin; Hindman, 1994; Dill, 2010). Vermiculitleşmiş flogopit-biyotitler; ısı ve ses yalıtımında, katkı maddesi olarak boya ve plastik sanayinde, ayrıca toprak düzenleyici olarak ziraat (bahçe bitkileri) ve hayvancılık (hayvan yemi) alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Vermiculit Derneği, 2016).

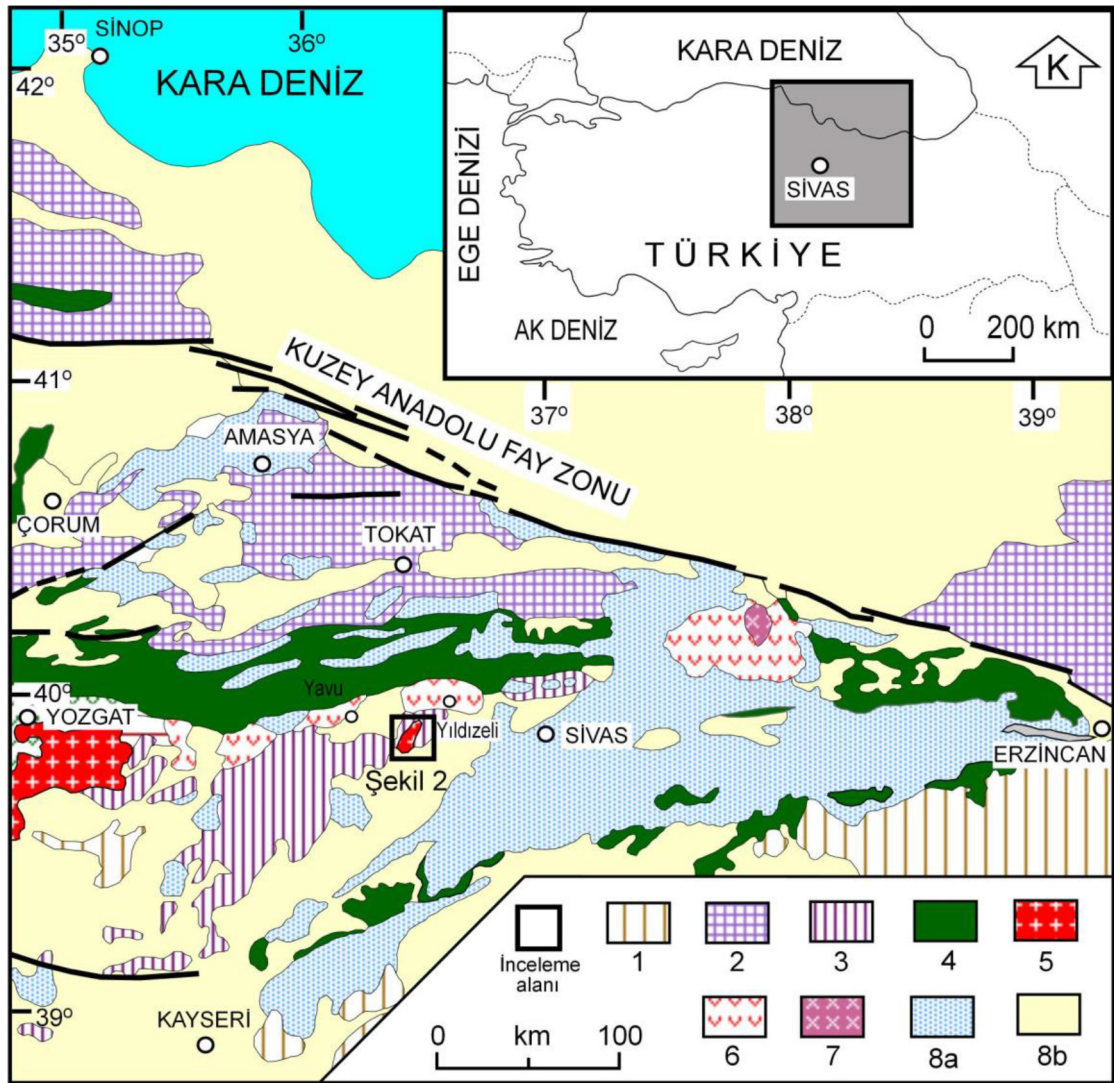
Bu çalışmada, genel olarak flogopit ve eşlikçi kayaların ayrıntılı mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yıldızeli yöresinde plütonizma ve flogopit mineralizasyonu arasındaki etkileşimler; flogopite eşlik eden diğer minerallerin (özellikle fillosilikatlar) düşey ve yanal dağılımları; ana kayaç, köken, oluşum sırası ve mekanizması; diğer bozuşmalar/alterasyonlar arasındaki ilişkiler,

ayrıca magmatik dizilim içindeki konumu saptanarak aynı ve/veya benzer plütonik kuşaklarda ki olası flogopit seviyeleri belirlenebilecektir.

BÖLGESEL JEOLJİ

İnceleme alanını da kapsayan İç Anadolu'da farklı yaş, jeotektonik konum ve kayaç türlerine sahip tektono-stratigrafik birimler bulunmaktadır (Şekil 1).

Bu tektono-stratigrafik birimlerden, Kuzey Anadolu Ofiyolitleri, Neo-Tetis Okyanusu'nun kuzey koluna ait allohton topluluklarını temsil etmekte olup, Geç Kretase-Paleosen'de (Yılmaz, 1985) veya Geç Kretase'de (Göncüoğlu vd., 1997) güneye doğru Torid-Anatolid Platformu üzerine yerleşmiştir. Neo-Tetis'in kapanmasına paralel olarak Geç Kretase'den itibaren Sakarya Kıtası ve Kırşehir Blok'u olmak üzere iki kıtasal birim üzerinde (Şengör ve Yılmaz, 1981), Orta Anadolu Basenleri (Koçyiğit, 1991; Görür vd., 1998) oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'e kadar gelişimlerini sürdürmüşlerdir. Bu basenlerden biri olan Sivas baseni, çarpışma ile ilişkili tipik bir ön ülke havzası olup (Görür vd., 1998), Geç Paleosen'de (Kavak, 1998; Poisson vd., 1996) oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'de Anadolu ve Arap levhalarının çarpışması ile evrimini



Şekil 1. İnceleme alanının Türkiye'nin bölgesel jeolojisindeki konumu (Görür vd., 1998'den değiştirilerek; tektonik birliklerin adlamaları: Göncüoğlu vd., 1997): 1-Toridler, 2-Sakarya Kompozit Birliği, 3-Orta Anadolu Metamorfikleri (Senomaniyen Öncesi), 4-Kuzey Anadolu Ofiyolitleri (Üst Kretase), 5-Orta Anadolu Granitoidleri (Üst Kretase-Paleosen), 6-Orta Anadolu Volkanik-Volkanosedimanterleri (Eosen), 7-Orta Anadolu Siyenitoidleri (Eosen), 8-Örtü birimleri (Üst Kretase-Alt Miyosen), 8a-Orta Anadolu Basenleri, 8b-Diğer birimler.

Figure 1. The setting of study area in the regional geology of Turkey (Modified from Görür et al., 1998; name of tectonic units: Göncüoğlu et al., 1997): 1-Taurides, 2-Sakarya Composite Terrane, 3-Central Anatolian Metamorphites (Pre-Cenomanian), 4-Central Anatolian Ophiolites (Upper Cretaceous), 5-Central Anatolian Granitoids (Upper Cretaceous-Paleocene), 6-Upper Cretaceous Volcanics-Volkanosedimentaries (Eocene), 7-Central Anatolian Syenitoids (Eocene), 8-Cover units (Upper Cretaceous-Lower Miocene), 8a-Central Anatolian Basins, 8b-Other units.

tamamlamıştır (Görür vd., 1998). Neo-Tetis'in Eosen'de kapanmasından sonra çarpışma ile ilişkili magmatiklerden Üst Kretase-Paleosen'de yer yer mafik ve ultramafik kayaların da eşlik ettiği Orta Anadolu Granitoidleri (Boztaş,

2000) ile Orta-Üst Eosen'de Orta Anadolu Siyenitoidleri (Boztaş vd., 1994) ve Orta Anadolu Volkanikleri (Ercan, 1987) gelişmiştir.

Orta Miyosen'den itibaren ise neotektonik Ova rejimi (Şengör, 1979) altında intrakratonik

basenler gelişmiş olup (Görür vd., 1998), bu rejim Geç Pliyosen'e kadar (Koçyiğit, 1991) devam etmiştir. Bu dönemde Üst Miyosen-Geç Pliyosen yaşlı akarsu, göl ve/veya playa çökelmelerinden oluşan Kızılırmak ve Kangal havzaları, ofiyolitik ve magmatik kayalar üzerinde yaygın olarak çek-ayır türü havzalar olarak bulunmaktadır (Yılmaz, 1998).

FLOGOPİT OLUŞUMLARININ JEOLJİSİ

İnceleme alanı, Yıldızeli'nin (Sivas) yaklaşık 20 km güneyinde yer alan Karakoç Köyü ve civarını kapsamakta olup, 1/25.000 ölçekli Sivas İ36-c2 ve Sivas İ37-d1 paftalarının kesiştiği yaklaşık 2 km² 'lik bir alan ile sınırlandırılmıştır.

Kırşehir Bloku'nun (Poisson, 1986) kuzeydoğu kesiminde yer alan inceleme alanında, farklı yaş, litoloji ve tektonik konuma sahip birimler bulunmaktadır. Alpaslan (1993) tarafından gerçekleştirilen ayrıntılı çalışmaya göre; inceleme alanının temelinde, Paleozoyik yaşlı metamorfikler ve üzerinde tektonik dokanakra bulunan Üst Kretase yaşlı ultramafikler ile Üst Kretase-Paleosen yaşlı plütonikler bulunmaktadır. Bu istif ise Tersiyer yaşlı sedimanter-volkanosedimanter birimlerce uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2).

Bu çalışmanın konusunu oluşturan flogopit mineralizasyonları ultramafik/mafik plütonikler ile doğrudan ilişkili olup, metamorfik kayalar ile çevrelenmekte, felsik plütonik ve damar kayaları ile kesilmektedir. Bu nedenle aşağıdaki bölümlerde plütonik kayalar içeren birimlerin jeolojik özelliklerine girilmiştir.

Flogopit oluşumlarının yer aldığı Karakoç mafik/ultramafik plütoniklerinin (Şakar, 2004; Yalçın ve Yeşildağ, 2009; Otlu vd., 2010) uyumlu bir şekilde sokulum yaptığı mermerler, iri kristalli, şeker dokusu kazanmış, genellikle DB/70°K yönlü, felsik plütonik kayalar ile kesilmekte, ayrıca 1-10 cm kalınlık ve 5-20 cm uzunlukta kuvars-silis mercekleri içermektedir.

Karakoç mafik/ultramafik plütonikleri Karakoç Köyü'nün güneyinde, Karakoçözü Dere boyunca, yaklaşık olarak 1.5 km²'lik dar bir alanda gözlenmektedir. Koyu gri-siyah renkli oldukça iri kristalli kayalardan oluşan birim, Yıldızeli metamorfiklerine ait mermer, şist ve gnayslar

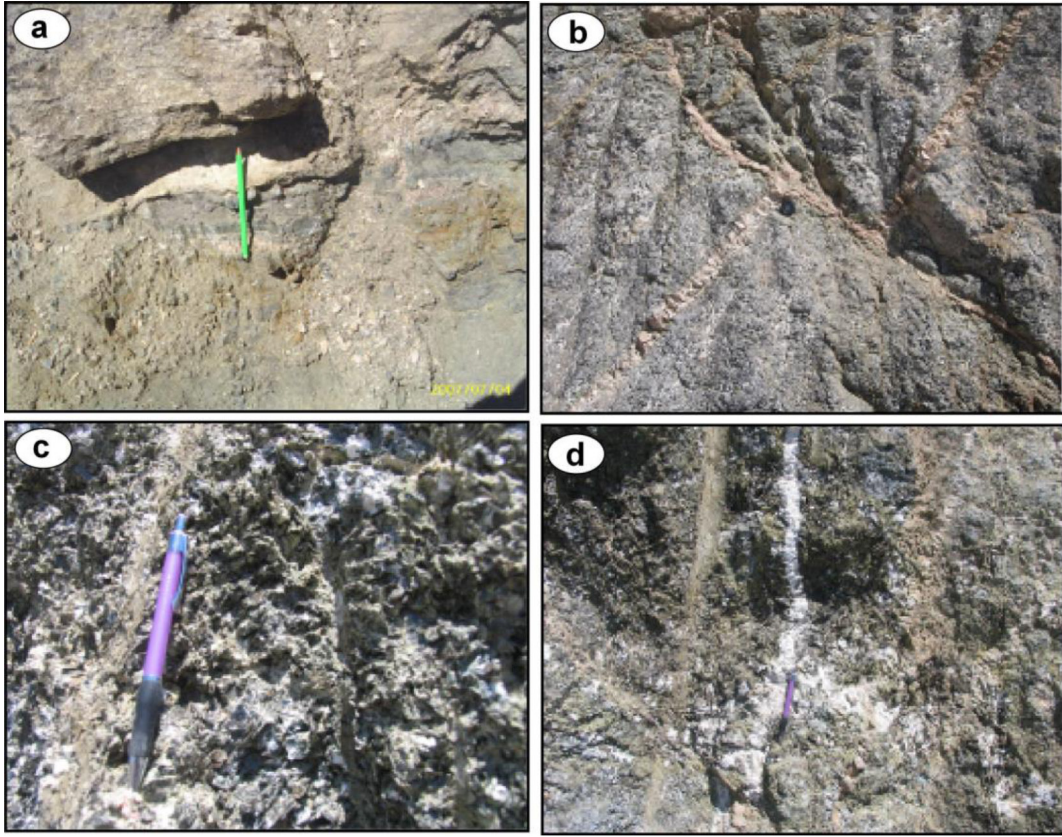
içerisindeki tabaka ve foliyasyon düzlemleri arasına sil konumunda yerleşmiştir (Şekil 3a).

Mafik plütonik kayalar diyorit ve gabrolardan oluşmakta, yer yer de hornblendit ve piroksenit şeklinde tanımlanan/adlandırılan ultramafik kayalar serilerine geçiş göstermektedir. Mafik kayalardan gabrolar; beyaz-yeşil renkli olup, feldispat-piroksen bantları içermektedir. Diyoritler; ince taneli, siyah renkli benekler biçiminde hornblend ve bazı örneklerde iri kristalli plajiyoklaz mineralleri ile temsil edilmektedir. Monzogabrolar; yeşilimsi iri kristalli bir görünüm sunmaktadır. Monzodiyoritler; 50 cm yer yer de 10-20 cm kalınlıkta, siyah renkli hornblend içeren kayalardır. Monzodiyoritli zon ile gabro arasında, 5 cm kalınlıkta kuvars bantı (kuvarsolit) saptanmıştır. Monzonitler, hornblend arabantlı, 3 cm kalınlıkta, beyaz renkli, yer yer de epidotlaşma göstermektedir.

Ultramafik kayalar; çoğunlukla yeşilin değişik tonlarında renklere sahip olup, çoğunlukla hornblendit, ender olarak hornblend-piroksenit ile temsil edilmekte ve birbirlerine geçiş göstermektedir. Hornblenditler, koyu yeşil-siyah renkli, iri taneli, çubuksu ve sert kayalardır. Siyah renkli benekler içeren bu kayalar, genel olarak çıkıntı görünümlü mermerler arasında girinti yapan 0.2-5 m kalınlıklarda siller şeklinde gözlenmektedir. Hornblendit damarlarının mermerlere yakın dış kesimleri flogopitce zengin olup, orta kesimleri ise hornblend-flogopit ardalanması göstermektedir.

Granitoidler genellikle faneritik dokulu, pembemsi gri renkli, alkali feldispat ve kuvarsça zengin granitik kayalardan oluşmaktadır. Yıldızeli metamorfiklerinde gözlenen granitik kayaların bazılarının, metamorfiklerle tektonik dokanakra sahip olduğu ve tektonik aktivite sonucu metamorfiklerle birlikte deformasyona uğradıkları gözlemlenmiştir.

Siyenitoidler, Yıldızeli metamorfiklerini kesen plüton ve dayklar halinde izlenmektedir (Alpaslan, 1993). Genellikle faneritik dokulu, alkali feldispatlarca zengin siyenitler ile monzonitik bileşimli felsik ve mafik damar kayalarından oluşmaktadır. Siyenitoidler içerisinde 0.5-20 cm çapında, küresel, elipsoyidal ve mercek biçimli mafik magmatik anklavlar yer almaktadır.



Şekil 3. Karakoç Plütonikleri ve flogopitleri; a) Mermerler içerisinde siyah renkli monzodiyorit sokulumları, b) Bozmuş hornblenditleri kesen ve faylarla ötelenmiş siyenit applitler, c) Hornblenditlere eşlik eden flogopitler, d) Hornblenditler içerisinde beyaz renkli skapolit oluşumları.

Figure 3. Karakoç Plutonics and phlogopites; a) Black colored monzodiorite intrusions within the marbles, b) Syenite aplites cutting altered hornblendites and shifted with faults, c) Phlogopites associated with hornblendites, d) White colored scapolite occurrences within the hornblendites.

MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanından çoğunluğu ultramafik birimlere ait olmak üzere toplam 61 adet mineral ve kayaç örneği alınmıştır. Kayaç örneklerinde Cumhuriyet Üniversitesi (C.Ü.) Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları'nda (MİPJAL) örnek hazırlama (ince-kesit, kırma-öğütmeleme ve kil ayırma) ve mineralojik-petrografik incelemeler (optik mikroskopi-OM, X-ışınları difraksiyonu-XRD) gerçekleştirilmiştir.

OM incelemeleri ile kayacı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; bozuşma ve bozunma ürünleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

OM ile incelenemeyecek kadar küçük (submikroskopik) tane boyuna sahip bileşenler ile bozuşma gösteren kayaçlardaki mineral birlikliklerinin belirlenmesi, ayrıca fillosilikat minerallerinin polimorfik türlerinin belirlenmesi amacıyla XRD incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Toz (tüm kayaç-XRD-TK) ve çamur sıvanmış yönlü kil plaketeri (kil fraksiyonu-XRD-KF) üzerinde uygulanan XRD çözümlenmeleri Rigaku marka DMAX IIIC model X-ışınları difraktometresinde (anot=Cu ($\text{CuK}\alpha=1.541871\text{Å}$), filtre=Ni, gerilim=35 kV, akım=15 mA, gonyometre hızı=2°/dk., kağıt hızı=2cm/dk., zaman sabiti=1 Sn., yarıklar=1° 0.15 mm 1° 0.30 mm, kağıt aralığı=2θ 5-35°) yapılmıştır. XRD çözümlenmeleri sonucunda örneklerin tüm kayaç ve kil boyu bileşen-

leri (< 2 mm) tanımlanmış ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi (Brindley, 1980) esas alınarak hesaplanmıştır. Tüm kayaç ve kil fraksiyonu hesaplamalarında mineral şiddet faktörleri kullanılmış olup, yansımalar mm cinsinden ölçülmüştür. Bu yöntemde tüm kayaç için dolomit, kil fraksiyonu için glikollü çekimlerden itibaren kaolinit referans olarak alınmıştır (Yalçın ve Bozkaya, 2002). d-mesafelerinin ölçülmesinde ise kuvars iç standart olarak kullanılmıştır.

