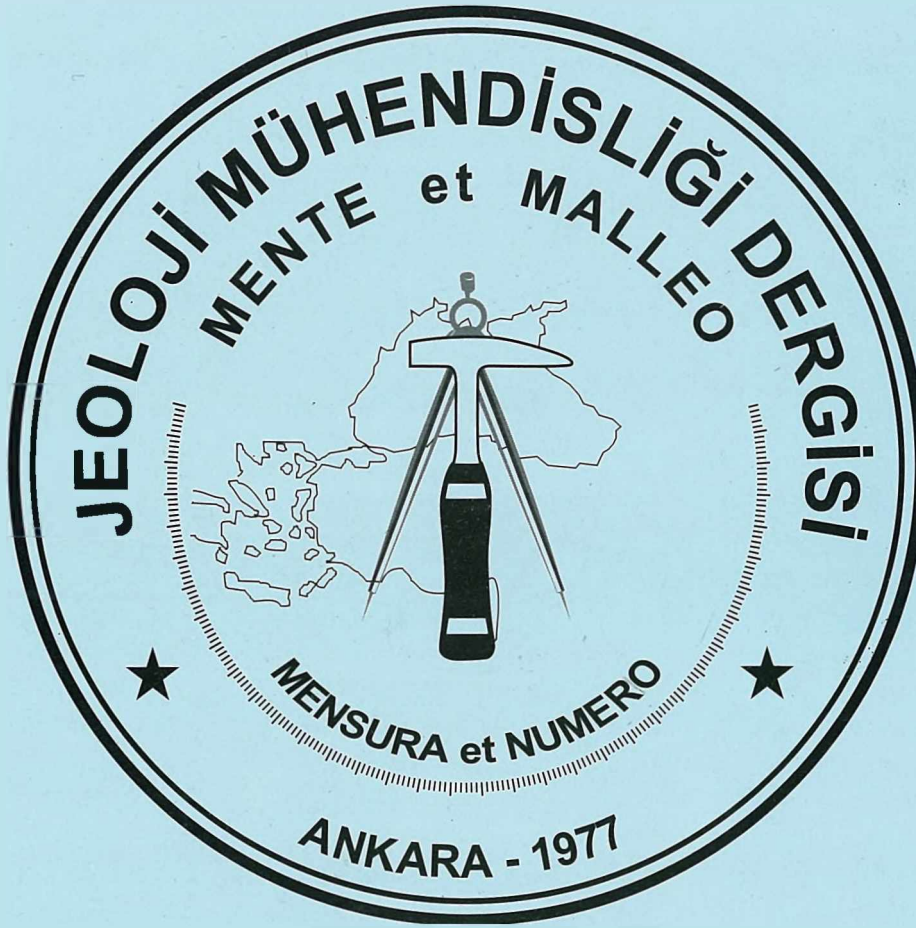


JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Geological Engineering Journal

Cilt - Volume 25
Sayı - Number 1 - 2001

ISSN 10116-9172



TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

Editörler / Editors

Mehmet EKMEKÇİ
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe Ankara
Tel: 0312 297 77 30
Fax: 0312 434 23 88
E-Posta: ekmekci@hacettepe.edu.tr

Aydın ARAS
MTA Genel Müdürlüğü
MAT Dairesi
Eskişehir Yolu, 06520 Ankara
Tel: 0312 287 34 30/1392
Fax: 0312 434 23 88
E-Posta: aras@mta.gov.tr

Teknik Editör *Technical Editor*

Murat DİRİCAN
E-Posta: mdirican@usa.net

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

Aydın ÇELEBLİ / Başkan - President
İsmet CENGİZ / II. Başkan - Vice President
Mutlu GÜRLER / Genel Sekreter - Secretary General
Ali KAYABAŞI / Sayman - Treasurer
Cevdet ÇAKIR / Yayın Üyesi Secretary of Publication
Dinçer ÇAĞLAN / Meslekî Uygulamalar Üyesi Professional
Application Secretary
Yüksel METİN / Sosyal İlişkiler Üyesi Social Affairs Secretary

Jeoloji Mühendisliği Dergisi Makale ve Dizin Özleri
GeoRef ve Geobase/GeoAbstracts Uluslararası İndexler tarafın-
dan taranmaktadır.

Yayın Kurulu / Editorial Board

Haluk AKGÜN (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Erhan ALTUNEL (Osman Gazi Üniversitesi)
Ömer AYDAN (Tokai Üniversitesi)
Can AYDAY (Anadolu Üniversitesi)
Ahmet BAŞOKUR (Ankara Üniversitesi)
Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)
Baki CANİK (Ankara Üniversitesi)
Zeki ÇAMUR (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Remzi DİLEK (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Vedat DOYURAN (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Nusret EMEKLİ (İller Bankası)
Ömer EMRE (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Mustafa ERDOĞAN (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Şevki FİLİZ (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Hasan GERÇEK (Karaelmas Üniversitesi)
Fikret KAÇAROĞLU (Cumhuriyet Üniversitesi)
Nurcan KARAHANOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
K. Erçin KASAPOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Erkin NASUF (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Akin ÖNALP (Sakarya Üniversitesi)
Mustafa ÖNDER (Harita Genel Komutanlığı)
Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Üniversitesi)
Cem SARAÇ (Hacettepe Üniversitesi)
Reşat ULUSAY (Hacettepe Üniversitesi)
Ali UYGUN (GEOS - İstanbul)
Levent TEZCAN (Hacettepe Üniversitesi)
Tamer TOPAL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Asuman TÜRKMEÑOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Mahir VARDAR (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Yücel YURTSEVER (International Atomic Energy Agency)
Erdoğan YÜZER (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Bu sayıda katkı koyanlar / Reviewers in this issue:

Lawrence BROWN (Hacettepe Üniversitesi)
Candan GÖKÇEOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Halim MUTLU (Osman Gazi Üniversitesi)
S. Semih TEZCAN (Boğaziçi Üniversitesi)

Yazışma Adresi / Correspondance

TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
P.K. 464 Yenışehir, 06444 Ankara
Tel: 0312 434 36 01 Fax: 0312 343 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr www.jmo.org.tr

The Geological Engineering Journal is indexed and abstracted by
GeoRef and Geobase/GeoAbstracts

Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 25
Volume

Sayı 1 - 2001
Number

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1- **AYDAN Ö.**
İstanbul Boğazı Denizaltı Geçişi İçin Tüp Tünel ile Kalkan Tünelin Uygunluğunun Karşılaştırılması
- 19- **GÖKÇEOĞLU C., SÖNMEZ H., ERCANOĞLU M.**
Bulanık Mantık: Özellikleri ve Süreksizlik Denetimli Bir Şev Duraysızlığına Uygulanması
- 33- **Abu-Rukah, Y.**
Ürdün Ziglab Barajı Sedimanlarında Ağır Metal Dağılımı ve Türleşmesi
- 41- **ATILLA A. Ö., ARIKAN A.**
Antalya Traverten Platosu Yeraltısularının Kümeleme ve Faktör Analizi ile Sınıflandırılması

Araştırma Notu / Research Note

- 55- **ÇAMUR M. Z., SÜZEN L., DOYURAN V.**
Fethiye Özel Çevre Koruma Alanı Kara Sularının Kalite Değerlendirmesi
- 65- **AKSOY R.**
Locating Young Faults by Means of Remote Sensing: Case of Helendale Fault Zone (S. California)

Istanbul Boğazı Denizaltı Geçişi için Tip Tünel ile Kalkan Tünelin Uygunluğunun Karşılaştırılması

Comparison of Suitability of Submerged Tunnel and Shield Tunnel for Subsea Passage of Bosphorus

Ömer AYDAN

Totai Üniversitesi Deniz İnşaat Mühendisliği Bölümü Skimizu, Japonya

ÖZ

Istanbul Boğazında batırma tipi bir tüp tünelin inşası planlanmaktadır. İnşa edilmesi halinde bu tünel, dünyanın en derin batırma tipi tüneli olacak ve teknolojik açıdan karşılaşılabilecek bir çok problemin çözülmesini gerektirecektir. Çevre sorunlarının yanı sıra, statik ve dinamik yükler altında tünelin Avrupa, yakasındaki Sirkeci yakınlarında çok ciddi duraylılık sorunlarının yaşanması beklenmektedir. Bu yazıda, önce tünelin, inşa edileceği bölgedeki jeolojik, ve jeoteknik özellikler ile çevresel ve sismik koşullar özetlemiş, daha sonra inşaat alanı, yakınlarında oluşabilecek ve büyüklüğü 6'yı geçen depremlerde zeminin sıvılaşma olasılığının oldukça yüksek olacağı üzerinde durulmuştur. Değerlendirmeler, planlanan batırma tipi tüp tünelin jeolojik, jeoteknik, çevre, inşaat, sismik ve deniz trafiği, gibi faktörler açısından pek uygun olmadığını göstermektedir. Buna alternatif bir seçenek olarak, kalkan tipi tünelin, daha uygun olup olmayacağı tartışılmış ve batırma tipi tüp tünel ile karşılaştırılmıştır. Öngörülen tünel hattı değiştirilmediği sürece, tünelin sıvılaşmaya karşı, dirençli daha derindeki zeminde inşa edilmesi daha uygun olacaktır. Bu durumda tünelin deniz tabanından itibaren örtü tabakasının kalınlığının en az tünel yüksekliğinin iki katı olacak şekilde inşa edilmesi gerekmektedir. Bu tür bir derinlikte batırma tipi bir tünelin inşası mümkün olmayacağına göre, tünelin bugünkü güzergahı değiştirilmediği sürece kalkan tünelin inşası en iyi çözüm şekli olacağına kuşku yoktur.

Anahtar Sözcükler: İstanbul Boğazı, kalkan tünel, model deney, sarsma masası, sıvılaşma, tüp tünel,

ABSTRACT

The construction of a sub-sea tunnel at Boğaz (Bosphorus) has been planned as a submerged funnel. If this tunnel is constructed as a submerged tunnel it will be the deepest one in the world and it has many technological challenging problems. Besides environmental concerns, the adverse geotechnical conditions near Sirkeci on the European side might present severe stability problems under both static and dynamic loading conditions. The author has presented an overall view of geology, geotechnical and environmental conditions and seismicity of the construction area. Particularly, it is emphasized, out that the liquefaction of ground in the construction site during an earthquake greater than magnitude 6 may be a big concern for the tunnel. It is pointed out that the presently planned submerged tunnel is not suitable in view of its seismic stability, geotechnical conditions, constructional difficulties, environmental problems and disruptions of both national and international sea traffics. Furthermore, the suitability of shield tunnelling as an alternative is discussed and compared with that of the submerged tunnel. If the sub-sea tunnel is constructed along the planned alignment, it will be better to locate the tunnel in ground, which is more resistant against liquefaction. Under such situation, the overburden of tunnel from sea-bottom will be 2D or greater. Since it is not possible to construct submerged tunnels with such overburden, the shield tunnel should be the best option unless the route and the type of construction is changed...

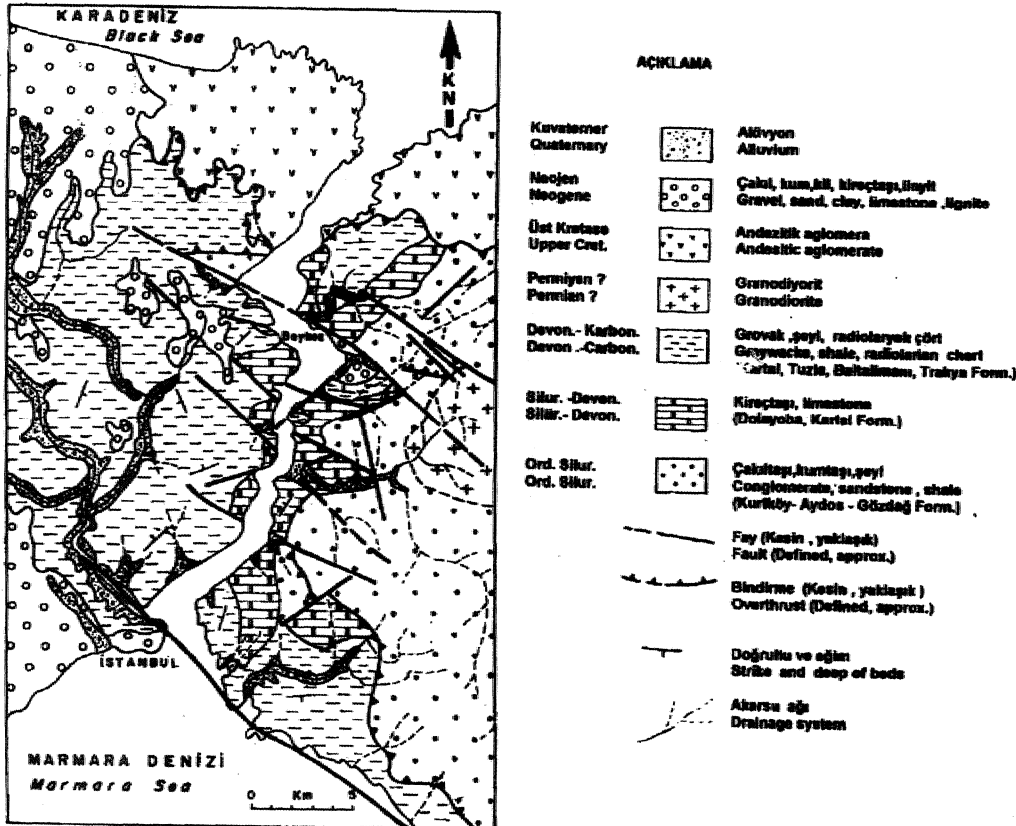
Key Words: Bosphorus, shield tunnel, model test, shaking table, liquefaction, submerged tunnel

Giriş

İstanbul'un son 20 yıl içerisinde büyük bir sorun haline gelen trafik sorununu çözmek üzere Avrupa ile Asya yakaları arasında Boğaz geçişi için değişik seçenekler uzun süreden beri incelenmektedir. Bu duruma çözüm olarak, iki aşına köprü inşa edilmesine rağmen, sorun azalacağı yerde, giderek daha da büyümüştür. Bugüne değin, inşa edilen, köprülerin yanı sıra, Boğaz geçişi için özellikle tüp geçit (submerged tunnel) seçeneği konusundaki değerlendirmeler, 1976 yılından beri İstanbul Belediyesi,, Karayolları Genel Müdürlüğü ve Devlet Demiryolları tarafından yapılmaktadır, 1970li yıllarda tüp tünelin denizaltı geçişi olarak en uygun yöntem olduğuna hiç kuşku yoktur. Ancak 1980'den sonra, kalkan tünelleme yönteminde (shield tunnelling) ve tünelleme kazısı teknolojisindeki önemli gelişmeler, tüp tünelleme yerine kalkan türü tünelleme hem ekonomik, hem de sismik ve statik açıdan güvenli ve

inşası daha kolay bir yöntem durumuna getirmiştir. Bunun en tipik örneği yaklaşık 11 km'lik kısmı kalkan tünelleme yöntemi ile inşa edilen Tokyo Körfezindeki Aqua-line körfez geçiştir. İlk planlama aşamasında tüp tünelleme olarak tasarlanan bu körfez geçişi, daha sonra, kalkan tünelleme yöntemi ile inşa edilerek hizmete açılmıştır.

İstanbul için günümüz koşullarında köprü seçeneğinin uygun görülmemesi nedeniyle, şu anda Üsküdar ile Yenikapı arasında dış kredi ile yapılacak tüp geçişi konusu gündemde olup, proje bu seçeneğe göre geliştirilmeye çalışılmaktadır. Konuyla ilgili olarak daha önce bazı değerlendirmeler yapılmış ve uygulanabilecek boğaz geçişi seçenekleri karşılaştırılmış (Tezcan, 1999; Tezcan ve Bal., 2000) olmakla birlikte, yazar tarafından bu görüşlere katkı sağlayabilecek bazı yeni çalışmalar yapılmıştır. Bu yazıda; gerek önceki değerlendirmelere katkıda bulunulması gerekse tüp tünelleme dışında başka



Şekil 1: Boğaz ve yakın çevresinin jeolojisi (Öztürk 1999)

Figure 1: Geology of the Bosphorus and its close vicinity. (after, Öztürk, 1999)

seçeneklerin de düşünülebileceğinin belirtilmesi amacıyla tüp'ün ile kalkan tünel inşaat koşulları, bunların çevreye ve deniz trafiğine olan etkileri ile bu yapıların sismik ve statik, güvenilirlik, ve ekonomik açıdan uygunlukları konusu karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

İstanbul Boğazı'nın ve Yakın Çevresinin Jeolojisi ve Sismotektoniği

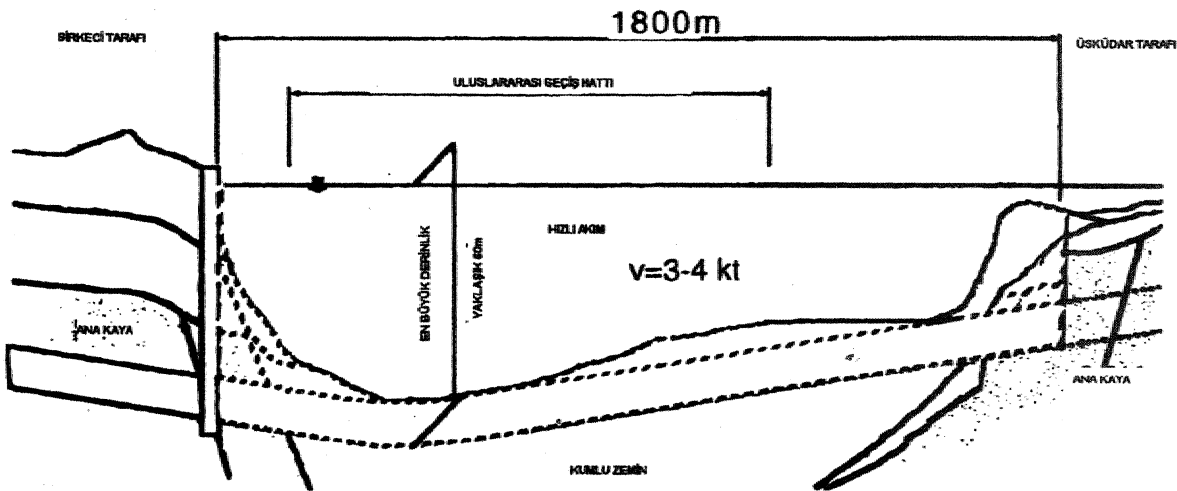
Jeoloji -*

Boğaz ve yakın çevresinin güncel verilere göre jeoloji haritası. Şekil 1'de gösterilmiştir. Stratigrafik anlamda en yaşlı formasyon, olarak, kumtaşı-çakıltaşı-şeyl'den oluşan Kurtköy-Aydos-Gözdağ formasyonu., Boğaz ve çevresinin temel kayasını oluşturmaktadır. Bu formasyonun üzerinde bindirme şeklinde ve kireçtaşıdan oluşan Dolayoba-Kartal formasyonu ile grovak, şeyi ve çörtten oluşan Kartal-Tuzla-Baltalimanı-Trakya formasyonu bulunmaktadır. Boğaz'ın doğu yakasında granodiyorit ve kuzeyde andezitik sokulumlar yer almaktadır. Bu birimler; çakıl, kum, kil, kireçtaşı ve linyitten oluşan Neojen yaşlı birimlerle örtülmüştür. En genç birim olarak, alüvyonlar, akarsu yataklarında ve Boğaz'ın kıyılarında yer almaktadır. Deniz tabanında yapılan sondajlarda alüvyonun oldukça kalın olduğu görülmüştür, Şekil 2'de de görüldüğü üzere,

Boğaz'ın denizaltı geçişinin yaklaşık 2 km'lik kısmı gevşek ve kumlu, alüvyon, malzeme içinden geçecektir. Alüvyonun kalınlığı, Boğaz'ın Haliç ağzına yakın, kısımda, oldukça artmaktadır.

Boğaz'da yaşlı birimlerde kıvrımın eksenine D-B doğrultuludur. Kıvrımlanmış bu birimler, daha sonra, oluşan tektonik hareketler ve volkanik sokulumlar ile parçalanmıştır. Boğazın oluşumu hakkında kesin bir görüş birliği olmamakla birlikte, Kuzey Anadolu Fayının (KAF) oluşumuna bağlı olarak geliştiği öne sürülmektedir (Öztürk, 1999). Anadolu plakasının batıya doğru ilerlemesi ve saat yelkovanına, göre ters yönde dönmesi (Aydan, 1997 ve 2000), İzmit Körfezinden Şarköy'e kadar uzanan hat boyunca KAF'nin hareketinden ve yer kabuğuna etkileyen gerilimlerden doğal olarak beklenen KB-GD doğrultulu faylanmalara neden olmuştur.

Kadıköy önünden Haliç'e: doğru uzanan fayın, denizaltı geçişini hemen hemen dik olarak Sirkeci önlerinde kesmesi beklenmektedir. Bu faylar, araları KD-GB doğrultulu, daha küçük ölçekteki faylanmalarla ilişkilidir. Boğaz'ın güncel durumunun, bu faylanmalar ile Dolayoba-Kartal formasyonu olarak adlandırılan kireçtaşıdaki karstik boşlukların büyümesi ile oluştuğu düşünülmektedir (Öztürk, 1999). Boğaz'da gözlenen fayların sismik açıdan, etkin olduğuna işaret eden bir bulguya şu ana kadar rastlanılmamıştır.



Şekil 2: Denizaltı geçişinin tasarlandığı güzergahın jeolojisi (v: akım hızı)
Figure 2: Geology of the submerged tunnel route (v: velocity of current)

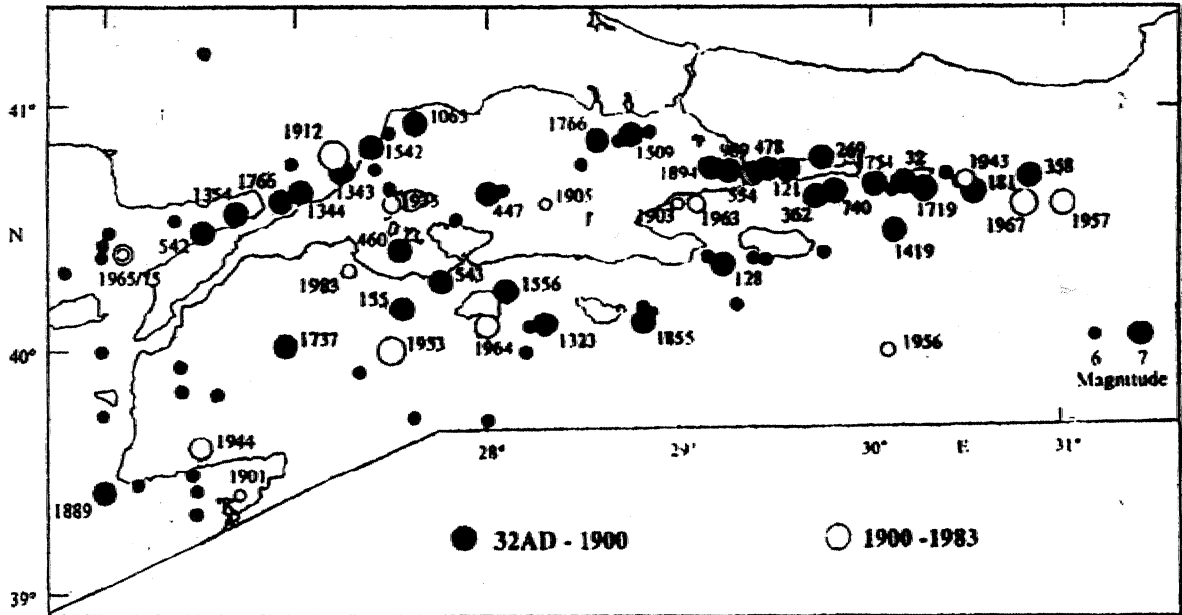
Bilgenin Depremselliği ve Beklenen En Yüksek Yer İvmesi

KAF'nın kuzey kolu Marmara Benizinin içinden geçmekte ve Çınarcık Çukurluğunda çatallanmaktadır. Bu çukurluğu şekillendiren Kuzey Sınır Fayı denizaltı geçişinin tasarlandığı bölgenin yaklaşık 12 km güneyinden geçmektedir (Barka 1997; Aydın vd., 1999). TPAO ve diğer kurumların yaptığı jeofizik araştırmalardan Güney Sınır Fayının yaklaşık 40 km güneyde bulunduğu belirlenmiştir. KAF, sağ yanallı doğrultu atımlı bir fay olmasına rağmen, yeryüzüne doğru düşey gerilimin azalması nedeni ile çiçeklerime olarak tanımlanan ve yer yer oluşan göreceli harekete bağlı olarak çek-ayır şeklinde çukurlukların oluşması düşünüldüğünde, ana fayın çukurluğun ortasına yakın bir yerden geçmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, denizaltı geçişinin yapılacağı bölgenin ana faya yaklaşık 20-25 km uzaklıkta olacağı söylenebilir. KAF'na bağlı olarak hasar oluşturmuş depremlerin odaklarının 15-25 km derinde olduğu gerçeğine göre, denizaltı geçişi en kötü olasılıkla olası bir depremin odağına 25 ile 35 km arasında bir uzaklıkta olacaktır.

Şekil 3, Marmara Bölgesinde son 2000 yılda oluşan depremlerin dış-merkez dağılımını göstermektedir (Gençoğlu vd., 1991). Şekilden de görüleceği üzere, Marmara Denizi'nin içinden geçen KAF'nın kuzey kolu üzerinde İstanbul açıklarında büyüklüğü 7'yi geçebilecek depremlerin olma olasılığı oldukça yüksektir. Bu nedenle Boğaz geçişi için yapılacak denizaltı tünelinin tasarımında deprem büyüklüğünün 7'nin üzerinde düşünülmesi gerekmektedir.

Şekil 4, Tezcan (1996) tarafından hazırlanan Marmara bölgesi için hazırlanmış en yüksek yer ivmesi eşdeğer eğrilerinin dağılımını göstermektedir. Boğaz'da denizaltı geçişinin yapılacağı alandaki en yüksek yer ivmesi değeri 300 ile 400 gal arasında beklenebilir. Bu harita, Türkiye'nin kuvvetli yer kayıtlı ağının kurulmasından önce hazırlanmıştır. Türkiye'de kuvvetli yer kayıtlı ağının kurulmasından sonra elde edilen kayıtlar gözönünde bulundurularak, Aydın vd. (1996, 1999) ve Aydın ve Kumsar (1997) zeminin en yüksek ivme değerleri için aşağıdaki ilişkiyi önermişlerdir:

$$a_{\max} = 2.8e^{-0.025R} (e^{0.9M} - 1) \quad (11)$$



Şekil 3: Marmara Bölgesi'nde son 2000 yıl içerisinde oluşan depremlerin dış-merkezlerinin dağılımı (Barka, 1997)
Figure 3: Epicenters of the earthquakes occurred in the last 2000 years (after Barka, 1997)

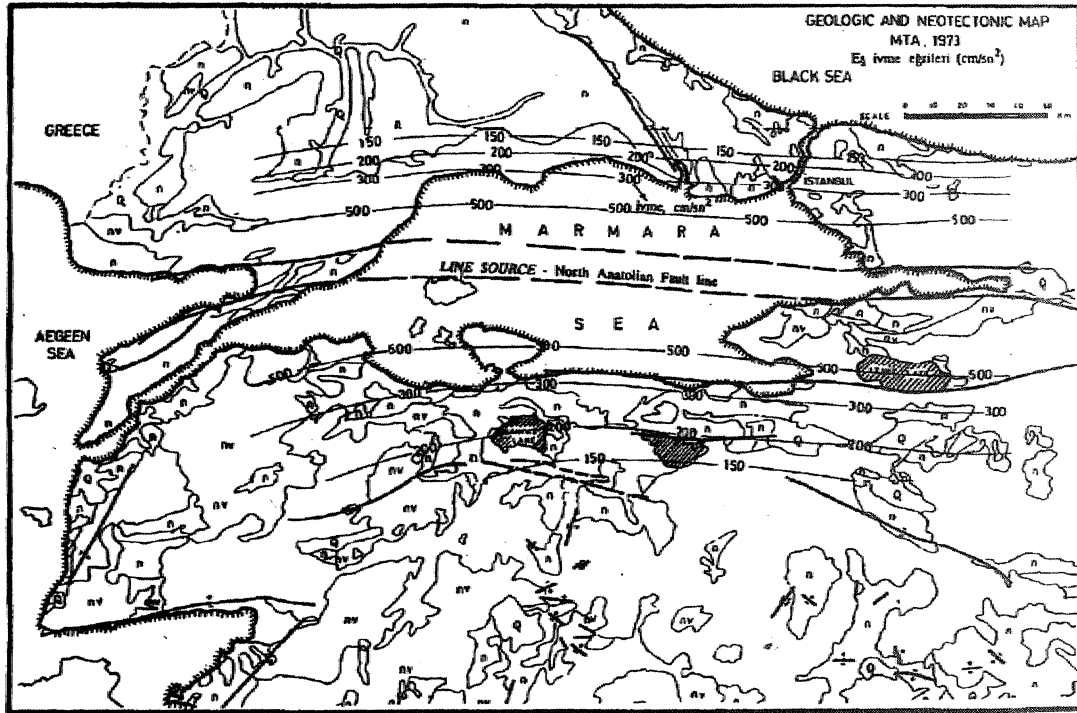
Burada Ms ve R, sırasıyla depremin yüzey dalga, büyüklüğü ve kilometre olarak, odak uzaklığıdır. Depremin büyüklüğü 7.0 ile 7.8 arasında değiştirilerek yapılan hesaplamaların, sonuçları Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu hesaplamalar en yüksek ivme değerinin 500 gal'dan büyük, olabileceğini göstermektedir. Ancak, hesaplama, sonuçlarının, yüzeydeki değerlere karşılık geldiği, ve derinlik arttıkça, ana kayadaki ivmeye yaklaştığı da gözönünde bulundurulmalıdır. Aynı şekilde (1) no. lu ilişkinin önündeki katsayıyı, 2,8'den 0.56'ya düşürerek 7.8'lik deprem için elde edilen eğri de gösterilmiştir. Bu eğri ile kayada, elde edilen ivme eğrileri karşılaştırıldığında, değerlerin çok yakın olması böyle bir ilişkinin kaya ortamları için geçerli olabileceğini göstermektedir. Aynı ilişki, 1998 Adana-Ceyhan depremindeki Ceyhan, ve Karataş kayıtlarına (Aydan vd., 1998; Ulusay vd., 2000) uygulandığında da, zemin ve kayadaki ivme farklılığı açığanabilmektedir.

Faylanma olasılığı

Bölgenin jeolojisiyle ilgili bölümde değinildiği üzere, Boğaz'da denizaltı geçiş güzergahını dikine kesen ve Tetis Okyanusun kapanmasının ve/veya KAF'nın neden olduğu düşünülebilecek KB-GD gidişli faylar bulunmaktadır. Bunların arasında en önemli olanı, Sirkeci önlerinden geçen ve Halic'in güney sınırını oluşturan Halic fayıdır, KAF'nda oluşabilecek herhangi bir hareketin, hiç kuşkusuz bu tür fayları, etkilemesi ve kısmen de olsa, bir miktar göreceli ötelemeye neden olması beklenebilir. Bu durumda, Halic fayı üzerinde sol yan ve kısmen, normal atımlı bir faylanma beklenebilir. Ancak böyle: bir durumda bile oluşabilecek öteleme miktarının, bugüne değin, yapılan gözlemlere göre küçük olabileceği söylenebilir.

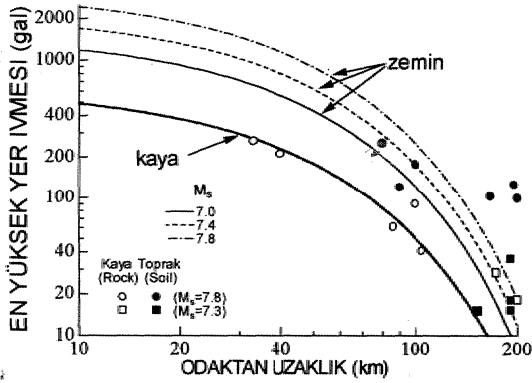
Güzergah ve Jeoteknik Koşullar

Boğaz geçişinin ana güzergahı KD-GB doğrultusunda olup Anadolu yakasında Üsküdar ve



Şekil 4: 1973 yılında Marmara Bölgesi için hazırlanmış en yüksek ivme eşdeğer eğri dağılımı haritası (MTA, 1973)

Figure 4: Map of maximum acceleration contours prepared for the Marmara region (after MTA, 1973)



Şekil 5: Odak uzaklığı ile en yüksek ivme arasındaki ilişki (Aydan vd., 1996, 1999)

Figure 5; Relationship between the distance to hypocenter and maximum ground acceleration (after Aydan et al., 1996, 1999)

Rumeli yakasında Sirkeci'yi birbirine bağlayacaktır (Şekil 6), Toplam uzunluğu 11000 m olan geçişin, denizaltındaki 1800 metrelik kısmı yumuşak sıvılaşabilir zeminden oluşacaktır (bkz. Şekil 2). Geri kalan kısım ise, ardalanmış kumtaşı-silttaşı-kil-taşı birimlerinin içinde kalmaktadır.

Boğaz geçişinin büyük bir kısmı yumuşak zeminden oluşmakta olup, yapılan jeoteknik amaçlı sondajların lokasyonları Şekil 7'de gösterilmiştir. Deniz tabanından 13 m. derinliğe kadar geçilen zeminin SPT değeri ve beklenebilecek en yüksek yer ivmesi gözönüne alındığında,, bu zeminin sıvılaşa-

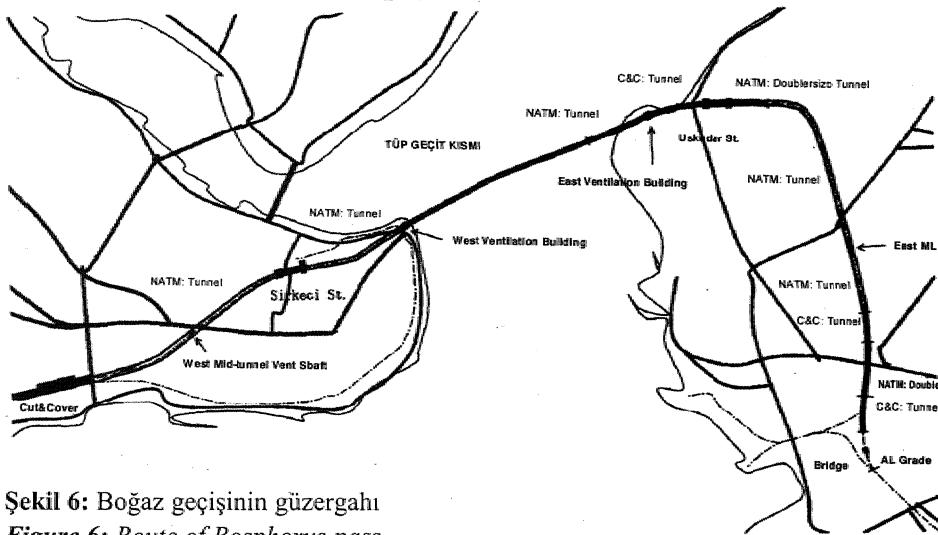
bilir' olduğu kolayca tahmin edilebilmektedir' (Şekil 8), Deniz tabanından. 13 m'den daha. derin kısımlarda ise sağlam zemin gözlenmekte olup, bu kısmın sıvılaşma olasılığı oldukça zayıftır. Tüp tünelin, deniz tabanından 5-12 m derinlikte planlanacağı gözönüne alınır, jeoteknik koşulların iyi olmadığı ve zeminin sıvılaşmasına karşı önlem alınması gerekeceği anlaşılmaktadır...

Boğaz geçişi, güzergahı boyunca deniz derinliği. en derin noktada. 47 m'ye ulaşacaktır,. Tüp tünelin inşası halinde, bu seviyeden. 12 m daha. aşağıya kadar kazı yapılacağı için derinlik 60 m olacaktır... Bu derinlikte: inşa. edilmiş, tüp tünelin dünyada bir başka örneği, yoktur.. Böyle bir derinlikte tüplerin birleştirilmesinde dalgıç kullanımı mümkün olmayıp, tüplerin eklenmesi, oldukça, büyük sorun oluşturacaktır,.

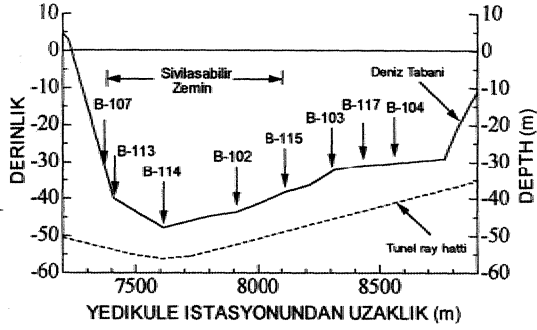
Boğazdaki Çevre Koşulları» Beniz Trafik ve Deniz Kazaları

Çevresel koşullar¹

Boğaz'da da biribiri ne zıt yönde iki deniz akımı söz konusudur.. Üst akım, Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru olup, değeri 3-4 knots (1.5-2.0 m/s)'dur.. Diğerisi ise, Marmara Denizi'nden Karadeniz'e doğrudur., Bu durumun,, özellikle tüp tünelin inşası halinde uzunluğu 100 m olan tüplerin deniz tabanına indirilmesinde kullanılacak halat-



Şekil 6: Boğaz geçişinin güzergahı
Figure 6: Route of Bosphorus pass



Şekil 7: Boğaz tabanının profili ve sondaj lokasyonları

Figure 7: Seabed profile of the Bosphorus and locations of the boreholes

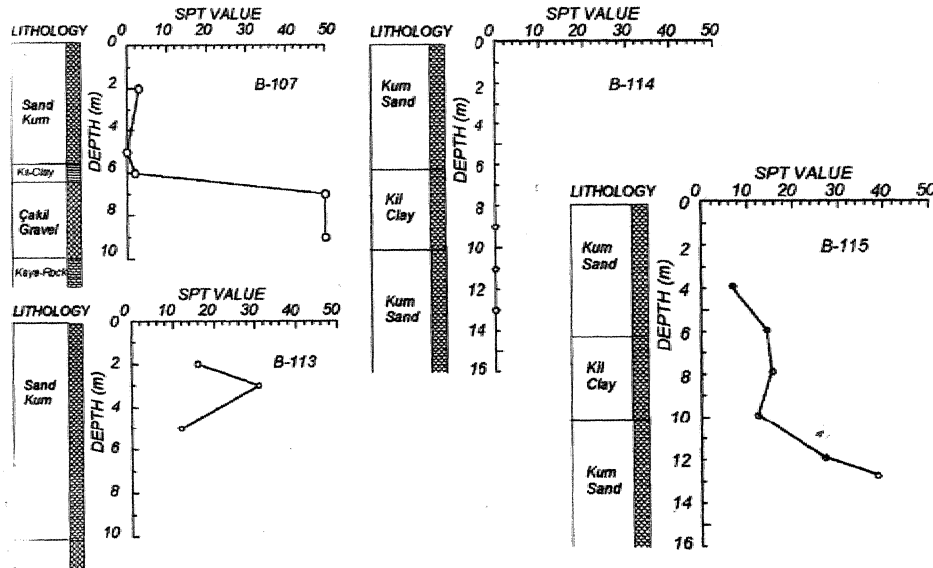
lannin S şeklinde kıvrılmasından dolayı, oldukça büyük sorunlara neden olması beklenmektedir (Şekil 9). Bunun yanı sıra, tüp tünel inşaatı sırasında deniz tabanının kazılıp- düzlenmesi gerekeceğinden,, kazılan toprak deniz akımından etkilenerek çok büyük alanları etkileyecek düzeyde bir deniz kirlenmesine neden olacaktır. Dolayısıyla böyle bir durumun denizdeki canlı ortamını çevresel açıdan etkilemesi kaçınılmazdır., Marmara Bölgesindeki balık göçü, ve balıkçılık mevsimi düşünülerek, denizde yapılacak inşaatın yılın belirli bir döneminde (en az 3 ay) durdurulması gerekecektir., Bu durum, özellikle tüp tünelin inşasını doğrudan ilgilendirecek ve

inşaat süresinin uzamasına neden olacaktır. Kazı sırasında patlatma yönteminin kullanılması halinde, balıklar bu işlemden etkilenecektir..

Boğaz'ın her iki yakasında yapılaşmanın oldukça yoğun ve özellikle inşaat için gerekli bir alana gereksinim duyulacak olmasından dolayı bÜ30ık sorunlar yaşanması beklenmektedir. Özellikle uzunluğu 100 m'yi geçen tünel tüplerinin inşası için büyük bir alan gereklidir.. Böyle bir alanın Boğaz geçişinde bulunmaması nedeniyle, bu tür alanların ancak, Tuzla-Pendik gibi en azından 30 km uzaklıktaki bölgelerde bulunacağı gözönüne alındığında, tüplerin inşaat alanına getirilmesi için zaman ve maliyet açısından sorun yaşanabilecektir.

Deniz trafiği

Boğazlar, tarih boyunca çok önemli bir deniz yolu olarak hizmet vermiştir.. Bugün de bu önemini halen korumakta olan İstanbul Boğazında çok yoğun bir deniz, trafiği söz konusudur. Böyle bir deniz yolu, üzerinde yapılacak inşaat işleminin deniz trafiğini büyük ölçüde etkilemesi kaçınılmazdır. Dolayısıyla İstanbul'un Anadolu yakasındaki Haydarpaşa ve Kadıköy ile Rumeli yakasındaki Karaköy ve Eminönü semtleri arasındaki vapur seferleri de oldukça etkilenecektir.



Şekil 8: Boğaz'da yapılan bazı sondajlarda belirlenen SPT darbe sayılarının derinlikle değişimi

Figure 8: Variation of SPT-N values from boreholes drilled in the Bosphorus with depth

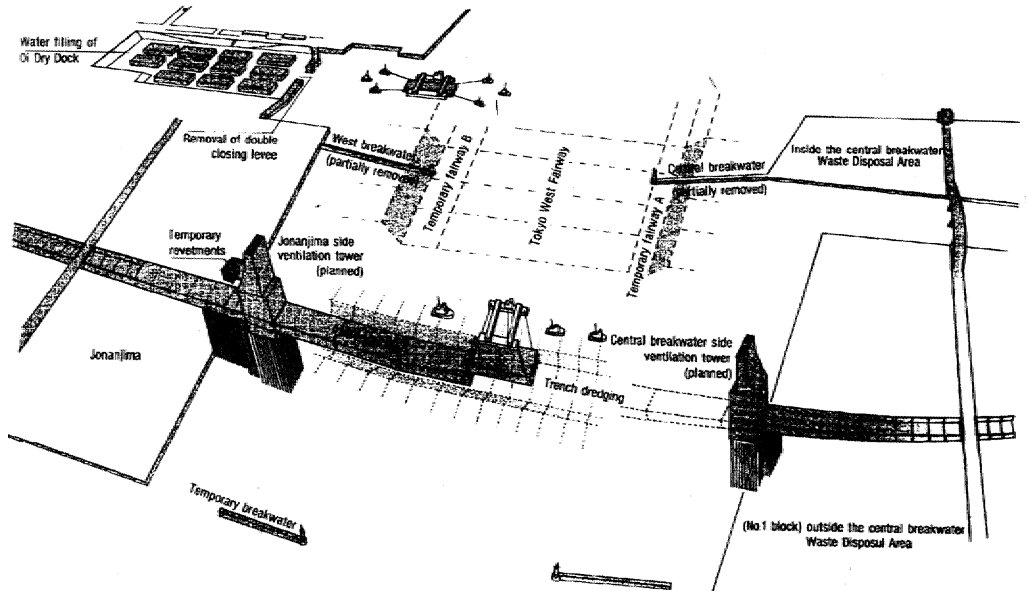
Deniz- kazaları ve diğer sorunlar

Boğazlarda deniz trafiğinin çok yoğun olması, belirli zamanlarda çok yoğun sis oluşumu ve diğer etkenler nedeni ile deniz kazaları ile sık sık karşılaşmaktadır. Özellikle yanıcı ve patlayıcı madde taşıyan tanker' ve savaş gemilerinin bu tür deniz kazalarına neden olması sonucu. Boğaz ve: yakın çevresi, çok 'büyük tehlikelerle karşı karşıya, kalmıştır. Çok sayıda, insanın toplu olarak geçiş yapacağı Boğaz •tüneline bu tür kazaların oluşturacağı yapısal yüklemelerden dolayı hasar' oluşması çok büyük can kaybına neden olabilecektir,. Bu nedenle tünel ile deniz tabanı arasındaki örtü tabakasının bu tür kazalardan etkilenmeyecek derinlikte olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra., tarihte boğazların birçok sayıda, düşman saldırısına uğramış olduğu gö.zar.dı da edilmemelidir. Dolayısıyla, boğazda inşa edilecek denizaltı tüneli için bu tarihi gerçeğin, de gözönünde bulundurulması zorunluluğu vardır.,

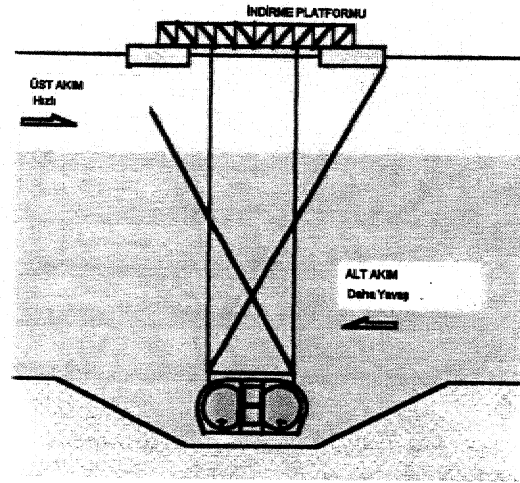
Batırma Tipi Tünel ve Kalkan Tanelin Başlıca Özellikleri

Batırma tipi tüp tünel

Batırma tipi tünellerin (submerged tunnel) inşasıyla ilgili başlıca özellikler Şekil 10'da gösterilmiştir., Bu tür tüneller.» karada, inşa edilen tüplerin



Şekil 10: Batırma tipi tüp •tüneline ana unsurları



Şekil 9: Boğazdaki deniz akımı ve tüplerin konumu
Figure 9: Sea current in the Bosphorus and position of the tubes

deniz tabanında açılan ve tabanı düzlenmiş bir hendeğe batırılarak indirildikten sonra dizilerek yerleştirilmesi ve daha sonra üstlerinin örtülmesi şeklinde inşa edilmektedir. Bu nedenle, deniz kenarında genellikle uzunluğu. 100 m'yi geçen tüplerin inşa edileceği deniz; seviyesinin altında geniş bir yapım alanına gereksinim vardır. Tüplerin deniz tabanına yerleştirilmesinden önce., tüp tünel yüksekliğinin 1.3-1.7 katı derinlikte ve oldukça geniş bir hendeğin kazılması ve tabanının düzlenmesi gerekmektedir. Tüpler inşa edildikten sonra yüzdürülerek tünel inşa alanına getirilmekte ve vinçlerden ve harita

Figure 10: Main features of the submerged tunnel

mühendisliği ilkelerinden yararlanılarak ve dalgıç kullanılarak deniz tabanına batınıp indirilmekte ve dizilerek birbirlerine eklenmektedir. Tüplerin yûzdürülmesi ve batırılması işleminin en ekonomik şekilde gerçekleştirilebilmesi için, ortalama, yoğunluğu deniz soyunun yoğunluğuna yakın, olacak şekilde hazırlanan su ve çakıl karışımı bir malzeme tüplerin, belirli, kısımlarına, konmaktadır. Yûzdürme sırasında, yoğunluk sudan, az ve batırma, sırasında sudan yüksek, olacak, şekilde:» tüplerin içine su çekilmekte veya eklenmektedir. Tüplerin, karayla birleştirilmesine aynı zamanda inşaat sonrasında havalandırma amacı ile havalandırma, kuyuları açılmaktadır. Hendek kazısından çıkan, malzemenin karada depolanması gerekmekte ve kazı sırasında sulu kazı malzemesinin çevreyi kirletmesini N önlemek mümkün olamamaktadır., Ayrıca hem kazı, hem. de tüplerin deniz; tabanına indilip birbirlerine eklenmesi için. deniz •yüzeyinde çalışan ağır iş makinelerine sahip platformların kullanılması gerekmektedir. Bu işlemlerin tümü, bölgedeki deniz trafiğini olumsuz yönde etkileyebilmekte: ve zaman zaman, deniz, kazalarına da neden olabilmektedir. Örneğin, Japonya'da Tokyo Körfezindeki Aqua-line otoyolunun tünel kısmı önce: batırma tipi tünel olarak tasarlanmasına rağmen,, yukarıda değinilen nedenlerden, dolayı, bu yöntemden vazgeçilerek kalkan tünelcilik yöntemiyle inşa edilmiştir.. Diğer yandan, tüplerin eklem yerlerinde su. sızdırmazlığını sağlamak amacıyla kauçuk, contalar kullanılmaktadır.. Basınç altında bu contaların mekanik davranışı iyi olmakla birlikte, çekilme gerilimleri, altında kopabilmektedir. Bunun yanısıra, bu eklem yerleri, tüp tünel yapısının içinde en zayıf noktaları oluşturmakta ve sistemin katılığı, bu. eklem yerlerinde çok. büyük değişimlere: yol açmaktadır.. Dolayısıyla, deprem gibi dinamik •yüklemelere neden olan olaylar sırasında, eklem yerlerinin, büyük ölçüde etkilenmesi ve tüplerin hasar görme olasılığı oldukça artmaktadır..

özellikle eklem, yerlerinde meydana gelebilecek kopmalar¹ sonucu, deniz; suyu. üste konan oldukça geçirimli malzemedan dolayı, çok. kısa. zamanda tüplere girerek,, tünelin su altında kalabilme olasılığını arttırmaktadır.

Kalkan tünelcilik yöntemi

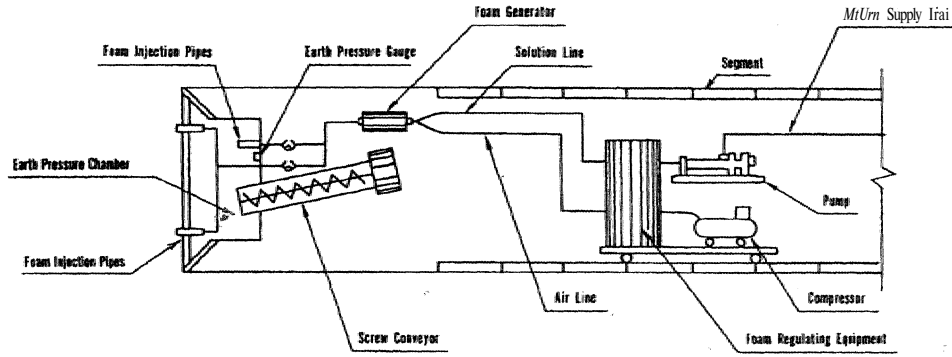
Kalkan tünelcilik yöntemi, 18. yüzyılın sonlarında dünyada, ilk kez Londra'da. Thames Nehri'nin altında inşa edilen tünellerde kullanılmıştır.. Yöntem,,

özellikle: zayıf ve bol su. içeren kumlu zeminlerde: yaygın olarak kullanılmaktadır.. Şekil 11.¹ den görüleceği, üzere, günümüzde: bu. •tünelcilik yönteminde kazı ve destekleme işlemi birlikte: yapılmaktadır. Kazı işlemi, tünel kazı makinesi kullanılarak,, zeminin desteklenmesi ise betonarme kaplama parçaları birbirlerine eklenerek ve silindirik bir-şekil alacak şekilde yapılmaktadır.. Bu tünelcilik yönteminde en. büyük sorun, tünelin duraylılığı açısından, risk taşıyan kazı aynasının duraylılığının sağlanmasıyla ilgilidir. Bu amaçla kazı aynasında, zemine karşı basınçlı çamur (earth pressure balanced method) uygulanmaktadır. Bu işlem, yöntemi ilk kez; öneren İngilizler tarafından pek başarılı şekilde uygulanmamıştır. Daha sonra Japonlar 1980'li yıllarda bu işlemi başarmışlar ve dolayısıyla kalkan •tünelcilik yöntemi diğer tünelcilik yöntemlerine göre oldukça avantajlı bir yöntem konumuna gelmiştir., Bunun yanısıra, yöntemin ana ilkelerinin kaya, tünellerinde kullanılan tünel açma makineleri (Tunnel Boring Machine, **TBM**) ile aynı olması nedeniyle, aynı makinenin toprak ve kaya zemin ortamlarında kullanabilmesi, de mümkün, olabilmektedir.

.Zemin Sıvılaşması ve Denizaltı. Tünelime Etkisi

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi, tarihi deprem kayıtları gözönüne alındığında, yakın bir gelecekte: Marmara. Denizi içinde bir deprem kaçınılmazdır. Dolayısıyla tüp geçitinin tasarımında, deprem sırasındaki sarsıntıya bağlı olarak oluşacak yükler ile deniz tabanını oluşturan zeminin sıvılaşma riskinin gözönüne alınması gerekmektedir. Ortalama yoğunluğu az olan tüp geçit, sıvılaşmaya. bağlı olarak zeminin, direncini yitirmesi sonucu, oluşan kaldırma kuvvetinden dolayı, deniz •yüzeyine doğru itilecektir.. Bu durum, tüp geçitinin eklem yerlerinin kopmasına. neden olabilir.,

Sıvılaşma. olgusu, 1964 yılındaki Niigata depreminden (Japonya) sonra, önem kazanmış ve bu davranışa bağlı yapısal, hasarlar incelenmeye başlanmıştır.. Sıvılaşma;, sırasında zeminin makaslama dayanımını yitirmesi ve sıvı. gibi davranmaya başlaması nedeniyle ağır olan yapılar batmakta, hafif yapılar ise: yükselmektedir. Ayrıca, zeminin eğimli olması, halinde: zeminin yanal yönde yayılması ve akmasıyla oluşan büyük yerdeğiştirmelerden dolayı gömülü yapılar burkılmaya, ayrılmaya veya.



Şekil 11: Kalkan tünelin ana unsurları

Şekil 11: Main features of the shield tunnel

• biikülmeye maraz kalabilmektedir, Şekil 12 ve Şekil 13, Nihonkai Chubu Depreminde tankların ve.. Kushiro-oki Depreminde (Japonya) Kushiro şehrinde kanalizasyon kuyusunun yükselmesini göstermektedir (Kamada, 2000). Bu bölümde, sıvılaşmanın tüp tünel üzerindeki etkisini incelemek üzere sarsma masası deney düzeneği kullanılarak yazar tarafından yapılan model deneylerin sonuçları sunulmuş ve tartışılmıştır.

Model Deneylerde Kullanılan Malzeme ve Sarsma Masası

Model deneylerde zemin malzemesi olarak, Japon standartlarına göre 7 no., lu kum kullanılmıştır. Bu. kumun yüzde 96'sı kuvars ve geri kalan kısmı mika ve feldispattan oluşmaktadır.. Kumun fiziksel



Şekil 12: Nihonkai Chubu depreminde (Japonya) Akita kentinde sıvılaşmaya bağlı olarak benzin tanklarının yükselmesi

Figure 12: Liquefaction-induced uplift of the oil tanks in Akita city during' Nihonkai Chubu earthquake (Japan)

özellikleri ve tane boyutları ile ilgili veriler Çizelge 1'de verilmiş ve tane-boyu dağılımı Şekil 14'de gösterilmiştir. Bu kum.ua doğal kuru duraylılık eğim açısı (angle of repose) yaklaşık" 30o olup, malzeme gevşek kum olarak sınıflandırılabilir.. Zeminin sıvılaşma öncesi makaslama elastik hızı yaklaşık 80m/s"dir,

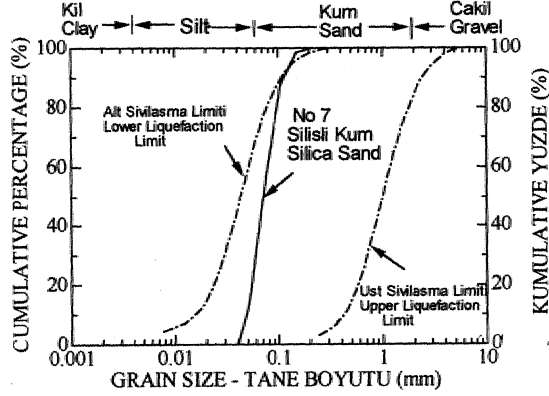
Zemin.; uzunluğu 340 mm, yüksekliği 2,50 mm ve genişliği 200 mm olan. saydam mikadan, yapılmış, bir hazneye yerçekimi altında yerleştirilmiş ve yüzeyi yaklaşık 1.7o olacak şekilde eğimlendirilmiştir. Tüp geçit ve kanalizasyon yapısını modellemek için ise, içi boş., çapı 45 mm ve boyu 80 mm. olan mikadan yapılmış ağız kapalı tüpler kullanılmıştır (Şekil 15).

Sarsma masası; Tokai Üniversitesi, Deniz İnşaat Bölümü'nün Yapı Mekaniği Laboratuvarında mev-



Şekil 13: Kushiro-oki depreminde (Japonya) Kushiro kentinde gözlenen kanalizasyon kuyusunun yükselmesi

Figure 13: Uplift of a manhole observed in Kushiro city during Kushiro-oki earthquake (Japan)



Şekil 14: Model deneylerde kullanılan malzemin tane boyu dağılımı

Figure 14: Grain size distribution of the material employed in the model tests.

cut olup, bu düzenekle ağırlığı 100 kg" a kadar modellerle sarsma deneylerinin yapılması mümkündür., Sistemde uygulanabilir en yüksek ivme değeri 1000 gal olup, deney sırasında sabit ivme altında frekans değişimi veya sabit frekans altında ivme: değeri değiştirilerek deney yapılması, mümkündür. Sarsma masasında uygulanabilir en büyük yerdeğiştirme miktarı ise, 100 mm'dir.

Model deneyler

Model deneyler sırasında tüp geçit için aşağıda belirtilen iki farklı durum gözününe alınmıştır (Şekil 16):

- Tüp geçitin üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı ($h/D=0,25,0,67$)
- Tüp geçit örtü malzemesinin kaya, doğu.su. olması durumu ($h/D=0.67$)



Şekil 15: Yükselme model deneyinden bir görünüm
Figure 15: A view from the uplift model test

Çizelge: 1: Model deneylerde kullanılan kumun fiziksel özellikleri

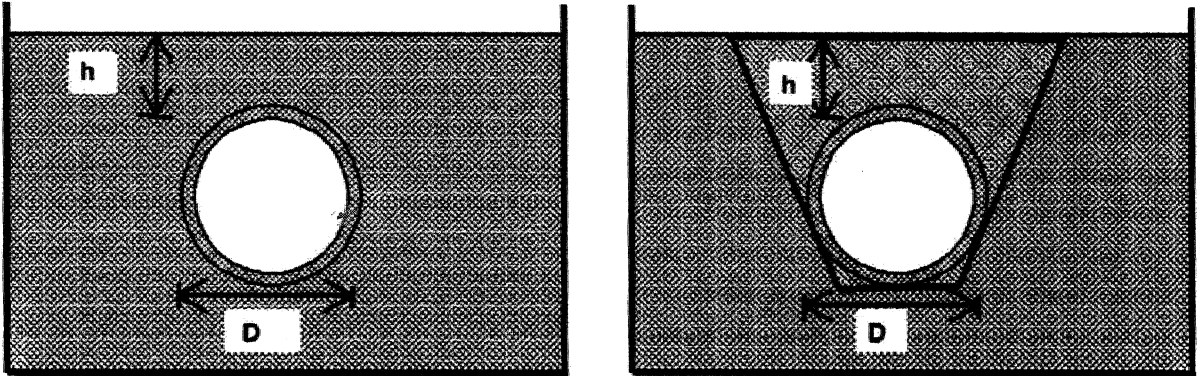
Table 1: Physical properties of the sand employed in the model test

Özgül Ağırlık	2.65
En az boşluk oranı	0,64
En. •yüksek boşluk oranı	1. 11.
Ortalama tane boyutu D50 (mm.)	0,03
Eşboyutluluk katsayısı	1.7

Örtü tabakasının aynı tür zeminden oluşması faalinde, örtü tabakasının kalınlığından bağımsız olarak, tüp geçitte yükselme davranışı gözlenmiştir (Şekil 17 ve 18). Tüp geçitin üzerindeki ve yanlarındaki zeminin sıvılaşarak,, 'yükselen, tüpün oluşturduğu, boşluğa doğru aktığı gözlenmiştir., Örtü tabakasının kalınlığının az, olması durumunda, yükselme kısa. zamanda gerçekleşmesine karşın,, kalınlığın artması ile daha. uzun bir sürede meydana gelmektedir (Şekil 19 ve 20).

Tüpler deniz tabanına, yerleştirildikten sonra,, kaya malzemesinden, oluşan bloklar kullanılarak bunların üstüne ve yanlarına dolgu yapılmaktadır., Böyle bir inşaat, işleminin, zeminin sıvılaşma bağı olarak oluşabilecek, yükselme olgusunun derecesini, azaltması beklenmektedir., Bu varsayımın geçerliliğini incelemek üzere, dolgu malzemesi olarak silisli kumtaşıdan oluşan, çakıl kullanılarak model deney yapılmıştır. Deney sonrası modelin durumu ile ölçülen ivme ve yerdeğiştirme davranışı Şekil 21-22'de verilmiştir.

Dolgunun kullanılması ile tüp geçitin yükselme miktarı azalmakla birlikte, yükselme olgusu, engellenememiş ve dolgunun kumlu zeminin davranışına benzer bir davranış gösterdiği gözlenmiştir., Böyle bir' olgunun,, gerçekte 'Süp geçiti oluşturan tüplerin esnek olan eklem yerlerinde çok büyük çekilme kuvvetlerine ~nedşn olacağı açıklıkla söylenebilir. Dolayısıyla eklem, yerlerinde meydana gelebilecek bir kopma, sonucu, bu. yapılan tamamen su basarak büyük, can kaybına ve hasarlara, neden olacağını, söylemek yanlış olmaz., Zemine etkileyen ivmeyi ölçmek üzere zemin yüzeyine konan alüminyum bloğa ait ivme kayıtlarının,, kayda değer diğer önem-



a) Kaya dolgusu yapılmamış, tüp tünel

a) Tube tunnel without filling

b) Üstü kaya dolgulu tüp tünel

b) Tube with filling

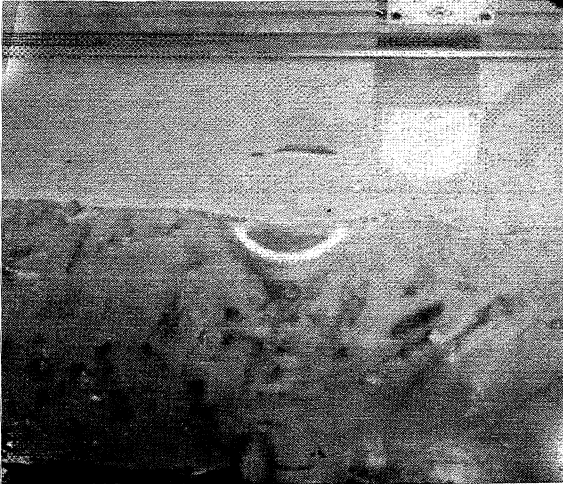
Şekil 16: Model deneylerinde gözününe alman durumlar

Figure 16: The conditions considered in the model tests

II bir husus olduğu söylenebilir. Zeminin, ölçülen ivme değeri sarsma masasında alınan kayıtlarla, hemen hemen aynıdır. Bu gözlem, sıvılaştan zeminin yatay kuvveti iletme özelliğini yitireceği varsayımının doğru olmadığı anlamına gelmektedir.

Batırma, Tipi Tiip Tinel ile Kalkan, Tünelinin Karşılaştırılması

Boğaz geçişi için şu anda tek seçenek olarak düşünülen batırma tip tüp tünel ile diğer bir seçenek olabilecek kalkan tünelin avantaj ve dezavantajları;



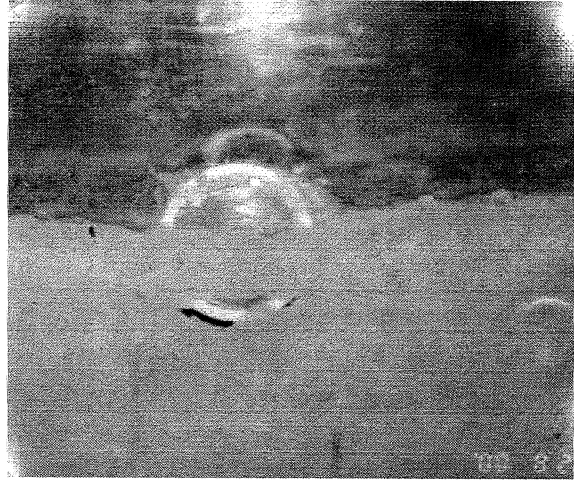
Şekil 17: Model deney sonrası tüp geçitin durumu ($h/B=0.25$)

Figure 17: The condition of tube passage after the model test ($k/D=0.25$)

kazı, inşaat, deprem, ve çevre koşulları esas alınarak aşağıda tartışılmıştır.

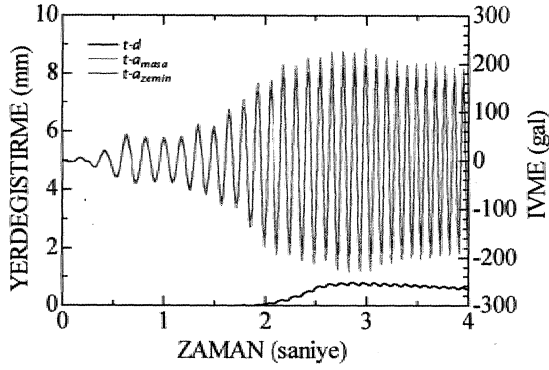
Kazı sorumu

Batırma tip tüp tünelin inşası için deniz tabanının, kazılarak düzlenmesi, dolayısıyla deniz tabanından 1.7Dlik bir seviyeye kadar kazı işleminin yapılması gerekmektedir. Böyle bir kazının deniz yüzeyinden yapılması zorunluluğu vardır. Bu durumda deniz trafiği oldukça etkilenecek, yerel ve uluslararası deniz trafiğinde büyük aksamlar meydana gelebilecektir. Kazıdan dolayı oluşacak çamurlu suyun



Şekil 18: Model deney sonrası tüp geçitin durumu ($h/D=0.67$)

Figure 18: Tube passageway after the model test ($\beta/D=0.67$)

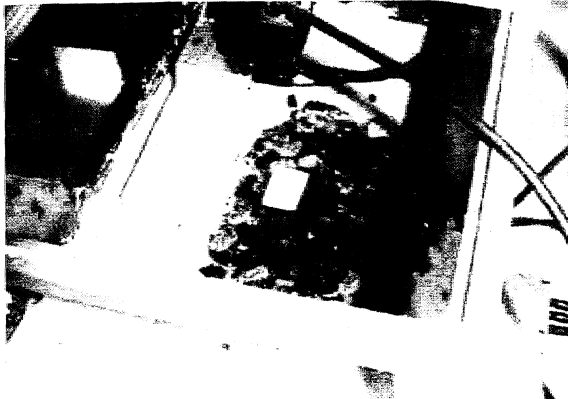


Şekil 19: Sarsma masası deneyi sırasında ölçülen "zaman-ivme" ve "zaman-yerdeğiştirme" ilişkileri ($h/D=0.25$)

Figure 19: Relationship between "time-acceleration" and "time-displacement" measured during the shaking table test ($h/D=0.25$)

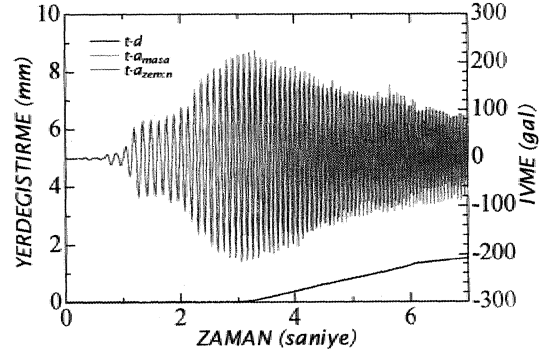
denizde çevre kirlenmesine yol açması da söz konusudur. Bunun yanı sıra, bazı kısımlarda kayada kazı yapılmasının gerektiği, durumlarda patlatmaya gidilmesi hem deniz tabanındaki canlıları olumsuz yönde etkileyecek, hem de çevredeki yapılarda sarsıntılara neden olacaktır.