Fillosilikat/kil içeren kayaçlarda, bu minerallerin diğerlerinden ayrılması yöntemi başlıca kimyasal çözme (kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme – dekantasyon / dinlendirme ve yıkama, süspansiyonlama – sedimantasyon – sifonlama – santrifüjleme ve şişeleme olarak sıralanmıştır. Süspansiyonlama işleminin olmaması durumlarında dispersan (sodyum hegza metafosfat, Calgon) eklenerek bu süreç hızlandırılmaya çalışılmıştır. Kil fraksiyonu difraktogramları normal-N (havada kurutulmuş), glikolleme-EG (60 °C de 16 saat desikatörde etilen glikol buharında bırakma) ve fırınlama-F (490 °C de 4 saat fırında ısıtma) işlemlerinden geçirilerek elde edilmiştir. Çekimlerde gonyometre hızı 1°/dk. ve kayıt aralığı $2\theta=2-30^\circ$ (hata miktarı $\pm 0.04^\circ$) olarak ayarlanmıştır. Saf veya safa yakın fillosilikat minerallerinin (flogopit) politi belirlenmelerinde Bailey (1980, 1988) ve J.C.P.D.S. (1990) tarafından önerilen ayırtman pikler kullanılmıştır. Politilerin belirlenmesinde $2\theta = 2-65^\circ$ kayıt aralığı ve 2°/dk. gonyometre hızı kullanılmıştır.

Fillosilikatlar için kil ayırma ve diğerleri için mikroskop altında elle ayıklama yöntemi kullanılarak, ayrıca OM ve XRD ile kontrol edilerek saf mineral fraksiyonları zenginleştirilmiştir. 6 adet mineralin ana, iz/eser ve REE jeokimyası, 4 adet mineralin oksijen-hidrojen izotop jeokimyası ($\delta^{18}O$ ‰, δD_{SMOW} ‰) ve 3 örneğin (1 adet flogopit, 1 adet hornblend ve 1 adet aplit) K/Ar radyometrik yaş analizleri Kanada'daki Activation Laboratories Ltd. (Actlabs) şirketine yaptırılmıştır. Analizlerle ilgili bilgiler firmanın web sayfasında (Actlabs, 2016) ayrıntılı biçimde verilmektedir.

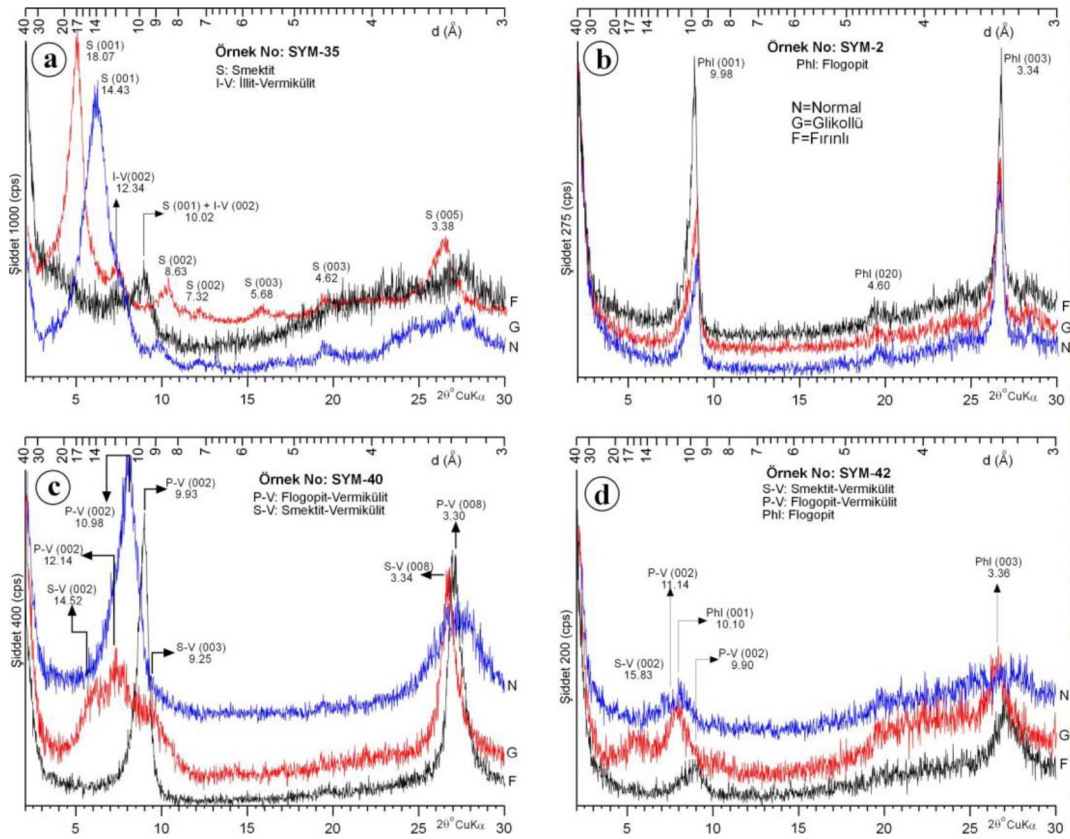
MİNERALOJİ-PETROGRAFI

İnceleme alanında yüzeyleyen plütonik birimleri, Üst Kretase yaşlı Karakoç mafik/ultramafik plütonikleri ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı felsik plütonikler (Yücebaca granitoyidi ve Davulalan siyenitoyidi) olmak üzere birbiriyle ilişkisi/konताği saptanamamış iki farklı magmatizma ürünü kayaç topluluğu oluşturmaktadır. Arazi ölçeğinde ayırtlanamayan/haritalanamayan mafik ve ultramafikler, ince kesit düzeyinde yapılan optik mineralojik-petrografik tanımlamalar ile ayırt edilebilmiş (Şakar, 2004; Yalçın ve Yeşildağ, 2009; Otlu vd., 2010) ve Streckeisen (1976) sınıflaması esas alınarak adlandırılmıştır.

Holokristalin-hipidiyomorf taneseli ve porfirik dokulu mafik/ultramafikler; bolluk sırasına göre ana mineral olarak plajiyoklaz, nefelin, skapolit, ribekit-arfvedsonit, hastingsitik hornblend, biyotit/flogopit, ojit, egirinojit, egirin, enstatit, ortoklaz, kuvars; tali mineraller olarak da ksenotim, apatit, titanit, zirkon, topaz ve opak mineralleri içermektedir. Post-magmatik oluşumları kalsit, kuvars ve klorit temsil etmektedir.

Dokusal özelliklerine, mineral türlerine ve bolluklarına göre; gabroyik, diyoritik ve feldispatoyidli mafik plütonik kayaçlar; (skapolitli ve/veya nefelinli) hornblend gabro, skapolit diyoritik, (skapolitli) klinopiroksen diyoritik, monzodiyoritik, (skapolitli) klinopiroksen monzodiyoritik, monzogabro, (skapolitli) hornblend monzogabro, skapolitli foid monzogabro, nefelinli skapolitli gabro, skapolit gabro, hornblend monzonit, hornblend klinopiroksen monzonit ve foidolit biçiminde adlandırılmıştır. Başlıca hornblendit ve piroksenit bileşimli ultramafik plütonik kayaçlar ise (nefelinli) hornblend piroksenit, (nefelinli) piroksen hornblendit, (skapolitli) piroksen hornblendit, (skapolitli) hornblend piroksenit, (skapolitli) hornblendit ve (skapolitli) piroksenit, klinopiroksen hornblendit, hornblendit ve (plajiyoklazlı) klinopiroksen hornblendit ile temsil edilmektedir.

Ultramafik plütonik kayaçlarda yapılan XRD-KF incelemelerine göre; fillosilikat minerallerinden simektit, kil fraksiyonu yapılan neredeyse tüm; C-S, klorit ve P-V/I-V ise, birçok örnekte temsil edilmektedir. I-V mineralinin (002) yüzeyine ait normal ve glikollü piki 12.34 Å'da gözlenirken,



Şekil 4. Ultramafik plütönik kayalardan alınan örneklerin XRD-KF difraktogramları; a) Simektit ve karışık tabakalı I-V, b) Flogopit, c) Karışık tabakalı P-V ve S-V, d) Flogopit, karışık tabakalı P-V and S-V.

Figure 4. XRD-CF diffractograms of samples from ultramafic plutonic rocks, a) Smectite and mixed-layer I-V, b) Phlogopite, c) Mixed-layers P-V and S-V, d) Phlogopite, mixed-layers P-V and S-V.

firinlı çekimine ait pik ise simektitin (001) yüzeyinin de yer aldığı 10.02 Å'da birlikte ortaya çıkmaktadır (Şekil 4a). Mafik plütönik iki örnekte yapılan kil fraksiyonuna göre simektit, klorit ve I-S mineralleri bulunmaktadır. Felsik plütönik bir örnekte yapılabilen kil fraksiyonu incelemesinde ise simektit minerali saptanmıştır.

Pirometasomatik kayalar; büyük ölçüde epidot ve granatlardan oluşmaktadır. Ayrıca; fillosilikat, skapolit, kalsit, hornblend, piroksen ve feldispat mineralleri de belirlenmiştir. Fillosilikat minerallerini flogopit, simektit, I-V/P-V ve S-V oluşturmaktadır.

Fillosilikatlardan saf flogopitte d(001) ve d(003) pikleri şiddetli, d(002) piki ise oldukça düşük şiddete sahiptir (Şekil 4b). P-V normal çekimde 10.98 Å; S-V glikollü çekimde 14.52 Å'da pik vermektedir (Şekil 4c). Bir başka örnekte ise

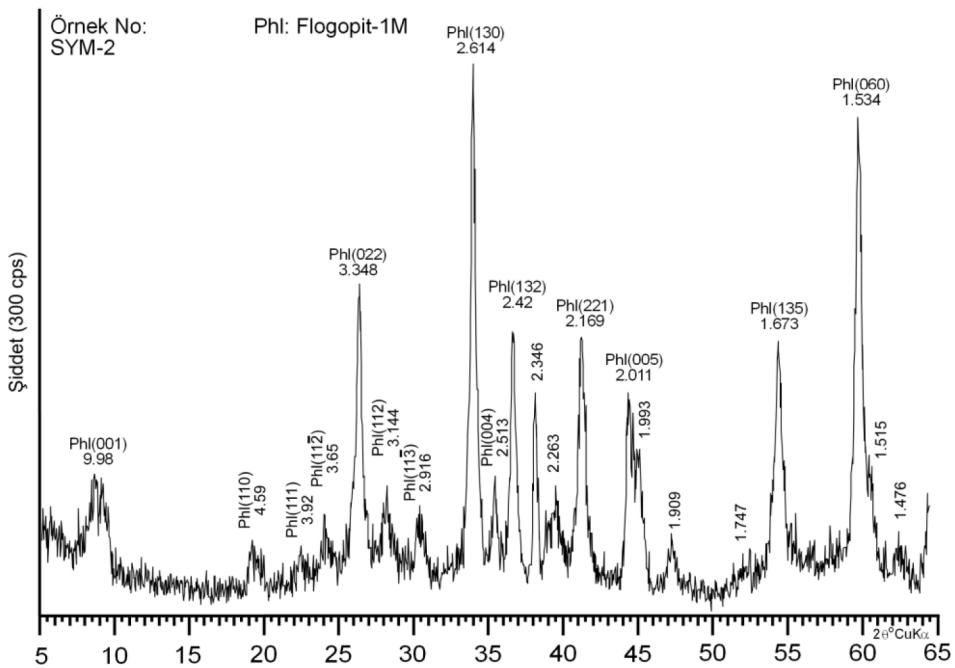
Phi-P-V S-V geçişleri izlenebilmektedir (Şekil 4d).

Flogopitler; Bailey (1980) tarafından verilen ayırtman pik değerleri ve şiddetlerine göre 1M (1 tabakalı monoklinik) politipini temsil etmektedir. Flogopitler için 1M politipini karakterize eden ayırtman pikler 4.59, 4.55, 3.92, 3.65, 3.39, 3.144 ve 2.513 Å olarak sıralanabilir (Şekil 5).

JEOKİMYA

Ana ve İz Element Jeokimyası

Bazı silikat mineralleri (flogopit, P-V, granat, skapolit, hornblend) ve kayaların (hornblend, apolit) ana element içerikleri ve minerallerin birim-hücre bileşimleri Çizelge 1, iz element içerikleri ise Çizelge 2'de sunulmuştur.

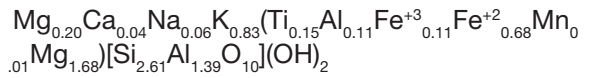


Şekil 5. Yıldızeli yöresine ait 1M flogopitinin yönlenmemiş XRD toz difraktogramı.
Figure 5. Unoriented XRD powder diffractogram of 1M phlogopite from Yıldızeli area.

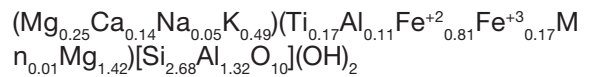
Kuluncak yöresine ait serpantin-ana kayaçlı flogopit ve P-V (Yalçın vd., 2009); ayrıca Kurançalı yöresine ait metagabro-ana kayaçlı flogopit (Toksoy-Köksal vd., 2001) örnekleri de karşılaştırma amacıyla çizelgelere eklenmiştir. FeO-Fe₂O₃-tFeO-tFe₂O₃ dönüşümlerinde SiO₂ < % 53 ise Fe₂O₃=tFe₂O₃.0.15 ve FeO=(tFe₂O₃-Fe₂O₃)/1.11135; SiO₂ < % 70 ve tFe₂O₃ > % 15 ise FeO=(tFe₂O₃-1.5)/1.11135 ve Fe₂O₃=tFe₂O₃-FeO kabullenme ve eşitliklerinden yararlanılmıştır. Birim-hücre bileşimleri; fillosilikat/kil mineraleri için 11 (Weaver ve Pollard, 1973), granat için 12, hornblend için 23 ve skapolit için 24 (Deer vd., 1992) oksijen bazına göre hesaplanmıştır.

Tipik trioktahedral bileşime sahip flogopit; tetrahedralde Si-Al, oktahedralde bolluk sırasına göre Mg-Fe-Al sübstitüsyonuna sahiptir. Toplam oktahedral katyon miktarı 2.74 ve Mg/(Mg+Fe) oranı 0.74 olup, yapraklar arasında bulunan ana katyonlar Mg ve K'dur. Flogopitlerin biyotit bileşeni her iki oluşum için daha az olmakla birlikte; Yıldızeli ultramafik-ana kayaçlı flogopitler Kuluncak yöresine ait serpantin-ana kayaçlı flogopitlere göre Fe'ce zengin ve Mg'ca fakir, buna karşın metagabro-ana kayaçlı Kurançalı flogopitlerine ise benzerdir. Birim

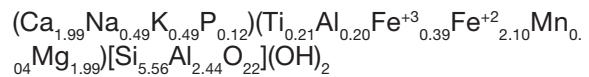
hücre formülüne göre; Fe-Al flogopit olarak adlandırılabilir:



Kuluncak serpantin-ana kayaçlı P-V'e göre; Yıldızeli ultramafik-ana kayaçlı P-V, Fe'ce zengin ve Mg'ca fakir olup; birim-hücre bileşimi aşağıda verilmiştir:



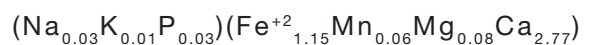
Leake (1978) sınıflamasına göre, Si-Mg/(Mg+Fe), hornblenditlerin ana bileşeni olan hornblend, Ca'un yerine Na ve K da içermekte olup; magneziyen hastingsit olarak adlandırılmıştır:



Ca/(Na+Ca) bileşenine (meyonit) göre, skapolitler mizzonit bileşimindedir:



M₃⁺²/R₂⁺³ oranına göre, granatlar grossular olarak tanımlanmıştır:



Çizelge 1. Yıldızeli, Kuluncak (Yalçın vd., 2009) ve Kuraçalı (Toksoy-Köksal vd., 2001) yöresi örneklerinin ana element kimyası ve birim-hücre bileşimleri.

Table 1. The major element chemistry and unit-cell compositions of samples from Yıldızeli, Kuluncak (Yalçın et al., 2009) and Kuraçalı (Toksoy-Köksal et al., 2001) areas.

Yöre	Yıldızeli		Kuluncak		Kuraçalı		Yıldızeli		
Örnek/ Element	Flogopit	P-V	Flogopit	P-V	Flogopit	Granat	Skapolit	Hornblend	Aplit
Oksit %	SYM-2	SYM-40	MHK-2	MHK-48	FT-32-43-59B	SYM-37	SYM-45	SYM-30	SYM-7
SiO ₂	34.89	33.98	43.18	38.46	39.52	35.8	45.57	35.73	65.14
TiO ₂	2.699	2.801	0.122	0.365	2.77	1.816	0.026	1.831	0.07
Al ₂ O ₃	16.99	15.43	15.04	13.87	15.21	8.97	27.23	14.38	19.03
tFe ₂ O ₃	12.69	15.21	3.59	4.06	17.79	19.73	0.19	19.4	0.89
MnO	0.121	0.130	0.040	0.033		0.853	0.010	0.321	0.022
MgO	16.92	14.20	21.59	26.30	12.22	0.63	0.22	8.56	0.10
CaO	0.53	1.71	0.10	0.10	0.29	30.89	13.74	11.9	1.16
Na ₂ O	0.43	0.31	0.30	0.27	0.25	0.17	3.49	1.62	5.71
K ₂ O	8.73	4.89	8.96	6.52	8.69	0.10	0.49	2.46	6.72
P ₂ O ₅	0.06	0.03	0.01	<0.01		0.35	0.10	0.94	0.04
LOI	4.69	10.89	6.84	11.03	2.71	0.63	5.08	1.33	0.38
Toplam	98.75	99.58	99.77	101.02	99.45	99.95	96.13	98.49	99.26
Si	2.61	2.68	3.07	2.83	2.88	3.00	6.90	5.56	
Ti	0.15	0.17	0.01	0.02	0.15	0.11	0.00	0.21	
Al	1.50	1.43	1.26	1.20	1.31	0.89	4.86	2.64	
Fe ⁺³	0.11	0.17	0.03	0.03	0.33	0.21	0.00	0.39	
Fe ⁺²	0.68	0.81	0.18	0.21	0.72	1.15	0.02	2.10	
Mn	0.01	0.01	0.00	0.00		0.06	0.00	0.04	
Mg	1.89	1.67	2.29	2.89	1.33	0.08	0.05	1.99	
Ca	0.04	0.14	0.01	0.01	0.02	2.77	2.23	1.99	
Na	0.06	0.05	0.30	0.04	0.04	0.03	1.03	0.49	
K	0.83	0.49	0.81	0.61	0.81	0.01	0.10	0.49	
P	0.00	0.00	0.00	0.00		0.03	0.01	0.12	
Toplam	7.89	7.64	7.96	7.84	7.59	8.34	15.20	16.02	
Mg/Fe	2.78	2.06	12.72	13.76	1.85				
Mg/(Mg+Fe)	0.74	0.67	0.93	0.93	0.65			0.49	
Mg [#]								46.45	
Ca/(Na+Ca)							0.68		

tFe₂O₃=Toplam Fe, LOI (Loss in Ignition)=Ateşte Kayıp, Mg[#]=Mg sayısı, FeO^{*}=Toplam Fe, MW (Molecular Weight)=Moleküler Ağırlık, Mg[#]=100.(MgO/MgO_{MW})/[(FeO^{*}/FeO_{MW})+(MgO/MgO_{MW})]

Çizelge 2. Yıldızeli ve Kuluncak (Yalçın vd., 2009) yöresi örneklerinin iz element kimyasal bileşimleri.
 Table 2. The trace element chemical compositions of samples from Yıldızeli and Kuluncak (Yalçın et al., 2009) areas.

Yöre	Yıldızeli		Kuluncak		Yıldızeli			
	Flogopit	P-V	Flogopit	P-V	Granat	Skapolit	Hornblend	Aplit
Örnek/ Element	SYM-2	SYM-40	MHK-2	MHK-48	SYM-37	SYM-45	SYM-30	SYM-7
ppm								
Cr	40	<20	<20	70	<20	<20	<20	<20
Ni	160	120	144	340	20	<20	30	<20
Co	93	69	77	25	4	<1	70	2
Sc	10	9	6	3	10	1	23	<1
V	385	331	30	51	1130	<5	547	17
Cu	50	40	<10	<10	40	20	140	10
Pb	5	<5	<5	<5	<5	33	8	19
Zn	160	120	63	90	50	<30	210	<30
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	<0.1
In	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sn	1	3	4	4	11	<1	3	<1
W	236	18.2	1.7	69.9	1.4	1	1.7	15.8
Mo	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
As	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	1.5	<0.2	<0.2	<0.2	2.9	1.8	1.6	<0.2
Ge	0.7	0.7	0.6	0.5	5.8	0.7	1.5	0.7
Be	1	1	<1	<1	2	9	4	5
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Rb	482	278	565	377	5	28	28	264
Cs	14.3	10.7	11.2	7.2	0.4	1.8	0.2	3.9
Ba	8320	3722	4660	1240	13	533	866	684
Sr	125	127	18	26	30	2155	592	536
Tl	2.80	1.52	0.59	0.30	0.06	0.28	0.46	1.88
Ga	15	15	5	15	26	14	21	24
Ta	0.48	0.75	1.65	0.68	3.79	0.03	0.67	1.71
Nb	6.5	9.3	41.3	14.1	30.8	1	18.3	27.3
Hf	0.5	0.7	0.3	<0.1	39.4	0.6	5.2	5.8
Zr	20	24	4	3	1220	27	173	306

Çizelge 2. Devamı...

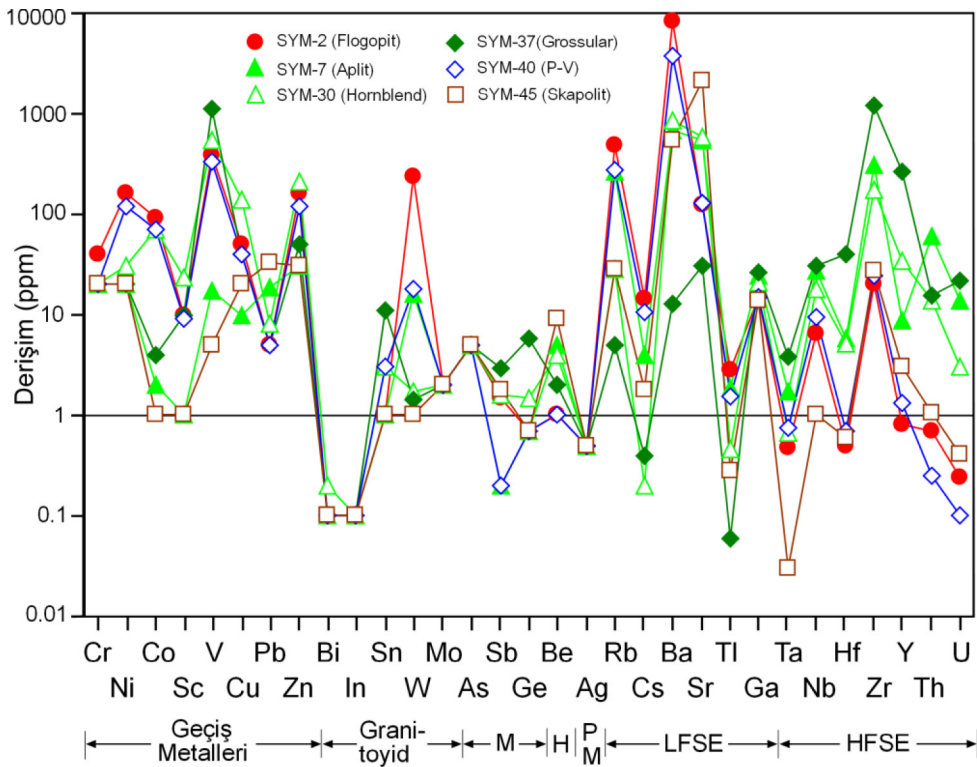
Yöre	Yıldızeli		Kuluncak		Yıldızeli			
	Örnek/ Element	Flogopit	P-V	Flogopit	P-V	Granat	Skapolit	Hornblend
ppm	SYM-2	SYM-40	MHK-2	MHK-48	SYM-37	SYM-45	SYM-30	SYM-7
Y	0.8	1.3	<0.5	<0.5	267	3	34.0	8.8
Th	0.69	0.25	0.14	0.07	15.6	1.05	13.9	61.3
U	0.24	0.10	0.25	0.08	21.40	0.41	3.04	13.6
La	2.76	2.00	0.35	<0.05	35.5	65.5	97.2	34.5
Ce	4.70	1.92	0.48	0.44	117.00	92.80	213.00	54.50
Pr	0.57	0.53	0.04	0.04	24.90	8.69	30.10	5.06
Nd	1.78	2.03	0.13	0.20	166.00	20.60	100.00	13.90
Sm	0.34	0.45	0.02	0.07	64.60	2.65	19.60	2.30
Eu	<0.005	0.039	<0.005	<0.005	19.800	0.718	4.300	0.535
Gd	0.23	0.41	0.03	0.05	61.50	1.35	13.60	1.50
Tb	0.03	0.05	<0.01	<0.01	9.21	0.15	1.56	0.24
Dy	0.13	0.23	0.01	0.04	49.80	0.57	7.14	1.35
Ho	0.02	0.04	<0.01	<0.01	9.68	0.09	1.18	0.27
Er	0.06	0.11	0.01	0.03	28.30	0.22	3.04	0.85
Tm	<0.005	0.020	<0.005	<0.005	4.190	0.030	0.420	0.140
Yb	0.05	0.10	0.02	0.03	27.70	0.21	2.61	0.94
Lu	0.009	0.019	<0.002	0.006	4.610	0.040	0.380	0.150



Fillosilikat minerallerinin eser element içerikleri normalleştirme bileşeni 1 ppm alınarak karşılaştırmalı olarak sunulmuştur (Şekil 6). Toplam eser element konsantrasyonu flogopit-P-V-granat-hornblend-skapolit yönünde azalmaktadır. Diğer bir ifadeyle, süstitüsyon flogopitte en çok, skapolitte en az düzeyde gerçekleşmiştir. Ancak, flogopit ve P-V yapısında K'u izleyen oldukça yüksek Ba ve Rb derişimleri hariç tutulduğunda; diğerlerinin miktarı düşük kalmaktadır. Geçiş metallere Cr, Ni ve Co flogopit; Sc, V, Cu ve Zn hornblend; Pb skapolit; granitoid elementlerinden Sn granat; W

flogopit; karışık davranışlı elementlerden Sb ve Ge granat ve halojen elementlerinden Be skapolit yapısında göreceli olarak zenginleşmiştir. Kalıcılığı düşük elementlerden Rb, Cs, Ba ve Tl flogopit; Sr skapolit ve Ga granat fraksiyonlarında en bol bulunmaktadır. Kalıcılığı yüksek elementlerin hepsi granat fazında oldukça bol gözlenmekte; bu minerali genellikle hornblend-skapolit-P-V-flogopit izlemektedir. Bazı fillosilikatlarda artmakla birlikte en az derişime sahip elementler Cr, Pb, Bi, In, Mo, As, Sb ve Ag'dir.

Minerallerin iz element dağılımı kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilerek derişimler incelenmiştir (Şekil 7). Karşılaştırma

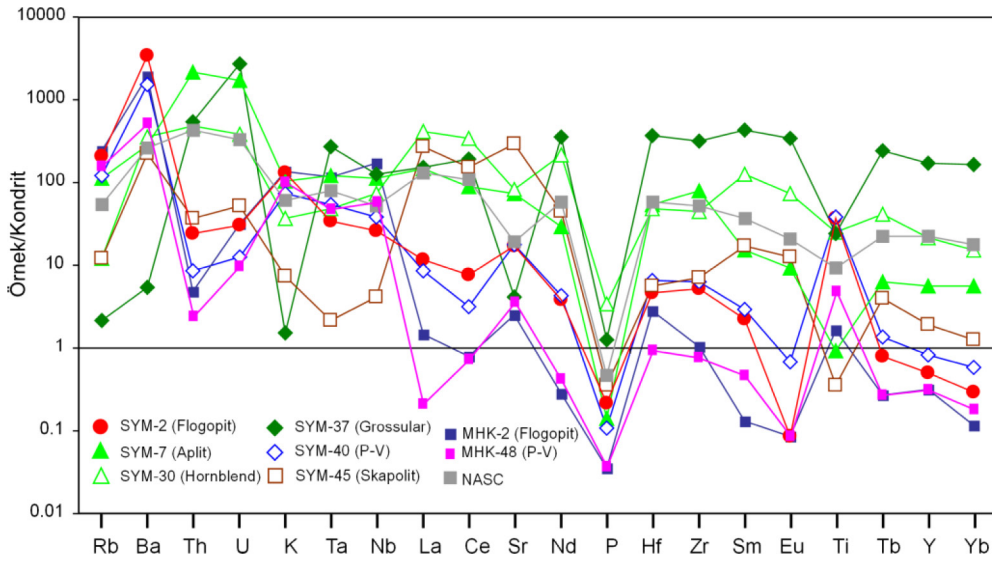


Şekil 6. Minerallerin eser element içeriklerine göre dağılımı (M=Karışık davranışlı elementler, H=Halojen, PM=Değerli metaller, LFSE=Kalcılığı düşük elementler, HFSE=Kalcılığı yüksek elementler).

Figure 6. The distributions trace element contents in the minerals (M=Miscellaneous elements, H=Halogen elements, PM=Precious metals, LFSE=Low field strength elements, HFSE=High field strength elements).

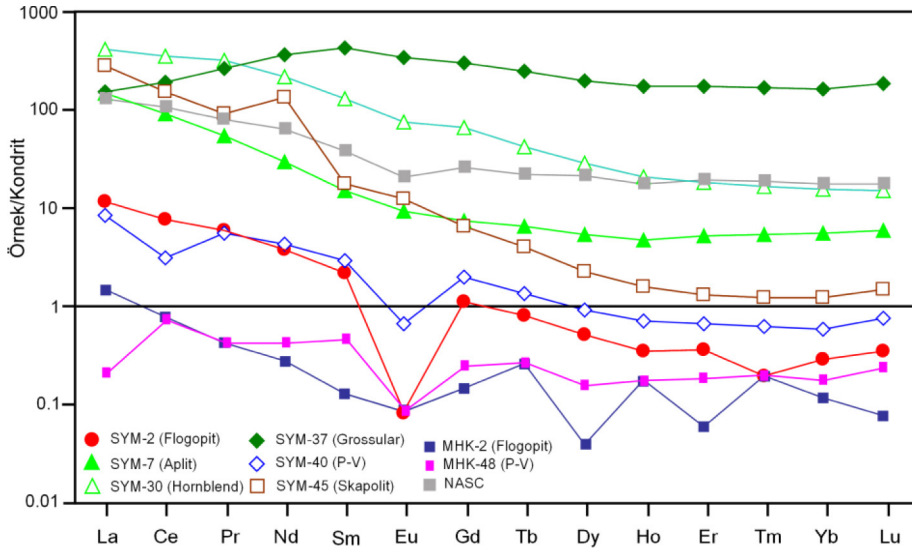
amacıyla diyagrama eklenen NASC için Nb ve Y, Condie (1993)'den diğer elementler Gromet vd. (1984)'den alınmıştır. Kondrit değerlerine göre; genellikle minerallerin desenleri birbirinden ve NASC den ayrılmakta olup; belirgin bir ayrışmayı/farklılaşmayı ifade etmektedir. Flogopitte P, Eu, Tb, Y ve Yb için fakirleşme/tüketilme (5 kat P), diğer elementler için zenginleşme (3452 kat Ba) gözlenmektedir. P-V'te en fazla zenginleşme Ba'da (1544 kat), en fazla tüketilme P'da (9 kat) bulunmaktadır. Granatta tüm elementler 2675 kata (U) kadar zenginleşmektedir. Skapolitte Sr'da 297 kata kadar zenginleşme ve Ti'da yaklaşık 3 kata kadar tüketilme ortaya çıkmaktadır. Hornblend için tüm elementlerde zenginleşme (Th'da 479 kat) bulunmaktadır. P tüm fraksiyonlarda belirgin negatif, Ba ise granat hariç pozitif anomali göstermektedir. Flogopit ve P-V; P ve Eu da çok kuvvetli olmak üzere Th ve Ce için negatif; Ba, K, Sr ve Ta için pozitif anomaliye sahiptir.

Minerallerin kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilen REE içerikleri bazı mineraller ve NASC (Ho ve Tm için Haskin vd., 1968, diğerleri için Gromet vd., 1984) ile karşılaştırılmıştır (Şekil 8). Kondrite göre; granat-hornblend-skapolit-flogopit-P-V yönünde Σ REE derişimlerinde belirgin azalma olup, minerallerin desenleri birbirinden ayrılmakta ve ayrışmayı/farklılaşmayı işaret etmektedir. Ayrıca genellikle hafif REE'in (LREE) derişimleri, ağır REE'e (HREE) göre bir azalma göstermektedir. Kuluncak flogopit ve P-V hariç, diğer mineralerde genellikle bir zenginleşme gözlenmektedir. Flogopit ve P-V; LREE'de zenginleşmeye (12 kat), HREE'de fakirleşmeye (12 kat) sahiptir. Flogopitte Eu ve Tm, P-V'de Ce ve Eu için belirgin negatif; flogopitte Gd ve P-V'de Gd ve Pr için pozitif anomali tipiktir. Bunlardan negatif Eu anomalisi; Eu'un flogopit ve P-V minerallerine eşlik eden Ca-içeren mineralerde (skapolit,



Şekil 7. Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize iz element desenleri (Kondrit: Sun ve McDonough, 1989; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet vd.,1984).

Figure 7. The chondrite-normalized trace element patterns of the phyllosilicate minerals (Chondrite: Sun and McDonough, 1989; Nb and Y for NASC: Condie, 1993; other elements: Gromet et al.,1984).



Şekil 8. Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize REE bollukları (NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin vd. 1968, diğer elementler Gromet vd., 1984; Kondrit: Sun ve McDonough, 1989).

Figure 8. The chondrite-normalized REE abundances of the phyllosilicate minerals (Chondrite: Sun and McDonough, 1989; Ho and Tm for NASC: Haskin et al., 1968, other elements: Gromet et al.,1984).

granat, epidot, hornblend) tercihli olarak ve/veya oluşum sırasına göre zenginleşmesinden kaynaklanmaktadır.

Duraylı İzotop Jeokimyası

Bu incelemeler; jeotermometre ve sıvı-kayaç etkileşiminin izlerini saptamak amacıyla genellikle iki alanda uygulanmaktadır. Birincisi, oluşum

sıcaklıkları ile ilişkili iki faz arasındaki ayrılaşmayı, ikincisi ise sıvı veya kayaç protolitlerinin kaynağını değerlendirmek için sıvı veya kayacın izotopik bileşimini esas almaktadır.

Oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası incelemeleri 1 adet flogopit (SYM-2) ve 1 adet P-V (SYM-40) olmak üzere 2 saf kil fraksiyonu üzerinde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3). Flogopitin $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ değeri + ‰10.4, $\delta\text{D}_{\text{SMOW}}$ değeri ise -79 ‰, P-V'in değerleri ise sırasıyla $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = \text{‰}+11.7$ ile $\delta\text{D} = \text{‰}-105$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler, Kuluncak yöresine ait serpanitit-ana kayaçlı sırasıyla flogopit ve P-V'e göre daha düşüktür. Kuluncak yöresi flogopit ve P-V'lerinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri manto ve MORB'a göre daha düşük; buna karşın kıtasal kökenli magmatiklere ise benzerdir. $\delta^{18}\text{O}$ değeri manto için yaklaşık ‰5.7 olarak kabul edilmekte (Kyser, 1986), MORB için ‰5.2-6.4 (Eiler vd., 2000) arasında değişmekte, granitlerde ise ‰ 10'u (Taylor, 1968) aşabilmektedir. Diğer bir ifadeyle; magmatik kayaçların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri artan silisyumla veya kıtasal kabuk etkileşimiyle birlikte artmaktadır.

Fillosilikat minerallerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri ile birlikte, birçok araştırmacı (Craig, 1961; Sheppard vd., 1969; Sheppard, 1986; Sheppard ve Gilg, 1996; Wenner ve Taylor, 1974) tarafından önerilen deniz suyu noktası, meteorik su, süperjen-hipojen, kaolinit alterasyon çizgileri ile Kuluncak flogopit ve P-V verilerini (Yalçın vd., 2009) de içerecek biçimde topluca verilmiştir (Şekil 9). İncelenen örneklerden flogopit hipojen; buna karşın P-V ise süperjen kesimde yer

almaktadır. Kuluncak yöresinden elde edilen veriler ile artan δD ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri flogopitleşme; buna karşın Yıldızeli yöresinden elde edilen veriler ile azalan δD ve kısmen artan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri vermikülitleşme yönelimini vermektedir.

İnceleme alanındaki flogopit ve P-V minerallerinin oluşum sıcaklıklarının belirlenmesi için izotopsal ayrılaşma başlangıç değeri olarak granitoid kayaçlarına ait ilksel $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin (I-tipi ‰6-10, S-tipi ‰10-15: Harris vd., 1997; A-tipi ‰6-8: Whalen vd., 1996) ortalama alt ve üst sınırları (‰7.3-11) alınmıştır. Buna göre, Zheng (1993) tarafından önerilen flogopit-su oksijen izotop ayrılaşması verilerinden itibaren oluşturulan eğrilerden flogopit için ~ 280 °C ve P-V için ~130 °C sıcaklık değerleri elde edilmiştir (Şekil 10). Diğer bir ifadeyle vermikülitleşme daha düşük sıcaklıklarda gelişmiştir. Ayrıca bu değerler; Kuluncak flogopit ve P-V için bulunanlardan oldukça yüksektir.