Kalkan tünelinin kazısı sırasında, yukarıda sözü edilen soranlarla karşılaşmayacaktır. Tek soran, zemindeki su basıncının tünel aynasının duraylılığı üzerinde yapacağı etki ile ilgilidir. Zemindeki su basıncının değeri, tünelin en derin, noktasında deniz tabanından olan örtü tabakası kalınlığının 2D olması



Şekil 21: Kaya dolgulu tüp geçit model deneyden sonraki durumu ($h/D = 0.67$)

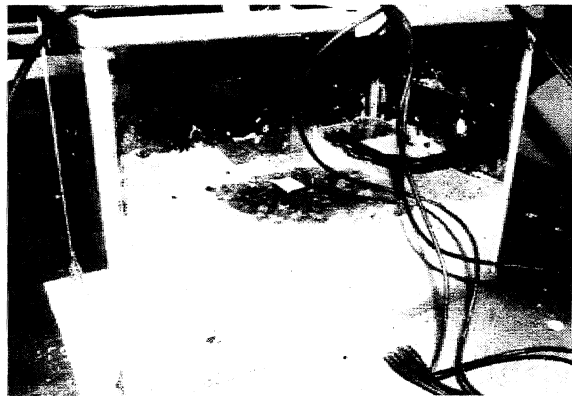
Figure 21: The state of the tube passageway with rock filling after the model test ($h/D = 0.67$)



Şekil 20: Sarsma masası deneyi sırasında ölçülen zaman-ivme ve zaman-yerdeğiştirme ilişkileri ($h/D=0.67$)

Figure 20: Relationship between "time-acceleration" and "time-displacement" measured during the shaking table test ($h/D=0.67$)

halinde yaklaşık 6.6 kgf/cm^2 olacaktır. Tokyo Aqua-Line- denizaltı kalkan tünelinin böyle bir su basıncı altında inşa edildiği gözönüne alındığında, bu tür bir sorunun teknolojik açıdan aşılabileceği görülmektedir. Japonya'da kalkan tünelcilğinde kazı makinaları, en yüksek su basıncı 10 kgf/cm^2 olarak düşünülüp tasarlandığı için, bu tür bir sorunun Boğaz geçişi için kullanılacak teknolojinin benzeri teknoloji ismi olması du.ramun.da yaşanmaması beklenmelidir. Kazıda kullanılacak tünel kazı makinesinin hem kaya, hem de toprak zemin kazısında kullanılabilmesi, teknolojik açıdan mümkün olduğu için, kazı işleminin daha ekonomik olması söz konusudur.



Şekil 22: Kaya dolgulu tüp geçit modelinin deneyden sonraki durumu ($h/D=0.67$)

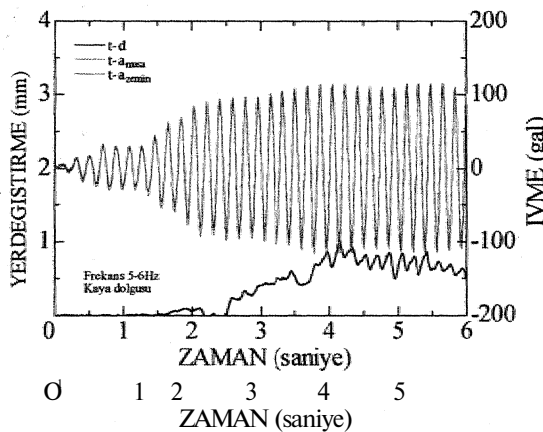
Figure 22: The state of the tube passageway with rock filling after the model test ($h/D=0.67$)

Kara Tünelleri ile Denizaltı Tünellerinin Bağlanma Sorunu

Tip tünellerin, Yeni Avusturya. Tünelcilik Yöntemi (NATM) yöntemi kullanılarak açılacak kara. tünelleri ile bağlanması., duraylılık ve inşaat güvenliliği açısından oldukça, büyük sorunlara neden olacaktır., Özellikle- bu husus, Rumeli yakasındaki Sirkeci'de çok büyük sorun haline gelebilir., Çünkü bu kısımda kazının, oldukça kalın bir normal atınlı fayın içerisinde yapılacak olması ve derinliğin artması, bağlantı inşaatını oldukça zorlaştıracaktır... Meydana gelebilecek su. patlamaları hem iş güvenliğini, etkileyecek, hem de: inşaatın maliyetini arttıracaktır. Diğer yandan, kalkan'tünel yönteminin, kullanılması halinde yukarıda sözü edilen, soranların hiçbiri yaşanmayacaktır. Tünel, karadaki tünelin, bir devamı şeklinde- olacağı için, söz konusu bağlantı yerlerinde böyle' bir soranla karşılaşılması mümkün görülmemektedir.

Denizdeki akıntı, sisteminin etkisi

Batırma tip tüp tünel inşaatında Boğazdaki deniz akıntı sistemi tüplerin deniz tabanına indirilmesi sırasında, dünyada enderi, olmayan S şeklinde halatların şekil değiştirmesine yol açabilecek ve bu şekil değiştirme simetrik, olmayacaktır. Diğer yandan, derinliğin. 60 nfy'e ulaşması nedeniyle tüpler 'dalgaç kullanılması mümkün kılmayacağı için, maliyeti bir hayli yüksek olacak ölçüm sistemi kullanılarak



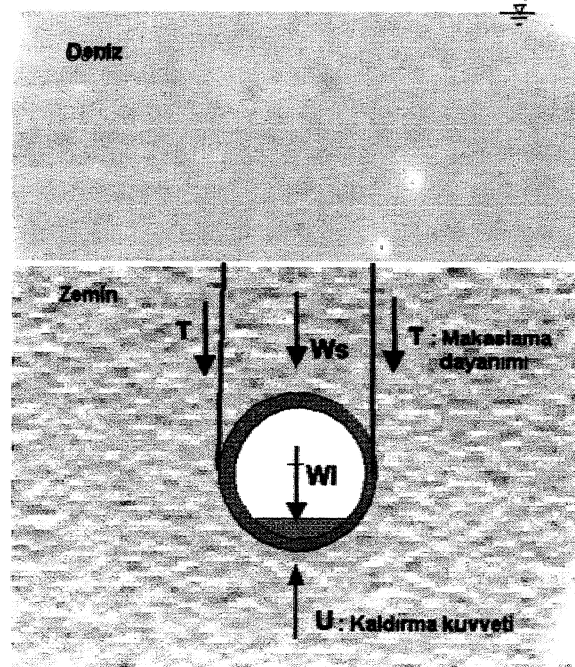
Şekil 23: Kaya dolgulu tip geçilin, sarsma masası deneyi si.ras.in.da ölçülen, **zainan-ivme" ve "zaman-yerdeğiştirme" ilişkileri (b/D=0.-67)

Figure 23: "Time-acceleration" and "time-displacement" relationships of the passageway with rock filling during the shaking table test (hfD=0.,67)

tüplerin birbirlerine eklenmesi gerekecektir., önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, deniz akıntı sistemi kazı. sırasında oluşacak çamurlu suyu çok uzak bölgelere taşıyacak, ve geniş, bir alanda, deniz; kirlenmesine yol açacaktır., Kalkan tünelin inşası halinde ise, yukarıdaki sorunların hiçbiri beklenmemektedir.

İnşaat alanı sorunu

Batırma tip tüp tünelin inşası için uzunluğu 100 m'yi bulan tüplerin inşa edileceği, deniz kenarında gerekli koşulları sağlayan geniş bir alana ihtiyaç duyulacaktır. Bu tür alanlar, bugünkü koşullar altında inşaat alanından 30 km uzaklıkta olacak ve tüplerin yüzdürülerek inşaat alanına getirilmesi gerekecektir. Buna karşın, kalkan tüneline bu sorunun yaşanmayacak ve karadaki tüneller için planlanan güzergah aynen kullanılacağı için, ek bir alana da gereksinim duyulmayacaktır. Dolayısıyla alan ile tüplerin yüzdürülerek taşınması işleminin neden olduğu ekonomik yüklerin hiçbiri kalkan tüneline inşası halinde söz konusu olmayacaktır.

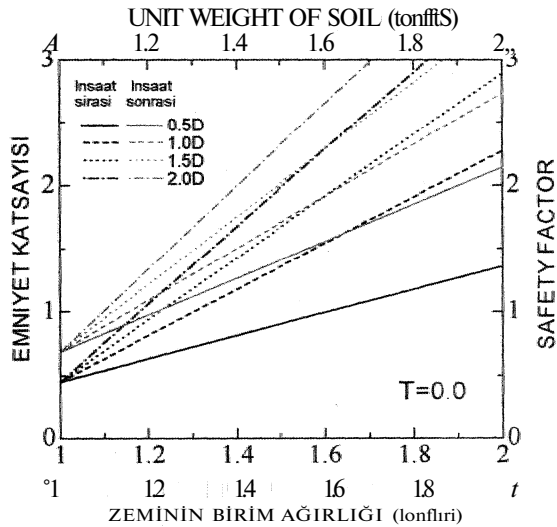


Şekil 24; Boşluk suyu basıncından kaynaklanan kaldırma kuvvetine karşı, tünelin duraylılığı için kullanılan mekanik model

Figure 24; The mechanical model used for the stability of the tunnel against buoyancy effect due to pore water pressure

Deprem ve sıvılaşma soruna

Daha önce değinildiği gibi, yakın bir gelecekte Marmara Denizi'nde bir depremin meydana gelmesi kaçınılmazdır., Dolayısıyla Boğaz tünelinin tasarımında deprem sırasındaki sarsıntıya bağlı olarak oluşacak yükler ile deniz tabanındaki, zeminin sıvılaşma riskinin gözönüne alınması gerekmektedir. Şu anda planlanan seviyede zeminin sıvılaşabilir olmasından dolayı tüp tünel, sıvılaşma sonucu zeminin direncini yitirmesiyle oluşacak kaldırma kuvvetine bağlı olarak» deniz yüzeyine doğru itilecektir. Bu durum, tünelin eklem yerlerinin kopmasına neden olabilecek ve tünelin içinde açılacağı zeminin sıvılaşmaya karşı iyileştirilmesiyle ilgili önlemlerin alınması gerekli kılacaktır. Dolayısıyla tünel maliyeti doğal olarak artacaktır. Tünelin deniz tabanından olan derinliğinin 2D'den daha fazla olması halinde, tünel sıvılaşma riski düşük olan zemin içinde açılacağı için böyle bir sorunun yaşanmayacaktır. Bu durumda bile, belki tünelin çok az bir kısmı için zemin iyileştirme önlemleri gerekebilir. Sıvılaşma sonucu zeminin makaslama direncini yitirdiği varsayımına dayanan basit bir yaklaşım (Şekil 24) için tünel derinliğinin artırılmasının



Şekli 25: Boşluk basıncına bağlı olarak, kaldırma olgusuna karşı güvenlik katsayısının zeminin birim hacim ağırlığı ile örtü tabakasının kalınlığına göre değişimi.

Figure 25: Variation of factor of safety with unit weight of the soil and the thickness of the overburden against uplift phenomena depending of pore water pressure.

tünelin sıvılaşmaya bağlı yükselme olgusuna karşı güvenlik katsayısının değişimi Şekil 25'te gösterilmiştir. Tünel derinliğinin artması, tünelin güvenlik katsayısını da arttırmaktadır. Tünelin üzerindeki örtü tabakasının kalınlığının 2D'den fazla olması halinde, zeminin sıvılaşma olasılığının az ve kohezyona sahip olması, nedeni ile gerçek güvenlik katsayısının oldukça yüksek olacağı Şekil. 25'ten de kolayca anlaşılmaktadır. Boğaz geçişi için düşünülen, eğimin yüzde 1.6 olmasının şart koşulması halinde, tünelin derinliği artması,, toplam, uzunluğunun, da artmasına neden olacaktır. Şu. andaki tünel uzunluğunun aynı olması istendiğinde, tünelin eğimi örtü. tabakası kalınlığının 1.5D ve 2.0D olması için yüzde 2.2 ile 2.6 arasında değişecektir.. Doğru Japonya Demiryollarının 1.994'teki yeni tasarımı yönetmeliğine göre saatteki hızı 110 km'yi geçen demiryollarında bile, çağdaş teknolojiye göre tünel eğiminin, yüzde 3.5 olabileceği belirtilmektedir (EJK, 1994).. Dolayısıyla tünelin üzerindeki örtü tabakasının kalınlığının artmasının önemli bir soran oluşturması söz konusu değildir.. Tünelin, inşa edileceği derinliğin artırılması» deniz, içinde meydana gelebilecek patlama ve saldırı gibi olumsuzlukların etkisini de oldukça, azaltacaktır. Batırma tip tüp tüneline bu tür' durumlara karşı örtü tabakasının kalınlığının artırılması, kazı ve sonradan örtme işleminin neden, olabileceği mali yükten, dolayı oldukça pahalı olup» kalkan, tünelineki gibi örtü tabakası derinliğinin seçimi kolay değildir.

Eklem, ve su sızması sorunu

Batırma tip tüp tüneline inşası sırasında 'tüpler birbirlerine eklenirken kauçuk contalar (eklemler) kullanılmaktadır. Bu kauçuk eklemler, Boğaz tüneline oluşabilecek su basıncına karşı deneysel 'verilere göre yeterli olabilecektir, Deprem, sırasında oluşabilecek, kaldırma kuvvetinden dolayı basmaya karşı yeterli dayanıklılığa sahip olan bu eklemler, istenmeyen çekme kuvvetlerine maruz kalabilirler. Bunun, yanısıra^uzun dönemde bu tür malzemelerin davranışları hakkında bazı bilinmeyen hususlar söz konusudur. Benzeri soranlar, kalkan tüneline inşaatında da söz konusu olmakla birlikte, bu tür tünellerde eklemlerde yaşanabilecek sorunlar daha kolay çözümlenebilmektedir.

Çevre ve deniz trafiği sorunları

Batırma tip tüp tünelin inşası için deniz tabanında kazı yapılması gerekli olacaktır. Bu kazıda çıkarılacak malzemenin karada yığılması sonucunda oluşacak, yığın şevlerinin duraylılığı ile atıklar için uygun alanların bulunması sorun oluşturacaktır. Ayrıca kazı sırasında oluşacak çamurlu su, Boğandaki akıntıdan dolayı deniz kirlenmesine neden olacak ve çevre sorunları meydana gelecektir. Ayrıca yerel, ve uluslararası deniz trafiğinde zaman zaman aksamaların meydana gelmesi de kaçınılmazdır. Kalkan tüneline kazı sırasında çıkan malzemenin oluşturacağı atık sorunu, tüp tüneline benzer olmakla birlikte, diğer sorunların hiçbirini kalkan tüneline yaşanmayacaktır.

inşaat: süresi

Batırma tip tüp tünelin inşası bir yıl içerisinde, en az üç ay süreyle, balık göçüne izin verilmesi amacıyla, kesintiye uğrayacaktır. Bunun yanı sıra, iklim koşulları (sis, yağmur, fırtına), tüplerin inşaat alanına getirilmesi ve deniz tabanına indirilmesi işlemlerini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu tür sorunların hiçbirisi kalkan, tüneline inşasında yaşanmayacak ve dolayısıyla inşaat süresi daha kısa olacaktır.

Maliyet

Yukarıda sözü edilen birçok husus gözönüne alındığında, tüp tüneline inşaatının maliyeti kalkan tüneline maliyetinden daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Öncül tahminlere göre kalkan tüp tüneline inşaatının maliyeti tüp tüneline maliyetinin %60-70 dolaylarında olması beklenmektedir.

Güvenlik

Tüp tüneline, inşası sırasında deniz trafiğinde yapılacak düzenlemeler ve iklim koşulları deniz kazalarına neden olabilir. Bunun yanı sıra, deniz üzerinde yapılacak inşaat işlemlerinden dolayı iş kazası olasılığı da yüksek olacaktır. Deniz kazaları sorunu, kalkan tüneline inşaatında söz konusu olmayıp, iş kazaları olasılığı da oldukça düşük olacaktır.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada İstanbul'un trafik sorununu çözmek üzere inşası planlanan ve tek seçenek olarak gündemde olan Boğaz tüp geçit projesi değerlendirilmiştir.

ve projenin uygunluğu tartışılmıştır. Ayrıca diğer bir seçenek olarak kalkan tüneline uygunluğu, da karşılaştırma yapılarak değerlendirilmiştir. Boğaz geçişi için inşa edilecek tünellerin yakın gelecekte Marmara Denizi'nde meydana gelebilecek depremlerin neden olabileceği sıvılaşma olgusunun tünel duraylılığı üzerindeki etkisi üzerinde özellikle durulmuştur. Deneysel sonuçlar, sıvılaşabilir zemindeki tüneline zemin suyunun oluşturacağı kaldırma etkisinin çok önemli olduğunu göstermiştir. Bu nedenle tünellerin daha derinde ve sıvılaşma potansiyeli daha düşük olan zeminlerde inşa edilmesinin gerekli olduğu vurgulanmış ve bu tür bir uygulamanın mümkün olup olmadığı tartışılmıştır. Bu inceleme ve tartışmalardan Boğazdaki denizaltı geçişi için aşağıda verilen sonuçlara varılmıştır.

a) Tüp geçit inşası; kazı, inşaat süresi, deniz kazaları, deniz trafiği aksaması, çevre kirlenmesi, iş güvenliği ve maliyet açısından kalkan tünel inşaatı ile karşılaştırıldığında, birçok açıdan olumsuz yönlerinin fazla olduğu açık bir şekilde görülmektedir.

b) Tüp geçitin planlandığı derinlikteki zemin deprem sırasında kolayca sıvılaşabilir nitelikte bir zemin olup, zemin iyileştirmesini gerekli kılmaktadır. Çok uzun süre hizmet verecek bu tür yapıların zeminin doğal olarak sıvılaşmaya karşı daha dirençli olan derinliklerdeki zeminlerde inşa edilmesinin daha uygun olacağı düşünülürse, mevcut jeoteknik incelemelerin ışığı altında tüp geçitin deniz tabanındaki örtü tabakasının kalınlığının tünel çapının iki katı olması gerekir. Böyle bir koşulun tüp tüneline inşasında pek mümkün olmaması ve kalkan tüneline bu koşulu kolaylıkla sağlaması nedeni ile kalkan tüneline Boğaz geçişi için çok daha uygun olduğu, şeklinde bir yaklaşımın daha gerçekçi, olacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, zeminin yumuşak olmasının tüneline eklem yerlerinde oluşturacağı tekrarlı yüklerin büyüklüğünü arttıracığı düşünülürse, tüneline daha sağlam zemine inşa edilmesinin bu yükü oldukça azaltması beklenmelidir.

c) Örtü tabakasının artmasına rağmen, tüneline uzunluğu değiştirilmemesi istenmesi halinde, tüneline eğimi artacaktır, Örtü tabakasının tünel çapının iki katı olması halinde, tüneline eğimi yüzde 2,6 olup, bu eğimin günümüzde saatteki hızı 11,0 kn'den yüksek olan trenler açısından sorun yaratması beklenmemektedir.

Teşekkür

Yazar bu çalışmanın incelenmesi sırasında Hacettepe Üniversitesinden Sayın Prof. Dr. Reşat: Ulusay ile Boğaziçi Üniversitesinden Sayın Prof. Dr. Semir S. Tezcan'nın yapmış oldukları yapıcı eleştirisi, görüş ve önerileri için teşekkür etmeyi bir borç bilir,

Değinilen Belgeler

- Aydan, O., 1997, Seismic characteristics of Turkish earthquakes.. Turkish. Earthquake: Foundation, TDV/m97-G07, 41 pp.
- Aydan»** Ö., 2000.. GPS ölçümlerine dayanılarak Türkiye'nin, yıllık birini deformasyon ve gerilim hızı dağılımı üzerine bir çalışma. *Yerbilimleri* 22,21-31.
- Aydan, Ö., and Kumsar, EL, 1997. Yeni bir sıvılaşma tahmin yöntemi ve uygulamaları. İzmir ve Çevresinin Jeoteknik Sorunları Sempozyumu, İzmir, Bildiri Özleri Kitabı.
- Aydan, Ö., Sezaki, M., and Yarar, R., 1996., The seismic characteristics of Turkish Earthquakes. 11th. World Conference on Earthquake Engineering., Acapulco, Mexico, 1-8.
- Aydan, ö., Ulusay, R., Kumsar, HL, Sönmez, H., and Tuncay, E., 1998,. A site investigation of Adana-Ceyhan Earthquake of June 27, 1998. Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR 006-30, 131pp.
- Aydan, G., Ulusay, R., Hasgür, Z., and Taşkın, B., 1999., A site investigation, of Kocaeli Earthquake of August 17, 1999. Turkish Earthquake Foundation, 180pp.
- Barka, A.A., 1997.. Neotectonics of the Marmara region., *Active: Tectonics of the Northwestern Anatolia- The Marmara Poly-Project*, 55-87.
- EJR** (East Japan Railway), 1994.. Railway Construction, Design and Planning Manual.
- Gençoğlu, S., İnan, İ. ve Güler, H., 1991. Türkiye'nin deprem tehlikesi., *Türkiye Jeofizik Mühendisleri. Odası» Ankara*.
- Kamada, M., 2000. Kişisel görüşme., Waseda Üniversitesi, İnşaat. Mühendisliği Bölümü,, Tokyo, Japonya,
- MTA» 1973. Geologic and. neotectonic map of Marmara Region.
- Öztürk**, H., 1999., Beykoz (İstanbul-Türkiye) civarının jeolojisi ve İstanbul Boğazi'nin gelişimine bir yaklaşım... İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi., Sayı 10.
- Tezcan, S.S.,1996. Probability analysis of earthquake magnitudes. Turkish Earthquake Foundation, TDV/TR 96-001.
- Tezcan., S.S.,1999. Comparative study on the 3rd Bosphorus crossing : Submerged 'tunnel or suspension bridge. Intl.. Workshop on Strait Crossing, Oslo, 57-73..
- Tezcan, S.S. ve Bal., I.E., 200i. Tüp geçitin. yeri ve sakıncaları.. İnşaat Dünyası, No:213, 10.2-107 veNo:214, 100-106.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., Kumsar, EL, and Sönmez, H., 2000. Engineering geological characteristics of the 1998 Adana-Ceyhan earthquake with particular emphasis on liquefaction phenomena and the role of soil behaviour. *Bull.Engineering Geology and the Environment*, 59(2), 99-118.,

Bulanık Mantık: Özellikleri ve Süreksizlik Denetimli Bir Şey Duraysızlığına Uygulanması

Fuzzy Logic; Its Attributes, and Application to a Discontinuity Controlled Slope Failure

Candan GÖKÇEOĞLU» .Harun SÖNMEZ» Murat ERCANOĞLU

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamak Jeoloji Anabilim Dalı,
06532 Beytepe/ANKARA

ÖZ

Bilgisayar destekli tasarım amaçlı mühendislik çalışmaları bir takım mantık sistemleri ve matematiksel uo deUeri gerektirir. Klasik sayısal analiz yöntemleri sadeleştirilmiş ve sınırlan belirli sistemlerin çözümü için uygun olmasına karşın, karmaşık ve etkileşimli sistemlerin değerlendirilmesinde zaman zaman yetersiz kalabilmektedir, özellikle mühendislik jeolojisinde kayaç ve zeminlerin dayanım parametrelerine bağlı sınıflandırılması ve bu parametreler kullanılarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilecek bilgi temelli uzmanlık sistemi (knowledge-based expert systems) değerlendirmeleri için uygun nitelikte olan bulanık mantık yaklaşımı bu çalışma kapsamında incelenerek, süreksizlik denetimli bir şey duraysızlığı bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Andezitler içerisinde gelişmiş olan kama türü şey duraysızlığının analizi limit-denge yöntemiyle yapıldığında, güvenlik katsayısı 1.24 olarak elde edilmiş» duraysız bir şey için Tden büyük olarak hesaplanan bu güvenlik katsayısının» şey geometrisi, süreksizlik konumları ve özellikle süreksizliklere ilişkin makaslama dayanım parametrelerinin kesin bir şekilde belirlenememesinden kaynaklandığı düşünülmüştür, Bulanık mantık yaklaşımı ile yapılan değerlendirmede ise duraylılık indeksi 0,31 olarak elde edilmiştir. Bu indeks değerine göre şeyin duraylılığı "orta*" derecede olup, kaymaya eğilimlidir. Bu iki sonuç karşılaştırıldığında, bulanık mantık yaklaşımının, yer yer olasılık yaklaşımlarının kullanımı gibi, klasik deterministik analiz yöntemlerini destekleyici biçimde kullanılmasının yararlı olacağı ortaya çıkmaktadır»

Anahtar Sitacükler: Bulanık mantık, deterministik analiz», duraylılık indeksi, şey duraysızlığı

ABSTRACT

This paper is concerned with the basic attributes of fuzzy logic, its possible application areas in engineering geology and a simple slope stability application, Some uncertainties are inherent to many engineering geological applications. In the literature, two types of uncertainty such as ignorance and variability are described, Some approaches such as fuzzy logic, probability theory etc are used to minimize these uncertainties. The fuzzy logic, one of these techniques, is an effective tool to define some uncertainties sourced from ignorances and variabilities, Theoretically, fuzzy rules can be constructed based either an expert knowledge or on a set of observed or measured data. One of the most important stage of fuzzy logic approach is the construction of membership functions. The assumption underlying fuzzy logic theory is that the transition from membership to non-membership is seldom a step function. Rather, there is a gradual but specifiable change from membership to non-membership.*

In crisp set theory, a membership Junction ($p_a(x)$) has only Hvo values (0 and 1). In this study, some membership Junctions defined in the literature were presented with their graphical illustrations. In order to demonstrate the strength and use of this approach, a conventional deterministic slope stability analysis incorporated with the fuzzy logic was performed and the results were discussed. A wedge failure occurred in the andésites was analyzed and the factor of safety was found as 1.24. However, it was concluded that this result did not reflect the actual condition, This was, most probably due to the uncertainties associated with the measurement of the shear strength parameters,. Also, the stabiliy index value was determined. According to the stability index, value the stability class of this slope is fair and the slope is prone to slide.. When performing the fuzzy logic approach, the triangular membership functions were selected,, because, a triangular members hip function can be defined by a maximum, a minimum and a mode value, In classical geotechnical studies, if there is no statistically significant database, the use of fuzzy logic approach based on competent judgement can be accepted as an .effective way to eliminate uncertainties.. As a consequence, the fuzzy logic is attracting more and more attention in several research fields because it is able to tolerate a wide range of uncertainty.

Key Words: Fuzzy logic, deterministic analysis, stability index,, slope instability,.

Giriş

Basitleştirilmiş ve sınırları belirli koşulların değerlendirilmesi için, klasik mantık temelli matematiksel analiz yöntemleri pratik olarak uygulanabilir özelliktedir. Ancak klasik mantık temelli matematiksel yöntemler karmaşık, birbirleriyle içice geçmiş ve kişisel değerlendirmeye dayalı sistemlerin çözümünde yetersiz kalmaktadır (Kaufmann ve Gupta, 1988). Özellikle mühendislik çalışmalarının karar verme aşamalarında deterministik yaklaşımların yanısıra karmaşık sistemlerin doğasından kaynaklanan bazı belirsizliklerin giderilebilebilmesi için klasik mantık temelli matematiksel yaklaşımlardan farklı birtakım yeni mantıksal ve matematiksel yaklaşımlara gereksinim duyulmaktadır. Örneğin, kaya kütlelerinde uygulanacak mühendislik tasarımlarının başarısı, mümkün olduğunca doğru, parametrelerin tayinini gerektirmesine rağmen, kütlelerin karmaşık yapısı birçok belirsizliğe neden olabilmektedir.. Casti (1990- Juang vd., 1998)>e göre temel olarak iki tür belirsizlik mevcuttur:

- (1) Ölçüm hatalarını, modelin matematiksel şekli hakkındaki kararsızlık ve ayrıştırmanın düzeyini belirlemedeki karmaşıklıkları içeren ihmaller,
- (2) Stokastisite, uzaysal değişim ve tek tek heterojenliği içeren aşırı değişkenlik.

Temelde ihmal ve değişkenlik çok farklı kavramlardır.. Aşırı değişkenlik nesnel bir özelliğe sahip

olup, bundan kaynaklanan belirsizlikler olasılık teorisinin kullanımı ile giderilebilir (Juang vd., 1998). Buna karşın ihmaller ise uygulamacının özneliği ile ilişkilidir ve bundan kaynaklanan belirsizliklerin giderilebilmesi için deneyimin kullanıldığı bir yoruma gereksinim vardır,. Özellikle değişkenlik, temelli belirsizliklerin giderilmesinde özellikle son yirmi yılda olasılık teorisinin kaya mekaniğinde ve şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi çalışmalarında kullanılması gündeme gelmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda özellikle şev tasarımı, mekanik parametrelerin ve süreksizlik verilerinin değerlendirilmesi açısından olasılık teorisi kaya mekaniği uygulamalarında önemli bir yere sahip olmuştur (örneğin, Baecher ve Einstein, 1978; Marek ve Savely, 1978; Miller, 1983; Chowdhury, 1986; Carosso vd., 1987; Leventhal vd., 1992; Chowdhury ve Xu, 1995; Gökçeoğlu vd., 2000). Buna karşın ilk kez Zadeh (1965) tarafından matematiksel olarak tanımlanan bulanık mantık, kaya mekaniği ve/veya jeoloji uygulamalarına ancak 1980lerin ikinci yarısından itibaren girmeye başlamıştır. Oysa, bulanık mantık yaklaşımı. 1970lerin başından itibaren makina ve elektronik sanayinde yaygın bir uygulama alanı bulmuştur. Çünkü, bulanık mantık, genel şematik yapısı Şekil. 1'de verilen bilgi temelli uzmanlık sistemine kolaylıkla uygulanabilecek bir özelliğe sahiptir. En az makina ve elektronik teknolojisi kadar, jeoloji ve madencilik uygulamalarında da kullanılabilir nitelikte olan bulanık mantık yaklaşımı, Sakurai ve

Shimizu (1987), Juang vd. (1998) ile Lee vd. (1999) tarafından şev duraylılığının değerlendirilmesinde, Juang vd. (1992) tarafından olası şev duraysızlık potansiyelinin haritalanmasında, Nguyen (1985) tarafından kaya kütle sınıflama sistemlerine, Grima ve Babuska (1999) tarafından tek eksenli sıkışma dayanımının tahminine ve Cagnoli (1998) tarafından ise volkanolojideki sınıflamalara uygulanmıştır, Bulanık mantığın madencilikle ilgili uygulamaları. Hammah ve Curan (1996), Zettler vd. (1996), Grima ve Verhoef (1997) ile Kalamaras (1997) tarafından gerçekleştirilmiştir. Wang (1990) tarafından bir bulanık uzaktan algılama görüntüsü sınıflaması gerçekleştirilmiş ve bu yöntemle sınıflama sırasında görüntülerde oluşan kayıplar en aza indirgenmiştir. Gopal ve Woodcock (1994) ise uydu görüntülerinden elde edilen amaca yönelik haritaların değerlendirilmesinde bulanık mantığın üstün bir performans gösterdiğini belirtmiştir. Metternicht (1999) ise bulanık mantık kullanarak uzaktan algılama verileri yardımıyla bir sahada zaman içinde oluşan değişimlerin analizini gerçekleştirmiş ve bulanık mantığın bu tür çalışmalarda önemli avan-

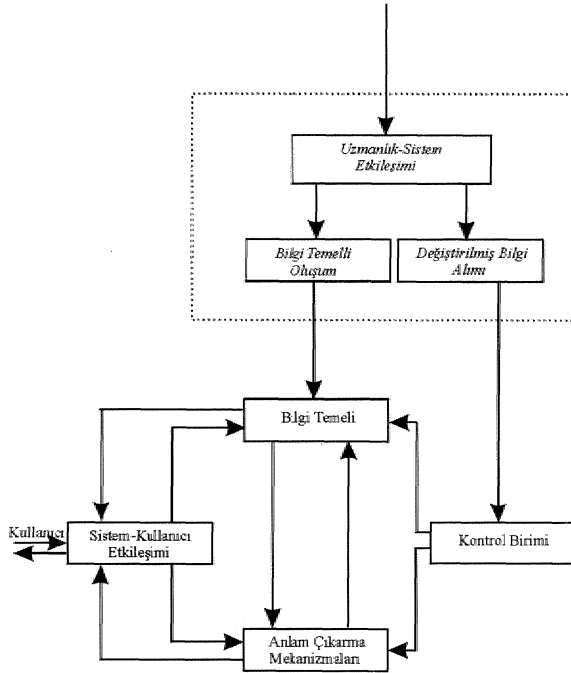
tajlar sağladığını belirtmiştir. Ancak, bulanık mantık konusu tüm bu uygulamalara karşın kaya mekaniği uygulamacıları için henüz daha yeni bir alan olma özelliğini korumaktadır.

Jeoteknik pratiğinde, istatistiksel olarak yeterli bir veri tabanı oluşturmak her zaman mümkün olmamaktadır (Juang vd., 1998), Bu nedenle, jeoteknik pratiğine bir uzmanlık yorumuyla birlikte bulanık mantığın kullanımı önemli katkılar sağlayabilecektir. Burrough (1989)* a göre,, kesinliğin olmadığı yerde ve zamanda bulanık mantık kullanılabilecek önemli bir araçtır (Matternicht, 1999).. Buna ek olarak, uzmanlık sistemleri için belirsizliklerin değerlendirilmesinde bulanık mantığın etkili bir araç olduğu Zadeha (1984) tarafından da belirtilmiştir. Bu çalışmada ise ilk kez Zadeh (1965) tarafından matematiksel olarak temellendirilen bulanık mantığın genel bir değerlendirmesi yapılarak,, güncel, bir kama yenilmesine uygulanması gerçekleştirilmiştir.

Bulanık Mantık Yaklaşımı

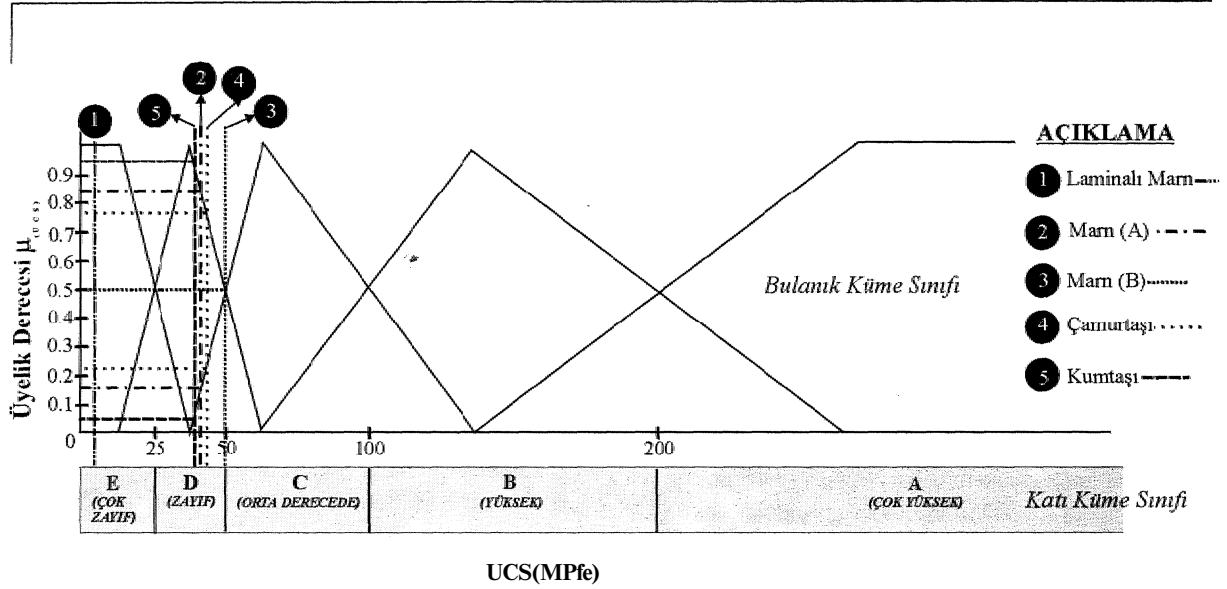
Herhangi, bir bilim dalındaki temel yöntem,, öncelikli olarak fiziksel yasaların izin verdiği ölçüde bir fiziksel süreç ya da özelliğin sınıflandırılmasıdır (Di Nola vd., 1989). Ancak bu aşamadaki en önemli engellerden birisi herhangi bir süreç ya da fiziksel özelliğin gerçekte tek bir katı küme (crisp set) içerisine her zaman oturtulamamasıdır. Rüssel (1.923) "a göre geleneksel mantık belirli verilerle çalışmayı kabul eder ancak bu durum, gerçek yaşam için çok uygulanabilir değildir. (Di Nola vd., 1989) Bu anlamda özellikle jeolojik nesnelere sınıflandırılmasında önemli güçlüklerle karşılaşabilmektedir. Çünkü birçok jeolojik malzeme mineralojik, petrografik, fiziksel ve mekanik vs. özellikleri açısından sadece belli bir dereceye kadar, kendi sınıfsal özelliklerini gösterdiğinden,, bunları geleneksel yöntemlerle sınıflandırmaya çalışmak, bazen problemlerle sonuçlar doğurabilmektedir (Cagnoli, 1998).

Bir kaya kütlesi içerisinde gözlemsel incelenen ve bazı standartlara uygun olarak niteliksel biçimde tanımlanan bozunma, doku, yapı gibi bir takım fiziksel, özelliklerin de bir aritmetik fonksiyonla ifadesi



Şekil 1: Bilgi temelli sistemlerin genel yapısı (Di Nola vd., 1989'dan).

Figure 1: General structure of knowledge-based systems (after Di Nola et al 1989)..



Şekil 2: Kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) kullanılarak sınıflandırılması, için bulanık mantık ve katı küme yaklaşımları.

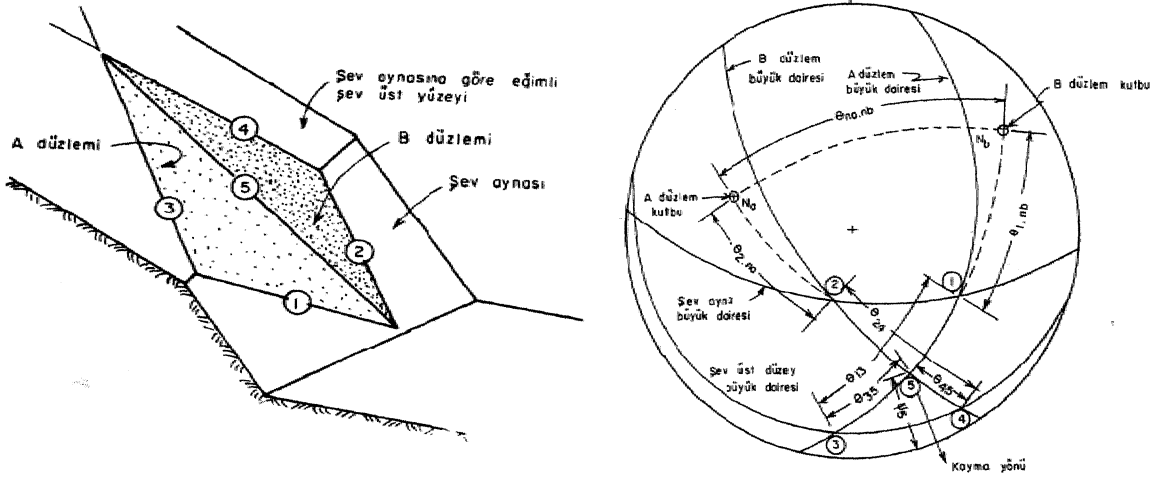
Figure 2: Fuzzy logic and rigid set approach es for the classification of rocks using' uniaxial compressive strength (UCS).

genellikle- güçtür.. Bu durumda, niteliksel tanımlamaları bulanık mantık yaklaşımı ile matematiksel ifadelerle dönüştürmek olasıdır.. Sakurai ve Shimizu (1987)'ye göre de bulanık mantık yaklaşımı çok yararlı bir araç olup, kaya mekaniği uygulamalarında kullanılmalıdır. Kaya mekaniği uygulamalarında bulanık mantık yaklaşımına oranla olasılık yaklaşımı, daha az kullanışlıdır. Çünkü kaya kütlelerinin mekanik özelliklerinin olasılık yoğunluk fonksiyonuna karar verilmesi sırasında güçlüklerle karşılaşılabilir. Ayrıca, olasılık yaklaşımları simülasyon teknikleri veya normalleştirme gibi birçok ara aşamayı gerektirir.. Yao ve Faruta (1986)'ya göre ise bulanıklık, herhangi bir şeyin özelliklerinin, karmaşıklığından kaynaklanan,, ya da özelliklerinin araştırılması sırasındaki bilgi eksikliği nedeniyle ortaya çıkan belirsizliktir. Belirsizliği içeren parametreler tahmin edilecek alt ve üst sınırlar ile belli, bir aralıkta ifade edilebilir ve bu işlemi de bulanık, mantık yardımıyla gerçekleştirmek olasıdır (Juangyd., 1998)..

Matematiksel olarak bir bulanık, küme aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$A = \{x, \quad |IA(X)|I X \in X \quad (i)$$

X içerisindeki A gibi bir bulanık küme her bir değeri [0,1] aralığında olan (IA(X) gibi bir üyelik fonksiyonu (membership function) ile temsil edilir.. Bu üyelik fonksiyonu her bir x için bir üyelik, derecesini tanımlar. Sözü edilen üyelik derecesi ise bir elemanın bulanık kümeye ne kadar ait olduğunun bir göstergesidir.. Dombi (1990)'a göre, bulanık küme teorisindeki tüm sorular, insanların bulanıklığı yorumlamadaki bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Aynı araştırmacı (Dombi, 1990) özellikle bulanık mantığın uygulanması sırasında, üyeliklerin nasıl oluşturulduğunun açıklanmasının ihmal edildiği koşulları yöntemin, sonuçları açısından çok tehlikeli bir durum olarak görmektedir, Metternicht (1999)'a göre üyelik fonksiyonlarının türetilmişinde olası iki temel yaklaşım mevcuttur.. Bunlar, Robinson (1988) tarafından isimlendirilen Benzerlik İlişki Modeli (Similarity Relation Model) ile Anlamsal Giriş Modeli (Semantic Import Model) dir.. Üyelik, fonksiyonun değerlerinin belirlenmesinde "öbekleme (cluster) analizi" ve "sayısal, sınıflama (nümerik taksonomi)"yi temel alan benzerlik ilişki, modelinin bilinen, en yaygın, türleri k-ortalamlar (k-means) ve; c-ortalamlar (c-means) yöntemleridir.. Bunlar daha çok toprakların gruplandırılması, uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırılması ve bitki örtüsü analizleri için uygundur (Metternicht, 1999). Anlamsal giriş modeli, ise kullanıcının konu



Şekil 3: Kama analizinde kullanılan, parametreler.
Figure 3: The parameters used for wedge analysis,.

ile ilgili belirli düzeyde bilgiye sahip olduğu ve verileri nasıl gruplayacağını çok iyi bildiği durumlarda kullanılabilir bir yaklaşımdır (Burrough, 1989; Mattemicht, 1999),.

Dombi (1990) bir üyelik fonksiyonunun, sahip olması gereken, özellikleri aşağıdaki gibi tanımlamıştır:

- (1) Bütün üyelik fonksiyonları sürekli olmalı.
- (2) Bütün üyelik fonksiyonları belli, bir aralıkta $[a,b]$ tanımlanmalı $\mu_{[a,b]} \in [0,1]$.
- (3) Üyelik, fonksiyonları tekdüze bir şekilde sürekli artan ya da sürekli azalan, olabileceği gibi artan ve azalan bölümleri de olabilir.
- (4) Tekdüze üyelik fonksiyonları, tanımlanan tüm aralıkta içbükey ya da dışbükey şekilli olabileceği

Çizelge 1: Sınıflamada örnek olarak kullanılan bazı kayaların tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) değerleri (Gökçeoğlu, 1997'den).

Table 1: Uniaxial compressive strengths of some rocks used as example for classification (after Gökçeoğlu 1997).

Kapç Türü	UCS(MPa)(En Küçük)	UCS(MPa)(En. Büyük)	UCS(MPa)(Ortalama)
1) Laminallı Mam	2.2	7.4	4.1
2) Mam (A)	35.4	44.3	40.2
3) Mam (B)	47.0	67.3	55.6
4) Çamurtaşı	31.9	67.2	43.9
5) Kumtaşı	23.1	59.3	39.5

gibi, tanımlanan aralık $[a,b]$ içerisinde kalan bir noktaya, c, kadar içbükey $[a,c]$, c noktasından sonra da dışbükey $[c,b]$ olabilir,

(5) Tekdüze artan fonksiyonlarda; $\mu(a)=0$, $\mu(b)=1$ dir.

(6) Tekdüze azalan fonksiyonlarda; $\mu(a)=1$, $\mu(b)=0$ 'dir.

Dombi (1990) tarafından tekdüze bir şekilde sürekli artan ve azalan fonksiyonlar:

$\mu_{[a,b]}(x) = \frac{b-x}{b-a}$ eğer μ tekdüze artıyorsa,

$\mu_{[a,b]}(x) = \frac{x-a}{b-a}$

$b-a$

hau $b-x$

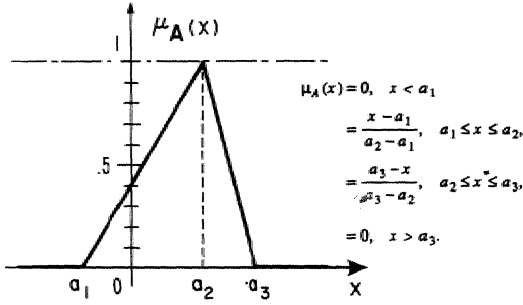
$\mu_{[a,b]}(x) = \frac{x-a}{b-a}$ eğer μ tekdüze azalıyorsa,

Çizelge 2: Örnek olarak, kullanılan kayaların tek eksenli sıkışma dayanımlarına göre sınıflandırma sonuçları.

Table 2: Classification results of the rocks used as example according to their uniaxial compressive strengths.

Sıra No	Kayaç	Katı Küme Sınıflandırması.	Bulanık Küme Sınıflandırması
1	Laminallı Mara	E*	(E, IQ **)
2	Mara (A)	D	(D, 0.84), (C, a 16)
3	Mam. (B)	C	(D, 0.5), (C, 0.5)
4	Çamurtaşı	D	(D, 0.78), (C 0.22)
5	Kumtaşı	D	(D, 0.95), (C 0.05)

Deere ve Miller (1966) sınıflamasındaki grup sembolleri ** Üyelik fonksiyonu değeri ($\mu_{a,b}$)



Şekil 4: Üçgen türü. üyelik fonksiyonu (Kaufmann ve Gupta, 1988*0),

Figure 4: Triangle type membership function (after Kaufmann and Gupta, 1988)..

olarak ifade edilmiştir., Burada, a değeri tanımlanmak istenen parametrenin alt sınırı, b değeri üst sınırı x değeri ise verilerin ortalamasıdır.

Bulanık küme mantığının daha açık ortaya konulabilmesi için Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen sınıflamaya göre,, Çizelge 1 'de örnek olarak verilen bazı kayaların dayanım sınıflaması, hem katı küme hem de bulanık küme mantığıyla değerlendirilmiştir (Şekil 2),. Burada her sınıfı temsil eden üyelik fonksiyonu dereceleri (fi) 0 ile 1 arasında değişmekte ve katı küme sınıflarının tam orta değerlerinin üyelik dereceleri 1'e eşit olmaktadır.

Klasik katı küme mantığı kullanılarak tek eksenli sıkışma dayanımı sınıflaması yapıldığında, 1 sıra nolu laminalı mam kayacı E (çok: zayıf), 2, 4 ve 5 sıra nolu marn (A), çamurtaşı ve kurntaşı örneklerinin D (zayıf) sınıfında 3 sıra nolu marn (BJ'nin ise C (orta derecede dayanımlı) sınıfında yer aldığı görülür (bkz.. Şekil 2). Buna karşın, aynı kayalar, aynı sınıflamada bulanık kümelerle ifade edildiğinde, 1 sıra nolu laminalı marn kayacının "E" sınıfındaki üyelik fonksiyonu değeri (fi) 1'dir. Diğer bir deyişle, bu kayacın "E" sınıfının bütün özelliklerine sahiptir. Buna karşın 2 sıra nolu marn (A) kayacı 0.84 üyelik fonksiyonu ile D sınıfının, 0.16 üyelik fonksiyonu değeri ile de C sınıfının özelliklerini göstermektedir. Benzer biçimde diğer örnekler de sınıflandırılmış ve sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere,, bir nesnenin herhangi bir özelliğinin katı küme temelli, sınıflarla ifade edilmesi yerine, bulanık küme man-

tığıyla ifade edilmesi, bilgi temelli uzmanlık sistemi yaklaşımları ile bilgisayar ortamında gerçekleştirilecek karar verme işlemleri için önemli avantajlar sağlayacaktır..

Kama Türü Şev Analizi için Bulanıklaştırılmış Duraylılık İndeksi

Klasik anlamda bir kamanın limit denge analizi için aşağıdaki eşitlik (Hoek ve Bray, 1981) kullanılmaktadır:

$$F = 2fi \cdot X + \hat{Y} + fA - I^{\wedge} \text{xtanf} + fB - \hat{Y} \text{tan}^*, (3)$$

Burada:

F: güvenlik katsayısı

CAÇB: kayma yüzeylerinin kohezyon değerleri

y: birim, hacim ağırlık

H: kamanın yüksekliği

y_w: suyun birim hacim ağırlığı

\hat{A}, B : kayma yüzeylerinin içsel sürtünme açısı değerleri.;

X, Y, A ve B: kamanın geometrisine bağlı boyutsuz katsayılar olup.

$$X = \frac{\sin \theta_{24}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{21M}} (4)$$

$$Y = \frac{S_{IJ} \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1n6}} (5)$$

$$\hat{A} = \frac{\cos y_a - \cos y_b \cos \theta_{nanb}}{\sin i / \sin^2 e_{najb}} (6)$$

$$B = \frac{\cos^{\wedge} - \cos y_B \cos \theta_{M,t}}{\sin^{\wedge} \cdot \sin^2 \theta_{nan6}} (7)$$

ilişkileriyle ifade edilirler. Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan parametrelerin ayrıntıları ise Şekil 3'te verilmiştir.

Çizelge 4: c, ϕ ve γ parametrelerine ilişkin istatistiksel değerlendirme sonuçlarıTable 4: Statistical evaluation results of the c, ϕ and γ parameters

İstatistiksel Parametre	Kohezyon, c (kPa)	İçsel Sürtünme Açısı, ϕ	Birim Hacim, Ağırlık, γ (kN/m ³)
Veri Sayısı	15	15	15
Ortalama	4.81	29.24	23.63
Standart: Sapma	2.29	2.44	0.85
Standart Hata	0.59	0.63	0.22
En Küçük	2.66	25.2	22.1
En Büyük	10.53	33.5	24.5
Değişim Aralığı	7.87	8.3	2.4
Varyasyon Katsayısı	47.67	8.35	3.6

Sakurai ve Shimizu (1987) tarafından düzlemsel kayma modeli için önerilen yöntem, kama türü şev duraysızlığına uygulanmış ve aynı araştırmacılar tarafından aşağıdaki eşitlikte gösterilen dura.yhl.ik indeksi kullanılmıştır.

$$SI = \frac{(f_2 - 1)}{(f_2 - f_1)} \quad (8)$$

Burada:

f_1 ve β : deterministik limit-denge analizlerinden elde edilen en küçük ve ortalama, güvenlik, katsayılarıdır¹,

Gerçekte bulanık mantıkta, güvenlik katsayısı (F), her bir aşamada, gerçekleştirilen limit-denge analizleri sonucunda elde edilen üyelik derecelerinin bir fonksiyonudur.

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu(x_i) \quad (9)$$

Limit-denge analizlerinden elde edilen, üyelik fonksiyonu dereceleri ((in, JJ,R, jio) kama için önerilen genel denklemden (Eşitlik 3) elde edilmiştir., Bu çalışmalar sırasında, üyelik fonksiyonu, türü olarak üçgen seçilmiştir (Şekil 4). Çünkü, bulanık kümelerin üyelik fonksiyonu, türü belirlenirken alt ve üst sınırı bilinen bir aralık mevcut olduğunda genelde üçgen türü üyelik, fonksiyonları tercih edilmektedir (Kaufmann ve Gupta,, 1988),. Bu çalışmada tercih edilen üçgen üyelik fonksiyonu, Juang; vd. (1998) tarafından da bir şev duraylılığı çalışması için kullanılmıştır. Ayrıca, bulanık mantık uygulamaları için. çeşitli, araştırmacılar tarafından geliştirilen bazı üyelik fonksiyonu türleri. Şekil 5'te grafikleriyle birlikte sunulmuştur.

Bulanık Mantığın Şev Analizine Uygulanması

Ankara kent merkezi Altındağ ilçesinde andezitler içerisinde gelişmiş (Şekil 6) kama türü bir duraysızlık, bu çalışmanın uygulamasını oluşturmaktadır. Sözü edilen bu duraysızlık su içermemektedir. Bu durumda Eşitlik. (3) aşağıdaki şekle dönüşmektedir:

$$F = \frac{3c}{yH} + \frac{3c_b}{yH} Y - i - A \tan \alpha + B \tan \beta \quad (10)$$

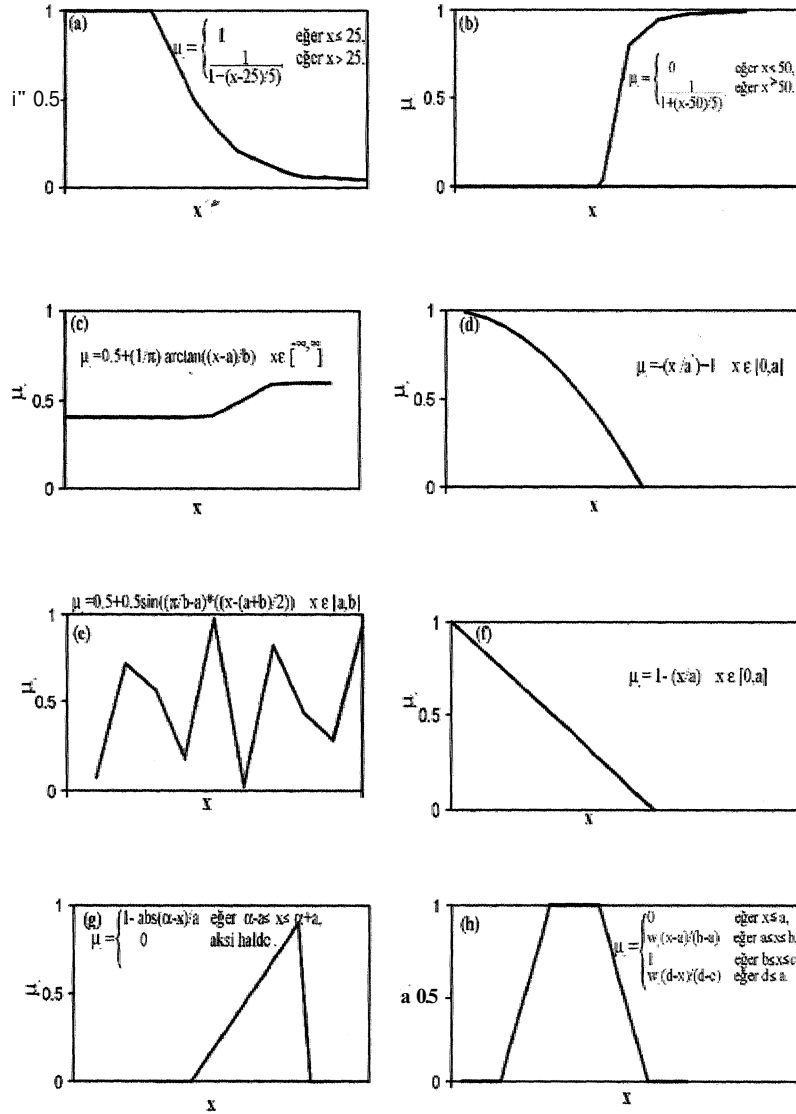
Su koşulunun bulunmamasına ek olarak kamayı oluşturan yüzeyler, makaslama dayanım parametreleri açısından aynı özelliktedir. Bu nedenle c ve ϕ parametrelerinde bulunan A. ve B indisleri de sadeleştirilmiş ve her iki yüzey için de aynı süreksizlik parametreleri kullanılmıştır. Bu durumda güvenlik katsayısı eşitliği sadeleştirilip, yeniden yazıldığında.

$$F = \frac{3c}{yH} (X + y) + (4 + S) \tan \beta \quad (11)$$

Çizelge 3: Şev duraylılığı analizinde kullanılan kamaya ilişkin geometrik parametreler (Ercanoğlu, 1997'den).

Table 3: The geometric parameters of the wedge used in the slope stability analysis (after Ercanoğlu, 1997).

X	3.09
Y	1.41
A	1.14
B	0.29
H	6.58



Şekil 5: Bazı araştırmacılar tarafından bulanık mantık uygulamaları için önerilen üyelik fonksiyonları: (a) Zadeh (1965); (b) Zadeh (1971); (c) Krasinska ve Liebhart (1986); (d) Dimitru ve Lubaa (1986); (e) Svarovski (1987); (f) Zimmerman (1978); (g) Heshmaty ve Kandel (1985); (h) Bortolan ve Degani (1985)..

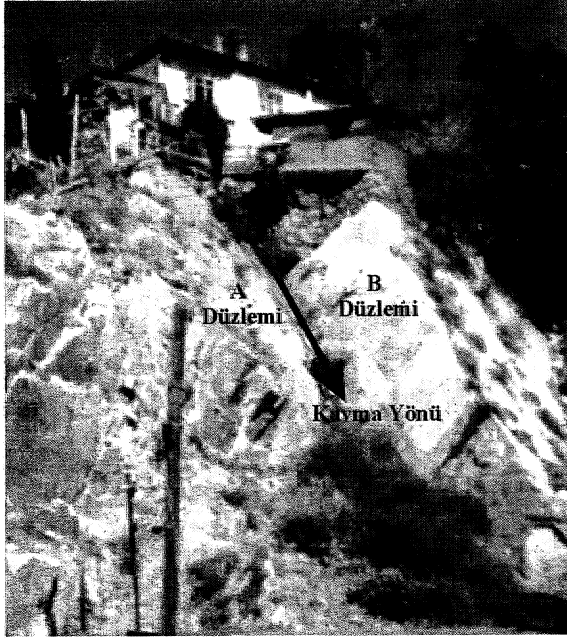
Figure 5: Membership functions proposed by some investigators for fuzzy logic applications: (a) Zadeh (1965); (b) Zadeh (1971); (c) Krasinska and Liebhart (1986); (d) Dimitru. and Luban (1986); (e) Svarovski (1987); (f) Zimmerman (1978); (g) Heshmaty and Kandel (1985); (h) Bortolan and Degani (1985),

eşitliği elde edilir. Buradaki X, Y, A, B ve H doğru-
dan ölçülebilen, kamanın geometrisine ilişkin para-
metrelerdir. Bunların ayrıntıları Şekil 7de, sonuçları
ise Çizelge 3'te sunulmuştur.,

Çizelge 3'te sunulan şevin geometrisine ilişkin
parametreler sadeleştirilen denkleme yerleştirilerek,

aşağıda verilen, ve süreksizlik, yüzeylerinin makasla-
ma parametreleri, ile malzemenin yoğunluğuna bağlı,
eşitlik elde edilmiştir,

$$F = .2,05 c/y + 1,43 \tan \langle j \rangle \quad (12)$$



Şekil 6: Andezitler içerisinde gelişmiş kama yenilmesi»

Figure 6: Wedge failure occurred in andésites.

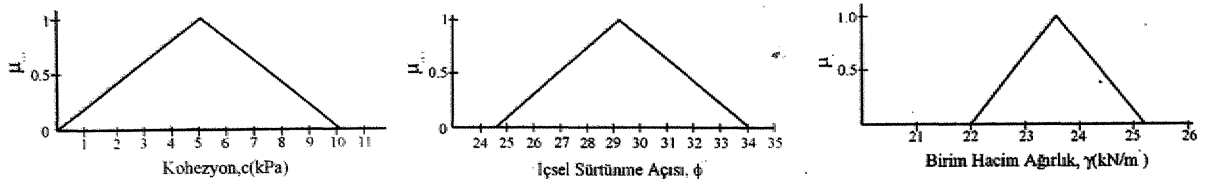
Yukarıdaki eşitlikte de görüldüğü gibi, değişken parametreler kohezyon, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlık olarak alınmıştır. Buna göre güvenlik katsayısına ait bir üçgen üyelik fonksiyonu elde edebilmek için gerekli olan f_i , f_t ve f_j değerleri aşağıdaki ilişkilerden hesaplanmıştır.

$$\hat{f}_i = MS C_1 / \gamma + 1.43 \tan \phi_i \quad (\text{en tutucu koşul}) \quad (13)$$

$$\hat{f}_t = X_i C_2 \% + L43 \tan \phi_e \quad (\text{ortalama}) \quad (14)$$

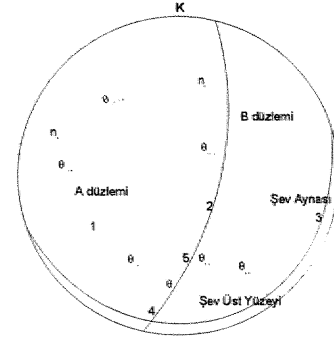
$$\hat{f}_j = 2, M C_3 M + L43 \tan \phi_3. \quad (\text{en riskli koşul}) \quad (15)$$

c , ϕ ve γ parametrelerinin üyelik fonksiyonlarının belirlenebilmesi için sözü edilen, her bir para-



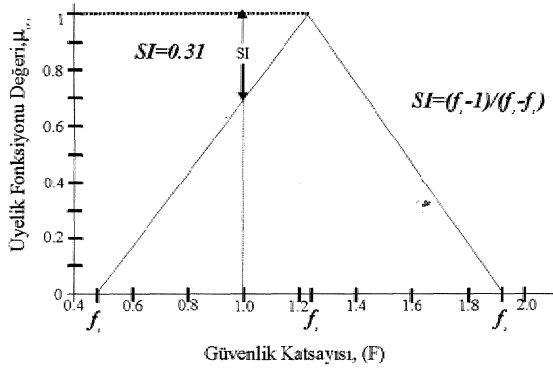
Şekil 8: Kohezyon» içsel sürtünme açısı ve birini hacim ağırlık parametreleri için üyelik fonksiyonları.

Figure 8: Membership functions for cohesion, internal friction angle and unit weight parameters,



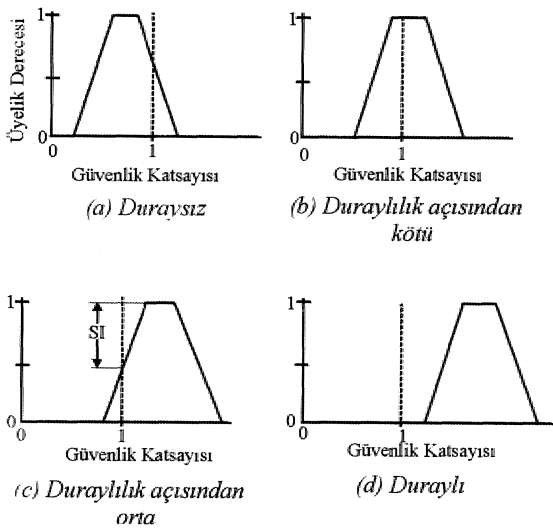
Şekil 7: Kama yenilmesinin analizinde kullanılan düzlemlerin stereografik ağ üzerindeki görünüşleri.
Figure 7: View of the planes used for wedge failure analysis on stereographic net.

metrenin alt ve üst sınırları ile ortalama değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu sonuçlar yardımıyla her üç parametre için üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Buna göre c , ϕ ve γ parametreleri doğrudan aritmetik ortalamalardır, c , C_3 , ϕ ve γ ise bu parametrelerin alt ve üst sınırlarının oluşturmaktadır. Bu sınırlar ilgili parametrelerin ortalama değerlerine iki standart sapma kadar eklenerek ve çıkarılarak (± 2 SD) elde edilmiştir (Şekil 8). Bu işlem yapılırken istatistikteki 68-95-99.7 kuralı (Moore, 1997) dikkate alınmıştır. Çünkü ortalamadan iki standart sapma kadar artış ya da azalış % 95'lik bir güven aralığında çalışmaya işaret etmektedir. Gerçekten, analizlerin girdi ve çıktı değerleri bulanık kümeler olup, Nguyen (1985), Sakurai ve Shimizu (1987) ve Juang vd. (1998) tarafından ve bu çalışmada da uygulanan yöntemler ise deterministiktir. Elde edilen üyelik fonksiyonu değerleri (\hat{f}_i , \hat{f}_t , \hat{f}_j) kullanılarak f_i , f_t ve γ değerleri saptanmış ve güvenlik katsayısı için üyelik fonksiyonu çizilmiştir (Şekil 9). Ayrıca Sakurai ve Shimizu (1987) tarafından önerilen duraylılık indeksi parametresi de 0.31 olarak elde edilmiştir (Bknz. Şekil 9). Bu sonuca göre şevin



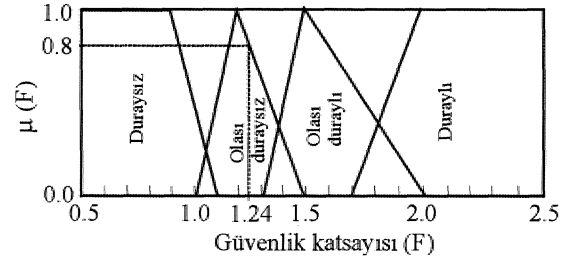
Şekil 9: Güvenlik katsayısı için üyelik fonksiyonu.
Figure 9; Membership function for factor of safety:

duraylılık indeksi Sakurai ve Shimizu (1987) sınıflamasına göre (Şekil 10) duraylılığının "orta" olduğu anlaşılmıştır. Ortalama değerlere göre analiz yapıldığında da güvenlik katsayısı (f_z) 1.24 olarak saptanmıştır. Şevin kaymış olması nedeniyle,, ortalama değerlerin mevcut durumu tam olarak yansıtmadığı anlaşılmaktadır. $\hat{m}=1$ için elde edilen **1.24** güvenlik katsayısı değeri, Kao (1995; Juang vd.1998'den) tarafından şev duraylılığı konusunda uzman 15 kişinin görüşü alınarak Tayvan'da geliştirilen sınıflamaya (Şekil 11) göre de, "olası duraysızlık koşulu" mevcut şeklinde değerlendirilmiştir. Bu sınıftaki üyelik derecesi, $\mu_{0.8}$ ise yaklaşık 0.8'dir.



Şekil 10: Sakurai ve Shimizu (1997) tarafından önerilen şev duraylılığı sınıfları.

Figure 10: Class of slope stability proposed by Sakurai and Shimizu (1997).



Şekil 11: Güvenlik katsayısı sınıflaması (Juang vd., 1998'den).

Figure 11: Classification of factor of safety (after Juang et al, 1998),.