Radyojenik İzotop Jeokimyası

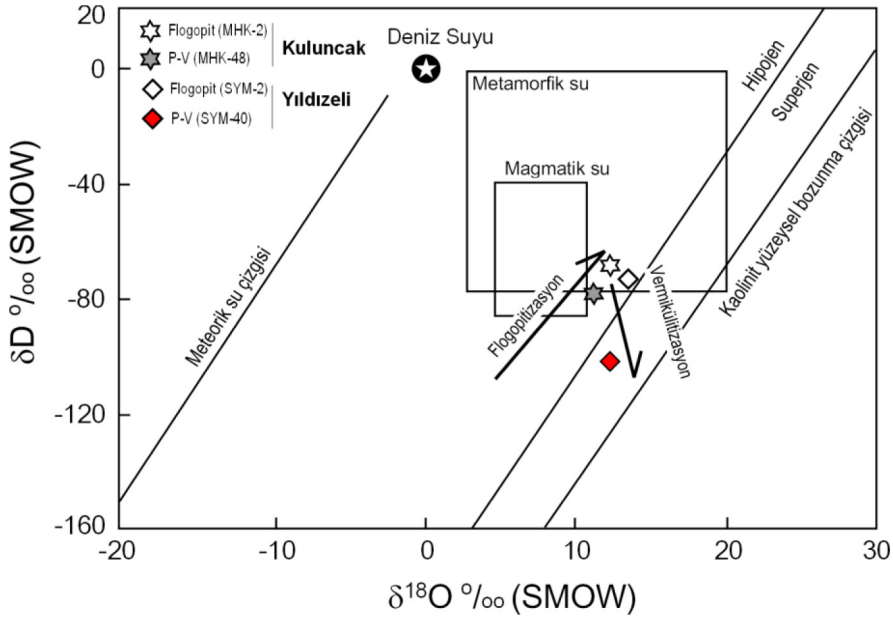
İnceleme alanındaki plütonik kayaçlara ait gerçekleştirilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radyometrik yaşlandırma çalışmalarına göre (Boztuğ vd., 2009); Yücebaca granitoidi Geç Kretase (71.7±0.4 – 73.7±0.3 Ma), Davulalan siyenitoidi ise Paleosen (65.7±0.2 – 65.8±0.2 Ma) yaşlıdır.

Hornblend K/Ar verilerine göre ilk kez bu çalışmada yaşlandırılan Karakoç Plütoniklerinin yaşı Geç Kretase (69.7±1.8 Ma) olup, Yücebaca granitoidlerine benzer, ancak daha genç bir magmatizmayı temsil etmektedir. Karakoç

Çizelge 3. Yıldızeli ve Kuluncak (Yalçın vd., 2009) yöresi fillosilikat minerallerinin duraylı izotop ($\delta^{18}\text{O}$ ve δD) bileşimleri.

Table 3. The stable isotope ($\delta^{18}\text{O}$ and δD) compositions of phyllosilicate minerals from Yıldızeli and Kuluncak (Yalçın et al., 2009) areas.

Yöre	Örnek No	Ana Kayaç	Mineral	% H ₂ O	$\delta\text{D}_{(\text{SMOW})}$	$\delta^{18}\text{O}_{(\text{SMOW})}$
Kuluncak	MHK-2	Ultramafik	Flogopit	5.9	-68	12.3
	MHK-48	Ultramafik	P-V	9.9	-73	13.6
Yıldızeli	SYM-2	Plütonik	Flogopit	4.8	-79	10.4
	SYM-40	Plütonik	P-V	7.4	-105	11.7



Şekil 9. Flogopit minerallerinin oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD diyagramındaki konumları (Ok-lar sırasıyla serpantin-flogopit ve flogopit-P-V yönündeki izotopsal farklılaşmayı göstermektedir. Kaolinit çizgisi: Sheppard ve Gilg, 1996; süperjen-hipojen çizgisi: Sheppard vd., 1969; Meteorik su çizgisi: Craig, 1961; Magmatik ve metamorfik su alanları: Sheppard, 1986; Kuluncak flogopit ve P-V: Yalçın vd., 2009).

Figure 9. The distributions of oxygen and hydrogen compositions of phyllosilicate minerals in the $\delta^{18}\text{O}$ and δD diagram (Arrow shows isotopic differentiation in the direction of serpentine-phlogopite and phlogopite-P-V. Kaolinite line: Sheppard and Gilg, 1996; supergene-hypogene line: Sheppard et al., 1969; Meteoric water line: Craig, 1961; Magmatic and metamorphic water fields: Sheppard, 1986; Kuluncak phlogopite and P-V: Yalçın et al., 2009).

plütoniklerini keser konumlu siyenit aplitler daha genç Üst Kretase-Paleosen sınırına yakın en Geç Maastrichtiyen (67.8 ± 1.7 Ma) yaşlı olup, Davulalan siyenitoyidine göre daha yaşlıdır. İncelemenin konusunu oluşturan ve Karakoç plütoniklerinin içinde gelişen flogopit mineralleri için Paleosen (60.1 ± 1.6 Ma) yaşlı elde edilmiştir.

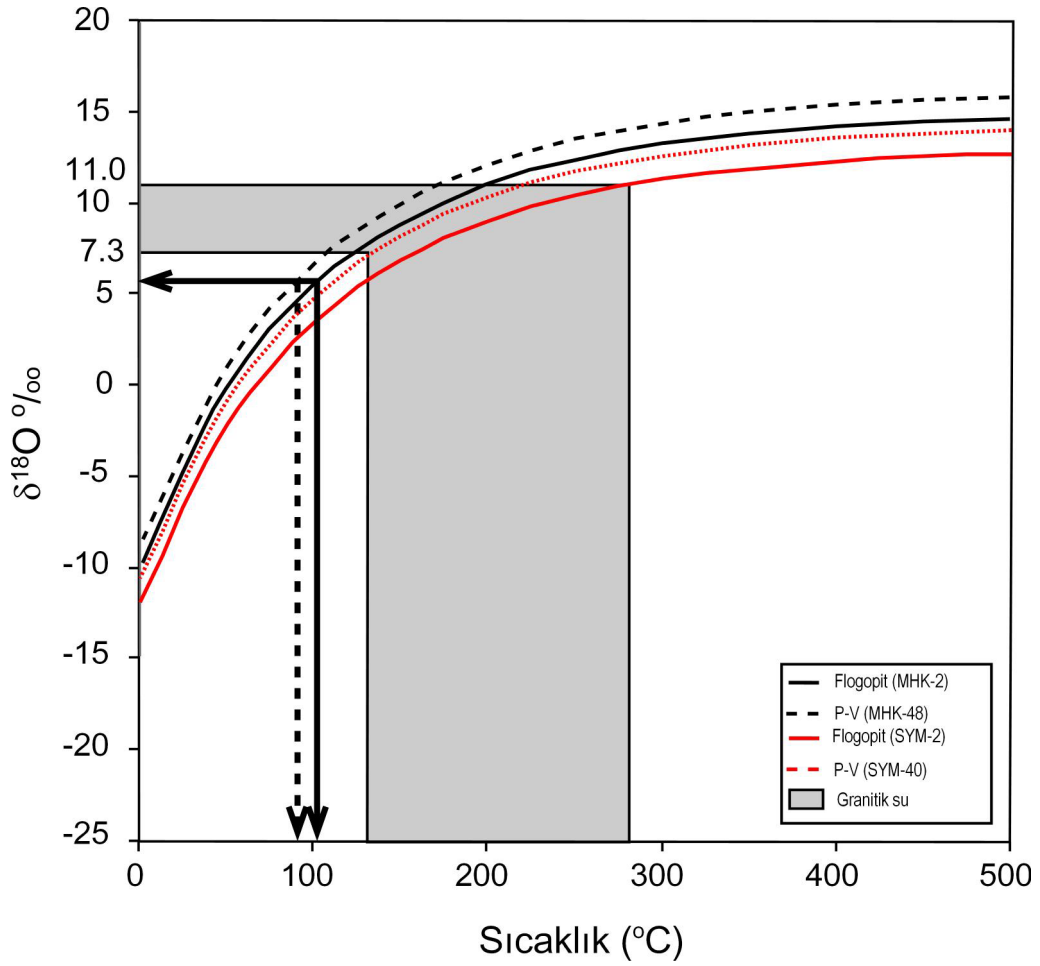
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yıldızeli yöresinde flogopit ve ilişkili kayaçlar üzerinde gerçekleştirilen mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemelerden elde edilen sonuçlar ve tartışması aşağıda sunulmuştur:

Mika grubu mineralleri, özellikle flogopit farklı jeotektonik ortamlarda, değişik yaşlara sahip yan ve ana kayaçlar içinde zenginleşebilmekte ve önemli yatakları oluşturabilmektedir. Flogopitler ultramafik/mafik magmatik (Abu-Jaber ve Kimberley, 1992; Peabody ve Einaudi, 1992;

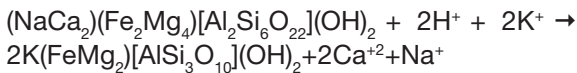
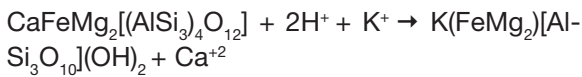
Lambert ve Epstein, 1992; Feldstein vd., 1996; Toksoy-Köksal vd., 2001; Mader vd., 2001; Gupta vd., 2002; Yalçın ve Bozkaya, 2016), metamorfik (Murakami vd., 2002; Schreyer vd., 1980) ana-kayaçlarında sinjenetik ve/veya piro-metasomatik kayaçlarda epigenetik olarak neoformasyon (yeni oluşum) ve transformasyon (dönüşüm) mekanizmalarıyla oluşabilmektedir.

Yıldızeli bölgesinde Üst Kretase yaşlı Karakoç ultramafik/mafik plütoniklerinde Paleosen yaşlı granitoid-siyenitoidlerin kontaklarında iç içe geçmiş kontak pnömatolitik (kontak hidrotermal alterasyon) ve/veya kontak metasomatizma (pirometasomatizma) ile ilişkili ve başlıca flogopitleşme ile temsil edilen mineralizasyonlar bulunmaktadır. K-metasomatizması ile bazı inosilikat minerallerinin (piroksen, hornblend) fillosilikat yapısına dönüşümü aşağıdaki tepkimelerle ifade edilmiştir (Klinopiroksen veya Hornblend \rightarrow Flogopit):

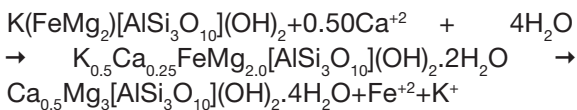


Şekil 10. Flogopit ve karışık tabakalı P-V minerallerindeki suyun $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ değerleri ile sıcaklık arasındaki ilişkiler (Zheng, 1993; $\delta^{18}\text{O}$ değerleri, manto için ‰5.7: Kyser, 1986 ve granitik su için ‰7.3-11: Whalen vd., 1996 ve Harris vd., 1997).

Figure 10. Relationships between the $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ values of water and temperature in the phlogopite and mixed-layer P-V minerals (Zheng, 1993; $\delta^{18}\text{O}$ values: 5.7 ‰ for mantle from Kyser, 1986 and 7.3-11 ‰ for granitic water from Whalen et al., 1996 and Harris et al., 1997).



Flogopitler; yer yer P-V ara fazından geçerek, vermikülit türü negatif dönüşümlere neden olmuştur (Flogopit → P-V → Vermikülit):



KAISiO₄-Mg₂SiO₄-SiO₂-H₂O sistemindeki sıcaklık-basınç denge diyagramından elde edilen

termodinamik verilere göre (Luth, 1967); flogopitin oluşum sıcaklığı yaklaşık 1000 °C dir. Sıcaklık-log aSiO₂ aktivite diyagramında ise flogopitin kararlılık alanı 850-910 °C arasında değişmektedir (Wones ve Gilbert, 1982). Yıldızeli flogopit ve P-V için daha düşük sıcaklık değerlerinin (~ 280 ve 130 °C) bulunması; bu minerallerin magmatikten ziyade hidrotermal çözeltilerin neden olduğu kristallenmeye karşılık geldiğini düşündürmektedir.

Grossular türü granatlar; termal ve bölgesel metamorfik saf olmayan kalkerli kayaçların karakteristiği olup, Ca-metasomatizması geçirmiş

kayaçlarda; bazen granit pegmatitlerde pnömatoliz sonucu diyopsit veya skapolit ile birlikte oluşmakta ve normal basınçta 785 °C'nin altında daima kararlı kalmaktadır (Deer vd., 1992). İnceleme alanında flogopit içeren pirometasomatik seviyelerde ortaya çıkan grossular; koyu renkli minerallerin alterasyonundan itibaren dönüşüm ve/veya neoformasyon mekanizması ile belirtilen sıcaklığın altında oluşmuş gözükmektedir.

Yıldızeli yöresinde pirometasomatik zonlarda yaygın olarak gözlenen ve granatlara eşlik eden diğer bir mineral de epidottur. Geniş bir parajenez aralığına sahip bu mineraller; tipik olarak bölgesel metamorfizma ürünü olmakla birlikte; kontak metamorfizma koşulları altında ve asidik magmatik kayaçların kristallenmesi sırasında; ayrıca plajiyoklazların hidrotermal alterasyonunun (sosuritizasyon) bir ürünü olarak eklem ve çatlaklar boyunca, amigdal ve boşluklarda da oluşmaktadır (Deer vd., 1992). İnceleme alanında flogopitli pirometasomatik zonlarda saptanan epidotların ise açık renkli minerallerin (özellikle feldispat ve feldispatoyid) alterasyonu ile ornatılması ve/veya akışkanlardan itibaren neoformasyonu ile ortaya çıkması düşünülmektedir.

Yıldızeli yöresinde saptanan diğer minerallerden skapolit; ultramafik/mafik kayaçların ana bileşenlerinden birisi olup; pirometasomatizma bu mineralin tane boyunun artmasına ve flogopitlik zonlarda birikmesine neden olmuştur.

Karakoç plütoniklerinde flogopitleşme-sonrası gelişen epijenetik mineraller ise simektit, klorit, C-S, I-S, I-V ve S-V olup; faylanma, bindirme veya makaslama gibi zayıf düzlemleri kullanan karbondioksitli veya karbonik asitli yeraltı suyu ve/veya meteorik sular ile açık/koyu renkli minerallerin ayrışması ve/veya kayaçların çatlak ve gözeneklerinde neoformasyon mekanizması ile oluşmuştur.

İz elementlerin, özellikle de REE'in içeriği ve dağılımı ana kayaç, yüzeysel bozunma ortamındaki fizikokimyasal koşullar ve sedimanter süreçler konusunda önemli bilgiler sunduğu bilinmektedir (Fleet, 1984; McLennan, 1989). Deniz suyunda kuvvetli bir şekilde ayrışma gösteren Na, Mg, K, Sr, Ca, U ve Rb gibi elementler sedimanter süreçler sırasında hareketli

olduklarından provenansın anlaşılmasında kullanılması sınırlıyken, doğal sularda çok düşük çözünürlüğe sahip Fe, Th, Al, Co, Mn, Pb, REE, Y, Sc, Zr, Ti, Hf, Cr, Ni, Ba, Si ve V elementleri sedimanlar içerisine taşınmaları sırasındaki bileşimlerine benzerdir ve provenansın doğası hakkında önemli bilgiler verirler (McLennan, 1989). Bu çerçevede düşünüldüğünde; özellikle REE açısından Yıldızeli flogopit ve P-V'leri; Kuluncak flogopit ve P-V'lerine ve diğer silikatlara göre daha az ayrışma/farklılaşma göstermekte olup; Kuluncak flogopit ve P-V'lerine göre farklı bir köken kayacı işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle, farklı ana-kayaca ve/veya oluşuma sahip flogopitler jeokimyasal özellikleri bakımından birbirinden belirgin biçimde ayırt edilebilmektedir.

Flogopit ve P-V'in $\delta^{18}\text{O}$ değerleri Kuluncak yöresine ait serpantin-ana kayaçlı sırasıyla flogopit ve P-V'e göre daha düşüktür. Kuluncak yöresi flogopit ve P-V'lerinin $\delta^{18}\text{O}$ değeri manto (Kyser, 1986) ve MORB'a (Eiler vd., 2000) göre daha düşük; buna karşın kıtasal kökenli magmatiklere (Taylor, 1968) benzerdir. Fillosilikat minerallerinin birleşik $\delta^{18}\text{O}$ ve δD derişimleri; flogopitin hipojen ve P-V ise süperjen kökenli olduğunu ortaya koymaktadır. Azalan δD ve artan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri flogopitleşme; buna karşın artan δD ve azalan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri vermikülitleşme yönelimini vermektedir. Diğer taraftan, izotopsal ayrışma başlangıç değeri olarak alınan granitoyid kayaçlarına ait $\delta^{18}\text{O}$ değerine göre; Yıldızeli flogopit ve P-V için bulunan düşük sıcaklık değerleri; bu minerallerin magmatik değil, hidrotermal çözeltilerin neden olduğu kristallenmeye karşılık geldiğini düşündürmektedir.

K/Ar verilerine göre flogopitlerin içerisinde geliştiği Karakoç plütonikleri ve bunları kesen siyenit aplitler Geç Kretase (sırasıyla 69.7 ± 1.8 Ma, 67.8 ± 1.7 Ma), flogopitler ise Paleosen (60.1 ± 1.6 Ma) yaşlıdır. Elde edilen yaş verileri flogopitlerin oluşumunda ultramafik kayaç-felsik dayk solumu ve buna bağlı hidrotermal alterasyon biçiminde kronolojik bir sırayı vermektedir.

Mika grubu mineralleri, özellikle flogopit, farklı jeotektonik ortamlarda, değişik yaşlara sahip yan ve ana kayaçlar içinde zenginleşebilmektedir; magmatik (ultramafik/mafik plütonik ve

volkanik) ve metamorfik kayaçlarda sinjenetik (potasik-magneziyen magmaların fraksiyonel kristallenmesi ve K-Mg'ca zengin kil minerallerinin metamorfizması) ve epijenetik (ultramafik/mafik magmatik ve metamorfik kayaçların hidrotermal alterasyonu) olarak neoformasyon (yeni oluşum) veya koyu renkli minerallerin transformasyonu (dönüşüm) mekanizmalarıyla oluşabilmektedir. Yıldızeli bölgesinde Üst Kre-tase yaşlı Karakoç plütoniklerinde Paleosen yaşlı granitoid-siyenitoidlerin kontaklarında iç içe geçmiş kontak hidrotermal alterasyon ve/veya kontak metasomatizma (pirometasomatizma) ile ilişkili K-metasomatizması etkileşimi sonucunda koyu renkli minerallerin (piroksen, hornblend) transformasyonu ile gelişmiş başlıca flogopitleşme ile temsil edilen mineralizasyonlar bulunmaktadır. Bölgedeki flogopitler; yer yer P-V ara fazından geçerek, vermikülit türü negatif dönüşümlere uğramıştır.