Sonuç ve Öneriler

Kaya kütlelerinin ve süreksizliklerin karmaşık yapısı zaman zaman deterministik analizlerde kullanılan parametrelerde belirsizliklere neden olabilmektedir. Bu soruların aşılabilmesi için kullanılan yöntemlerden birisi olan olasılık yaklaşımı,, yoğunluk fonksiyonlarına karar verilmesi sırasındaki güçlüklerin yanısıra, simülasyon teknikleri veya normalleştirme gibi ara aşamaları gerektirmesi nedeniyle pratik mühendislik çalışmaları için her zaman çok uygun olamamaktadır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında mühendislik açısından uygulanabilir ve özellikle mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında ortaya çıkabilen birtakım belirsizliklerin daha iyi ifade edilmesinde kolaylık sağlayabilecek bir yöntem olan bulanık mantık incelenmiş ve bir şev duraysızlığına uygulanarak irdelenmiştir. Üzerinde çalışılan kama duraysızlığı, ortalama makaslama parametreleri ve birim hacim, ağırlık değerleri ile **1.24** güvenlik katsayısına sahiptir. Bulanık mantık yaklaşımı ile yapılan değerlendirmede ise duraylılık indeksi "orta" düzeyinde elde edilmiştir.. Diğer bir deyişle» $f_1 < 1.0 < E$ koşulu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, duraylılık indeksinin 0.31 gibi çok düşük bir değere sahip olması duraysızlığa eğilimli bir sonuca işaret etmektedir. Eğer $f_1 < 1.0$ olsaydı» bulanık mantık yaklaşımından elde edilen sonuç ile güncel durum tam olarak uyuşacakü. Ancak, sonucun tam uyuşmamasının nedeni olarak parametre tayininden kaynaklanan belirsizlikler şeklinde değerlendirilebilir. Bu sonuç gerçekte mühendislik jeolojisinde karşılaşılabilecek birçok belirsizliğin bulunduğunu

ve: karar verme süreçlerinde deterministik çözümlerinin yanısıra bulanık mantık gibi araçların kullanılmasının ne denli önemli olduğunun da bir göstergesi, olarak değerlendirilebilir. Özellikle bulanık mantık yaklaşımı,, mühendislik jeolojisi ve heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanması sırasında,, sayısal olarak ifade edilemeyen, tanımlamaya dayalı bazı verilerin değerlendirilmesinde de yararlanılacak bir araç olarak dikkate alınmalıdır. Diğer bir deyişle, bulanık mantık veya olasılık yaklaşımı gibi yöntemlerin deterministik analiz, yöntemlerinin yerine: kullanılması değil,, zaman zaman birbirlerini tamamlayıcı yöntemler olarak algılanmasını gerekir.

Katkı Belirtme

Yazarlar makaleyi titizlikle değerlendiren ve oldukça yararlı eleştirilerde bulunan incelemecilerden Prof. Dr. Lawrence, Brown ile Editör Doç. Dr. Mehmet Ekmekçi'ye teşekkür ederler.

Değınilen Belgeler

- Baecher, G.B., ve Einstein, H.H., 1978, Slope stability models in pit optimisation. International Proceedings 16 Apcom Symposium,, Tucson,, AKILSA., 501-512.
- Bortolan, G. Ve Degani, R., 1985. A review of some methods, for ranking, fuzzy subsets,. Fuzzy Sets and Systems, 15,1-20.
- Cagnoli,, B., 1998, Fuzzy logic in volcanology. Episodes, 21 (2), 94-96.
- Caiosso, G., DelGreco, O., ve Giani, G.P., 1987. Some probabilistic approaches to stability analysis of open pit explorations. In Proceedings of International Symposium on Engineering Geology, Beijing, China, 881-891.
- Chowdhury, R.N., 1986. Geomechanics risk model for multiple failures along rock discontinuities., International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics Abstracts, 23 (5) 337-346.

- Chowdhury, R.N. ve Xu, D.W., 1995. Geotechnical system, reliability of slopes.. Reliability Engineering and System. Safety,, 4/,, i41-151.
- Deere,.D.U. ve Miller, R.P., 1966. Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock.. U.S. Air Force Laboratory, Technical Report No.AFNL-TR-65-116, Albuquerque, N.M.
- Dim.it.ru» V. ve Luban, F., 1986. ön some optimisation problems under uncertainty. Fuzzy Sets and Systems, 18, 257-272.,
- Di Mola, A., Sessa, S., Pedrycz, W., ve Sanchez, E., 1989., Fuzzy Relation Equations and Their Applications Knowledge Engineering. Klüver Academic Publishers, London, 278s.
- Dombi, J.,1990. Membership function as an evaluation. Fuzzy Sets and Systems., 35, 1-21.
- Ercanoğlu, M, 1997. Altındağ (Ankara) yerleşim bölgesindeki andezitlerde olası şev duraysızlık modellerinin incelenmesi ve duraysızlık haritasının oluşturulması. Yük. Müh. Tezi, Hacettepe Üniversitesi,, Ankara, 83 s, (yayınlanmamış).
- Gopal, S.,ve Woodcock, C, 1994., Theory and methods for accuracy assessment of thematic maps using fuzzy sets. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 60 (2), 181-188,
- Gökçeoğlu, C, 1997., Killi, yoğun süreksizlik içeren ve zayıf kaya kütlelerinin mühendislik sınıflamalarında karşılaşılan güçlüklerin giderilmesine yönelik yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 214s.(yayınlanmamış).
- Gökçeoğlu, C, Sönmez, H. ve Ercanoğlu, M., 2000. Discontinuity controlled probabilistic slope failure risk maps of the Altındağ (settlement) region in Turkey.. Engineering Geology, 55, 277-296. ^
- Grima, NLA. ve Babuska, R., 1999. Fuzzy model for the prediction of unconfined compressive strength of rock samples.. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science,, 36, 339-349.

- Grima, M.A. ve Verhoef, N.W., 1997, Forecasting of rock trencher performance using a fuzzy logic approach. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 34 (3-4), 707.
- Hammah, R.E ve Curran, J.H., 1996, Optimal delineation of joint sets using: a fuzzy clustering algorithm., *International Journal of Rock Mechanics, and Mining Science*, 35 (4-5), 495-496.
- Heshmaty, B. ve Kandel, A., 1985. Fuzzy linear regression and its application to forecasting in uncertain environment *Fuzzy Sets and Systems*, 15, 159-182.
- Hoek, E, ve Bray, X, 1981. *Rock Slope Engineering*, Inst. Min. Metal., London, 353s.
- Hoerger, S.F., ve Young, D.S., 1987. Predicting local rock mass behavior using geostatistics., In *Proceedings of 28th Symposium in Rock Mechanics*, Rotterdam, Balkema, 99-106.
- Ioang, C. a, Lee, D.H. ve Sheu, C, 1992. Mapping slope failure potential using fuzzy sets., *Journal of Geotechnical Engineering*,. 118 (3), 475-494.
- Juang, C.H., Jhi, Y.Y. ve Lee, D.H., 1998, Stability analysis of existing slopes considering uncertainty. *Engineering Geology*, 49,. 111-122,'
- Kalamaras, G.S., 1997., A computer based system for supporting decisions for tunneling in rock under conditions of uncertainty. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 34 (3-4), 588,,
- Kaufmann-» A, ve Gupta, MM., 1988. *Fuzzy Mathematical Models In Engineering and Management Science*, North-Holland Book Co',,, Amsterdam, 338s.
- Krasinska, E. ve Liebhart, A., 1986. A note on the precision of linguistic variables for differentiating between some respiratory diseases. *Fuzzy Sets and Systems*, 18, 131-142.
- Lee, C.F., Wang, S. ve Huang, Z., 1999. Evaluation of susceptibility of laminated rock to bending-toppling deformation and its application to slope stability study ' for the Longtan Hydropower Project on the Red. Water River, Guangxi, China. *Proceedings of 9th International Congress on Rock Mechanics*, Paris, Eds., G. Vouille ve P. Berest, A j\..Balkema, 119-122.
- Leventhal, A.R., Barker, C.S. ve Ambrosio, L.P., 1992, Malankhve copper project-overview of the geotechnical investigation for optimum mining exploration., *Regional Symposium on Rock Slopes, India*, 69-78.
- Marek, J.M. ve Savely, J.P., 1978., Probabilistic analysis of plane shear failure mode.. *International Proceedings of 19 th US Symposium, on Rock Mechanics*, 40-44,
- Matternicht, G., 1999., Change detection assessment using fuzzy sets and remotely sensed data: an application of topographic map revision., *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 54,221-233.
- Miller, S.M., 1983. A statistical method to evaluate homogeneity of structural populations. *Mathematical Geology*, 15(2), 317-328.
- Moore, D.S., 1997., *Statistics, Concepts and Controversies.*, W.H. Freeman and Co., New York, 526s.
- Nguyen, V.U., 1985. Some fuzzy set applications in mining geomechanics. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanic Abstracts*, 22 (6), 369-379.
- Sakurai, S. ve Shimizu, N., 1987. Assessment of rock slope stability by fuzzy set theory. *ISRM Symposium on Rock Mechanics*, A.A. Balkema, 503-506.,
- Svarovski S.G., 1987.. Usage of linguistic variable concept for human operator modelling., *Fuzzy Sets and Systems*, 22,107-114.
- Wang, F., 1990. Improving remote sensing image analysis through fuzzy information representation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.. 56 (8), 1163-1169.
- Yao, J. ve Farata, H., 1986., Probabilistic treatment of fuzzy events in civil engineering. *Journal of*

Probabilistic Engineering Mechanics, 1(1), 58-64.,

Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets., Information and Control,, 8, 338-353.

Zadeh, LA., 1971. Quantitative fuzzy semantics. Information of Science, 3, 159-176.,

Zadeh,, LA., 1984. Making; computers think like people, IEEE Spectrum, 8, 26-32.

Zçttkr, AH., Poisel, R., Lakovits, B, ve Kastner, W., 1996. Control system, for tunnel boring machines (IBM): A first investigation towards a hybrid control system, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science,, 35 (4-5), 674...

Zimmerman,, HJ., .1978., Fuzzy programming and linear¹ programming with several objective functions., Fuzzy Sets and Systems, 1,44-55.

Heavy Metals Distribution and Speciation in Sediments from Ziqlab Dam - Jordan

Ürdüm Ziglab Barajı Sedimanlarında Ağır Metal Dağılımı ve Türleşmesi

Abu-Kukatı, Y.

Dept, of Earth and Environmental Sciences - Yarmouk University - Irbid - Jordan.

ABSTRACT

Thirty surface sediment samples from the Ziqlab Dam area were collected and analyzed for nine: elements (Pb, Cd, Zn, Mn, Ni, Cu, Fe, Cr, and Co). Metal separation was determined by sequential fraction, The fractions are, a) exchangeable, b) carbonate» c) Fe / Mn oxides d) organic, and e) residual. The advantage of using these fractions is to provide the mechanism of association of metals with the minerological phases of the sediments. Concentrations of the elements are within, allowable levels except for¹ Pb, Cd. and Zn and in. some locations Ni. Most of the elements were found to be in the residual fraction which clearly indicates that, these metals are primarily immobile and have or bear the least bioavailability.

Key Words.: Heavy metal, Contamination, Dam. Sediments, Ziglab Dam.

Oz

Ziglab Baraj alanından 31 yüzey sediman örneği toplanarak 9 element için (Pb, Cd, Zn, .Mn, Ni, Cu, Fe, Cr ve Co) analiz edilmiştir.. Metal ayrımı sıralı ayırlamaya göre yapılmıştır. Ayırlamalar a) değiştirilebilir, b) kanbonat, c) Fe/Mn oksitlen d) organik ve e) kalıntı sırasıyla gerçekleştirilmiştir.. Bu ayırlamaları kullanmanın yararı, metallerin sedimanlerdeki mineralojik tarzlarla bir arada bulunma mekanizmasını dikkate almasıdır. Elementlerin değişimi Pb, Cd ve Zn ve bazı alanlarda Ni dışında izinverilebilir sınırlar içindedir.. Metallerin çoğu kalıntı kısımda bulunmuştur.. Bu da, bu metallerin başlıca hareketsiz ve biyolojik aktivîteye katılımın en düşük düzeyde olduğunu açıkça göstermektedir,

Anahtar Sözcükler; Ziglab Barajı, ağır metal baraj sedimanı, kirlilik..

Introduction.

The study area is located in the co-ordinate of E 2091, N 2144 near the village of El-Aziya in Jordan (Fig. 1). The area under- irrigation by the Ziglab dam is about 400 hectares. The mean annual runoff is 13.04 Million Cubic Meter, 9.6% of which is flood run-off, (JVA 1965). The Ziglab River catchment area is about 111 Ion., It consists of steeply graded. hillsides with drainages in deeply incised valleys.

The upper catchment area has a maximum elevation of +1050 m. a.s.l with a sparse natural forest cover. Some parts of the lower catchment area are covered by loamy soil

Limestones and marls of the upper- Ajlun and Balqa series characterize the: whole area, (JVA 1965). The: geological succession in the area is talus, alluvium, cap conglomerates with crystalline and pisolitic limestones., red pebbly and sandy marls.

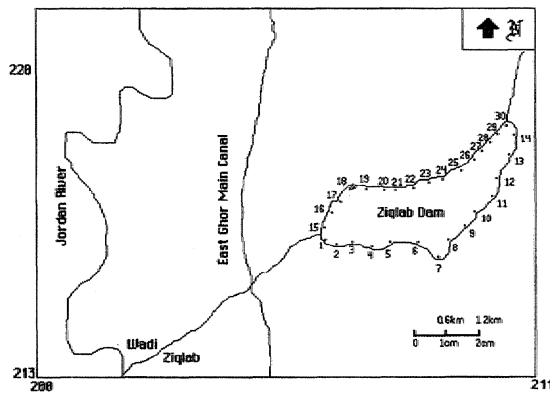


Figure 1: Location and sampling sites of the study area.

cornstones and lenticular calcareous conglomerates, crystalline limestones, glauconite calcareous sandstones and chalk, (JVA 1965) (Fig.2).

Heavy metals tend to be trapped in estuaries and dams and are this of particular concern in this type of environments. Metal concentrations in the particulate form can be 3-5 orders of magnitude higher than in the dissolved form as stated by Balls (1989), and Comber, et al (1995), therefore the bulk of trapped metals tend to accumulate within estuary and dam environments, (Salomons and Forstner 1984). Metals accumulated in this way may be subsequently released to the overlying water column as a result of either physical disturbance, or diagenesis

and sediments may be a constant source of pollutants long after the cessation of direct discharges, (Boughriet, et al 1992; Peterson et al. 1995).

Data on metal concentrations in the Ziqlab River and at Ziqlab Dam area have been scarce until recently. Abu-Rukah and Ghreifat (in press) conducted the only study concerning ion chemistry of Ziqlab Dam and weathering processes. They concluded that anthropogenic activities, including various development activities, waste disposal operations, untreated municipal or urban sewage and agricultural activities within the Ziqlab catchment area, contributed to the increase in ionic concentration.

Objectives:

The present study was undertaken to evaluate the effect of industrial, municipal or urban and agricultural pollutants discharged into the Ziqlab River that settled behind the Ziqlab Dam, in the light of concentration of Pb, Cd, Zn, Cr, Co, Mn, Fe, Cu, and Ni in the sediments of Ziqlab dam area. The extraction method of Tessier, et al (1979) as modified by Ajay and Van Lron (1989) and appeared in Jones and Turki (1997) was followed. The method provides information on five mineralogical fractions, namely 1) exchangeable, 2) carbonate, 3) Fe/Mn oxides, 4) organic, and 5) residual fractions.

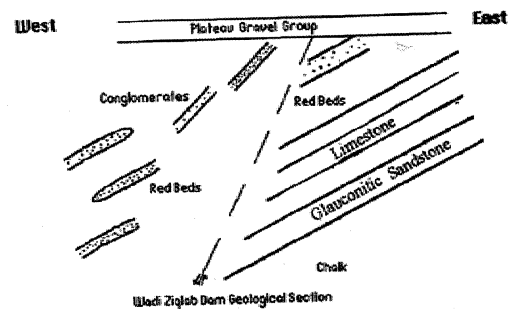
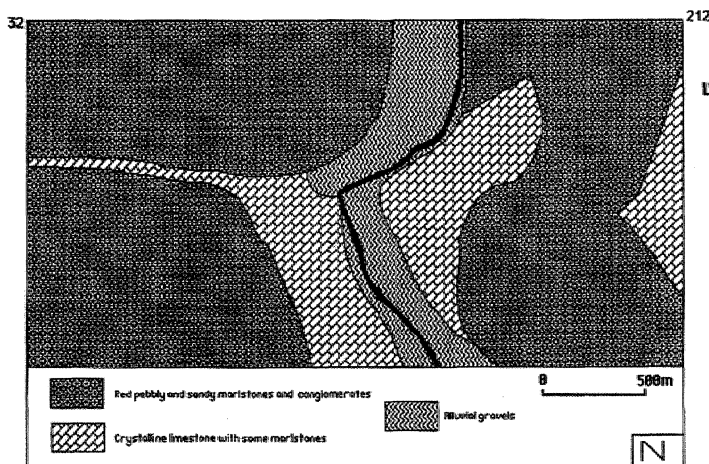


Figure 2: Geological map of the dam site.

Sampling and Analytical Techniques

A total of 30 sediment samples were collected from the Zlqiab Dam area on 10/12/1998 at depth ranges from 0-5 cm, sampling locations are shown in Fig. 1. The samples were stored in polythene bags and taken to the Laboratories of the Department of Earth and Environmental Sciences in Yarmouk University. The sediments had a variety of particle sizes. The heavy metal analyses were conducted on the 0.2 μ m fraction, which was separated by wet screening with distilled water through a nylon sieve. The sieved samples were dried at 65 °C in an oven for 24 hours. A half gram of sediment from representative samples was taken for heavy metal analysis (Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, Fe, Mn, Cr, and Co) using atomic absorption spectrophotometer (PYE UNICAM SP9).

The sequential extraction scheme of Tessier et al. (1979) was followed. All extractions were carried out in 50-ml glass centrifuge tubes. Continuous magnetic stirring or agitation in a mechanical shaker ensured proper mixing of sediment and extraction solution. Suspensions were centrifuged for 30 min at 3000 rpm subsequent to each extraction step. The extracted metals were then separated from the residual sediment by decantation. A short description of the 5 fractions most likely to be relevant, in assessing the effect of changing environmental conditions by the polluted sediments is given below.

Fraction 1: Exchangeable

Metals extracted in the exchangeable fraction would include weakly adsorbed metals particularly those retained on the sediment surface by relatively weak electrostatic interaction and those that can be released by ion-exchange processes. Changes in the ionic composition of the water would strongly influence these adsorption-desorption and ion exchange processes of metal ions with the major constituents of sediments like clays, and hydrated oxides of iron and manganese.

Procedure: 1 g of sediment was extracted, at room temperature for 1 h. with 8 ml magnesium chloride solution (1 M MgCl₂, pH=7).

Fraction 2: Bound to carbonates

Significant amount of trace metals like manganese can be co-precipitated with carbonates which are present in many sediments. Lowering of the pH could cause remobilization of the metals from the fraction.

Procedure: The residue from fraction 1 was leached with 8 ml 1 M sodium acetate/acetic acid buffer at pH=5 for 5 h at room temperature.

Fraction 3: Bound to Iron and Manganese oxides

Iron and manganese oxides, which can be present in sediments as concretions, cement between particles or coatings on particles, are excellent substrates with large surface areas for adsorbing trace metals. Reduction of Fe (III) and Mn (IV) under anoxic conditions and their subsequent dissolution could release adsorbed trace metals.

Procedure: The residue from fraction 2 was extracted under mild reducing conditions with 20 ml of 0.4 M hydroxyl amine hydrochloride (NH₂OH.HCl) in 25 % (V/V) acetic acid at 96 ± 3 °C in a water bath for 6 h.

Fraction 4: Bound to organic matter

Various forms of organic matter like detritus, living organisms and coatings on mineral particles may bind trace metals through complexation or bioaccumulation processes. Under oxidizing conditions, these substances may be degraded thus leading to a release of soluble metals.

Procedures: The residue from fraction 3 was treated with 3 ml 0.02 M nitric acid and 5 ml 30 % (V/V) hydrogen peroxide. The mixture was heated to 85 ± 2 °C in a water bath for 3 h. After cooling, 5 ml of 3.2 M ammonium acetate in 20 % (V/V) nitric acid was added to the sample and diluted to 20 ml.

Fraction 5: Residual or inert fraction

The residual fraction largely consists of mineral compounds, where metals are firmly bounded within crystal structure of the minerals comprising the sediment. These metals are not likely to be released into solution under normal environmental conditions.

Procedures: The residue from fraction 4 was digested with a 5:1 mixture of hydrofluoric acid and perchloric acid in Teflon beakers.

Result and Discussion

Heavy Metal Distribution:

The concentrations of metals in the sediments of the Ziqlab Dam area are given, in Table 1 and shown in Fig. 3., Many authors prefer to express the metal ratio with respect to average shale to represent the degree of quantification of pollution. The metal ratios with respect to average shale are given in Table 2,

Muller (1979) introduced a quantitative measure of the metal pollution in sediments and solid waste materials, the index, of geo-accumulation. (I-geo) which is calculated as

$$I\text{-geo} = \log_2 C_n / L_5 \times B. \quad (1)$$

Where: C_n = is the measured concentration of element n in the particulate fraction of sediment (clay) (< 2 μm).

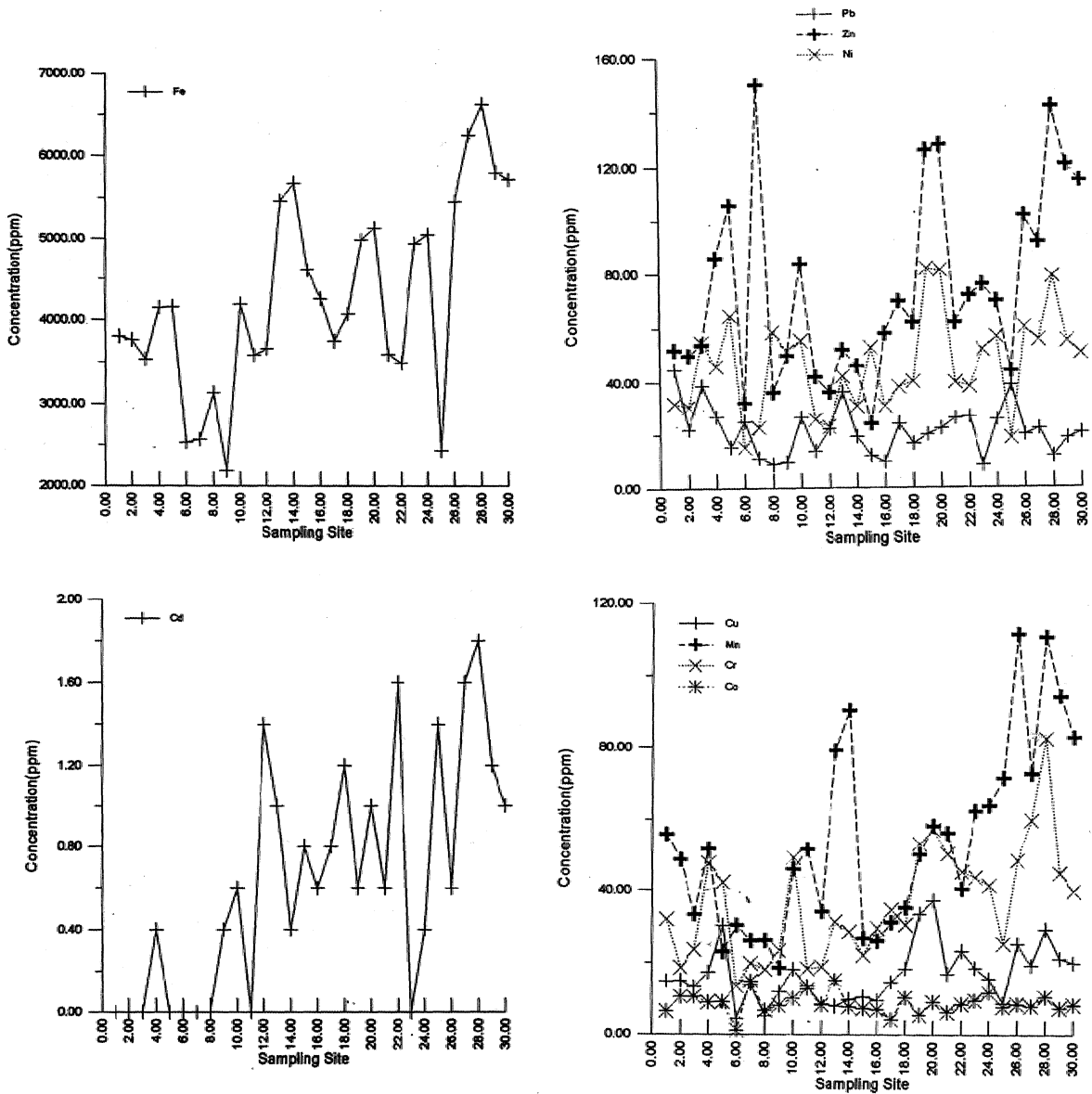


Figure 3: Concentration of various elements in the collected samples from Ziqlab Dam area.

Table 1: Heavy metal concentration (ppm) in the clay fraction of Ziglab dam area sediments

Sample No	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	Fe	Mn	Cr	Co
1	448	0.1	52	31.8	11.1	3806.0	55.1	32.0	6.4
2	21.8	0.0	50	30.4	15.0	3764.0	48.6	18.6	10.4
3	38.8	0.0	54	54.8	13.2	3536.0	33.4	23.6	10.4
4	26.8	0.4	86	46.0	17.4	4154.0	51.6	47.6	8.8
5	15.2	0.0	106	64.6	30.2	4164.0	23.0	42.2	9.0
6	24.8	0.0	32	15.0	4.4	2526.0	30.4	13.4	1.2
7	10.8	0.0	150	22.6	14.0	2564.0	26.0	19.8	14.8
8	8.6	0.0	36	5.1	5.2	3136.0	26.2	18.2	6.6
9	9.4	0.4	50	51.4	11.8	2180.0	18.6	23.4	8.0
10	26.4	0.6	84	55.4	18.2	4196.0	46.0	49.2	10.0
11	13.6	0.0	42	25.6	13.4	3584.0	51.6	18.4	12.6
12	22.2	1.4	36	22.8	8.4	3662.0	34.2	19.0	8.2
13	36.2	1.0	52	42.2	7.8	5462.0	79.4	31.4	15.2
14	19.0	0.4	46	30.8	9.6	5668.0	90.6	28.6	7.6
15	11.8	0.8	24	52.8	10.4	4602.0	26.8	22.2	7.2
16	9.6	0.6	58	30.8	9.4	4262.0	26.0	29.6	6.8
17	23.9	0.8	70	38.0	14.6	3752.0	31.2	34.8	4.2
18	16.4	1.2	62	40.0	18.4	4076.0	35.4	30.6	10.2
19	19.8	0.6	126	82.0	33.6	4984.0	50.2	53.2	5.4
20	22.2	1.0	128	81.4	37.4	5126.0	58.4	57.2	9.0
21	26.0	0.6	62	39.8	17.0	3594.0	56.4	50.4	6.2
22	26.6	1.6	72	38.2	23.4	3494.0	40.6	45.4	8.4
23	8.2	0.0	76	52.0	18.6	4940.0	62.6	43.8	9.4
24	25.6	0.4	70	56.8	15.6	5048.0	64.2	41.6	11.6
25	38.8	1.4	44	18.4	8.6	2422.0	72.0	25.4	7.6
26	19.8	0.6	102	60.2	25.4	5456.0	112.2	48.6	8.4
27	22.0	1.6	92	55.6	19.4	6242.0	73.2	60.0	7.8
28	11.6	1.8	142	79.0	29.4	6626.0	111.4	83.0	10.4
29	18.4	1.2	121	55.1	21.3	5800.0	95.0	45.0	7.3
30	20.3	1.0	115	50.8	20.0	5717.0	83.4	40.1	8.1

B_n = is the geochemical background for the elements. B_n is either directly measured or taken from the literature (average shale value) Ntekim et al (1993). Muller (1979) established seven I-geo classes based on the numerical index value. Table 3 is a summary of seven classes and their implications with regard to contamination. The index of geo-accumulation has been used to assess the heavy metal levels in the Ziglab Dam area. Results are summarized, in Table 4, which indicates that the Ziglab Dam area is uncontaminated/moderately contaminated with Pb and Cd. The elements of Mn, Zn, Co, Ni, Cr, Cu and Fe are below the contamination level in the sediments of dam area. A comparison of left and right banks of the Ziglab Dam Reservoir is

given in Table 5. This reveals that concentration of Cd is greater in the left bank and of Pb in the right bank with respect to each other.

Heavy metals in sediments are either lithogenic or anthropogenic (Ntekim, et al, 1993). The present investigation, has revealed high concentrations for Pb, Cd and in some samples Zn (Samples No, 5, 7, 19, 20, 26, 27, 28, 29 and 30) and Ni (Samples No. 19, 20 and 28). These high concentrations may be introduced by anthropogenic sources like, fertilizers, pesticides, animal manure, sewage discharge from various sources within the Ziglab Basin and from several industrial facilities located, along the Ziglab River. The current levels of Cu, Fe, Mn, Cr, Co, Ni

Table 2: Metal ratios with to average shale of Ziqlab Dam area, sediments.

Element	Average concentration, (ppm)	Metal ratio
Pb	2133	1.07
Cd	0.647	2.16
Zn	74.67	0.79
Ni	46.18	0.68
Cu	16.53	0.37
Fe	4285	0.09
Mn	53.81	0.06
Cr	36.54	0.40
Co	8.57	0.45

and Zn in the Ziqlab Dam ecosystem in general are low. Lower concentrations of Cr, Ni, and Co are consistent with the views of Forstner (1980), that these elements are practically unchanged by anthropogenic influences.

Atmospheric pollution, is minimal but Pb and Zn may be derived, from, combustion as well as from gasoline additives used, in the factories (Ntekina, et al, 1993). These elements may also be derived through corrosion of the numerous abandoned launches along the river as well as from the municipal pipe systems, (Bellman, 1972),

Metal Spedation

Median metal concentration in the Ziqlab Dam area, decreases in the order Pb > Cd > Zn > Mn > Cu > Fe > Cr > Co. Results of the selective leaching procedure are presented in Fig. 3. In general the sums of extracted fractions lie to within 10% of independently determined, total metal concentrations. This supports the overall accuracy of the extraction procedure.

Table 3: Measure of metal contamination in aquatic sediments and solid waste (Müller 1979).

Index of Geo-accumulation;	I-geo class	Désignation of sedimeol quality
10-5	6	Extremely contaminated
4-5	5	Strongly / extremely contaminated:
3-4	4	Strongly contaminated
2-3	3	Moderately / strongly contaminated
1-2	2	Moderately contaminated
0-1	1	Uncontaminated / moderately contaminated
0	0	uncontaminated

Table 4: Measure of metal contamination in sediments of the Ziqlab Dam area, using geoaccumulation index, of Midler, (1979).

Element	Average concentration (ppm) of Ziqlab Dam.	Average shale (Standard)	Designation of sediment quality
Pb	21.33	20	Uncontaminated to moderately contaminated
Cd	0.647	0.3	Uncontaminated to moderately contaminated
Mn	53.81	8.30	Uncontaminated
Zn	74.67	95	Uncontaminated
Co	8.57	19	Uncontaminated
Ni	46.18	6K	Uncontaminated
Cr	3654	90	Uncontaminated
Fe	4285	45	Uncontaminated
		46.700	Uncontaminated

Pb, Zn, Cd and Ni are the most abundant metals analyzed and are distributed with the residual Fe / Mn oxides. To a lesser extent, the organic fraction is of some significance (Fig. 4 and Table 6). The residual fraction is dominated by Pb, Zn, Cr, Co, Fe and Cu. It includes approximately 78% of the total almost in all the sites. Since the resultant sequential extraction for Pb, Ca, Zn, Co, Cr, Fe and Cu is mainly associated with the residual fraction, it clearly indicates that those heavy metals are mainly immobile and are least available biologically. It should be pointed out that extraction results do not necessarily prove the existence of any of the defined phases in sediments, but merely reflect the chemical behavior of metals within, the different extracting solutions (Coetzee, 1993).

The exchangeable fraction is responsible for 1.4-9.4% of the total concentration. Where Cd concentrations are the highest (sites 12, 13, 18,, 22, 25,, 27,, 28,29 and 30). The residual fraction is dominant with 84% Pb (sites 1, 3, 13 and 26). This is accompanied by an increase in the Fe/Mn oxide fraction of

Table 5: Comparison of mean heavy metal concentrations (ppm) between right and left banks of the Ziqlab Dam reservoir.

Heavy Metal	Left bank 16 samples	Average Shale (Standard)	Right bank 14 samples
Pb	20.06	20	22.742
Cd	0.96	0.3	0.3
Zn	81.937	95	62.571
Ni	51.931	58	39.428
Cr	20.131	45	13.1
Fe	47.588	46.700	3743
Mn	62.462	850	43.954
Co	44.431	90	27.528
	8	19	9.228

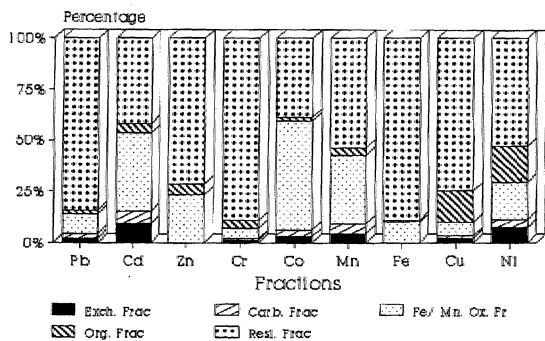


Figure 4: Proportion of the geochemical forms of heavy metal in the Zigqlab Dam area.

9.8%, the: carbonate fraction of 22%, and Cr residual fraction of 88.8%. Fe /Mn oxides with 5.1% are important as metals hosts., The distribution of Pb, Cr and Fe (Fig. 4) is similar being dominated, by residual and Fe/Mn phase with minor¹ exchangeable, carbonate- and organic fractions. Cd and Ni are the only elements for which the: exchangeable fraction, was significant (9.4% and 7.9%, respectively)..

Mn and Ni seem similar as dominants, of the residual fraction (52.1% and 53,6% respectively) with, significant amounts of Fe/Mn oxides phase (18.3% and 33.6% respectively) and organic phase (17.6% and 3.5%, respectively),.

As shown in Fig,4 and Table: 6 ,, the: affinity of each measured, heavy metal toward major- sinks (geochemical phase) can be arranged as follows:

Pb: Residual >Fe/Mn oxides >Carboate > Exchangeable Organic

Cd: Residual > Fe/Mn oxides > Carbonate. >Exchangeable >Organic

Zn: Residual > Fe/Mn oxides >Organic > Exchangeable >Carbonate.

Cr: Residual > Fe/Mn oxides >Organic > Exchangeable >Carbonate.

Co: Residual >Fe/Mn oxides > Carbonate >Exchangeable >Organic

Mn: Residual > Fe/Mn oxides >Carbonate > Exchangeable >Organic

Fe: Residual >Fe/Mn oxides >Organic >Exchangeable >Carbonate.