Termodinamik parametreler (toplam basınç, su basıncı, oksijen uçuculuğu / fugasitesi, oksitlerin aktivitesi vb.) minerallerin oluşum sıcaklığını arttırmak veya azaltmakla birlikte (Garrels ve Christ, 1965; Bethke, 1996; Zhang, 2008; McSween vd., 2013), Yıldızeli yöresindeki Karakoç plütoniklerinde neoformasyon ve/veya açık ve koyu renkli minerallerden itibaren gelişen ve flogopitleşmeye eşlik eden diğer minerallerin de birbirini izleyen evrelerde geliştikleri düşünülmektedir. Pirometasomatik bozuşma zonlarındaki minerallerin oluşum sırasının granat (grossular)-epidot-skapolit-flogopit olarak gelişmesi olası gözükmektedir. Bunlardan epidotlar; özellikle feldispat ve feldispatoid gibi açık renkli minerallerin alterasyonu ile ornatılması ve/veya neoformasyon ile ortaya çıkmıştır. Skapolit; ultramafik/mafik kayaçların birincil bileşenlerinden birisi olup; pirometasomatizma bu mineralin tane boyunun artmasına ve flogopitik zonlarda damar ve/veya mercer biçiminde birikmesine neden olmuştur.

Bölgedeki yaygın pirometasomatik oluşumlara rağmen, flogopitlerde karışık tabakalı P-V ve/veya vermikülit gibi yaygın bir mineralojik dönüşüm gerçekleşmediğinden vermikülit veya vermikülitleşmiş flogopit yatağı olarak tanımlanması doğru gözükmemektedir. Ayrıca; 2.750.000

ton muhtemel rezerve ve ısıl ve kimyasal yöntemler ile saptanan sırasıyla 18 ve 49 kat gelişme oranlarına sahip olduğu bildirilen (Üçgül, 1997) flogopitlerin ekonomik açıdan değerlendirilmesi için basit cevher zenginleştirme yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma; M-333 nolu Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyon Başkanlığı'nın (CÜBAP) desteği ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın değişik aşamalarındaki destekleri için Yrd.Doç.Dr.Nazmi OTLU'ya, ayrıca XRD çalışmaları ve incekesitlerin hazırlanmasındaki emekleri için C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda çalışan elemanlara teşekkür ederiz. Ayrıca hakemler Prof.Dr.Muazzez ÇELİK KARAKAYA ve Yrd.Doç.Dr.Zehra Semra KARAKAŞ makalenin son şeklini almasında önerileriyle bilimsel katkı koymuşlardır.

KAYNAKLAR

- Abu-Jaber, N.S., and Kimberley, M.M., 1992. Origin of ultramafic-hosted vein magnesite deposits. *Ore Geology Review*, 7, 155-191.
- Actlabs (Activation Laboratories Ltd.), 2016. <http://www.actlabs.com/>, 04 April 2016.
- Alpaslan, M., 1993. Yıldızeli yöresi (Sivas batısı) metamorfizmasının petrolojik incelenmesi. Doktora tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 359 s (yayımlanmamış).
- Bailey, S.W., 1980. Structure of Layer Silicates. In: *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification*, G.W. Brindley and G. Brown (eds.), Mineralogical Society, London, p. 1-123.
- Bailey, S.W., 1988. X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite. *Clays and Clay Minerals*, 36, 193-213.
- Bethke, C.M., 1996. *Geochemical Reaction Modeling: Concepts and Applications*. Oxford University Press, New York and Oxford, 397 p.

- Boztuğ, D., 2000. S-I-A- type intrusive associations: Geodynamic significance of synchronism between metamorphism and magmatism in Central Anatolia. In: *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding area*. E. Bozkurt, J. A. Winchester and J.D.A. Piper (eds.), Geological Society, London, Special Publications, 173, 441-458.
- Boztuğ, D., Larson, L.T., Yılmaz, S., Uçurum, A. ve Öztürk, A., 1994. Alacahan yöresi (GD Sivas) lisfenitlerinin jeolojik konumu, mineralojisi ve değerli metal içeriği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 15. Yıl Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Cilt II, Jeoloji ve Maden, Çukurova Üniversitesi, Adana, s. 123-138.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.C., Heizler, M., Ratschbacher, L., Harlavan, Y. and Tichomirova, M., 2009. Timing of post-obduction granitoids from intrusion through cooling to exhumation in central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 473, 223-233.
- Brindley, G.W., 1980. Quantitative X-ray mineral analysis of clays. In: *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification*, G.W. Brindley and G. Brown (eds.), Mineralogical Society, London, p. 411-438.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.
- Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J., 1992. *An Introduction to the Rock-forming Minerals*. Longman, Hong Kong, 696 p.
- Dill, H.G., 2010. The "chessboard" classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium. *Earth-Science Reviews*, 100, 1-420.
- Eiler, J.M., Schiano, P., Kitchen, N. and Stolper, E., 2000. Oxygen isotope evidence for recycled crust in the sources of mid-ocean ridge basalts. *Nature*, 403, 530-534.
- Ercan, T., 1987. Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizması. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 107, 119-140.
- Feldstein, S.N., Lange, R.A., Vennemann, T. and O'Neil, J.R., 1996. Ferric-ferrous ratios, H₂O contents and D/H ratios of phlogopite and biotite from lavas of different tectonic regimes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126, 51-66.
- Fleet, A.J., 1984. Aqueous and sedimentary geochemistry of the rare earth elements. In: *Rare Earth Elements*, P. Henderson (ed.), Elsevier, Amsterdam, Developments in Geochemistry, 2, 343-373.
- Garrels, R.M. and Christ, C.L., 1965. *Solutions, Minerals and Equilibria*. Harper and Row, New York, 435 p.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K. and Kozlu, H., 1997. Pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: Explanatory notes to the Terrane Map of Turkey. *Geologique Pays Helléniques*, 37, 515-536.
- Görür, N., Tüysüz, O. and Şengör, A.M.C., 1998. Tectonic evolution of the Central Anatolian Basins. *International Geology Review*, 40, 831-850.
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. and Korošev, R.L., 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482.
- Gupta, A.K., Chattopadhyay, B., Fyfe, W.S. and Powell, M., 2002. Experimental studies on three potassium-rich ultramafic rocks from Damodar Valley, East India. *Mineralogy and Petrology*, 74, 343-360.
- Harris, C., Faure, K., Diamond, R.E. and Schepers, R., 1997. Oxygen and hydrogen isotope geochemistry of S- and I-type granitoids: the Cape Granite suite, South Africa. *Chemical Geology* 143, 95-114.

- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A. and Wildeman, T.R., 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths, In: *Origin and Distribution of the Elements*, L.H. Ahrens (ed.), Pergamon Press, p. 889-912.
- Hindman, J.R., 1994. Vermiculite. In: *Industrial Minerals and Rocks*, D.D. Carr (ed.), Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado, 6th edition, p. 1103-1111.
- J.C.P.D.S., 1990. Powder Diffraction File, Alphabetical Indexes Inorganic Phases. Swarthmore, United States of America, 871 p.
- Kavak, K.Ş., 1998. Savcun ve Karacaören (Ulaş-Sivas) yörelerinde Sivas Tersiyer havzasının tektonostratigrafisi, tektonik deformasyon biçimi ve sayısal görüntüleme yöntemleriyle incelenmesi, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 268 s (yayımlanmamış).
- Koçyiğit, A., 1991. An example of an accretionary forearc basin from northern central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey. *Bulletin of Geological Society of America*, 103, 22-36.
- Kyser, T.K., 1986. Stable isotope variations in the mantle. In: *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes*, J.W. Valley, H.P.Jr. Taylor and J.R. O'Neil (eds.), Chelsea, Mineralogical Society of America, *Reviews in Mineralogy*, 16, 141-164.
- Lambert, S.J. and Epstein, S., 1992. Stable-isotope studies of rocks and secondary minerals in a vapor-dominated hydrothermal system at The Geysers, Sonoma County, California. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 53, 199-226.
- Leake, B.E., 1978. Nomenclature of amphiboles. *American Mineralogist*, 63, 1023-1052.
- Luth, W.C., 1967. Studies in the systems $\text{KAlSi}_3\text{O}_8\text{-Mg}_2\text{SiO}_4\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$: I. Inferred phase relations and petrologic applications. *Journal of Petrology*, 8, 372-416.
- Mader, D., Montanari, A., Gattacceca, J., Koerberl, C., Handler, R. and Coccioni, R., 2001. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of a biotite-rich clay in the pelagic sequence of the Conero Riviera, Ancona, Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, 194, 111-126.
- McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In: *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements*, B.R. Lipin and G.A. McKay (eds.), Mineralogical Society of America, *Reviews in Mineralogy*, 21, 169-200.
- McSween, H.Y.Jr., Richardson, S.M. and Uhle, M.E., 2013. *Geochemistry: Pathways and Processes*. Columbia University Press, New York, 2th edition, 363 p.
- Murakami, T., Kasama, T. and Sato, M., 2002. Biotitization of vermiculite under hydrothermal condition. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 97, 263-268.
- Otlu, N., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., Şakar, İ. ve Yeşildağ, H., 2010. Yıldızeli (Sivas) yöresi Karakoç mafik/ultramafik plütoniklerinin mineraloji-petrografi ve jeokimyası. *C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri*, 27, 31-54.
- Peabody, C.E. and Einaudi, M.T., 1992. Origin of petroleum and mercury in the Culver-Baer cinnabar deposit, Mayacmas district, California. *Economic Geology*, 87, 1078-1103.
- Poisson, A., 1986. Anatolian micro-continents in the Eastern Mediterranean context: The neo-Tethysian oceanic troughs. *Science de la Terre, Memoir*, 47, 311-328.
- Poisson, A., Guezou, J.C., Öztürk, A., İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K.S. and Özden, S., 1996. Tectonic setting and evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *International Geology Review*, 38, 838-853.

- Schreyer, W., Abraham, K. and Kulke, H., 1980. Natural sodium phlogopite coexisting with potassium phlogopite and sodian aluminian talc in a metamorphic evaporite sequence from Derrag, Tell Atlas, Algeria. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 74, 223-233.
- Sheppard, S.M.F., 1986. Characterization and isotopic variations in natural waters. In: *Stable Isotopes in High-temperature Geological Processes*, J.W. Valley, Jr H.P. Taylor and J. O'Neil (eds.), Mineralogical Society of America, Washington DC, *Reviews in Mineralogy*, 16, 165-184.
- Sheppard, S.M.F. and Gilg, H.A., 1996. Stable isotope geochemistry of clay minerals. *Clay Minerals*, 31, 1-24.
- Sheppard, S.M.F., Nielsen, R.L. and Taylor, H.P.Jr., 1969. Oxygen and hydrogen isotope ratios of clay minerals from porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 64, 755-777.
- Streckeisen, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Reviews*, 12, 1-13.
- Sun, S.S. and McDonough, W.E., 1989. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: Implications for mantle composition and processes. In: *Magmatism in Ocean Basalts*, A.D. Saunders and M.J. Norry (eds.), Geological Society of London, 42, 313-345.
- Şakar, İ., 2004. Karakoç Mafik Kompleksi'nin (GB Yıldızeli, Sivas) Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Mühendislik Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 91 s (yayımlanmamış).
- Şengör, A.M.C., 1979. The north Anatolian transform fault: First age, offset and tectonic significance. *Journal of Geological Society of London*, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taylor, H.P.Jr., 1968. The oxygen isotope geochemistry of igneous rocks. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 19, 1-71.
- Toksoy-Köksal, F., Türkmenoğlu, A.G. and Göncüoğlu, M.C., 2001. Vermiculization of phlogopite in metagabbro, Central Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 49, 81-91.
- Üçgül, E., 1997. Sivas-Yıldızeli-Karakoç Flogopit Cevherinin Isısal ve Kimyasal Gelişme Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği, Ankara, 71 s (yayımlanmamış).
- Weaver, C.E. and Pollard, L.D., 1973. The Chemistry of Clay Minerals. *Developments in Sedimentology*, 15, 213 p.
- Wenner, D.B. and Taylor, H.P.Jr., 1974. D/H and O¹⁸/O¹⁶ studies of serpentinization of ultramafic rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 1255-1286.
- Vermikülit Derneği, 2016. <http://www.vermiculite.org/>, 04 April 2016.
- Whalen, J.B., Jenner, G.A., Longstaffe, F.J., Robert, F. and Garipey, C., 1996. Geochemical and isotopic (O, Nd, Pb and Sr) constraints on A-type granite petrogenesis based on the Topsails igneous suite, Newfoundland Appalachians. *Journal of Petrology*, 376, 7-60.
- Wones, D.R. and Gilbert, M.C., 1982. Amphiboles in the igneous environment. *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 9B, 355-390.
- Yalçın, H. ve Bozkaya, Ö., 2002. Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası, deniz suyu-kayaç etkileşimine bir örnek, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 19, 81-98.
- Yalçın, H. ve Bozkaya, Ö., 2016. Sivas-Divriği demir yatağı kireçtaşı-ofiyolit-granitoid üçlü dokanağında gelişen flogopit oluşumları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 59, 55-88.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö. ve Hozatlıoğlu, D., 2009. Malatya-Kuluncak yöresinde

- serpantinit-yan kayaçlı Kretase yaşlı flogopit oluşumları. 14. Ulusal Kil Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1-3 Ekim, Bildiriler Kitabı, s. 174-192.
- Yalçın, H. ve Yeşildağ, H., 2009. Yıldızeli (Sivas) Flogopit Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, No: M-333, Sivas, 107 s (yayımlanmamış).
- Yılmaz, A., 1985. Yukarı Kelkit çayı ve Munzur dağları arasının temel jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 79-92.
- Yılmaz, A., 1998. Sivas havzasının jeodinamik evrimi, Ofiyolit-Granitoyid İlişkisi ile Gelişen Demir Yatakları Sempozyumu, 10-13 Eylül, Sivas, Bildiriler Kitabı, s. 66-82.
- Zhang, Y., 2008. Geochemical Kinetics. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 631 p.
- Zheng, Y.F., 1993. Calculation of oxygen isotope fractionation in hydroxyl-bearing silicates. Earth and Planetary Science Letters, 120, 247-263.

2005 Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Mekânsal Değerlendirilmesi

The Spatial Evaluation of 2005 Sığacık Gulf (İzmir) Earthquakes

ÖZDE BAKAK^{1*}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeotermal Enerji Anabilim Dalı, 35160, Buca, İzmir.

Geliş (received) : 07 Mart (March) 2016

Kabul (accepted) : 29 Nisan (April) 2016

Öz

2005 Sığacık Körfezi deprem verilerinin ArcGIS – (versiyon 10.1) yazılımı kullanılarak mekânsal ve yoğunluk analizleri incelenmiş ve bölgenin depremselliği değerlendirilmiştir. Mekânsal analiz için $M>2$ büyüklüğünde 1506 adet deprem verisi programa aktarılarak ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma elipsi analizleri yapılmıştır. Yoğunluk analizlerinden nokta analizi $M>2$, Kernel yoğunluk analizi ise $M>2$ ve $M>3$ depremlere uygulanmıştır. Deprem ve fay ilişkisinin incelenmesi için öncelikle bölgedeki faylar sayısallaştırılarak programa aktarılmış ve belirli mesafeler için tampon analizi yapılmıştır. Tüm bu analizler sonucunda, depremlerin Gülbahçe ve Urla faylarının bulunduğu bölgede yoğunlaştığı ve Seferihisar, Urla, Gülbahçe ve Demircili bölgelerinin yüksek deprem aktivitesine sahip alanlar olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, depremsellik, Kernel yoğunluk analizi, mekânsal analiz, nokta analiz, Sığacık depremleri.

ABSTRACT

2005 Sığacık Gulf earthquake data and seismicity of this region is evaluated with spatial and density analysis (point and Kernel) using ArcGIS_10.1 software. To spatial analysis, $M>2$ magnitude 1506 earthquakes points were transferred to program and applied to mean center, weighted mean center, standard distance, weighted standard distance, standard deviation ellipse analysis. Point and Kernel density analysis was made for $M>2$ magnitudes, and both $M>2$ and $M>3$ magnitudes respectively. To investigation of relationship between fault and seismicity, digitized fault lines transferred to using program, after then buffer analysis was applied for specific distance. In the light of analysis results, it is determined that earthquakes dominated in Gülbahçe and Urla faults, and Seferihisar, Urla, Gülbahçe ve Demircili are identified as areas having high seismic activity.

Keywords: West Anatolia, seismicity, Kernel analysis, spatial analysis, point density, Sığacık earthquakes.

* Ö Bakak

e-posta: :ozde.badur@deu.edu.tr

GİRİŞ

Son yıllarda İzmir ve çevresinde yapılan çalışmalarda bölgenin büyük bir risk taşıdığı belirtilmiştir (Pamukçu vd., 2013; Akıncı vd., 2000; Polat vd., 2009; Gök vd., 2010a; 2010b). Sığacık depremleri, 17 Ekim 2005 tarihinde yerel saat ile 08:45'de büyüklüğü $M=5.7$ olan deprem ile başlamış ve ardından bölgede yüzlerce hafif ve çok hafif büyüklükte depreme neden olmuştur (UDİM, 2005). Bölge bu depremler sonucunda birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir (Emre vd., 2013; Benetatos vd., 2006; Aktar vd., 2007; Sözbilir vd., 2009; Pamukçu vd., 2015; Yolsal-Çevikbilen vd., 2015). Artçı sarsıntıların dağılımı genellikle Gülbahçe Fayı'nın (bazı çalışmalarda Karaburun Fayı olarak da adlandırılmaktadır) doğrultusu ile uyumlu olmakla birlikte, Urla Fayı'nın güney ucu ile Sığacık Körfezi'nde yoğunlaşmakta ve önceki çalışmalarda yapılan çözümler sonucunda; bölgeyi etkileyen hakim tektonik rejimin olduğu K-G ve KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Baykal, 2006). Araştırmacı, Karaburun Fayı'nın güney ucu ile Teke Yarımadası'nın arasında kalan bölgede yapılan odak mekanizması hesaplamalarında, sağ yönlü doğrultu atım bileşeninin yanı sıra az miktarda eğim atımlı bileşenin de olduğunu belirtmiştir. Emre vd., (2005) hızlı fay düzlemi çözümleriyle depremlerin doğrultu atımlı faylanma mekanizmasına bağlı olarak geliştiği ve depremlerin dış merkezinin körfezin batısında kara ile denizin birleştiği bölgede olduğu belirlenmiştir. Sığacık-Urla bölgesinde meydana gelen depremlerin çeşitli kuruluşlardan alınan dış merkez lokasyonları diri fay haritası ile karşılaştırıldığında Gülbahçe Fayı'ndan kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Utku (2005) ise bu depremlerin ikincil fay zonlarının birbirine paralel gelişen kırılmaları şeklinde olduğuna dair bir yaklaşımda bulunmasına rağmen, Sözbilir vd. (2009), deprem dizilerinin Karaburun Yarımadası ile Seferihisar Yükseltisi arasında kalan bölgedeki faylarda gelişmiş olan negatif çiçek yapısından kaynaklandığını belirtmiştir. Odak mekanizma çözümlerinden, Sığacık Körfezi'ndeki bu deprem dizilerinin yanal atımlı fay hareketlerinin (Benetatos vd., 2006) ve ilksel odak mekanizma

çözümlerinden üç büyük depremin yaklaşık K-G doğrultulu ve sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma mekanizmasına (Baykal, 2006) bağlı olduğu belirlenmiştir.

17-31 Ekim 2005 tarihleri arasında ($M>2.4$) 839 deprem raporlanmış ve bunların Gülbahçe Fayının güney bölümünde yoğunlaştığı belirtilmiştir (UDİM, 2005; Yolsal-Çevikbilen vd., 2015). Depremler sonucunda Demircili bölgesi çevresinde yüzey deformasyonları gözlenmiş ve ayrıntılı olarak haritalanmıştır (Sözbilir vd., 2009). Türkiye'de yerbilimleri ile uğraşan farklı disiplinlerde farklı özellikte verilerin kullanılarak, düzenlenmesi ve depolanması, görselleştirilmesi, analizi ve raporlanması konularında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarına olan rağbet artmaktadır (Poyraz ve Kalafat, 2012). Bununla birlikte sistem depremle ilgili tüm verilerin coğrafi koordinatlara dönüştürülerek, istatistiksel veya matematiksel analizlere ve elde edilen sonuçların görsel olarak sunulmasına olanak sağlamaktadır (Tağıl ve Alevyakalı, 2013; Özşahin, 2014; Pektezel, 2015). Literatürde CBS uygulamalarında deprem ile ilgili olarak afet yönetimi, deprem duyarlılık haritaları ve risk analizi tespiti gibi konularında yapılan çalışmalara oranla mekânsal ve yoğunluk analizi ile ilgili çalışmaların sayısının daha az olduğu görülmüştür. Mekânsal analiz uygulamaları ile ilgili benzer çalışmalar İzmir ve yakın çevresi (Aktepe ve Aydın, 2013) ile Ege Bölgesi (Tağıl ve Alevyakalı, 2013) için uygulanmıştır.

2005 Sığacık depremlerinin mekânsal ve yoğunluk analizleri için, AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı) deprem kataloğundan çalışma alanına uygun olarak belirlenen bölge içerisinde $M>2$ büyüklüğündeki deprem verileri alınmıştır (AFAD, 2015). Bu çalışmada belirtilen tüm analizler ArcGIS Desktop yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

YÖNTEM

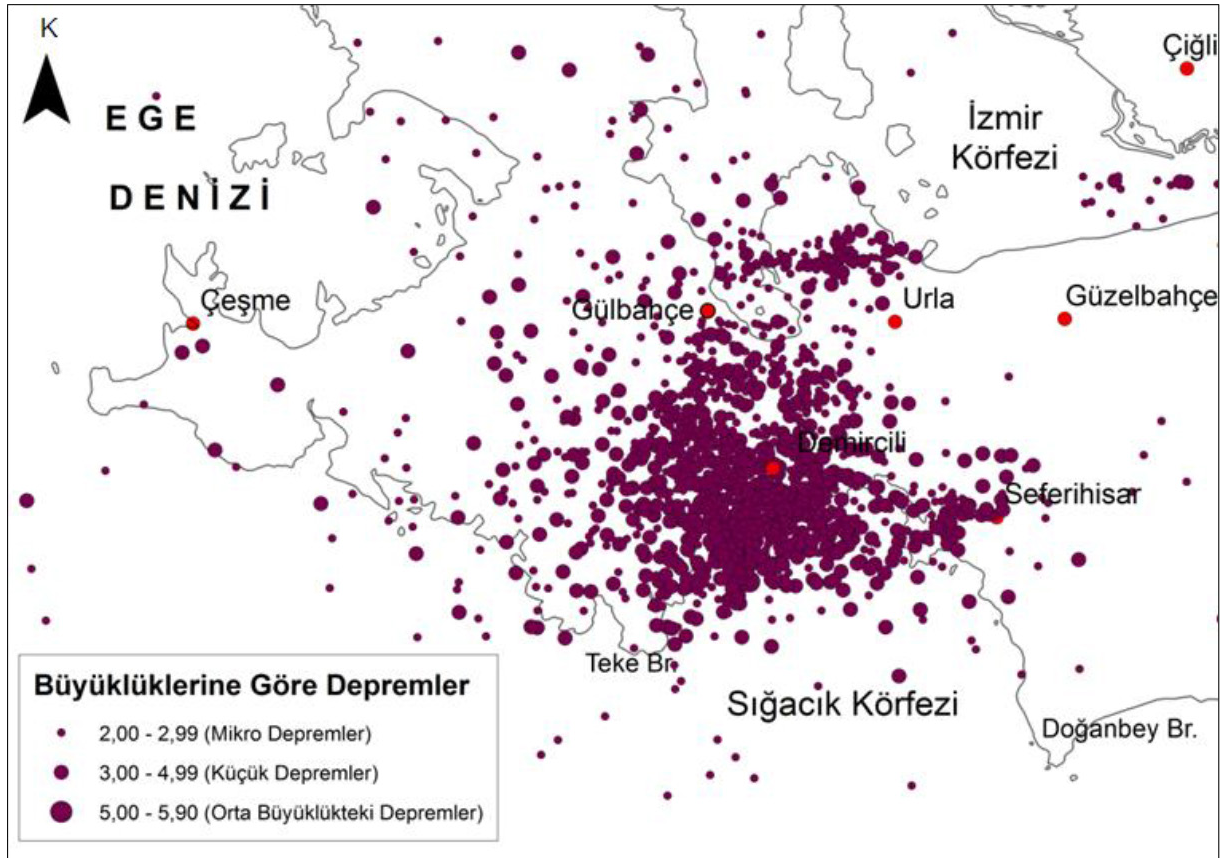
AFAD'ın resmi internet sitesinde yer alan deprem kataloğu kullanılarak 01/01/2005 – 01/12/2005 tarihlerinde 26,658-27,0645 B - 38,0126-38, 6941 E arasında kalan alanda $M>2$ büyüklüğünde, 1-105 km derinlikte meydana

na gelen 1506 adet deprem verisi Excel tablosunda (Boylam-Enlem-Derinlik-Büyüklik) ArcGIS –(versiyon 10.1) programında kullanılmak üzere uygun formata çevrilmiş ve analizler için hazır hale getirilmiştir. Belirtilen tarih aralıkları ve sınırlandırılan bölge, çalışmanın amacına göre belirlenmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinde WGS-UTM-Zone-35N coğrafi koordinat sistemi kullanılarak çalışılmıştır. Depremler, büyüklüklerine göre mikro depremler ($1.0 \leq M < 2.99$), küçük depremler ($3.0 \leq M < 4.99$) ve orta büyüklükteki ($5 \leq M < 5.90$) depremler olarak sınıflandırılarak dağılım haritası hazırlanmıştır (Şekil 1).

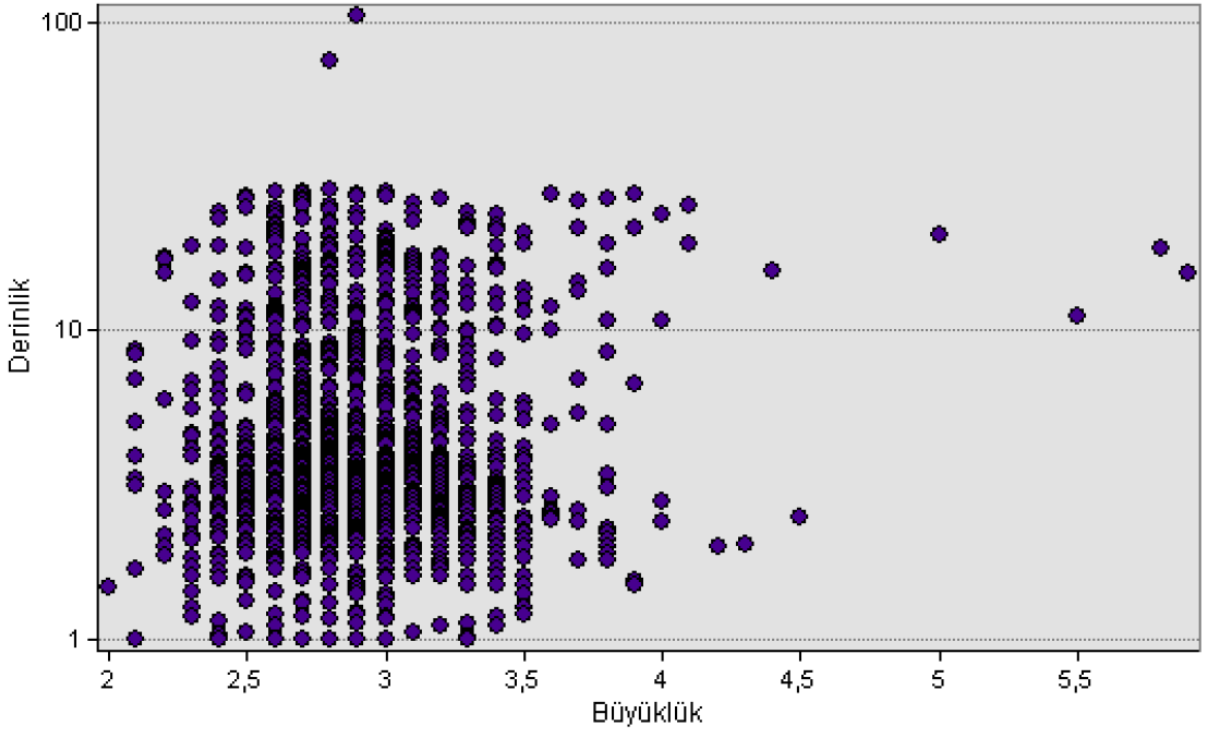
Çalışma kapsamında, 2005 Sığacık depremleri için tampon analizi, mekânsal analiz (ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart

uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma elipsi) ve yoğunluk (nokta yoğunluk ve Kernel yoğunluk) analizi uygulanmıştır.

Meydana gelen depremlerin genel dağılımına bakıldığında Teke Burnu, Urla, Gülbahçe ve Seferihisar arasında kalan bölgede yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 1). Depremlerin büyüklüklerinin derinliğe göre dağılım grafiği incelendiğinde, büyüklüğü $2 < M < 3.5$ olan depremlerin oldukça fazla olduğu ve bunların 0-10 km derinlikte ve büyüklüğü $M > 3.5$ olan depremlerin de 0-30 km derinlikte meydana geldiği görülmüştür (Şekil 2). Bölgede deprem derinlik dağılımı 0-30 km arasında değişim gösterdiğinden bunlar, yüzeye yakın yani sığ depremler olarak ($60 < km < 300$) sınıflandırılmıştır. Sığ depremler (< 60 km) dar alanda yayılım göstermesine rağmen yüzeyde



Şekil 1. 2005 Sığacık depremlerinin büyüklüklerine ($M > 2$) göre dağılımı (AFAD, 2015).
Figure 1. Distribution of 2005 Sığacık earthquakes ($M > 2$) by magnitude (AFAD, 2015).



Şekil 2. Depremlerin büyüklük ve derinliğe göre dağılımı.
Figure 2. Distribution by magnitude and depth of earthquakes.

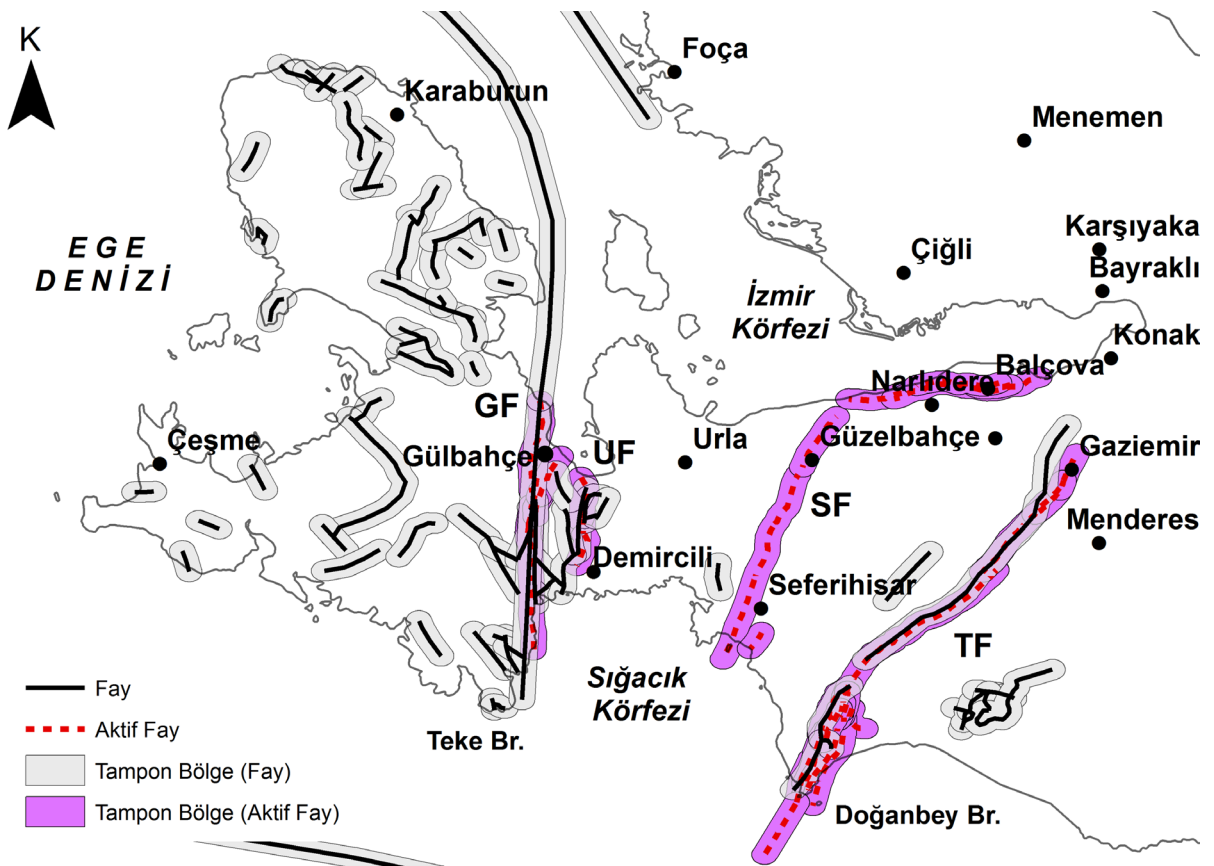
büyük hasara neden olabilmektedir. Sığacık depremleri de yeryüzünde belirli bölgelerde yüzey kırıkları ve binalarda çatlaklara neden olmuş (Sözbilir vd., 2005) ve neredeyse bir hafta süren artçı sarsıntılarla İzmir Körfezi ve çevresindeki tüm ilçelerde hissedilerek tedirginliğe neden olmuştur. 10 Nisan 2003 tarihinde meydana gelen Seferhisar depremi ($M_w=5.7$) de sığ odak derinlik (h : 8 km) değerine sahiptir. Genellikle meydana gelen depremlerin odak derinlikleri, Batı Anadolu'nun bu bölümü için 0-20 km arasında değişmektedir (Yolsal-Çevikbilen vd., 2015). Ayrıca çalışmada, Sığacık Körfezi için, büyüklüğü 5.4, 5.7 ve 5.9 olan depremlerin odak derinlikleri (h) 14 ± 2 km, 9 ± 1 km ve 10 ± 2 km olarak belirlemişlerdir.

Tampon Analizi

Tampon analizi, belirli bir bölge içerisinde çalışma amacına göre istenilen bilgilere yönelik yapılan analizdir. Fay hatları için uygulanan

tampon analiz, gelecekte deprem üretme potansiyeli olan aktif fayların etrafında, belirli kriterler gözetilerek herhangi bir yapılaşmaya izin verilmeyen zonlar (emniyetli uzaklık aralığı) olarak tanımlanmıştır (Sözbilir vd., 2015).

Çalışmada, Sığacık Körfezi depremlerinin incelenmesi amacıyla öncelikle deprem dağılımının bölgedeki Gülbahçe ve Urla Fayları ile ilişkisinin değerlendirilmesi için Tampon Analizi yapılmıştır. Bu amaçla Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nın Yerbilimleri Portalından yararlanılarak (Emre vd., 2013) fayların koordinat bilgileri belirlenerek *.kml uzantılı olarak kaydedilmiş ve programa Conversion Tools bölümünden *.kml dosyası From KML aracı kullanılarak programa aktarılmıştır. Programa aktarılan noktalar birleştirilerek fay haritası oluşturulmuş ve örnek olması bakımından aktif ve aktif olmayan tüm faylar için 1 km'lik mesafe için tampon analizi uygulanmıştır (Şekil 3). Tarihsel ve güncel depremlerin dağılımı dikkate



Şekil 3. Çalışma alanı ve çevresinde yer alan faylar (faylar Emre vd., 2013'den yararlanılarak hazırlanmıştır) için örnek Tampon analizi (1 km) (GF : Gülbahçe Fayı, UF : Urla Fayı, SF : Seferihisar Fayı, TF : Tuzla Fayı).
 Figure 3. An example for Buffer analysis (1 km) for faults in study area and its surroundings (faults prepared from Emre et al., 2013) (GF : Gülbahçe Fault, UF : Urla Fault, SF : Seferihisar Fault, TF: Tuzla Fault).

alınarak yaklaşık olarak 6 km'lik mesafe için tampon analizi Gülbahçe ve Urla Faylarına uygulanmıştır (Şekil 4).

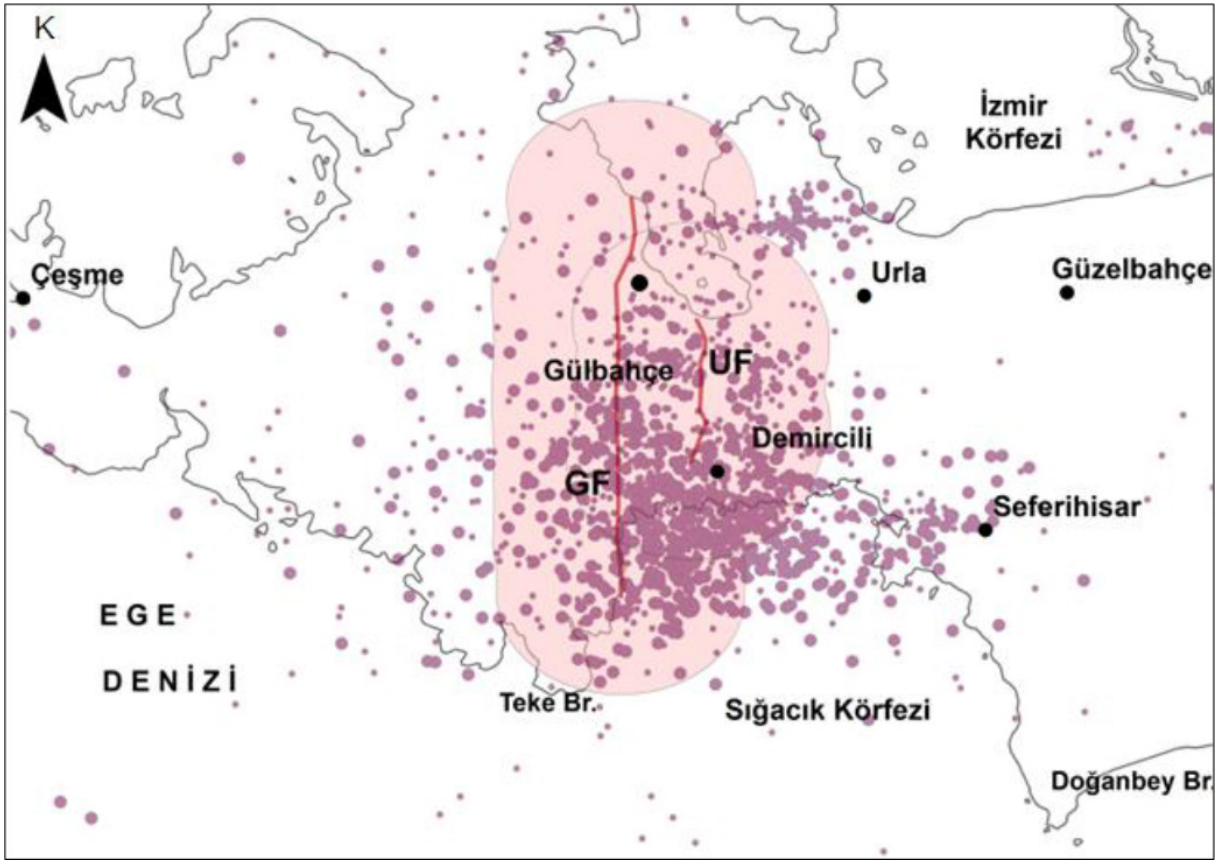
Mekânsal Analiz

Mekânsal istatistiklerden nokta deseninin gösterildiği analizler birçok unsurun nokta dağılımının gösterilmesi ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Vere-Jones ve Li, 1997; Mateu vd., 1998; Stoyan ve Penttinen, 2000). Bu çalışmada mekânsal analiz kapsamında ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma analizi ve yoğunluk analizi uygulanmıştır.