Cu: Residual >Organic >Fe/Mn Ox > Exchangeable >Carbonate.

Ni: Residual >Fe/Mn oxides >Organic >Exchangeable >Carbonate..

The potential environmental impact of the metals could be estimated from the degree of remobilization which is measurable with the five extraction cate-

Table 6: Heavy metal percentages in different geochemical fractions of the Ziqlab Dam. area sediments.

Element	Geochemical fractions(%)			
	Exchangeable Fraction	Carbonate Fraction	Fe/Mn Oxides Fraction	Residual Fraction
Pb	2.1	2.2	9.8	84.0
Cd	9.4	6.2	38.0	41.7
Zn	0.0	0.0	23.4	71.3
Cr	1.4	0.6	5.1	88.8
Co	4.8	5.9	20.9	65.7
Mn	4.5	4.8	33.6	53.6
Fe	0.06	0.04	9.8	88.9
Cu	2.2	1.1	7.0	74.6
Ni	7.6	3.8	18.3	52.7

gories. These categories, exchangeable, bound to carbonate, bound to Fe/Mn. oxides, bound to organic matter, indicate the possible release of metals through the lowering of pH (exchangeable and carbonate) and changes, in redox potential (organic as Fe/Mn oxides phase). This would be very useful in assessing the potential, pollution risk, of the sediments. The residual phases do not generally constitute an environmental risk., The stable nature of the compound and the fact that the metals are bonded firmly within a. mineral lattice restrict the bioavailability of these metals (Coetzee, 1993),. The relative amount of metal, percentage in the residual, phase may be used as an indication of the degree of contaminant from anthropogenic sources., The: greater¹ relative amount of metal in the residual phase,, the smaller the: degree of pollution presented by the other phases (Table 4).

Conclusion

Surface sediments at Ziqlab Dam have low concentrations, almost, within the allowable levels for most of the heavy metals except for Pb, Cd, Zn and Ni. Metal distribution in dam sediments is controlled, to a greater extent by the lithology of the surrounded area and. by pollutants from human activities along the .Ziqlab River catchment

The following; chemical fractions are arranged in the order¹ of increasing concentration, of the major heavy metals:

Pk Residual >Fe/Mn oxides >Carbonate> Exchangeable Organic
 Cd: Residual> Fe/Mn oxides> carbonate. >Exchangeable >Organic
 Zn: Residual> Fe/Mn oxides >Organic> Exchangeable >Carbonate
 Cr: Residual> Fe/Mn oxides >organic> Exchangeable >Carbonate
 Co: Residual >Fe/Mn oxides> Carbonate >Exchangeable >Organic
 Mn: Residual> Fe/Mn oxides >Carbonate> Exchangeable >Organic
 Fe: Residual >Fe/Mn oxides >Organic >Exchangeable >Carbonate
 Co: Residual >Organic >Fe/Mn Ox> Exchangeable >Carbonate
 Ni: Residual >Fe/Mn oxides> >Organic >Exchangeable >Carbonate

References

- Abu-Rukah and Ghreafat: Ion chemistry of the Ziqlab Dam and weathering process, A case study, (in press).
- Ajay, S.O. and Van Loon, G.W. 1989. Studies on redistribution during the analytical fraction of metals in sediments,. The Science of the Total Envi. 87/88, 171-187..
- Balls, P.W., 1989. The partition of trace metals between dissolved and particulate phase in European coastal water. A compilation of field data and comparison with laboratory studies. Netherlands Journals of Sea Research. 23, 7-14..
- Boughriet, A, Qudane, B, Fischer,, J.C, Wartei, M, Léman G, 1992. Variability of dissolved. Mn and Zn in the' Seine: Estuary and chemical speciation of these metals in sequential matter,. Water Research 26: 1359-1378.
- Coetzee, P. P. 1993,. Determination of Speciation of Heavy Metals in Sediments of the Hortbees port: dam by sequential chemical extraction. Water S. Vol. 9. No. 4, PP 291-300.
- Comber, S. D. N. Gunn, A. M, and Whalley, C. 1995,. Comparison of the partition of trace metals in the Humber and Mersey Estuaries, Marine Pollution Bulletin 30, 851 -860.
- Forstner, U 1980. Cadmium in polluted sediments,.. In: Jo Nriagu (Ed) Cadmium in. the envi. Vol. 1. New York, Wiley interscience, PP 305-363.
- Hellman, H. 1972,. Definition and Bedeutung des Backgrounds für unweilschutzbezogene gaswasserkundliche Untersuchungen.. Dstch Gewuessckd mitt 16: 170-174.
- Joo.es, B, and Turki, A. 1997. Distribution, and speciation of heavy metals in surfacial sediments from, the Tees Estuary north. - east England.. Marriue Pollution Bulletin Vol. 34 No. 10: PP 768-779.,
- Jordan Valley Authority 1965. Completion report: of Ziqlab Dam. JVA, Govt of Jordan., PP 60-90..
- Möller,, G. 1979. Schwervetalle in dam sediments des Rheins Verdeungen Seit 1971, Umschau 79 (24): 778-783.,
- Mte.kim,E,E.U, Ekwe.re,J,J, Ukpong,E.E 1993. Heavy metal distribution in sediments from Calabar river, south eastern Nigeria, Env. GeoL 21:237-241..
- Peterson, W. Wallmann, K, Li, PX, Schoroeder, f and Kanauth, H. D. 1995. Exchange of trace elemnets at the sediment - water^l interface during early diagenesis processes. Marine and Freshwater Research 46: 19-26.
- Salomons, W. and Forstner,, U.. 1984, Metal ions in hydrocycle, Springer, Berlin.
- Tessier, A, Campbell» P.G..C, and Bisson,, M..1979. Sequential extraction procedure for the speciation. of particulate trace metals.. Anal. Chem.51: 844-851.

Antalya İlaverten Platosu Yeraltısulannın Kümeleme ve Faktör Analizi ile Sınıflandırılması

Classification of The Groundwaters of The Antalya Travertine Plateau by Cluster and Factor Analysis

A. Özlem ATİLLA, Alparslan ARIKAN

Hacettepe Üniversitesi, Milk Fak Jeoloji Mühendisliği Bölüntü, Beyiepe, ANKARA

ÖZ

Antalya Traverten Platosu yeraltısularına. ait kimyasal ve çevresel izotop verileri "kümeleme" ve "faktör analizi" istatistiksel yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve yeraltısulannın farklılık, ve benzerlikleri, belirlenerek groplandırılmaları yapılmıştır., Antalya. Traverten Platosu'nda yer alan kaynak ve kuyulardan yağışlı dönemde belirlenmiş majör iyon (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , $HCO_3^-+CO_3^{2-}$), elektriksel iletkenlik (EC), pH, sıcaklık (T), çözünmüş oksijen (DO), OCX toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), kısmi karbondioksit basıncı (PCO₂), doygunluk indisi (SI) değerleri ile çevresel, izotop içerikleri, kümeleme ve faktör analizi yöntemleri, ile değerlendirilmiştir. Yapılan, değerlendirmeler sonucunda üç farklı grup belirlenmiştir. Bu gruplar, (1.) Traverten Platosunun üst: kesiminden çıkan ve uzun geçiş süresine sahip olan. kireçtaşı kaynakları ile alt platoda yer alan Varsak (VAR)-Düdenbaşı (DUD) sistemi, (2) Traverten Platosu'nun alt kesiminden çıkan ve kısa geçiş zamanına sahip olan nispeten, genç yeraltısuyu kaynakları ve (3) yüzey sularından oluşmaktadır. Kümeleme ve faktör analizi ile yapılan değerlendirmelerin benzer sonuçlar verdiği ve: aynı tür gruplamanın her iki yöntem, ile elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca yapılan değerlendirmeler sonucu alt traverten platosundan boşalan Düdenbaşı kaynağının,, bölgede^ daha önce yapılmış hidrojeolojik etüt çalışmasında, belirlenenin aksine, üst platodan boşalan. Kırkgöz kaynakları ile aynı grupta olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Antalya, faktör analizi, hidrojeokimya, izotop» kümeleme analizi

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the isotopic and chemical composition of the water resources heated in Antalya Travertine Plateau by using cluster and factor analysis.. Major ions (Ca , Mg , Na , K , Cl , SO_4 , $HCO_3^-+CO_3^{2-}$), electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), CO_2 , total dissolved solid (TDS), partial CO_2 pressure (PCO₂), saturation index (SI) and environmental isotope values of springs and wells have been used to estimate the similarities and disparities between the water sources.,

The use of multivariate statistical analyses., which allows evaluation of a large amount of parameters., is very helpful in Hydrogeologie analysis of complex groundwater systems. DaUon and Upckurch (1978), Williams (1982), Steinhorst and Williams (1985), Usunoffand Guzman (1989), Reeve et.al (1996),, Helena et.al. (2000), and the others have emphasized the potential use of the multivariate analysis techniques for the hydrochemical interpretations of the groundwater systems.

The study area occupies 630 km . The geological structure and the map of the sampling locations are illustrated on Figure 2., The Antalya. Travertine Plateau has a. stepwise morphology. In the upper step, called, as Upper

Plateau, there are many springs discharging from the **Mesozoic** limestone and the travertine,. The most important of these springs are **the** outlets of the **Kırgöz** Spring zone discharging from Mesozoic karstic limestone (KGI, KGM, KGO, KGK, KGP). The average discharge rate of these outlets is 15 m/s. The significant springs discharging from the Lower Plateau are **Düdenbaşı** spring (DUD),, Kemeragzı spring (KMÄ), Mağara spring (MGR), Arapsuyu spring (ARP), and Duraililer-Oku! spring (DUO). The average discharge rate of **the Düdenbaşı** spring is 17 m/s, whereas the averages of the other springs are between **0.5-2.5 m** /s. Another important spring is Hurma spring (**HRM**) discharging from Antalya Nappes. The **other** sampling points in **the** study area are Biyıklı (BIY) and Yağca (YGC) swallow-holes at the Upper Plateau, **Varsak (VAR) deline**, 'Kapuz river (KPN), Meydan wells (ASO) and the Duraliler pumping station (DUP), at the Lower Plateau. The chemical,, physical and isotope-data values of these sampling points are given in Table !.. The cluster and factor analysis of the environmental isotopic and hydrochemical data provides the classification of the water sources of the Antalya Travertine Plateau in terms of the ionic composition, the saturation levels and **the** transit time of the waters.

The classification of the standardized isotopic and hydrochemical parameters by cluster analysis is given on Figure 3, while the classification of the water sources with these parameters is given on Figure 4. The parameters are grouped in classes representing i) the major ion composition (TDS, EC, Cd - HCOs +CO£~), ii) **the** degree of the saturation with respect to carbonate minerals (SI, pH, DO), and Hi) the source and the age of the water (isotopes, Cl-, Temp).. Clustering of the water sources results two distinct classes: Upper Plateau groundwaters and **Düdenbaşı** springs is located in **the** same class, while all the other Lower Plateau springs are in **the** second class.. The **dotinesfed** by Kırgözler Spring and the Kapuzbaşı surface water are out of these classes.

Principal factor analysis provided three principal factors for the processes controlling' the ionic and isotopic composition. These are **the total** dissolved solids, the degree of the saturation with respect to carbonate minerals and the isotopic composition.. These three factors explain **the 95%** of **the** total variance of the parameters.. The correlations of the parameters **with** the factors are given on Figure 5. The classification with respect to factors indicated that the Kırgözler and Düdenbaşı springs are characterized by high amount of carbonates,, and high-degree of the carbonate saturation,, and higher recharge areas. On the contrary, the Lower Plateau springs are characterized by low amount of **carbonates**, low saturation levels and lower recharge areas.. The principal factor analysis also revealed **that** the outlets of the Kırgöz springs have different recharge areas and different transit times..

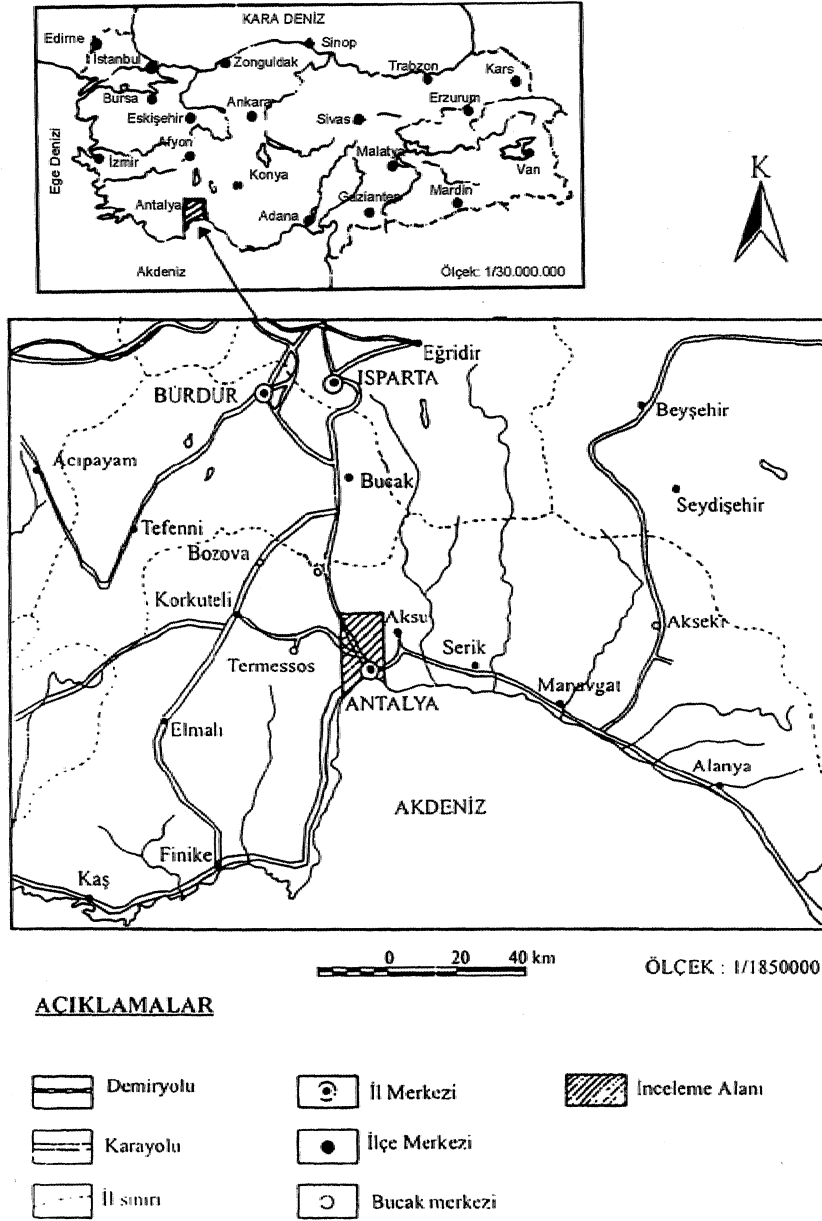
Key Words: Antalya, cluster analysis, factor analysis, **hydrogeochemistry**, isotope

Giriş

Yeraltısulanmn kimyasal ve izotopik bileşimleri, su noktalarının kökenlerinin, benzerliklerinin, akını yolu boyunca meydana gelen değişimlerinin ve karışım süreçlerinin, belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır... Herhangi bir su örneğinin kimyasal ve izotop bileşimi çok sayıda değişken ile ifade edilmektedir.. Hidrojeolojik çalışmalarda, her su noktası için belirlenen bu özellikler oldukça büyük bir veri yığını oluşturmaktadır. Bu verilerin çok değişkenli analiz: teknikleri ile değerlendirilmesi, tüm verilerin aynı anda göz önüne alınmasını ve su noktaları arasında, benzerlikler ve farklılıkların tüm değişkenler açısından ortaya konmasını ve gruplandırmasını sağlamaktadır.,

Antalya Traverten Platosu'nda karstik kireçtaşlarından, allokton nap birimlerinden ve travertenlerden boşalan önemli debiye sahip çok sayıda kaynak bulunmaktadır., Sulama,, enerji,, içme ve .kullanma, amaçlı kullanılan bu kaynakların hidrojeolojik özelliklerinin, aralarındaki ilişkilerin ve benzerliklerin belirlenmesi amacıyla çok sayıda araştırma yürütülmektedir, -

Bu çalışmanın, amacı, kümeleme ve faktör analizi istatistiksel yöntemleri yardımı ile Antalya Traverten Platosu'nda yer alan değişik su noktalarının kimyasal ve izotop bileşimlerinin, değerlendirilmesidir... Bu amaçla,, Antalya. Traverten Platosu'ndaki kaynak ve .kuyulardan alınan, se örneklerinin majör iyon (Ca²⁺,

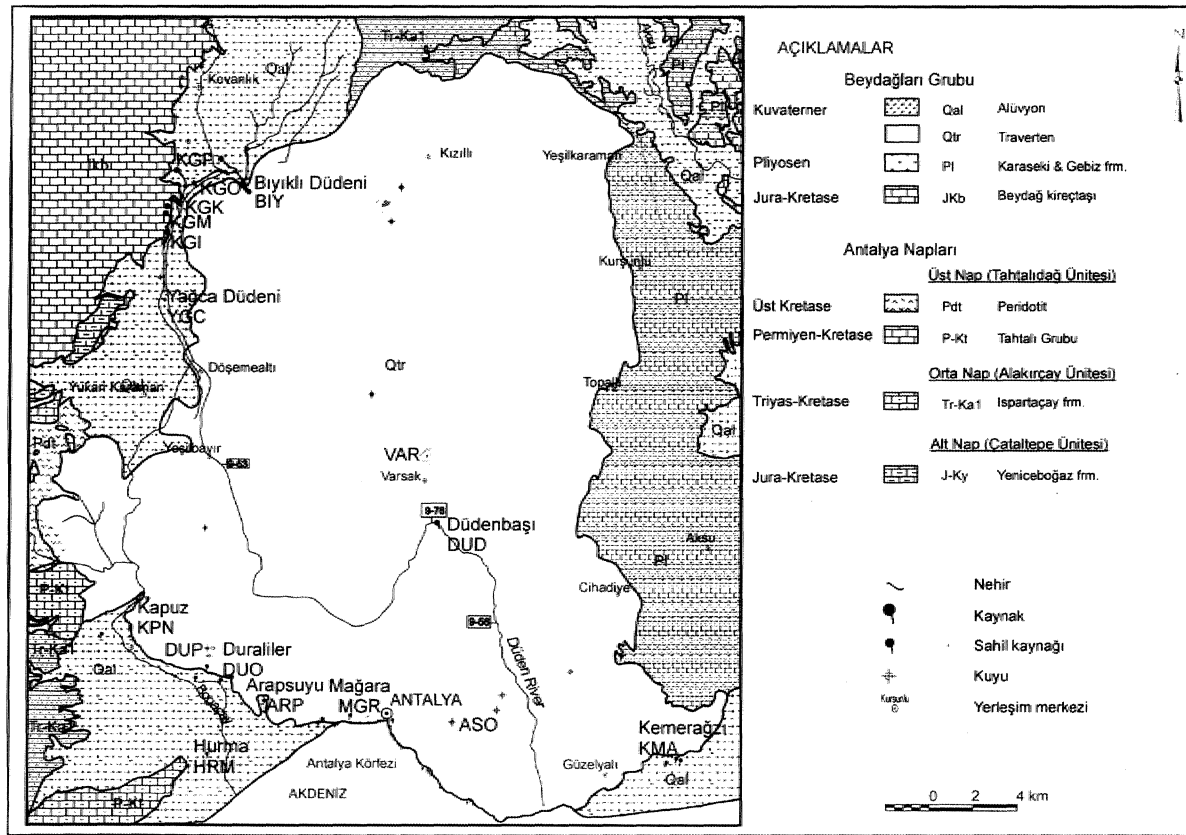


Şekil 1: İnceleme alanı, yer buldu haritası
Figure 1; Location map of the study area.

Mg*, Na\ K\ C; S(V\ HCa-+CO⁺), elektriksel iletkenlik (EC), pH, sıcaklık. (T), çözülmüş oksijen (DO), ÖCa, toplam çözülmüş madde miktarı (TDS)', kısmi karbondioksit basıncı (PCO₂), doygunluk indisi (SI) değerleri ile çevresel izotop içerikleri değerlendirilmiş ve **yeraltı sularının** benzerlik ve farklılıkları, ortaya konmuştur.

Çalışma Alanının Konumu ve Su Noktaları •

Doğuda Aksu havzası, kuzeyde Toroslann güney etekleri, batıda Toroslann Bey dağları kolu ve güneyde Antalya körfezi ile sınırlanan Antalya Traverten Platosu, yaklaşık 630 kn'lik. bir alana sahiptir (Şekil 1). Plato, ikisi karada,, biri deniz altın-



Şekil 2: İnceleme alanının jeoloji haritası (Günay vd. 1995)'den ve örnekleme noktaları

Figure 2: Geological map of the study area and sampling points. (after Günay et. al., 1995)

da olmak üzere üç basamaktan oluşmaktadır. Karada yer alan üst plato 300 m kotunda, alt plato ise yaklaşık olarak 40-120 m kotları arasında bulunmaktadır.

Çalışma alan jeolojisine ilişkin ayrıntılı bilgiler Poisson (1978), Günay vd. (1979), Günay ve Bölükbaşı (1981), Robertson ve Woodcock (1982), Şenel (1984) tarafından, hidrojeolojisine ilişkin ayrıntılı bilgiler ise DSİ (1985), Denizman (1989), ve Günay vd. (1995) tarafından verilmiştir. Çalışma alanının genel jeolojik yapısı ile örnekleme noktaları Şekil 2'de sunulmuştur.

Alanda Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından ve travertenlerden boşalan çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bunların en önemlisi Antalya'nın 30 km. kuzeyinde yer alan Katran dağı'nın doğusunda Mesozoyik yaşlı karstik kireçtaşlarından çıkan Kırkgöz kaynaklarına, ait gözelerdir¹ (KGI, KGM, KIGO, KGK, KGP). Kaynakların ortalama toplam

debisi 15 mV'sdir (DSİ, 1985). Traverten içerisinden boşalan önemli kaynaklar ise, Düdenbaşı kaynağı (DUD), Kemeragzı kaynağı (KMA), Mağara kaynağı (MGR), Arapsuyu kaynağı (ARP) ve Duraliler-Okul kaynağıdır (DUO). Düdenbaşı kaynağının (DUD) ortalama debisi 17 mVs iken diğer traverten kaynaklarının ortalama debileri 0.5-2,5 mVs arasında değişmektedir. Alanın güneybatısında yer alan Hurma kaynağı (HRM) ise Antalya Kaplılarından çıkmaktadır.

Bu kaynaklar dışında, Antalya Traverten Platosu üzerinde yer alan Bıyıklı (BIY) ve Yağca (YGC) düdenleri, Varsak (VAR) dolini, Kapuz nehri (KPN), Meydan kuyulan (ASO) ve Duraliler pompa istasyonundan (DUP) da örnek alınmıştır.

Bu çalışma kapsamında inceleme alanındaki su noktalarından yağışlı dönemde toplanmış örneklere ait kimyasal ve İzotop bileşimleri (majör iyon derişimleri, pH, T, CO₂, DO, s^o, 5.D, Tritiyum) ile bu

vd. (1985) yaptıkları çalışmada kümeleme ve faktör analizi tekniklerini kullanarak, İtalya'da, dolomitik bir akiferde hidrojeolojik alt sistemler arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. Usunoff ve Guzman (1989) faktör ve karşılaştırma analiz tekniklerinin hidrojen kimyasal yorumlamada kullanımını göstermişlerdir. Ritzi vd. (1993), hidrojen kimyasal verilerin zaman içerisindeki değişimlerini faktör analizi ile incelemişlerdir. Reeve vd. (1996), hidrojen kimyasal süreçleri kümeleme ve temel bileşenler analizi tekniği ile ayırt etmişlerdir. Laaksoharju vd. (1999), hidrojen kimyasal verilerin temsil ettiği bilgileri açıklayabilmek amacıyla temel bileşenler analizi, ideal karışım modeli ve kütle dengesi hesaplamalarından oluşan bir algoritma önermişlerdir. Helena vd. (2000) ise temel bileşenler analizinin hidrojen kimyasal kompozisyonun zamana bağlı değişimini açıklamakta kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Kümeleme Analizleri ile Verilerin Değerlendirilmesi

Kümeleme analizi, örnekler¹ arasındaki, benzerlikleri ya da farklılıkları bulmaya, yarayan istatistiksel bir tekniktir. Kümeleme analizi ile örnekler arasındaki değişimlerin homojen olduğu gruplar yaratılır ve her grup diğer gruplardan belirli ve kesin, özellikleri ile ayrılır. Bu yöntem, n sayıdaki örneğe ait m sayıdaki özellik kullanılarak her bir örneğin öklid uzayındaki konumlarının belirlenmesi ve örnekler- arasındaki, öklid uzaklıklarına göre benzer ya da ayrı gruplar halinde sınıflandırılması esasına dayanmaktadır. Kümeleme: analizinde, sonuçlar dendogram adı verilen, ağaç grafikler- ile gösterilmektedir. Bu grafikler, örneklerin, meydana getirdiği, grupların birbirlerine göre uzaklıklarına bağlı olarak oluşturulurlar. İki. örneği (ya da değişkeni) birleştiren dallar ne kadar kısa ise bu örnekler (değişkenler) öklid uzayında birbirlerine o ölçüde yakın bulunmaktadır.

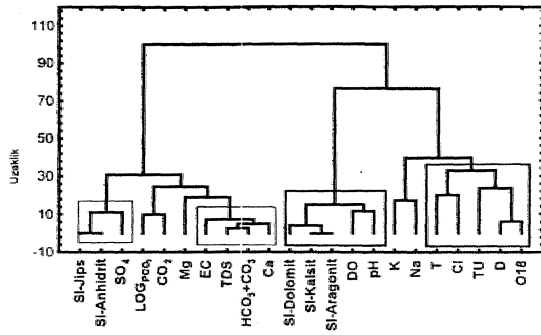
Değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkilerini belirlemek amacı ile ilk olarak kümeleme analizi yapılmıştır. Farklı birim ve büyüklüğe sahip

kimyasal, fiziksel, ve izotopik değişkenlerin bir arada istatistiksel analiz için standartlaştırılması gerekmektedir, ölçülen parametrelerin birimleri farklı olduğundan (meq/l, T.U., $\mu\text{S/cm}$ vb. gibi) bu birimlerin aynı ölçüğe getirilmesine standartlaştırma adı verilir. Bir değişkenin (X_i) standartlaştırılması, o değişkenin her örnek noktasına ait değerlerin (X_i) ortalamalarından (X) sapmalarının standart sapma, (a) değerine bölünmesi ile gerçekleştirilir.

Antalya Traverten Platosu'nda standartlaştırılan değişkenler ile yapılan kümeleme analizi sonucu elde edilen dendogram Şekil 3'de sunulmuştur. Hurma (HRM) kaynağının tüm verileri bulunmadığı için bu kaynak kümeleme analizi değerlendirmesine alınmamıştır.

Şekil 3'te benzer süreçleri temsil eden ve aralarında, yüksek, bağımlılık bulunan değişkenler arasında kümeler¹ oluşmuştur. Toplam çözünmüş madde miktarının (TDS) ve elektriksel iletkenliğin (EC) başlıca (Ca^{2+}) - ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) iyonlarına bağlı olduğu, karbonat minerallerine doygunluğun. pH ve DO parametreleri ile, jips ve anhidrit doygunluğunun ise sülfat içeriği ile kontrol edildiği, suların, kökenini karakterize eden izotoplar ile Cl^- içeriği ve sıcaklığın birlikte kümelendiği görülmektedir. Karbonat minerallerine doygunluk kümesi, karbonat ve CO_2 içeriği kümelerine uzak. bir konumda yer alırken» suyun kökeni, ve yer¹ altında kalış süresini ifade eden izotop kümesine daha yakın bulunmaktadır.

Değişkenler arasındaki bu kümeleneleme göre örnek noktaları gruplandırıldığında üst plato kaynakları ile alt plato kaynaklarının ayrı kümeler oluşturduğu görülmektedir (Şekil. 4). Kırkgöz kaynaklarının (KGI, KGM, KGO, KGK, KGP) kendi aralarında, alt gruplara ayrıldığı, Düdenbaşı (DUD), Varsak dolini (VAR) ile Kırkgöz kaynaklarının kuzey gözlerinin (KGP, KGK) gruplaştığı, alt plato kuyularının aynı kümede olduğu, Duraliler (DUO) ve Arapsuyu (ARP) kaynaklarının da bu kümeye yakın bulunduğu görülmektedir. Kırkgöz kaynaklarının güneyinde bulunan Yağca. (YGC) ve Bıyıklı (BIY) düdenleri, aynı kümede yer almışlardır.



Şf kil 3r<Hidro]eokimyasal ve izotopik. -değişkenler arasında. kümeleme analizi sonucu belirlenen iliş-kiler

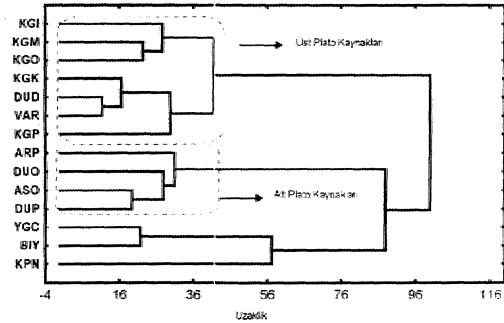
Figure 3: The relations between hydrochemical and isştopic variables obtained by cluster analysis.

Bıyıklı düdeni (BIY) tüm Kırkgöz kaynaklarının (ŞGI, KGM, KGO, KÖK, KGP) boşaldığı gölü drene ederken, Yağca düdeninden (YGC) akan suyun kökeni bilinmemektedir. Ancak yağışlı dönem örnekleri, ile yapılan bu değerlendirmede, söz konusu düdenler ile Kapuz; nehrinin (KPN) aynı kümede toplanmaları, Yağca düdeninin (YGC) de gölden, beslendiği ve tüm ta. grubun yüzey sularını temsil, ettiği, şeklinde^ yorumlanmaktadır. Kapuz; nehri (KPN) örneği, düşük iyon konsantrasyonu nedeniyle göl kompozisyo&undan uzak, kalmaktadır..

Atilla (1996), izotop¹ içeriklerine göre Kırkgöz kaynaklarından Karagöz (KGK) ile Düdenbaşı kay-nağı (DUD) ve Varsak çökme dolininin (VÄR) aym kökene sahip olduğunu belirlemiştir... Burada yapılan kümeleme analizinde 'de: bu gruplama. görölmektedir.

Temel Faktör Analizleri ile Verilerin Değerlendirilmesi

Faktör analizi en. yaygın kullanılan çok değişken- li istatistiksel analiz tekniklerinden biri. olup' geniş bir veri yığımı özetleyerek, daha az sayıda değişken ile ifade edilmesini, sağlamaktadır' (Davis* 1986). Faktör analizi, ile "nt" sayıda örneğin n sayıda, değişken ile ifade edildiği. nxnı sayıda, elemana, sahip bir veri' matrisinin, değişkenleri aralarındaki varyans, kovaryans ve -korelasyon ezelliklerine: bağlı olarak.



Şekil 4: Tüm hidrojeokimyasal ve izotopik değişkenler ile yapılan kümeleme analizi sonucu örnek noktaları arasında belirlenen özellikler (KGP: Kırkgöz - Pınarbaşı, KGO: Kırkgöz - OSS, KGM: Kırkgöz - Kocain, KGK: Kırkgöz - Karagöz, KGI: Kırkgöz » P. 1st., YGC: Yağca Düden, BIY: Bıyıklı Düden, VAR; Varsak - Düden, DUD: Düdenbaşı, KPN: Kapuz, Nehir., A.RP: Arapsuyu, DUP: Duraliler - Pompa, DUD: Draliler - Okul, ASO: Meydan Kuyuları)

Figure 4: The classification of the sampling points with the cluster analysis of the hydrogeochemical. and isotopic variables together.,

bir arada, toplayarak 'değişken sayısından daha az sayıda faktör ile ifade edilmesi esasına, dayanır. Faktörlerin elde edilmesinde kullanılan çok sayıda matematiksel yöntem, vardır. Ancak, hepsinde esas, veri matrisinin devrik, matrisi ile çarpılması ve çıkan matrise ait özdeğer ve özvektörlerin belirlenmesine dayanır.

Faktörlerin belirlenmesinde başlıca, iki yaklaşım vardır, Bunlar temel, bileşenler analizi, ve temel faktör analizi olarak adlandırılmaktadır., iki ya da daha fazla değişkeni tek. bir faktörde birleştirmek, faktör analizinin esasını oluşturmaktadır. Temel bileşenler analizinde- 'bu faktörler varyans-kovaryans ya da korelasyon matrislerinin özvektörleridir. Temel faktör analizinde ise faktörler bağımsız değişkenlerin oluşturduğu doğrusal, bağlanım eşitliklerinden elde edilmektedir;. Temel bileşenler analizinde tüm değişkenlere ait. varyans ve korelasyon değerleri kullanılırken, temel faktör analizinde ise yalnızca bir-birlerinden bağımsız değişkenler kullanılmaktadır.. Temel, faktör analizi bir boyut indirgeme- ve bağımlılık yapısını yok etmeye yarayan bir çok değişkenli, analiz tekniğidir. Faktörler arasındaki korelasyonlar

faktör yükü olarak, adlandırılmaktadır. Faktörlerin sırası önem taşımaktadır, zira. birinci faktör, bir sonraki faktöre göre sistem, içerisindeki değişimin (toplam varyansın) daha büyük bir yüzdesini ifade etmektedir (Davis, 1986). Faktör sayısının belirlenmesinde faktörlerin, değişkenlerin* temsil ettiği, bilginin, ya. da toplam varyans içindeki, oranlan göz önüne alınır. Faktör özdeğerlerinin. - faktör sayısına karşı çizilen grafiğinde eğrinin düzleşmeye başladığı ana. kadar olan faktör sayısının değişkenlerin önemli bir • yüzdesini temsil ettiği belirtilmiştir (Cattell, 1965)..