Ortalama merkez ve ağırlıklı ortalama merkez analizi

Ortalama merkez yöntemi tüm deprem noktalarının X ve Y koordinat değerlerinin ortalamasını hesaplayarak harita üzerinde yeni bir nokta veri oluşturulması esasına dayanmakta olup (McGrew ve Monroe, 1993; Karabulut, 2014; Hepdeniz ve Soyaslan, 2015), depremlerin mekânsal istatistik açıdan orta noktalarının bulunmasını sağlamaktadır (Taçıl ve Alevkayalı, 2013).

Bazı durumlarda bölgede meydana gelen olay ve olguların bireysel olarak etki değerleri olduğundan dağılımın merkezi çözümü için yeterli olamamaktadır, bu gibi durumlarda ise ağırlıklı ortalama merkez analizi kullanılmaktadır (Kaya



Şekil 4. Gülbahçe ve Urla Faylarına uygulanan 6 km uzaklık için tampon analizi ve 2005 Sığacık depremleri ile ilişkisi.

Figure 4. Buffer analysis (6 km) for Gülbahçe and Urla Faults and its relation with 2005 Sığacık earthquakes.

vd., 2015). Ortalama merkez analizinde sadece deprem noktaları analize katılırken, ağırlıklı ortalama merkez analizinde ise depremlere ait büyüklük değerleri hesaba katılarak yeniden analiz işlemi gerçekleştirilmektedir (Hepdeniz ve Soyaslan, 2015). Ortalama merkez analizi sonucunda merkez noktası için 26,6674 Enlem – 38,2309 Boylam ve ağırlıklı ortalama merkez analizi sonucunda ise 26,6673 Enlem – 38,2403 Boylam değerleri belirlenmiştir (Şekil 5).

Standart uzaklık ve ağırlıklı standart uzaklık

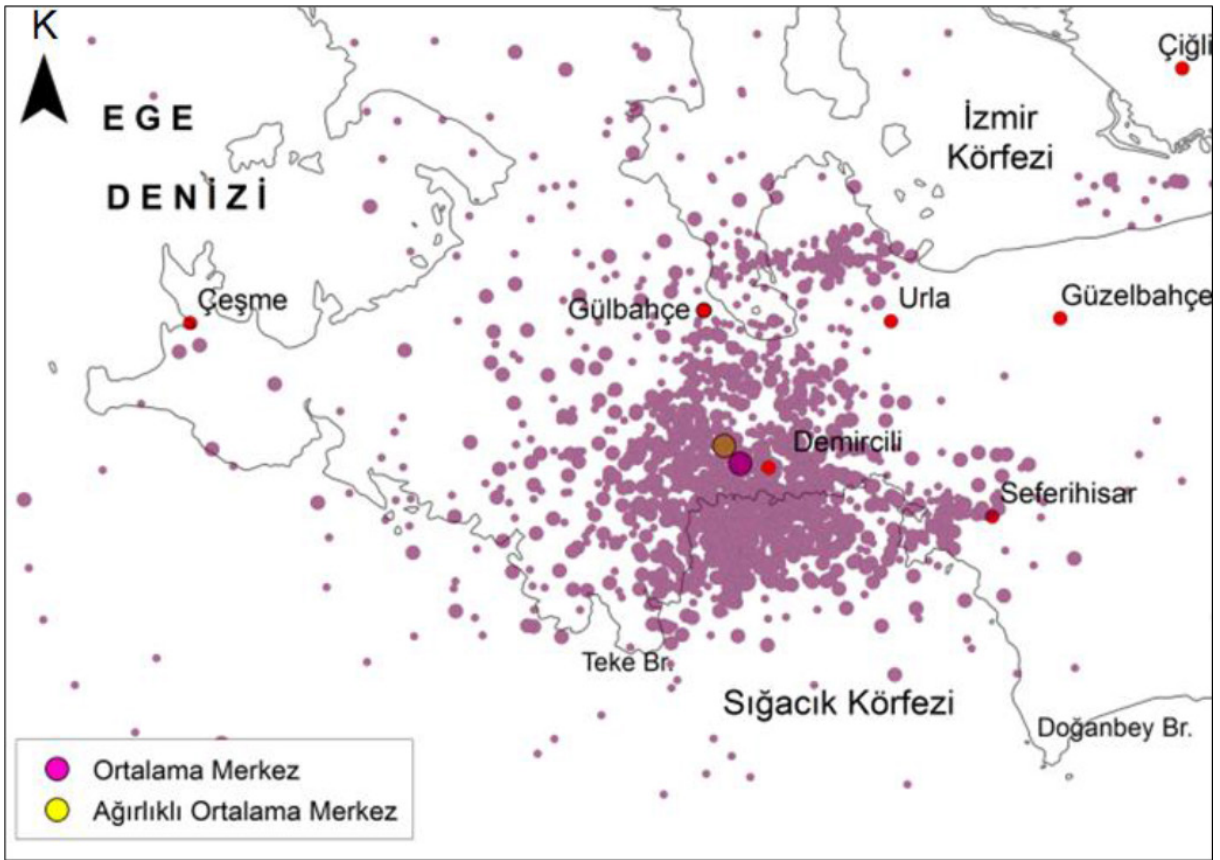
Standart uzaklık, çalışma alanı içerisindeki deprem noktalarının dağılım alanını değerlendirmek için uygulanmaktadır (Walford, 2011; Menteşe ve Okuyucu, 2013) (Şekil 6). Standart uzaklık çemberinin geniş bir alanı kaplayacak şekilde

yayılım göstermesi, deprem noktalarının dağınık bir yapı sunduğunu; çemberin daha küçük bir alanda yayılım göstermesi ise depremlerin birbirine yakın bölgelerde meydana geldiğini göstermektedir (Menteşe ve Okuyucu, 2013).

Ağırlıklı standart uzaklık, ağırlıklı ortalama merkez gibi öznitelik bilgilerinin bulunduğu mekânsal olaylarla hesaplanabilmekte olup (McGrew ve Monroe, 1993; Karabulut, 2014; Sahoo, 2013; Kaya vd., 2015) bu çalışmada, deprem büyüklüğü analize katılarak uzaklığın yeniden hesaplanması ile elde edilmiştir (Şekil 6).

Standart sapma elipsi

Deprem noktalarının dağılım yönü standart sapma elipsi ile belirlenmektedir (Lee ve Wong,



Şekil 5. Ortalama merkez ve ağırlıklı ortalama merkez analiz haritaları.
Figure 5. Mean center and weighted mean center analysis maps.

2001; Hepdeniz ve Soyaslan, 2015; Menteşe ve Okuyucu, 2013). Standart sapma elipsi bir bölgede meydana gelen olay ve olguların dağılışı derecesi, yayılma derecesi ve yönelimini göstermekte olup, dağılışı ve yayılım açısından standart mesafeden farklı olarak, dağılımın doğrultu ve yönelimini ortaya koymaktadır (Gürbüz ve Karabulut, 2008; Kaya vd., 2015). 2005 Sığacık depremleri için belirlenen standart sapma elipsinin K-G yönlü olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).

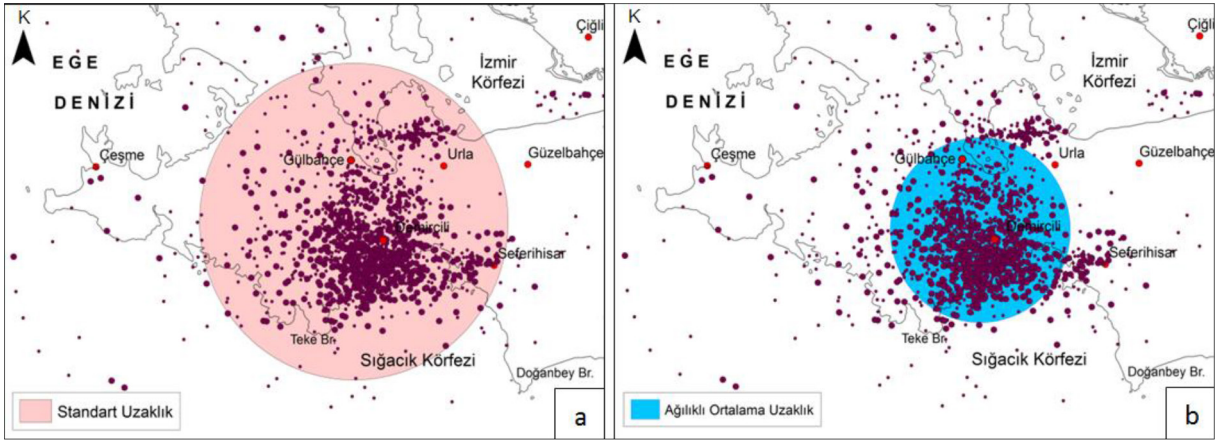
Yoğunluk Analizi

Yoğunluk fonksiyonu, nokta ve çizgi şeklindeki detayların yoğunluğunun, km^2 başına düşen miktarının belirlenebilmesi için uygulanan en uygun analizdir. Bu analiz belirli bir bölgedeki verinin (deprem merkezi, ağaç tipleri, ev, bina, trafik, nüfus vb.) sıklığını/yoğunluğunu ve bunların öznelilikleri üzerinde uygulanmaktadır.

Yoğunluk analizi nokta/çizgi tipi veri özelliğinin harita üzerinde bölgesel olarak dağılımını gözlemlemek amacıyla kullanılmaktadır. Yoğunluk analizi içerisinde nokta yoğunluk, çizgi yoğunluk ve Kernel yoğunluk analizleri bulunmaktadır. Çalışmada deprem verileri değerlendirildiğinden nokta ve Kernel yoğunluk analizlerinin uygulanmıştır.

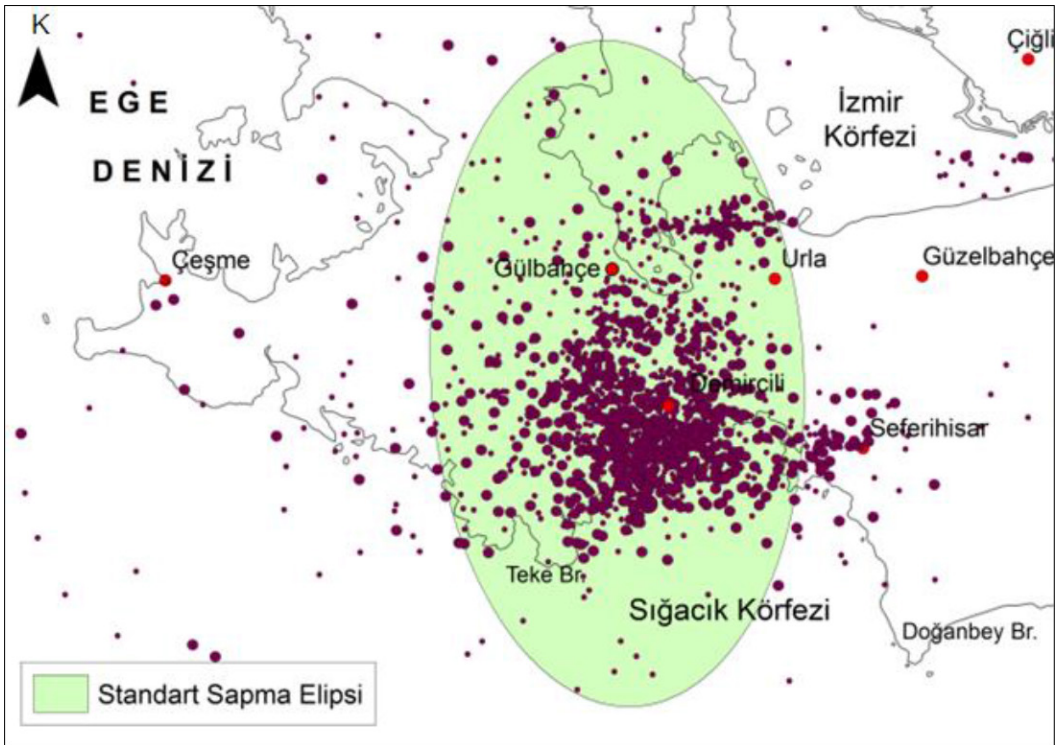
Nokta yoğunluk analizi

Bu analiz için kullanılacak olan hücre değerleri dairesel olarak belirlenen bir tarama alanına göre hesaplanmaktadır. Her bir hücre değeri ise, tarama alanında bulunan nesne sayısı alanının büyüklüğüne bölünerek belirlenmektedir (Kahraman ve Ünsal, 2014). Nokta yoğunluk analizi, ayrı noktalarla ifade edilen verilerin analizi ile noktalardan yoğunluk yüzeyi oluşturulması ile gerçekleştirilmektedir. Noktasal yoğunluk



Şekil 6. a) Standart uzaklık ve b) ağırlıklı standart uzaklık haritaları.

Figure 6. a) Standard distance and b) weighted standard distance maps.

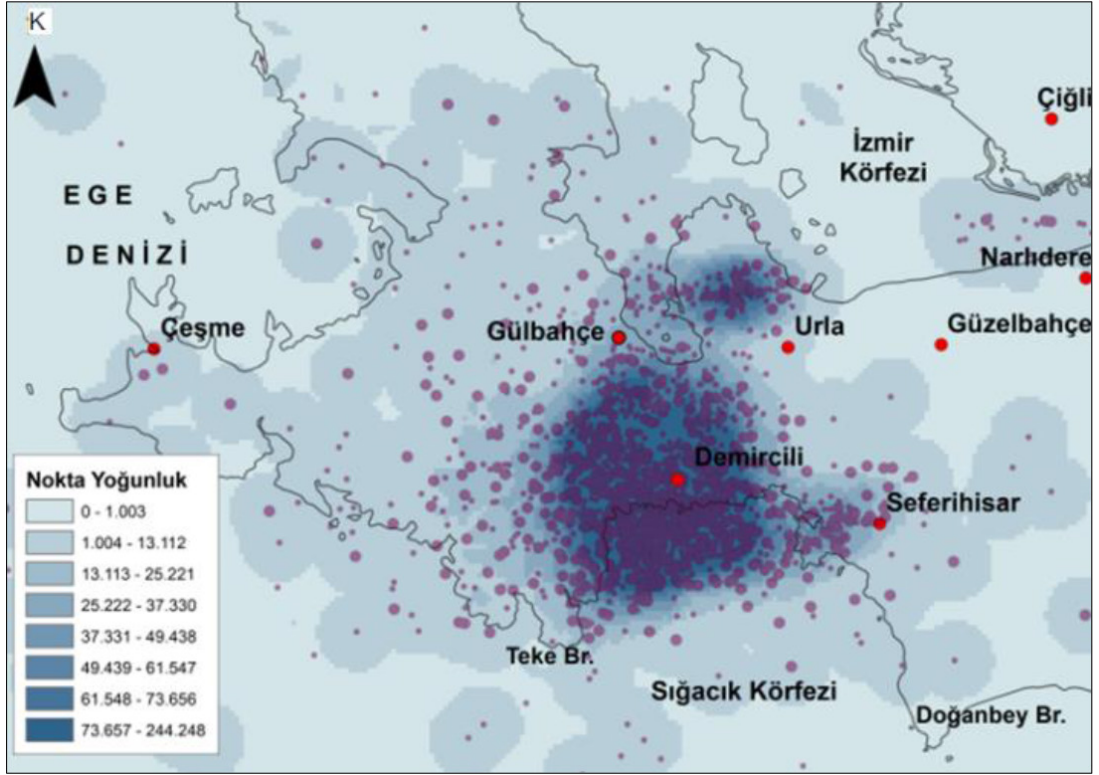


Şekil 7. Standart sapma elipsi haritası

Figure 7. Map of standard deviation ellipse.

analizi her bir pikselde ya da tanımlı bir hücre (yuvarlak alan) içerisine düşen noktaların sayısı ile değerlendirilerek hesaplanabilmektedir. 2005 Sığacık depremleri için uygulanan nokta yoğunluk analizi ile elde edilen sonuçlar Şekil

8'de görülmektedir. Yoğunluk analizi, noktasal verilerin keşiştiği diğer bir deyişle noktaların yoğunlaştığı alanları temsil etmektedir. Aktepe ve Aydın (2013) çalışmasında İzmir il merkezinden 50 km yarıçapındaki alanı kapsayan bölgede



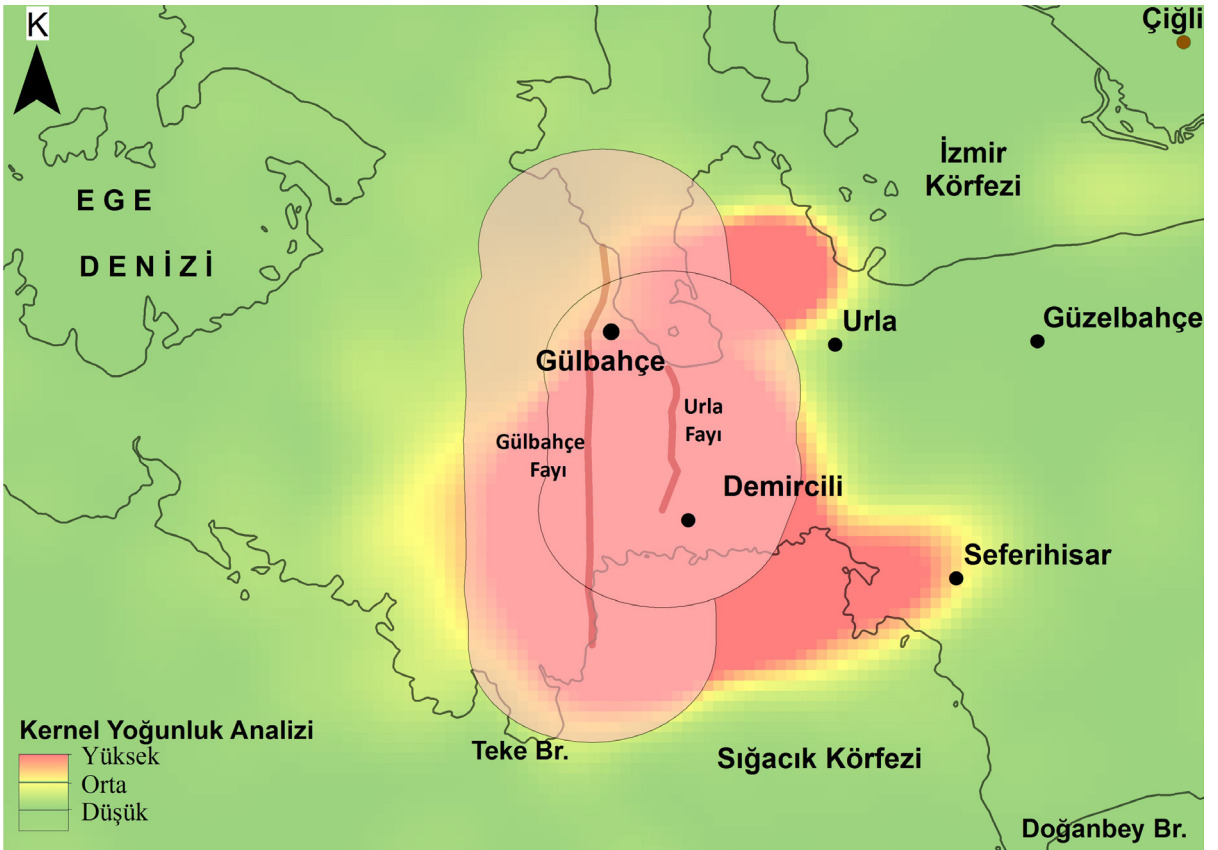
Şekil 8. 2005 Sığacık depremleri ($M>2$) için nokta yoğunluk analizi.
 Figure 8. Point density analysis for 2005 Sığacık earthquakes ($M>2$).

meydana gelen depremlerin nokta yoğunluk analizi sonucunda Seferihisar ilinin deprem yoğunluğu bakımından yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kernel yoğunluk analizi

Kernel yoğunluğu yönteminde noktaların bulunduğu alan ızgara biçiminde karelerle bölünmekte ve her kare içerisine düşen noktaların sayısına bağlı histogram ile yoğunluk belirlenmektedir. Kernel yoğunluk analizinde noktaların dağılım sıklığı, karelerin gözlenen frekans dağılımı ile beklenen değerinin karşılaştırılması ile test edilmektedir. Kernel yoğunluk analizi hücrelerle değil, tanımlı bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile bu kaynaktan uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir. Kernel analizi, deprem çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Bailey ve Gattrell, 1995). Bu teknik aynı zamanda tehlike

analizi (Woo, 1996) ve sismik olay sıklığının belirlenmesi için de kullanılmaktadır (Tağıl ve Alevkayalı, 2013). Tağıl ve Alevkayalı (2013), Ege Bölgesinde 1900-2012 yılları arasında meydana gelen $M\geq 4$ depremlerin mekânsal dağılımlarını incelemiş ve belirli yıl aralıklarında meydana gelen depremler için Kernel yoğunluk analizini uygulamışlardır. Belirtilen çalışmada 1978-2012 yılları arasında $M>4$ depremler için yapılan Kernel yoğunluk haritasında, İzmir il merkezinden Çeşme'ye kadar geniş bir bölgede yüksek yoğunluk değeri görülmektedir. 1978-2012 yılları arasında $M>5$ depremler için yapılan haritada ise bu bölgenin İzmir il merkezinden Seferihisar ve Urla arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Her iki haritada da İzmir ve çevresinin yoğun deprem aktivitesine sahip alanlar olduğu belirlenmiştir. 2005 Sığacık $M>2$ depremleri için Kernel yoğunluk analizi depremlerin büyüklüğü, ağırlıklı olarak kullanılmış ve tampon bölge ile korelasyonu için Şekil 9 hazırlanmıştır.



Şekil 9. $M>2$ depremler için uygulanan Kernel yoğunluk analizi ve tampon analizi ile korelasyonu (GF: Gülbahçe Fayı, UF: Urla Fayı).

Figure 9. Kernel density analysis for $M>2$ earthquakes and its relation with buffer analysis for active faults (GF: Gülbahçe Fault, UF: Urla Fault).

SONUÇLAR

Çalışmada 2005 Sığacık depremlerinin ($M>2$) mekânsal ve yoğunluk analizleri uygulanarak dağılımların mekânsal deseni ortaya konulmuştur. Mekânsal analiz için ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma elipsi yöntemleri, yoğunluk analizleri için nokta yoğunluk ve Kernel yoğunluk analiz yöntemleri uygulanmıştır. Depremler için öncelikle ilişkili olabilecek aktif Seferihisar ve Urla Faylarına tampon analizi uygulanmış ve bölgenin depremselliği açısından bu yapıların oldukça etkili olduğu görülmüştür. Ortalama merkez ve ağırlıklı ortalama merkez analizleri sonucunda merkez noktalarının birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Aynı zamanda analiz, depremlerin

belirli bir bölgede yoğunlaştığını ve büyüklük bakımından birbirine yakın olan depremlerin konumları bakımından da birbirine yakın olduğunu göstermiştir. Standart uzaklık ve ağırlıklı standart uzaklık analizleri sonucunda tampon analizi ile aynı yerleşim bölgelerini (Seferihisar, Gülbahçe, Urla, Demircili) kapsadığı görülmüştür. Ağırlıklı standart uzaklık çemberinin, standart uzaklık çemberine göre daha küçük olması depremlerin birbirlerine yakın ve belirli bir bölgede yoğunlaşmasının bir etkisidir. Standart sapma elipsi analizi sonucunda elipsin doğrultusu K-G yönlü olup bunun hem deprem dağılımı hem de depremlerle ilişkili olabilecek fayların doğrultuları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Noktasal yoğunluk analizi sonucuna göre depremlerin, Seferihisar – Gülbahçe – Teke Burnu bölgeleri arasında kalan alanda yoğunlaştığı

görülmüştür. Kernel yoğunluk analiz değerleri yüksek, orta ve düşük olarak gruplandırılmıştır. Kırmızı değerler yüksek yoğunluklu alanları temsil etmekte olup, depremlerin sayısının fazla olduğu bölgeleri göstermektedir. Bu sonuç, nokta yoğunluk analizi ile depremlerin belirli bir bölgede yoğunlaşmasından dolayı benzerlik göstermektedir.

Tüm bu analizler sonucunda elde edilen veriler; Seferihisar, Gülbahçe, Urla ve Demircili bölgelerinin, 2005 Sığacık Körfezi depremleri ile birlikte bölgede son 20 yılda meydana gelen depremleri de göz önünde bulundurarak yüksek deprem riski taşıyan alanlar olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

KATKI BELİRTME

Yazar, makaleye yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan hakemler Prof.Dr. Şermin TAĞIL ve Yrd. Doç.Dr. Kerem HEPDENİZ'e ve editörlere teşekkür eder.

KAYNAKLAR

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı), 2015. DDA Kataloğu, <http://www.deprem.gov.tr/tr/ddakatalogu>, 10 Şubat 2016.

Akıncı, A., Eyidoğan, H., Göktürkler, G., Akyol, N. ve Ankaya, O. 2000. İzmir ili çevresinin depremselliği ve deprem tehlikesinin incelenmesi. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM, 2000), İzmir, Bildiriler Kitabı.

Aktar, M., Karabulut, H., Özalaybey, S., ve Childs, D., 2007. A conjugate strike-slip faults system with in the extensional tectonics of Western Turkey. *Geophysical Journal International*, 171 (3), 1363-1375.

Aktepe, E., ve Aydın, C., 2013. İzmir çevresinde yapılan sismotektonik araştırmaların CBS ve mekânsal istatistik yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, Türkiye.

Bailey, T.C., ve Gatrell, A.C., 1995. *Interactive Spatial Data Analysis*. Person Education Limited, England.

Baykal, M., 2006. Seferihisar-Urla bölgesi'nin güncel depremselliği ve gerilme tensör analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Benetatos, C., Kiratzi, A., Ganas, A., Ziazı, M., Plessa, A., ve Dtakatos, G., 2006. Strike-slip motions in the Gulf of Sığacık (western Turkey) : Properties of the 17-20 October 2005 earthquakes seismic sequence. *Tectonophysics*, 426, 263-279.

Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., ve Yıldırım, C., 2005. 17 Ekim 2005 Sığacık (İzmir) Depremlerinin Ön Değerlendirme Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., ve Şaroğlu, F., 2013. 1/1.125.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi, Ankara, Türkiye.

Gök, E., Polat, O., Çeken, U., Yalçınkaya, E., Keçecioğlu, M. ve Akçığ, Z., 2010a. Site amplification at strong-ground motion stations in metropolitan Izmir, Turkey. *European Seismological Commission 32nd General Assembly (ESC-2010)*, Montpellier-France, 243.

Gök, E., Polat, O., Pamukçu, O., Keçecioğlu, M., Sözbilir, H., Çifçi, G., ve Akçığ, Z., 2010b. Microseismicity monitoring in Izmir (Western Turkey) and surrounding areas. *European Seismological Commission 32nd General Assembly (ESC-2010)*, Montpellier-France, 243.

Gürbüz, M., ve Karabulut, M. 2008. Mapping and analysis of the traffic accidents in the city of Kahramanmaraş. with geographic information systems. 5th International Conference on Geographic Information Systems (ICGIS-2008), İstanbul, Turkey. *Proceedings*, (2), 477-483.

- Hepdeniz, K., ve Soyaslan, İ.İ., 2015. Burdur ilinde meydana gelen depremlerin odak noktalarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile 3 boyutlu modellenmesi ve jeoistatistiksel analizi. Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, Burdur, Türkiye, Bildiriler Kitabı, 104-112.
- UDİM (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi), 2005. 17-21 Ekim 2005 Sığacık Körfezi –Seferihisar (İZMİR) depremleri ön değerlendirme raporu. http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/onemliler/17_21Ekim2005SigacikSeferihisarDepremleri.pdf, 7 Şubat 2016.
- Kahraman, S., ve Ünsal, Ö., 2014. ArcGIS for Desktop Spatial Analysis. ESRI Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti., Ankara.
- Karabulut, M., 2014. Mekânsal İstatistik Teknikleri. Coğrafyacılar Derneği, Balıkesir.
- Kaya, Ö., Toroğlu, E., ve Adıgüzel, F., 2015. 2011 genel seçimlerinde partilerin aldığı oy oranlarının ilçeler ölçeğinde mekânsal analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, 31, 1-13.
- Lee, J., ve Wong, D.W.S., 2001. Statistical Analysis with ArcView ArcGIS. John Wiley and Sons, Canada.
- Mateu, J., Domenech J.L. ve Francisco, M., 1998. The spatial pattern of a forest ecosystem. Ecological Modelling, 108,163-174.
- McGrew, J., ve Monroe, C.B., 1993. Statistical Problem Solving in Geography. Wm.C. Brown Communication, Oxford.
- Menteşe., S. ve Okuyucu, A., 2013. Bilecik ilinde nüfusun mekânsal dağılışının jeoistatistiksel yöntemlerle incelenmesi. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6 (24), 258-267.
- Özşahin, E., 2014. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak Antakya (Hatay) şehrinde kütle hareketleri duyarlılığının değerlendirilmesi. Ege Coğrafya Dergisi, 23 (2), 19-35.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Yurdakul Çırmık, A., ve Kahveci, M., 2015. Investigation of the Sığacık Bay's displacement characteristic by using GPS and gravity data in Western Anatolia. Journal of Asian Earth Sciences, 89, 72–84.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Yurdakul Çırmık, A., ve Kahveci, M., 2013. Sismik riski yüksek olan İzmir-Karaburun'un güneyinde yapılmış mikrogravite ve GPS çalışmaları. Jeofizik, 18, 59-66.
- Pektezel, H., 2015. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi sistemine (AHS) göre Gelibolu Yarımadası'nın deprem duyarlılık analizi. The Journal of Academic Social Science Studies, 36, 179-201.
- Polat, O., Çeken, U., Uran, T., Gök, E., Yılmaz, N., Beyhan, M., Koç, N., Arslan, B., Yılmaz, D., ve Utku, M., 2009. Izmirnet: a strong-motion network in metropolitan Izmir, Western Anatolia, Turkey. Seismological Research Letter, 80 (5), 831-838.
- Poyraz, S., A., ve Kalafat, D., 2012. Sismoloji'de CBS uygulamaları. Jeofizik, 12, 25-37.
- Sahoo, P., 2013. Statistical techniques for spatial analysis. New Delhpi. <http://www.iasri.res.in/ebook/ebadat/6-Other%20Useful%20Techniques/11-Spatial%20STATISTICAL%20TECHNIQUES.pdf>, 26 Nisan 2016.
- Stoyan, D., ve Antti, P., 2000. Recent application of point process methods in forest statistics. Statistical Science, 15, 61-78.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U. ve Helvacı, C., 2005. İzmir'deki deprem dizilerinin nedeni, faylardaki çipek yapısı. Cumhuriyet, Bilim Teknik, Deprem Araştırmaları, 976, 18-19.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U., Helvacı, C., ve Özkaymak, Ç., 2009. 17-20 Ekim 2005 Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları

- ile ilişkisi, Batı Anadolu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 52 (2), 217-238.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Tepe, Ç., Softa, M., Eski, S., Babayiğit, G., Turan, R., Karaş, M., ve Koşum, Ş., 2015. İzmir Kenti içinden geçen diri faylarda fay sakinim bandı/yüzey faylanması tehlikesi kuşağı oluşturma kriterleri. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı.
- Tağıl, Ş., ve Alevkayalı, Ç. 2013. Ege Bölgesi'nde depremlerin mekânsal dağılımı: jeostatistiksel yaklaşım. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6 (28), 369-379.
- Utku, M., 2005. İzmir depremleri dizisi-Pakistan depremi Türkiye'yi etkiler mi? Cumhuriyet, Bilim Teknik, 927, 16-17.
- Vere - Jones, D., ve Li, M., (1997). Application of M8 and Lin-Lin algorithms to New Zealand earthquake data. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 40, 77-89.
- Walford, N. 2011. Practical Statistics for Geographers and Earth Scientists. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Woo, G., 1996. Kernel estimation methods for seismic hazard area source modeling. Bulletin of the Seismological Society of America, 86 (2), 353-362.
- Yolsal-Çevikbilen, Y., Taymaz, T., ve Helvacı, C., 2015. Earthquakes mechanisms in the Gulf of Gökova, Sığacık, Kuşadası, and the Simav Region (western Turkey): Neotectonics, seismotectonics and geodynamic implications. Tectonophysics, 635, 100-124.

YAZIM KURALLARI

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 “Başvurulan 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 Editörler tarafından incelenir. Daha sonra makalenin değerlendirilmesi, düzeltilmesi ve yayıma kabulü veya kabul edilmemesi gibi işlemlerin yürütülmesi amacıyla bir Editör, Baş Editör tarafından görevlendirilir. Yazılar, 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.

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.

YAZILARIN GÖNDERİLMESİ

Yazılar e-posta ile gönderilir. Gönderiler “Kapak Dosyası” ve “Ana Dosya” olmak üzere iki Word dosyası halinde olmalıdır. Kapak dosyası içerisinde tüm yazarların iletişim (adres, e-posta, telefon numarası) bilgileri bulunmalıdır. Ana dosya başlık, öz, anahtar kelimeler, metnin ana gövdesi, sonuçlar, teşekkür ve referansları içeren dosyadır. Çizelgeler ve açıklamaları, şekiller dizini ve şekiller de ana dosya içinde en sonda sıralanmalıdır. Ana dosyada tüm metne satır numarası verilmelidir. Ayrıca başlığın, şekil alt yazılarının ve çizelge açıklamalarının İngilizce çevirileri de eklenmelidir (İngilizce yazılan makaleler için ise Türkçe çevirileri eklenmelidir). Ana dosya yazım kurallarına uygun şekilde düzenlenmiş olmalıdır. Dosyalar Word dosyası olarak hazırlanmalıdır.

Editörlük makalelerin kaybolmasıyla ilgili herhangi bir sorumluluk almayacağı için, yazarlar yazılarının bir kopyasını muhafaza etmelidirler.

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.

- Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- Yazar adları (koyu ve tamamı büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın e-posta adresi (ilk sayfanın sol alt kısmında)
- Öz (Türkçe ve İngilizce)
- Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzeme(ler), tanımlamalar, analizler vd.)
- “Sonuçlar ve Tartışma” veya “Tartışma ve Öneriler”
- Katkı Belirtme (gerekliyse)
- Kaynaklar
- Ekler (gerekliyse)
- 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 puntuyla (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)’dır”).

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.

- a. Yazının başlığı
- b. Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- c. Tüm yazarların açık posta ve e-posta adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek) ve 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 Gölcük, 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) Yayınlanmış 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 dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

Burada; t makaslama dayanımı, c kohezyon, σ normal gerilme ve ϕ 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 CO_3^{--} yerine Ca^{+2} ve CO_3^{-2} tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere “eşitlik (1)” şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, 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. şeklinde 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 dizininden sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgelerin altında verilmelidir (örneğin; sc: tek eksenli sıkışma dayanımı; II: 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 şekil numarası 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 başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını 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 gra-

fiklerde 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.

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 her bir şekil 300 dpi'den az olmamak koşuluyla JPG olarak ayrı sayfalarda yer almalıdır.

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.

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 ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.

Baş Editör

Doç. Dr. Elif VAROL MURATÇAY

Yerbilimleri Dergisi

Adres: Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe Kampüsü, 06800 Çankaya, Ankara

E-posta: yerbilimleri@hacettepe.edu.tr

Tel: 0 312 2977744

Fax: 0 312 2992075

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

STATEMENT OF EDITORIAL AND PUBLICATION POLICIES

Manuscripts submitted to YERBİLİMLERİ/Bulletin for 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 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.

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.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Submissions could be sending electronically, via the internet. Submissions should be in 2 word files as "Cover Page" and "Main Document". Contact information (e.g., address, e-mail, phone number) of all authors should be in cover page. Main Document is a file that includes title, abstract, keywords, main body, conclusions, acknowledgements, references. Table and figure captions as well as figures should also be at the end of main document. Line numbers should be added in main document. Figure, table captions and title of the manuscript should also be given in English (English manuscripts should contain Turkish title, figure and table captions). Main document should be arranged according to instructions. All files should be prepared as Word documents.

Authors should remain a copy of their manuscript, since the editors cannot accept responsibility for loss of papers.

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 address 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 methodology)
- (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 (2.4 kg/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 Yazar, 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 kütleli 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.

$$\tau = c + \sigma \tan \theta \quad (1)$$

Where τ is the shear strength, c is cohesion, σ is normal stress and, θ 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. $y=5*10^{-3}$). 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; Il : 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.

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.

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.

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.

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr. Elif VAROL MURATÇAY

Yerbilimleri Dergisi/Bulletin for Earth Sciences

Address: Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe Kampüsü, 06800 Çankaya, Ankara, Turkey

E-mail: yerbilimleri@hacettepe.edu.tr

Phone: +90 312 2977744

Fax: +90 312 2992075