Bu analiz için de aynı şekilde değişkenlerin değerleri, standartlaştırılmış ve su. noktalarının, doygunluk değerleri, kimyasal parametreler ve izotop verileri birlikte faktör analizine sokularak inceleme alanı için en uygun gruplama belirlenmeye çalışılmıştır. Temel faktör, analizi bağımsız değişkenler ile gerçekleştirildiği için,, TDS ile yüksek: korelasyona sahip EC; CO₂ ile yüksek korelasyona, sahip PCO₂, kümeleme analizi sonucu, düşük konsantrasyona sahip olduğu, için etkin kimyasal süreçleri temsil etmekte rolü olmadığı görülen Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Cl\ SÖ₄²⁻ iyonları, jips. ve anhidrite doygunluk indisleri faktör analizine sokulmamıştır. Temel faktör analizi Ö¹⁸Q, ÖD, Ca²⁺, HCOM - CO₂²; DO, CÖ₂, pH, TDS, aragonit, kalsit ve dolomit doygunluk indisi değişkenleri arasında yapılmıştır. Yapılan temel, faktör' analizi sonucunda Özdeğer-faktör sayısı ilişkisinden maksimum faktör sayısı 3 olarak belirlenmiş, değişkenler ve temel faktörler arasındaki korelasyonlar ile herbir faktörün, toplam varyans yüzdeleri. Çizelge 2'de verilmiştir. Faktör sayısının 3 alınması ile toplam, varyansın % 95.,5'i temsil edilmiştir. Bu nedenle faktör' sayısının artırılmasına gerek görülmemiştir.

Yapılan temel faktör analizi, kümeleme analizinde ortaya, çıkan, değişken gruplarının temsil ettiği. süreçlerin temel faktörleri de temsil ettiğini göstermiştir. Faktör 1 ile en yüksek korelasyonu veren değişkenler Ca²⁺, HCO₃-+CO₃², CO₂ ve TDS'dir... Faktör 2*yi oluşturan değişkenler ise, pH, DO, aragonit, kalsit ve: dolomit doygunluğudur. Faktör 3 ise Ö¹⁸O ve 8D değerleri, ile temsil edilmektedir (Şekil 5).. Buna göre: su noktalan,, toplam, çözünmüş madde içeriği. (Faktör 1), karbonat minerallerine doygunluk

Çizelge 2: Kimyasal ve izotop değişkenleri temel faktörler yükleri ve faktörlerin varuans yüzdeleri.

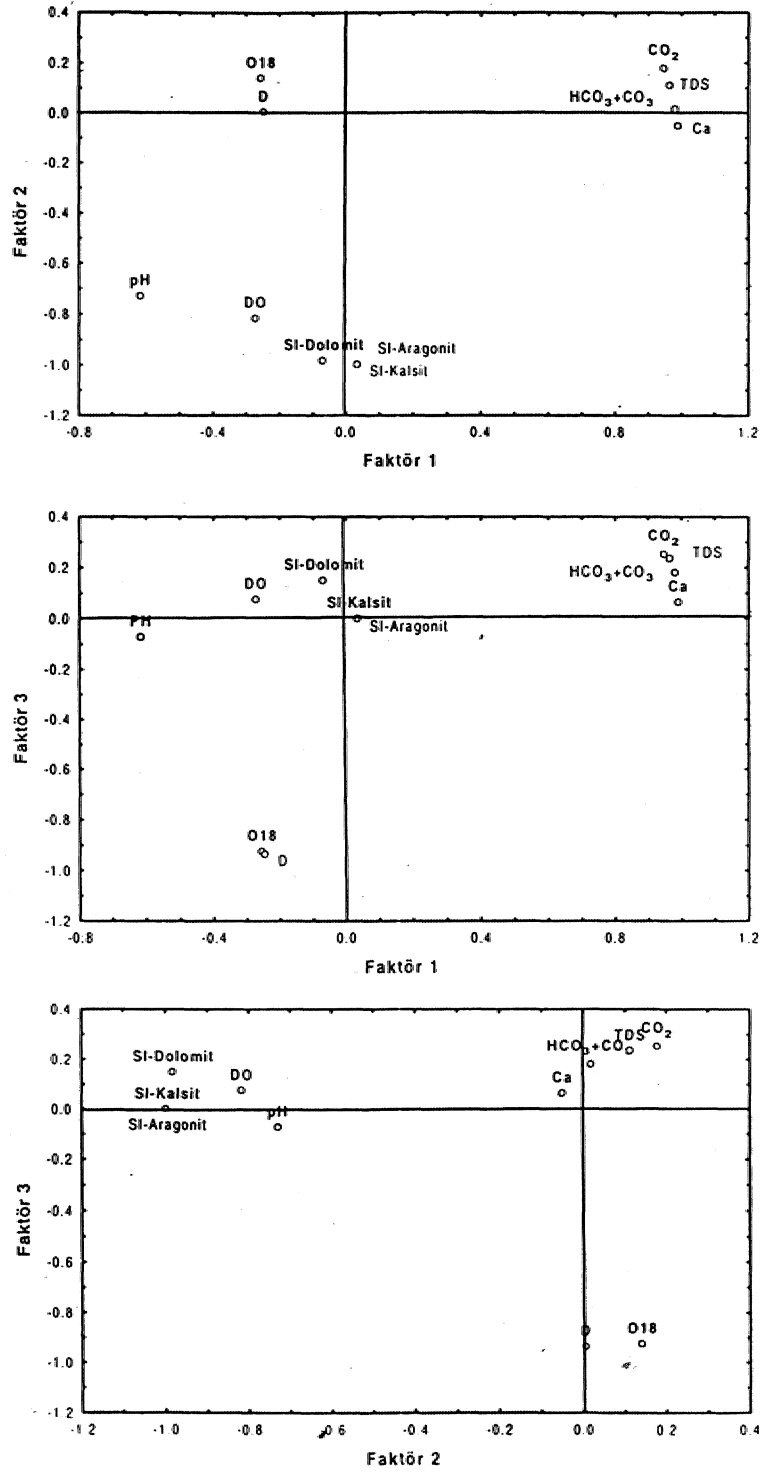
Table 2: Principle factors loadings of the chemical and isotopic variables, and the percentage of the factor variances.,

Değişken	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 2
Ö ¹⁸ O	-.256352	.139804	-.924177
8D	-.247904	.004663	-.936441
Ca	.990135	-.050684	.064085
HCO ₃ +CO ₃	.981603	-.017665	.180883
pH	-.616581	-.730038	-.071320
DO	-.272696	-.817691	.075466
TDS	.964228	.112151	.234987
CO ₂	.947333	.178374	.251979
SI-Aragonit	.033080	-.997788	.001727
SI-Kalsit	.034201	-.997790	.001194
SI-Dolomit	-.069908	-.983505	.149929
%Toplam Varyans	.396359	.384260	.174530

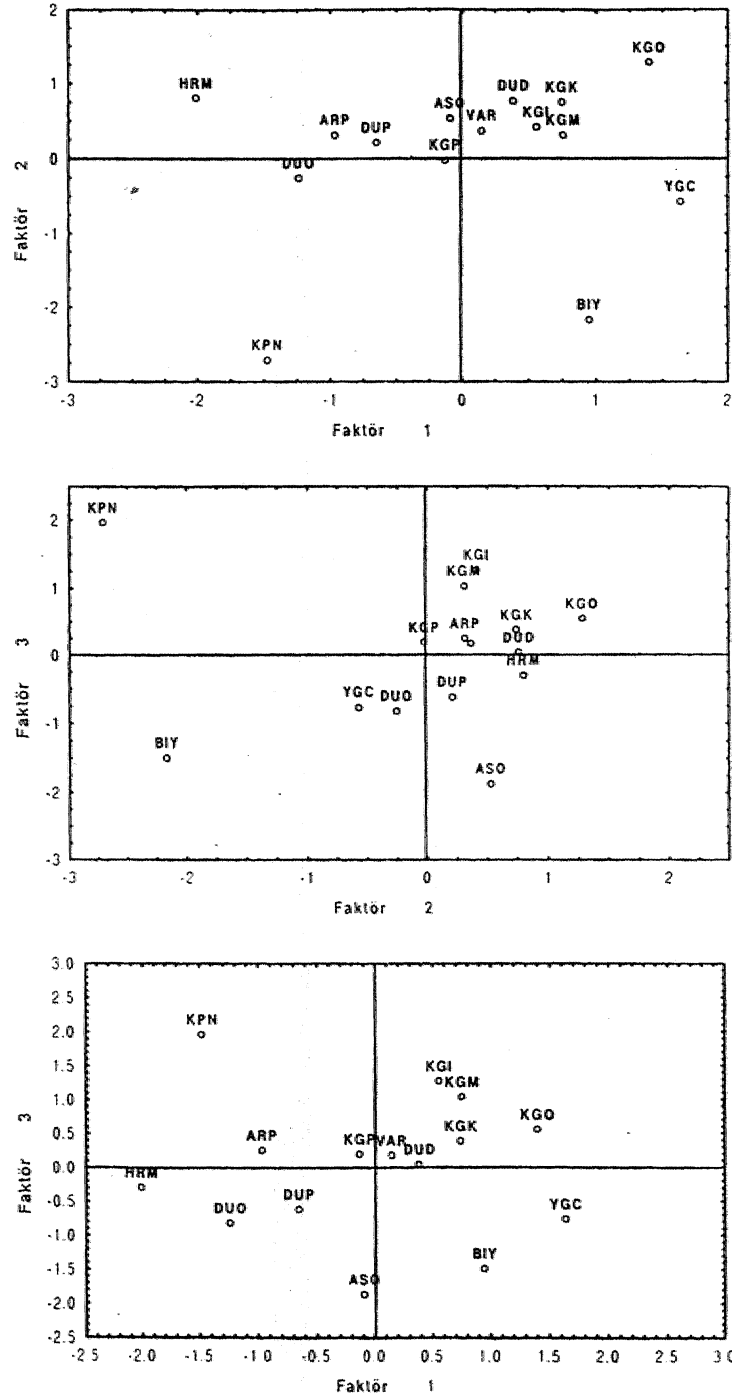
{Faktör'2) ve köken, ya da izotopik bileşim (Faktör 3) faktörleri ile temsil edilmektedir. Bu faktörlere göre su. noktalarının dağılımı Şekil 6'da verilmiştir,

.Faktör' Tin büyük, değerleri toplam çözünmüş madde miktarının yüksek olduğu örnekleri temsil etmektedir. Kırkgöz kaynak, grubu (KGO, KGM, KGK, KGİ), Düdenbaşı (DUD) ve Vaisak dolinin-den (VAR) oluşan üst plato kaynakları ile üst platoda yer alan ancak Şekil 4'de yüzey suyu olarak bu gruptan ayrılan Yağca (YGC) ve Bıyıklı (BIY) düdenlerinin, alt platoda yer alan Arapsuyu (ARP) ve Duraliler (DUO) kaynakları ile kuyu örneklerinden. (ASO - DUP) daha. yüksek çözünmüş madde içeriğine sahip oldukları görülmektedir, En düşük çözünmüş madde içeriği ise Kapuz nehri, ile (KPN), Antalya Haplarından boşalan. Hurma. (HBVI) kaynağında görülmüştür.

Faktör 2'nin büyük değerleri, karbonat minerallerine doygunluk derecesinin yüksekliğini temsil etmektedir. Faktör 1 - Faktör 2 grafiğinde tüm yeraltısulanın (KGO, KGM, KGK, KGI, KGP, DUD, VAR, DUP, DUO, ASO, ARP, HRM) karbonat minerallerine göre doygun olduğu, yüzey sularının (KPN, YGC, BIY) ise daha düşük doygunluk değerleri ile temsil edildiği görülmektedir., • Yüzey sularının düşük doygunluk değerleri, atmosfer ile temas sırasında CO₂ kaçışına bağlıdır. Toplam



ŞekU 5: .Hidrojeokimya ve izotop değişkenleri ile temel faktörler arasındaki korelasyonlar.
 Figure 5: The correlations between hydrogeochemical and isotopic variables with the principle factors..



Şekil 6: Hidrojeokimya ve izotop değişkenleri temel faktörleri ile örnek noktaları arasındaki ilişkiler (KGP:Kırkgöz-Pınarbaşı, KGO:Kırkgöz-OSS, KGM:Kırkgöz-Kocain, KGK:Kırkgöz-Karagöz, KGLKırkgöz-P.Ist, YGCYağca Düden, BIY:Bıyıklı Düden, VAR:Varsak-Düden, DUD:Düdenbaşı, KPNrKapuz Nehir, ARPıArapsuyu, DUP:Duraliler-Pompa, DUOrDuralier-OkuI, ASO:Meydan Kuyulan, HRM:Hurma Kaynağı).

Figure 6: The relations between the sampling points and the principlefactors of hydrogeochemical and isotopic variables.

çözünmüş madde içeriği az, olan Hurma, kaynağı (HRM) ile çok olan Kırkgöz- grubu (KGI, KGM, KGO, KGK, KGP), kaynak çıkışlarından önce CO₂ kaçışının zor olması nedeniyle benzer doygunluk değerlerine sahiptir.

Duraylı izotop içeriklerinin negatif değerlere sahip olması, nedeniyle, Faktör 3'ün büyük değerleri. daha düşük izotop içeriğini temsil etmektedir, Düşük izotop içeriği, beslenme alanının yüksekliği, ile yeraltısuyu dolaşım, süresinin uzunluğunun, bir göstergesidir.. Buna göre Kırkgöz kaynakları. (KGI, KGM, KGO, KOK, KGP), Dündenbaşı (DUD) ve Arap.su.yu (ARP) kaynakları daha yüksek, kotlardan beslenmektedir. Kırkgöz gözeleri kendi aralarında Faktör 3 açısından, değişik davranışlar sergilemektedir. Kırkgöz boşalımının gerçekleştiği zonun güneybatısında yer alan gözeler- (KGM ve KGI) daha uzun bir dolaşıma ve daha yüksek bir beslenme alanına, sahipken,, kuzeydoğuya doğru gidildikçe dolaşım süresi kısalmaktadır.. Sırasıyla KGO, KGK ve KGP kaynakları giderek kısalan bir dolaşıma, sahiptir. Kırkgöz: gözeleri arasında, karbonat ve doygunluk değerleri de farklılıklar göstermektedir., Kırkgöz gözeleri arasında, en düşük beslenme alanına sahip olan kaynak Kırkgöz-Pınarbaşı (KGP) olarak ayrılmaktadır. Bu göze çözünmüş madde içeriği ve doygunluk açısından da. diğer Kırkgöz gözelerinden belirgin bir farklılık göstermektedir. Bu durum Kırkgöz gözelerinin farklı karst kanalları aracılığı ile değişik yükseltideki, beslenme alanlarından farklı geçiş süreleri ile beslendiğini ortaya koymaktadır..

Hurma (HRM) ve Duraliler kaynakları (DUO) ile Duraliler (DUP) ve Meydan (ASO) kuyu sularının izotop içerikleri ise- daha. alçak beslenme- alanlarını temsil etmektedir; Bıyıklı (BIY) ve Yağca (YGC) düdenlerinin izotop içeriğinin -yüksek olması bu yüzey sularının buharlaşma etkisi ile izotopik zenginleşmeye uğradığını göstermektedir.

Kapuz "nehri (KPN) örneğinin her üç faktör için farklılık gösterdiği görülmektedir. Yüksek kotlardan beslenen ve akım yolu boyunca çoğunlukla geçirimsiz nap üniteleri ile temasda bulunan bu su örneği,, 'düşük karbonat içeriği, düşük doygunluk değeri ve düşük izotop içeriği ile temsil edilmektedir. Bu durum Kapuz nehrine, travertenler üzerinde bir yeraltısuyu karışımı olmadığını göstermektedir...

Sonuçlar ve Tartışmalar

Antalya Traverten Platosu yeraltısulan kimyasal ve izotop bileşimlerine bağlı olarak çok değişkenli analiz teknikleri ile sınıflandırılmıştır, Kümeleme ve temel faktör analizi ile yapılan gruplamalarda benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Kümeleme analizi ile yapılan değerlendirmede, Kırkgöz; kaynak grubu (KGI, KGM, KGO, KGK, KGP) ile Dündenbaşı (DUD) ve Varsak (VAR) örneklerinin bir kümede toplandıkları, alt platodan boşalan yeraltısularının (AMP, DUO, ASO, DUP) aynı, bir Mme oluşturdukları görülmüştür. Kırkgöz kaynaklarının, oluşturduğu gölden, beslenen düdenlerin (YGC, BIY) üçüncü bir grup oluşturduğu, yüksek, kotlardan, beslenen Kapuz- nehrinin (KPN) ise tüm bu grupların dışında kaldığı görülmüştür.

Yapılan temel faktör analizi sonucunda Antalya Traverten. Platosu, kaynaklarının "toplanı çözünmüş madde içeriği", "karbonat minerallerine doygunluk" ve "izotopik bileşimlerini" temsil eden üç faktör ile gruplanabileceği saptanmıştır. Bu üç faktör tüm süreçlerin, (toplam varyansın) % 95'ini temsil etmektedir.. Bu faktörler ışığında Kırkgöz kaynak grubu (KGI, KGM, KGO, KGK, KGP) ile" Dündenbaşı (DUD) ve Varsak dolini (VAR) örneklerinin, yüksek kotlardan beslenen, karbonat içeriği, ve doygunluk değeri, yüksek sular olduğu, alt plato yeraltısularının ise daha alçak kotlardan, beslenen, düşük karbonat; içeriği, ve doygunluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Kırkgöz gözeleri arasında, da farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu farklılıklar her bir gözenin farklı yükseltilerde beslenme alanlarına,, değişik akım yollarına, ve farklı geçiş sürelerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.. Bu gözeler arasında, özellikle Kırkgöz-Pınarbaşı (KGP) kaynağı en düşük beslenme alanı, ve en, kısa dolaşım süresi ile diğer Kırkgöz kaynaklarından (KGI, KGM, KGO; KGK) ayrılmaktadır.. Temel faktör analizi ile yüzey sularının kaynaklardan farklı bir bileşim kazandıkları, Kapuz nehrine. (KPN) travertenlerden bir yeraltısuyu katkısı olmadığı görülmüştür

Dündenbaşı kaynağının (DUD), Kırkgöz kaynakları (KGI, KGM, KGO, KGK, KGP) ile aynı faktörler ile temsil edildiği ve aynı hidrojeolojik sistemin boşalımı olduğu sonucuna varılmıştır., Yağca

düdeninden (YGC) boşalan suların Bıyıklı düdeninde (BIY) olduğu gibi, Kırkgöz kaynaklarının önünde toplanan göl sularından beslendiği, bu nedenle faktör analizi değerlendirilmesinde diğer gruplardan farklı davranış gösterdiği belirlenmiştir.

Yüksek kotlardan beslenen ve uzun yeraltısuyu dolaşımına bağlı olarak yüzeye çıkan üst: plato kaynakları ile daha düşük kotlardan, beslenen ve kısa yeraltısuyu dolaşım sistemine sahip olan alt plato kaynaklarının, izotop ve kimyasal, özelliklerine bağlı olarak ayrı gruplarda toplandığı görülmektedir.

Antalya kentinin içme ve kullanma su kaynakları alt platoda bulunmaktadır. Bu kaynakların kısa yeraltısuyu dolaşım sistemine sahip olması ve yerleşimin yoğunlaştığı düşük, kotlardan beslenmesi kirlenme riskini arttırmaktadır. Diğer taraftan Kırkgöz kaynakları (KGI, KGM, KGO, KGK, KGP) ile Düdenbaşı kaynağının (DUD) çok yüksek kotlardan beslenmesi ve uzun bir yeraltısuyu dolaşımına sahip olması kirlenme riskinin daha az olmasını sağlamaktadır. Buna karşılık karbonat içeriklerinin fazla olması nedeniyle bu kaynakların kullanım alanları kısıtlanmaktadır.

Katkı Belirtme

Yazarlar bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı Dr. Levent TEZCAN'a ve Dr. Mehmet EKMEKÇİ'ye teşekkür ederler.

Değerlenen Belgeler

Atilla, Ö., 1996. Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Teknikleri Kullanılarak Hidrojen kimyasal Verilerin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 145 s.

Cattell, R.B., 1965. Factor Analysis: An Introduction to Essentials, *Biometrics*, 21 (1), p. 190-215.

Daltan, M. G., Upchurch, S. B., 1978. Interpretation of Hydrochemical Facies, by Factor Analysis, *Ground Water*, Vol. 16, No. 4, p. 228-233.

Davis, L. C., 1986. *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley & Sons Inc., New York, 646 p.

Benizman, C., 1989. Kırkgöz Kaynakları ve Antalya Traverten Platosunun Hidrojeolojik Etüdü. H. Ü. Fen Bil. Ens. Yük. Müh. Tezi, Beytepe, Ankara, 72,

DSİ, 1985. Antalya Kırkgöz Kaynakları ve Traverten Platosu Hidrojeolojik Etüdü. Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Günay, G., Tezcan, L., Ekmekçi, M., Atilla, A. Ö., 1995. Present State and Future Trends of Karst Ground Water Pollution, in Antalya Travertine: Plateau. EC- COST65 Project, National Report for Turkey, H.Ü-UKAM;-Ankara.

Günay, Y., Bölükbaşı, A.S., 1981. Antalya-Elmalı-Korkuteli-Bucak Arasındaki Beydağlarının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. Teknik Rapor No: 1566, T.P.A.O Güney Arama Müdürlüğü, Ankara, 71 s. (yayımlanmamış).

Günay, Y., Bölükbaşı, A.S., Gözeğer, C., İnançlı, İ., 1979. Batı Toroslarda Antalya-Isparta-Burdur Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Petrol Olanakları, Teknik Rapor No: 1391, T.P.A.O Güney Arama Müdürlüğü, Ankara, 71 s. (yayımlanmamış).

Helena, B., Pardo, R., Vega, M., Barrado, E., Fernandez, J.M., and Fernandez, L., 2000. Temporal Evolution of Groundwater Composition in an Alluvial Aquifer (Pisuerga River, Spain) by Principal Component Analysis, *Wat Res. Vol.* 34, No. 3, pp.807-816, Great Britain.

Laaksoharju, M., Skarman, C., Skarman, E., 1999. 'Multivariate Mixing: and Mass Balance (M3) calculations, A New Tool for Decoding Hydrogeochemical Information', *Applied Geochemistry* 14, pp. 861-871, Pergamon, Great Britain.

Lawrence, F. W., Upchurch, S. B., 1982. Identification of Recharge Areas Using Geochemical Factor Analysis. *Ground Water*, Vol. 20, No. 6, p. 680-687.

- Nativ,, R., Günay, G., Hötzl, H., Reichert,, B., Solomon, D.K., Tezcan, L, 1999." Separation of **Groundwater-Flow** Components in a Karstified Aquifer Using Environmental Tracers» Applied Geochemistry, 14,1001-1014..
- Poisson,, A., 1978. Recherches Géologiques dans les Taurides Occidentales (Turquie).. These de Docteur Es Sciences,, Universite **de Paris-Sud**, 795 p.
- Reeve, A, S., Siegel,, D. L, and Glaser, P. H. 1996, GeocEemical controls on peatland pore water from the Hudson. Bay Lowland: Ä **multivariate** statistical approach. Journal of **Hydrology**, **181(1-4)**: 285-304..
- Ritzi** Jr., R. W., Wright, S, L., Mann, B., Chen, M., 1993. Analysis of **Temporal** Variability in **Hydrogeochemical** Data Used, for Multivariate Analyses.. **Grand Water**, Vol. 31, No. 2, p. **221-229**..
- Robertson,, A, H. F., Woodcock, N. H., 1982, Sedimentary History of the **South-Western** Segment of the Mesozoic-Tertiary Antalya Continental Margin, South-Westem Turkey, **Eclogae geol, Helv.** 75, p. 517-562,
- Seyhan, E,, Van De **Griend**, A. A., Engelen, **G. B.**, **1985. Multivariate** Analysis and **Interpretation** of the: **Hydrochemistry** of a. Dolomitic Reef Aquifer, Northern Italy.. Water Resources Research, Vol. 21, No.7, p. 1010-1024.
- Steinhorst, R. K., Williams, R. E., 1985. Discrimination, of **Groundwater Sources** Using Cluster Analysis, **MANOVA**, Canonical Analysis and Discriminant Analysis., Water Resources Research, **Vol. 21**, No.. **8**, p. **1149-1156**.
- Şenel, M., 1984. Discussion .on the Antalya **Nappes**, in **Geology** of the Taurus Belt Proceedings. Ö. Tekeli and M.C. **Göncüoğlu** (Eds.), Proceedings of the International Symposium, **on the Geology of the Taurus Belt**, 1983,, MTA, Ankara, p. 41-52..
- Truesdell, A.H., Jones, B.F., 1974., **WATEQ**, a Computer Program, for Calculating: Chemical Equilibria of **Natural** Waters,. U.S. Geol... Surv, I. Res., 2, p. 233-248.,
- Usunoff**, E. J., **Guzman-Guzman**, A., 1989. Multivariate **Analysis** in Hydrochemistry: An Example of the Use of Factor and Correspondence Analyses. Ground Water, **Vol. 27**, No. 1, p. **27-34**.
- Williams, K, R, 1982. Statistical Identification of Hydraulic Connections **Between** the Surface of a Mountain and Internal Mineralized. Sources. Ground Water, Vol. 20, No.. 4, p. 466-478,

Fethiye Özel Çevre Koruma Alanı Kara Sularının Kalite Değeriendîrimi*

Quality Evaluation of Fethiye Special Environmental Protection Area Waters

M. Zeki ÇAMUR, Lüffi SÜZEN,, \edat DOYURAN
Orta. Doğu Te'knik Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl, 06531 Ankara

ÖZ

Fethiye ilçesi ve civarında 266 km² kara ve 23 km² deniz alanını kaplayan özel çevre koruma alanında başlıca Fethiye, Göcek, inlice ve Kavaköy ovaları yer almaktadır. Alandaki yüzey (akarsu ve Koca Göl) ve yeraltısulan Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı desteği ile yürütölen proje kapsamında, incelenmiş ve suların hidrokimyasal özellikleri pH, TÇK, EC, Na, K, Ca» Mg, HCOs, COs, S (\ Cl, NÖ3 ve NH4 parametreleri 'kullanılarak belirlenmiştir., Belirlenen parametreler- ve bu parametrelerden kıtaici su kaynaklan ve sulama suyu kalite: limitleri kullanılarak elde. edilen, suların kalite sınıfları coğrafi bilgi sistemi ortamına, aktarılarak TNT-MIPS yazılım paketi ile yorumlanmıştır.,

Çalışma, sonuçlarına göre,, alanın yeraltısuları Mg/Ca/kaeşik-HCCVlı sular olup» ilişkide buldukları litolojik birimlerin kimyasal içeriğini, yansıtmaktadır. Kıtaici su kaynaklan TÇK_s, Cl, N-NOJ ve SO limitlerine göre yüksek, kaliteli veya az. kirlenmiş yeraltısuyu içeren alan, sulama, suyu SAR, %Na, Cl ve SÖ4 limitlerine göre çok. iyi veya iyi kalitede, EC ve NCh limitlerine göre ise, iyi veya, kullanılabilir kalitede su içermektedir. Kıtaici su kaynaklan ve sulama, suyu. kalite sınıflandırma parametrelerinin kendi içerisinde tümünün eşit ağırlıklı, değerdendirilmesi ile alan için yeraltısuyu kalite haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalara göre,, yeraltısulanın kıtaici su kaynakları kalite sınıflamasına, göre 4-16 ölçeğinde 4, 5 ve 6 indekslerine girdiği ve sulama, suyu kalite sınıflamasına göre ise, 6-30 ölçeğinde 7, 8, 9, 10 ve 12 indekslerine girdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, alan yeraltısulanın ölçölen parametreler çerçevesinde kaliteli sular' olduğu sonucuna varılmıştır. Alan. içerisinde yer alan Koca Görün suyu ise özellikle Cl, SO4 ve Na iyonlarına göre kirlenmiş sudur., Doğal kirliliğin kaynağı göl suyunu na karışan, deniz suyu. ve göl civarındaki sülfatça zengin mineralli sulardır.. Korama bölgesi yeraltısularında herhangi bir^l kirlilik belirlenmemiş, olmasına karşın,, alanda kirlilik oluşturabilecek başlıca, noktasal potansiyel kirlilik. kaynakları olarak çöp döküm alanları, Eti Holding krom işleme tesisleri, gübre deposu ve 'krom ve manganez ocaktan belirlenmiştir.,

Anahtar- Sözcükler: Çevre Koruma Alanı Fethiye, Su Kalitesi

ABSTRACT

The special environmental protection area,,, covering 266 km area on Umd and 23 km. area- on sea in and around Fethiye, includes Fethiye., Göcek, İnlice and Kayaköy plains: Surface and graundwaters in the area have been investigated and- kydrochemical characteristics of waters were determined using pH, TDK, EC, Na, K_s Ca» Mg, HCOs., CO?, SO4, Cl, NOs ve NH4 parameters in a project supported by the Special Environmental Protection Agency of Turkey. These parameters and the quality classes of waters» which were calculated using both irrigation water limits and spring water limits, were evaluated in GIS environment through TNT-MIPS software.

Groundwaters in the area are **Mg/Ca/Mixed-HCOs** type that reflects the chemical interactions between groundwaters and litological units.. According to spring'water **TDS, Cl, N-NO*** and **SO4** limits, groundwaters are high quality or little contaminated, according to irrigation water **SAR, %Na, Ci** and **SO4** limits groundwaters are high or good quality' and according to irrigation water **EC** and **Nos** limits groundwaters are good or medium-quality,. Two water quality maps were prepared for the area using ail spring water and all irrigation water parameters, separately, assigning' the*, same weight. The quality map of spring water classification suggests that the area includes quality indexes of 4, 5, and 6 in the range of 4 to 16. The quality map of irrigation water classification suggests **that** the area includes quality indexes of 7, 8, 9, 1ft and 1.2 in the range of 6 to 30. As a result of these applications, it has been concluded that groundwaters in the area are of good quality in terms of the measured parameters.. Koca **Göl** lake water in on **the** other hand, is contaminated- by **Cl, SO*** ve **Na** ions. Natural sources of contamination are the sea water that mixes with **the** lake water and the mineral waters rich in **SO*** present in vicinity of the lake. Although **no pollution** has been detected in the groundwaters, there are potential point contamination sources in the area.. These are waste disposal sites of the **munidpaltities**, **Eti Holding chromium processing plant**, a fertilizer warehouse., and chromium and manganeze mineralizations in **the** region..

Keywords; Environmental Protection Area,,, Fethiye, **water quality**

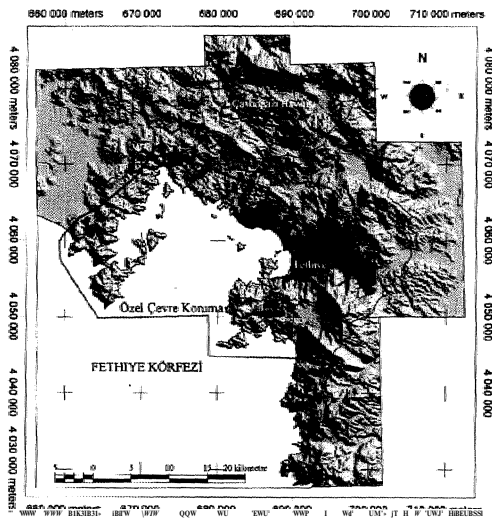
Giriş

Fethiye ilçesi'ne civarında 266 .km² kara ve 23 km² deniz alanını kaplayan özel çevre koruma (ÖÇK) alanında başlıca Fethiye, Göcek, İnlice ve Kayaköy ovaları yer almaktadır (Şekil 1). Su toplama, havzasında yer alan akarsulardan sadece Çayboğazı dere sürekli akışa sahip olup yıllık ortalama debisi 4.5 m³ dolayındadır. Fethiye ovası güneyinde yer alan Karapınar kartik kaynağının debisi ise 1.5

m³/sn civarındadır.. Alüvyon, birikinti koni. çekelleri, yamaç molozu, karbonatlı kayalar, klasikler, volkanitler ve peridotit olmak üzere koruma bölgesinde yedi hidrojeolojik birim mevcuttur. Bölgenin en önemli, akiferini içeren Fethiye ovası kuzeyde peridotitler, güneyde ise karbonatlı kayalarla sınırlanmıştır.. Nisbeten küçük İnlice ve Göcek ovaları da peridotit ve karbonatlı kayalar tarafından çevrilmiştir. Kayaköy ovası ise karstik çöküntü, havzası niteliğindedir. Su toplama havzasında yer alan akarsulardan sadece Çayboğazı dere sürekli, akışa sahip olup yıllık ortalama debisi 4.5 m³/S dolayındadır.

Fethiye ve civarındaki suların kimya ve kalitesine yönelik geçmişteki çalışmalar, DSİ tarafından açılan kuyuların açıldıktan sonraki bir defaya mahsus analizi ile sınırlıdır. Bu analizlerin 1975 ve 1976 yılları arasında açılan kuyulara ait 20 adeti genel hidrojeolojik çalışmalarında Tansuğ ve Öztunah (1977) tarafından rapor edilmiştir.

Bu araştırmanın amacı özel çevre koruma alanı içerisinde kalan, ovalardaki suların kalitesini lara içi su kaynakları ve sulama suyu niteliklerine göre değerlendirmektir. Söz konusu değerlendirmede klasik yaklaşıma ek olarak, TNT-MIPS yazılım paketi kullanılarak, coğrafi bilgi sistemi ortamından da yararlanılmıştır.,



Şekil I: Fethiye Özel Çevre Koruma Alanının lokasyon haritası.

Figure 1: Location map of Fethiye Special protection Area.

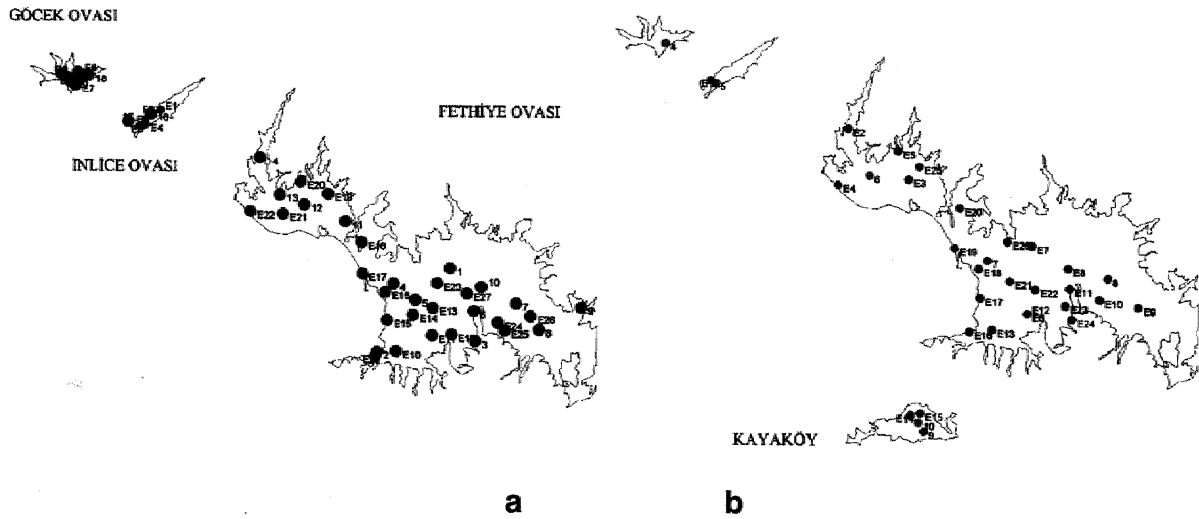
Çizelge 1: Etüd edilen suların sahada ölçülen parametreleri. (Ovalardaki lokasyon dağılımı için Şekil 2'ye bakınız. D: derinlik).

Figure 1: Insitu measured parameters of waters in the study area.. (See Fig: 2 for location of points. D; Depth).

Etüd No	D (m)	T°C	EC µS/cm	TÇK mg/l	PH	Etüd No	D (m)	T°C	EC µS/cm	TÇK mg/l	PH
Fethiye Ovası Şubat 99						Fethiye Ovası Eylül 99					
1	65	20	574	287	8.15	6	60	21.4	493	246	7.94
2	93	20	786	393	7.51	7	9	23.6	778	389	7.57
3	-	20.5	547	274	7.61	8	70	23	429	215	8.13
4	7	19	837	420	7.60	E2	-	22.3	381	189	8.51
5	23	20	605	302	7.61	E3	7	22.6	537	269	7.59
6	40	16.5	423	211	7.91	E4	75	19.4	446	222	8.02
7	70	17	450	224	8.11	E5	44	21.5	525	262	8.11
8	75	17.2	507	253	7.92	E6	20	22.4	515	258	7.82
10	70	20	557	278	8.03	E7	37	23	647	324	8.10
11	30	21	525	260	7.91	E8	60	22	552	276	7.95
12	6	19	625	312	7.56	E9	75	19.5	440	220	7.86
13	60	19.5	582	290	8.00	E10	85	21.7	545	272	7.76
14	-	15	408	204	8.30	E11	35	22.3	528	263	7.87
E10	?	12	728	363	7.40	E12	18	22.3	611	306	7.64
E11	18	16	645	323	7.58	E13	45	22.4	675	337	7.77
E12	12	17	569	285	7.45	E16	93	21.0	709	354	7.46
E13	13	17	536	267	7.65	E17	99	22.2	569	284	7.92
E14	10	18	663	332	7.80	E18	60	21.2	586	293	8.13
E15	99	18	603	301	7.99	E19	30	22.2	553	276	8.03
E16	60	10.8	586	293	7.46	E20	9	22.0	595	297	7.81
E17	30	14.5	564	281	8.04	E21	?	20.8	586	293	7.67
E18	3	17.5	671	335	7.58	E22	11	21.7	575	288	7.75
E19	20	18.5	723	361	7.80	E23	9.5	21.0	500	250	7.69
E20	35	17	578	288	7.66	E24	-	21.0	534	267	7.58
E21	6.5	17.5	632	316	7.67	E25	20	22.0	731	366	7.74
E22	75	16	443	221	8.02	E26	25	23.4	561	281	7.97
E23	60	18.5	546	273	7.97	Kayaköy Ovası Eylül, 99					
E24	?	17.4	480	240	7.82	9	64	23.5	796	397	7.13
E25	60	17.7	564	282	7.64	10	72	20.0	954	475	7.16
E26	63	18	556	277	8.00	E14	70	20.1	1060	537	7.14
E27	65	17	489	244	8.11	E15	62	20.3	953	477	7.03
E28	20	14	880	438	7.36	Fethiye Yüzeysel Sulama Eylül, 99					
Fethiye Yüzeysel Sulama Şubat, 99						E27	-	13.2	339	169	7.92
9	-	14	372	185	8.20	E28	-	16.5	322	160	8.28
İnlice Ovası Şubat, 99						İnlice Ovası Eylül, 99					
16	16	18	645	322	7.36	5	-	21.2	636	318	7.53
17	6	16	688	344	7.60	E1	21.5	6.5	627	314	7.60
E1	24	18	910	453	7.51	Göcek Ovası Eylül, 99					
E2	6	18.5	713	356	7.44	4	39	19.5	866	433	7.22
E3	6	19	639	319	7.58	Koca Göl Eylül, 99					
E4	6	18.5	809	404	7.48	1	0.50	26.8	7020	3500	8.41
E5	40	18	543	271	7.61	2	0.50	27.0	6870	3420	8.48
Göcek Ovası Şubat, 99						3	0.50	28.5	7860	3930	8.20
18	55	19	697	348	7.16	G1	0.50	30.6	7420	3680	7.90
19	16	19	788	393	7.25	G2	0.50	28.6	6920	3450	8.26
20	6	18.8	960	482	7.14	G3	1.50	28.5	6720	3350	8.51
E6	36	19.5	711	355	7.22	G4	0.50	28.3	6700	3320	8.48
E7	35	18	825	413	7.51	G5	21.5	27.0	6750	3370	8.36
E8	?	17.2	881	440	7.53	G6	0.50	27.7	7190	3590	8.44
E9	32	18	813	405	7.26	G7	0.50	28.5	8000	3900	8.12
Koca Göl Şubat, 99						G8	0.50	28.3	8200	4100	8.09
15	kıyı	13	5250	2650	7.87						

Çizelge 2: Örneklenen suların kimyasal analizleri (mg/l). Ömek lokasyonları için Şekil 2'ye bakınız.
Table 2: Result of chemical analysis of waier samples (See Fig. 2 for location of samples).

Etüd No	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	NH ₃
ŞUBAT, 1999										
Fethiye Ovası										
1	12.8	74.84	24.0	3.0	457.52	0	0.0	34.0	26.52	0.0
2	51.2	44.23	86.0	1.0	520.16	0	14.0	25.0	8.84	0.0
3	36.8	48.6	20.0	1.0	421.34	0	28.0	3.9	8.4	0.0
4	32.8	84.56	56.0	2.0	622.22	0	41.0	8.7	39.78	0.0
5	43.2	51.52	23.0	3.0	467.51	0	8.0	7.5	24.31	0.0
6	25.6	43.25	24.0	3.0	348.98	0	5.0	5.7	2.21	1.64
7	21.6	50.06	18.0	0.0	358.83	0	15.0	1.5	7.96	0.0
8	24.0	63.67	17.0	1.0	411.48	0	22.0	1.9	8.4	0.037
10	28.0	62.21	24.0	1.0	401.63	0	17.0	1.6	28.73	0.073
11	13.6	71.44	21.0	0.0	473.99	0	8.0	1.9	8.84	0.024
12	48.0	60.75	23.0	1.0	510.17	0	17.0	1.5	16.35	0.012
13	28.0	65.61	17.0	1.0	549.72	0	3.0	1.3	2.65	0.012
14	42.4	37.91	15.0	1.0	418.1	0	0.0	2.1	0.44	0.049
Fethiye Yüzey Sulama										
9	62.4	30.13	18.0	1.0	375.17	0	14.0	3.4	1.77	0.049
İnlice Ovası										
16	108.0	51.03	39.0	2.0	562.82	0	18.0	23.8	1.33	0.024
17	33.6	75.33	73.0	3.0	691.34	0	1.0	3.5	6.19	0.037
Göcek Ovası										
18	116.0	26.73	54.0	1.0	576.05	0	24.0	4.3	2.65	0.0
19	104.8	62.69	70.0	2.0	839.43	0	31.0	2.2	9.28	0.024
20	105.6	76.79	73.0	4.0	750.47	0	32.0	2.7	19.89	0.0
Koca Göl										
15	84.8	94.28	94.0	42.0	355.59	0	345	27.0	0.44	0.11
EYLÜL, 1999										
Fethiye Ovası										
6	27.20	68.53	8.0	1.0	353.57	0.0	7.0	9.0	1.77	0.064
7	36.80	81.89	23.0	3.0	353.57	0.0	33.0	21.0	15.91	0.0
8	20.32	48.41	8.0	0.0	201.17	0.0	14.0	7.5	5.30	0.0
Kayaköy Ovası										
9	112.0	39.85	19.0	6.0	438.92	0.0	0.0	16.2	10.17	0.013
10	104.0	51.27	30.0	12.0	365.76	0.0	30.0	26.5	19.01	0.219
İnlice Ovası										
5	61.60	47.63	11.0	1.0	384.05	0.0	2.0	8.5	0.0	0.0
Göcek Ovası										
4	94.40	54.43	25.0	1.0	426.73	0.0	28.0	19.0	7.07	0.0
Koca Göl										
1	102.72	146.58	1080	45.0	219.46	0.0	350	1890	0.44	0.090
2	155.60	156.98	1150	46.0	254.82	0.0	400	2250	6.19	0.284
3	108.80	165.97	1160	50.0	243.84	0.0	370	2225	3.98	0.039



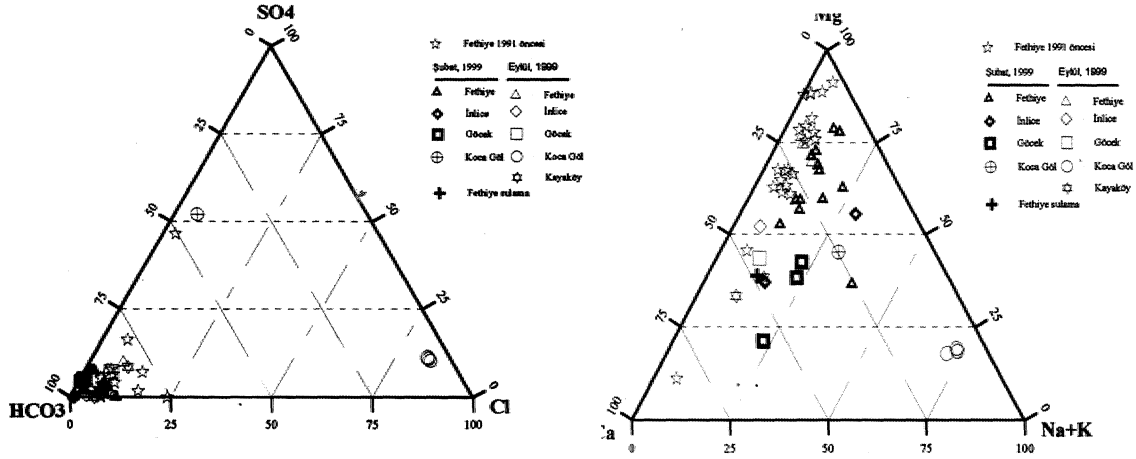
Şekil 2: Etüd edilen suların, lokasyon yayılımı. (a) Şubat, 1999,. (b) Eylül, 1999
 Figure 2: Location of measured water points (a) Feb 1999. (b) Sept 1999

Yöntem

Suların kalitesini belirlemek amacıyla 1999 yılında yürütülen saha çalışmalarında, Şubat ayında 45 ve Eylül ayında da 45 olmak üzere toplam 90 noktada etüd yapılmıştır. Etüd kuyu, lokasyonlan ovalardaki akiferin alansal ve derinliğe göre değişimi, göz önünde tutularak mevcut kam« ve şahıs kuyuları değerlendirilerek belirlenmiştir. Saka çalışmaları sırasında Şubat ve Eylül aylarında etüdü yapılan, noktaların dağılımları Şekil 2 "de ve bu etüd noktalarındaki su örneklerinden sahada ölçülen, T (sıcaklık), pH, EC (elektriksel iletkenlik) ve TÇK (toplam, çözünmüş madde) değerleri Çizelge 1'de listelenmiştir. Suların kimyasal içeriğini, belirlemek amacıyla Şubat ayında (16 adet kuyu, 1 adet kaynak, 1 adet dere», 1 adet göl ve 1 adet yüzey sulama) ve Eylül ayında (7 adet kuyu ve 3 adet göl) toplanan su örneklerinin. Ca, Mg, Na, K, HCCa, CC\ SOs O, N Q İ ve NBb değerleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü. Su Kimyası Laboratuvarı'nda belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 2" de verilmiştir. Eylül ayı su kimyasına yönelik, etüdü daha çok yağışlı mevsim, ile kuru mevsim, arasında olabilecek olası farklılıkları ortaya koymak için yapıldığından, bu etüdüde kimyasal analizi yapılan örnek sayısı az tutulmuştur.

Sı, Kimyası

Kasyon ve anyon, konsantrasyonlarının, kendi içerisindeki yüzde dağılımlarına göre, Fethiye ovasındaki suların hemen hepsi Mg-HCCb tipindedir (Şekil 3). Bu genel dağılımdan farklı olarak, 93 metre derinlikteki kuyudan alınan su örneği ve Eşen Çay'dan gelen ana. kanaldaki Fethiye yüzey sulama suyundan alınan, su örneği kasyon içeriği bakımından karışık sular sınıfına girmektedir. Şubat ayı verilerine göre, Fethiye ovası sularındaki kalsiyum., magnezyum, sodyum., bikarbonat, sülfat ve klorür iyonları konsantrasyonlarının ortalama değerleri ve ortalama değerden sapmalar sırasıyla 31.4 ± 10 , 58.4 ± 11 , 28.3 ± 13 , 14 ± 0.8 , 458 ± 60 , 13.7 ± 8.9 ve 7.4 ± 7 mg/l dir (Çizelge 2), Bikarbonat; sodyum ve klorür dışındaki iyonların Eylül ayında ölçülen konsantrasyonları Şubat ayı verilerine yakındır. Eylül ayı sodyum, ve bikarbonat konsantrasyonları Şubat ayındakilere göre nispeten daha. düşük iken, klorür konsantrasyonları daha yüksektir. Ova yeraltısularında göreceli olarak yüksek miktarlarda bulunan ve kuzeye doğru. artış gösteren magnezyum iyonu muhtemelen, ovanın kuzeyinde yüzeylenen peridotit içerisindeki, magnezyumca zengin minerallerin ayrışmasından kaynaklanmaktadır. Ova su toplama havzasında yaygın olarak bulunan karbonatlı birimler de, sulardaki kalsiyum ve bikarbonat konsantrasyonları için



Şekil 3: Koruma alanı sularındaki anyon ve katyon konsantrasyonlarının kendi içindeki yüzde dağılımlarının üçgen diyagramdaki görünümü.

Figure 3: Triangular diagram showing percentage of ion concentrations of waters.

muhtemel kaynaklardır. Bazı so. örneklerinde (Şubat ayı etüd no.: 2 ve 4) gözlemlenen nisbeten yüksek sodyum miktarını alüvyon-su katyon, değişim, tepkimeleri ile açıklamak mümkündür. Yağışlı Şubat ayında sular nisbeten seyrettik olduğundan sedimanlardaki sodyum suya geçmiştir.

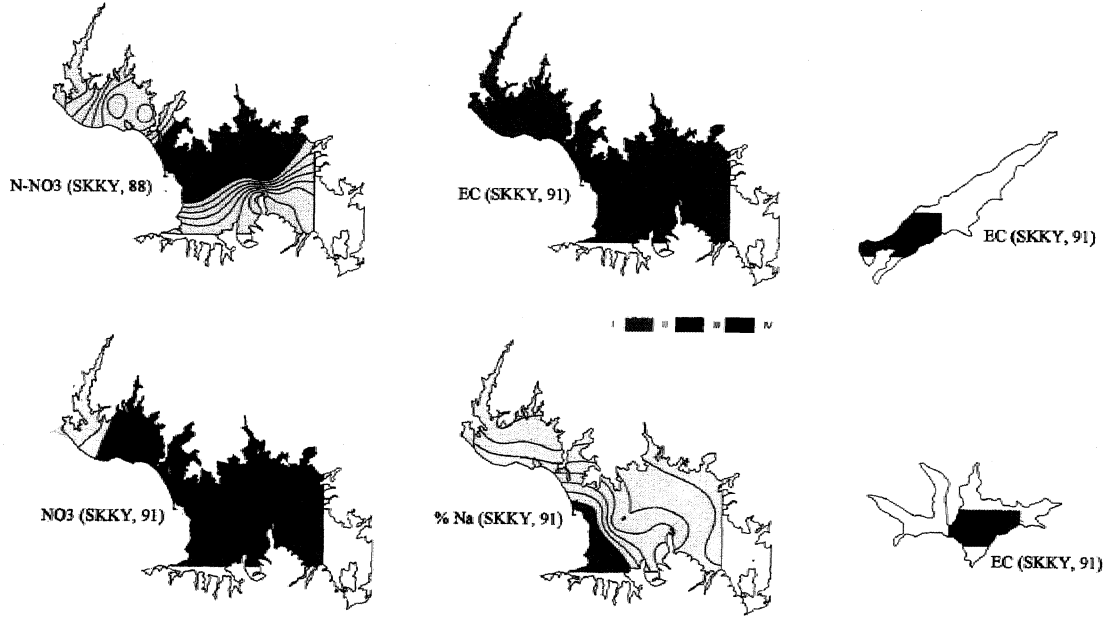
İnlice ovası yeraltısulan Mg/Kanşık-HCO₃ sınıfındadır. Kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, bikarbonat, sülfat ve klorür konsantrasyonlarının İnlice ovasından Şubat ayında alınan iki kuyu suyu örneğindeki ortalama değerleri ve ortalama, değerden sapmalar sırasıyla 70.8±37, 63.2±12, 56±17, 2.5±0.5, 627±64, 9.5±8.5, 13.7±10 mg/l dir, Sodyum ve bikarbonat dışındaki iyonların Eylül ayında ölçülen konsantrasyonları Şubat ayı verilerine yakındır,. Eylül ayı sodyum ve bikarbonat konsantrasyonları Şubat ayındakilere göre nisbeten daha düşüktür. İnlice ovasındaki yeraltısularında ortalama kalsiyum miktarının magnezyum miktarından çok olması ve katyon, içeriği bakımından karışık sular sınıfına girmesi, muhtemelen, ova. su. toplama havzasındaki kalkerli birimlerin yaygınlığına ve katyon değişim, tepkimelerine bağlıdır.

Göcek ovası yeraltısulan Ca/Karışık-HCO₃ sınıfında sulardır. Göcek. ovasından. Şubat ayında alınan üç kuyu suyu örneğindeki kalsiyum, magnezyum,, sodyum, potasyum, bikarbonat» sülfat ve klorür iyonları ortalama değerleri ve ortalama değer-

den sapmalar sırasıyla 108.±4.8,-55.4±19, 65.7±7.8, 2.3±1.1, 722±97, 29±3.3, 3.1±0.8 mg/l dir., Sodyum,, bikarbonat ve klorür dışındaki iyonların. Eylül, ayında ölçülen konsantrasyonları Şubat: ayı verilerine yakındır. Eylül, ayı sodyum ve bikarbonat konsantrasyonları Şubat ayındakilere göre: daha düşük iken, klorür konsantrasyonu daha yüksektir. Yeraltısularındaki nisbeten yüksek kalsiyum ve bikarbonat: konsantrasyonları muhtemelen ovayı çevreleyen kalkerli birimlerin ayrışmasına bağlanabilir.

Kayaköy ovası yeraltısulan Ca/karışık-HCO₃ sınıfında sulardır. Ovasından Eylül ayında alınan iki kuyu suyu örneğindeki kalsiyum,, magnezyum, sodyum, potasyum,, bikarbonat,, sülfat ve klorür iyonları ortalama, değerleri ve ortalama değerden sapmalar sırasıyla 108.±4, 45.6±6, 25±6, 6±6, 402±36, 15±15, 21.5±5 mg/l dir. Ova yeraltısulandaki nisbeten yüksek kalsiyum ve bikarbonat konsantrasyonları ovayı çevreleyen kalkerli birimlerin ayrışması ile ilişkilidir.

Bu genel dağılımdan farklı olarak Şubat ayında Dalaman'daki Koca Görün kıyısından alınan su kanşık-SCVlı su sınıfında kimyasal içeriğe sahiptir. Eylül, ayında göl içerisindeki, üç değişik noktada 50. cm derinlikten alınan su örneklerine göre ise» göl suyu Na-Cl lu su. sınıfına girmektedir. Eylül ayında alınan su örneklerindeki kalsiyum, magnezyum,



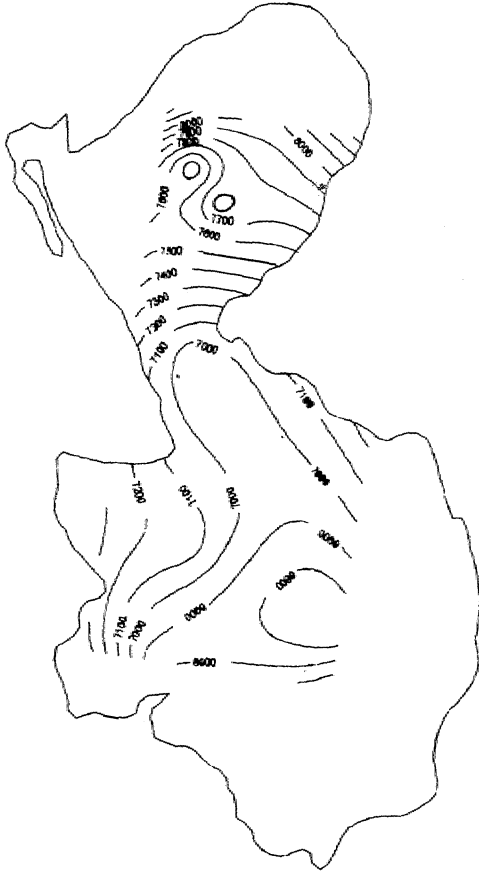
Şekil 4:*Kıtaçi su kaynakları (SKKY, 88) N-MCb ve sulama suyu (SKKY, 91) EC, %Na, NCb limitlerine göre koruma bölgesi Şubat. 1999 yeraltısuyu kalitesinin dağılımı...

Figure 4: Ground water quality maps according to inland Freshwater (SKKY, 88) and Irrigation water (SKKY, 91) Standards (Feb., 1999)

sodyum, potasyum, bikarbonat, sülfat ve klorür iyonları ortalama, değerleri ve ortalama değerden sapmalar sırasıyla 122.4 ± 22 , 156.5 ± 7 , 113.3 ± 33 , 47 ± 2 , 239.4 ± 13 , 373.3 ± 18 , 212.6 ± 154 mg/l dir. Göldeki bu yüksek iyon konsantrasyonları göl suyu ile deniz suyu arasında bir ilişki olduğuna işaret etmektedir. Bir başka ifade ile göl suyuna deniz suyu karışmaktadır. Yöre halkından, alınan bilgiye göre, kış aylarında deniz suyu gölün kuzeyindeki tahliye kanalından göle ilerlemektedir. Diğer taraftan, gölün güneyinde göl ile deniz arasında mevcut fay hatlarından da göle deniz suyu karışması olasıdır. Karışım oranını, söz konusu ortamlarda katı faz ile reaksiyona girmeyen, klorür iyonunun, deniz, göl ve gölü besleyen diğer taze sulardaki konsantrasyonlarından belirlemek mümkündür. Tarcan (1989) tarafından rapor edilen Ege Denizi suyunun 1987 yılı klorür ortalaması (22262. mg/l), Koca Göl suyunun yukarıda verilen, klorür ortalaması ve gölü besleyen tatlı suyun varsayılan, klorür değeri (20 mg/l) kullanılarak, Koca Göl Eylül ayı suyunun yaklaşık % 9'unun deniz suyu karışımı olduğu hesaplanmıştır. Karışan deniz suyu yüzdesi, nisbeten düşük olmasına

karşın, deniz suyundaki iyon konsantrasyonları gölü besleyen diğer tatlı sulara göre çok yüksek olduğundan, söz konusu karışımın izlerini iyon konsantrasyonları oranlarından da belirlemek mümkündür. Örneğin, Ege Denizi suyundaki Na/Cl oranı 0.54 ve SO_4/Cl oranı ise 0.15 dir. Bu oranların göl suyundaki değerleri de, sırasıyla, 0.53 ve 0.18 dir. Şubat ayı kimyasal analiz sonuçları ve Sülfat-klorür oranı deniz suyu karışımı dışında göle farklı bir kaynaktan yüksek sülfat konsantrasyonu karıştığına işaret etmektedir. Bu kaynaklar göl civarında yaygın olarak bulunan ve sıcaklığı $31^\circ C$, EC-si 18970 mS/cm civarında ölçülen sülfatlı mineral, sulardır.

Özel Çevre Koruma Bölgesinde bulunan yeraltısularının zamana bağlı kimyasal değişimi çalışılan parametreler çerçevesinde incelendiğinde, değişimin yıllar bazında değil fakat daha çok mevsimsel bazda olduğu gözlemlenmektedir. Şekil 3'de de görüldüğü üzere, alansal yayılımı nisbeten sınırlı olan ve daha çok kurak mevsimde toplanmış 1991 öncesi veriler az da olsa düşük sodyum, bikarbonat ve nisbeten yüksek klorür konsantrasyonları ile Eylül ayında toplanmış verilerle benzerdir (Şekil 4).



ŞeMI 5: Koca Göl suyundaki (Eylül, 1999) EC dağılımı.

Figure 5; EC contours for Kocagöl Lake (Sept 1999)

Su Kalitesi

Gözlem noktalarındaki suların, kalite sınıflamaları, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), 1988 ve 1991'de verilen, sırasıyla, lataiçi su kaynakları ve sulama suları limitleri, kullanılarak, analizi, yapılmış parametreler için belirlenmiştir. Söz konusu, sınıflamada çalışma sahasında yüksek kalite sınıfı göstermeyen parametrelerin ova yeraltısularındaki yayılımı Şekil 4'de gösterilmiştir.. Bu şekildeki kalite sınıfı alanları yayılımı değerlendirilirken., alanların Şekil 2'de lokasyon dağılımı verilen, noktalar baz alınarak çizildiği, dikkate alınmalıdır.

Koruma bölgesi içindeki tüm sular¹ (Koca Göl suyu hariç) pH, toplam çözünmüş madde miktarı ve sülfat kıtaçi su. ka.3ma.klan. limitlerine göre yüksek kalitededir (I), Klorür ve nitrat azotu kıta içi su kay-



Şekil -6: Fethiye ovası Şubat 1999 ayı (a) kıta içi su kaynakları ve (b) sulama suyu toplam kalite haritaları.

Figure 6: Total quality maps for a) Inland fresh water and b) Irrigation water in Fethiye plain (Feb. 1999)

nakları limitlerine göre ise, İnlıce ve Göcek ovalarındaki yeraltısulan yüksek kaliteli su sınıfında iken, Fethiye ovasındaki sadece Şubat ayı 1 etüd no lu kuyu suyu ve Kayaköy ovasındaki Eylül ayı 10 etüd nolu kuyu suyu klorüre göre az kirlenmiş (II) ve Fethiye ovasındaki Şubat ayı 1, 4, 5 ve 10 etüd nolu yeraltı suları da sadece nitrat azotu limitlerine göre az kirlenmiş su sınıfına girmektedir.. Diğer taraftan, Koca gölün suyu kıtaçi su kaynakları nitrat azotu limitlerine göre yüksek kaliteli, TÇK ve SO4 limitlerine göre kirlı (III) ve klorür limitlerine göre de çok kirlenmiş (IV) sudur.,

SAR (alkali tehlikesi), pH, klorür ve sülfat sulama suyu limitlerine göre toruma bölgesi yeraltısulan çok iyi (I) kalitededir. Tuzluluk sulama, suyu. limitlerine göre genelde orta (C2) ve bazı alanlarda da

yüksek: (C3) derecede tehlike içeren koruma bölgesi yeraltısulan, EC limitlerine göre iyi. (II) veya kullanılabilir (III) kalitededir (Şekil 4). Sodyum yüzdesi değerlerine göre ise yeraltısulan çok iyi (I) veya iyi (II) kaliteli sulama sularıdır, Sulama suyu nitrat limitlerine göre; Fethiye ovasındaki Şubat ayı 6, 13 (Eylül 6) ve 14 etüd notu sular çok iyi. (I), 2, 3, 7 (Eylül 8), 8 ve 11 etüdnolu kuyu suları iyi (II), 1, 5, 10 ve 12 etüd nolu kuyu suları, kullanılabilir (III) ve 4 etüd nolu. tayu suyu ihtiyatla kullanılmalı (IV) sınıfındadır (Şekil 4). Şubat ayında ihtiyatla kullanılmalı, sınıfına giren 4 etüd nolu su Eylül etüdları sonuçlarına göre {etüd no: 7) kullanılabilir sınıftadır, tnlce ovası kuyu suları sulama suyu nitrat limitlerine göre çok iyi veya iyi. kalitede iken, Göcek ovası kuyu suları bu sınıflara ek olarak kullanılabilir limitinde yeraltısuyu içermektedir.. Sulama suyu nitrat limitlerine göre Kayaköy ovası yeraltısulan kullanılabilir sınıftadır. Kemer ilçesinin Öfen köyünden gelen Fethiye ovası yüzey sulama suyu» ova girişinden Şubat ayında alınan örneğe göre., EC hariç tüm parametrelere göre çok iyi (I) kalitededir. EC limitlerine göre ise iyi (II) kaliteli, sudur. Koca Gol'un suyu sulama, suyu. limitlerine göre çok yüksek tuzluluk (C4) içermektedir.. Sulama suyu limitlerine göre çok iyi (I) ve iyi (II) sınıfında nitrat içeriğine sahip göl suyu., kullanılabilir (III) sınıfında sülfat, ihtiyatla kullanılmalı (IV) sınıfında sodyum yüzdesi ve zararlı (V) sınıfında, klorür ve EC içermektedir. Göl suyunda 7Ö20 ile 8200 mS/cm arasında, değişen EC dağılımı Şekil 5'de gösterilmiştir.

1975-1991 yılları arasındaki kalite sonuçları ile 1999 yılı kalite sonuçları karşılaştırıldığında, Özel Çevre Koruma Bölgesinde bulunan Fethiye ovası yeraltısutannında incelenen zaman, dilimi içinde olumsuz yönde bir kalite değişimi olmadığı gözlemlenmektedir.

Kıta içi. su kaynakları ve sulama suyu kalite sınıflandırma parametrelerinin kendi, içerisinde tümünün eşit ağırlıklı değerlendirilmesi ile, Fethiye ovası verileri kullanılarak, ovanın hem kıta içi su kaynakları toplam, kalite haritası ve hem de sulama suyu. toplam kalite haritası yapılmıştır (Şekil 6). Kıta içi su kaynakları toplam kalite haritası hazırlanmasında, herb ir kuyu. suyu örneğinin belirlenen TÇK, Cl, N-MCb ve SO sınıfları (I, II, III, IV) sayısal

değer olarak, toplanmış ve böylece her bir su örneğinin toplamı-sınıf kalite değeri, belirlenmiştir. Dolayısıyla., haritadaki (Şekil 6) en küçük kalite değeri 4 olabilir ve kıta içi su kaynakları kalitesi bakımından Fethiye ovasındaki en. kaliteli yeraltısuyunu içeren alanları gösterir. Haritadaki en büyük değer ise en. fazla 16 olabilir ve su kaynakları kalitesi, bakımından ovadaki en kalitesiz yeraltısuyunu içeren alanları gösterir.. Bu bilgiler ışığında ova yeraltısularının 4, 5 ve 6 inci kalitede sular içerdiği ve genel olarak çok iyi kalitede olduğu söylenebilir.

Sulama suyu toplam, kalite haritasının hazırlanmasında da yukarıdakine benzer şekilde her bir kuyu suyu örneğinin belirlenen sulama suyu SAR, %Na, EC, Cl, NÖ3 ve SO* sınıfları (I, II, III, IV, V) sayısal değer olarak ele alınıp toplanmış ve böylece her bir su örneğinin toplama-sınıf kalite değerleri belirlenmiştir. Dolayısıyla haritadaki en küçük kalite değeri 6 olabilir ve sulama suyu kalitesi bakımından Fethiye ovasındaki en kaliteli yeraltısuyunu içeren, alanları gösterir. Haritadaki en büyük, değer ise en fazla 3 O¹ olabilir ve sulama suyu kalitesi bakımından ovadaki en kalitesiz yeraltısuyu alanlarını gösterir. Buna göre, ova yeraltısularının, ölçülen parametreler çerçevesindeki kalite dağılımları bakımından., sulama amaçlı olarak kullanılabilir, kaliteli sular olduğu söylenebilir (Şekil 6).

Potansiyel Kirlilik Kaynakları

Koruma bölgesi yeraltısularında herhangi bir kirlilik belirlenmemiş olmasına karşın kirlilik oluşturabilecek, başlıca noktasal potansiyel kirlilik kaynakları şunlardır: Fethiye ovasındaki eski ve yeni çöp döküm alanları, Eti Holding Krom İşletme tesisleri, Sanayi sitesi., Gübre deposu alabalık üretim tesisleri, Göcek. Belediyesi yeni çöp dökümü alanı, ve tüm koruma bölgesine yayılmış krom ve manganez ocakları. Bölgedeki belediyelerin ve Eti Holding krom. tesislerini atık suları alınan bilgilere göre, arıtma işleminden sonra denize verilmektedir. Bölgede yeraltısuyu kalitesini etkileyebilecek potansiyel yaygın kirlilik kaynakları ise tarımsal faaliyetlerde kullanılan sınırlı miktardaki gübre ve diğer tarımsal, kimyasallar ile hayvancılık faaliyetleri atıklarıdır.

Fethiye ovasına, gelen -yüzey sulama suyunu .kirlenme olasılığı bulunan ören köyünde mevcut: beş. alabalık tesisinin etkilerini incelemek için, tesisler öncesi ve sonrasındaki sularda EC ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucu tesislerin sulama, suyu üzerinde olumsuz bir etkisi, belirlenmemiştir.

Sonuç

Koruma alanındaki karasal suların kimyası, NO₃ ve NH₄ hariç, alan içi ve civarındaki kayaçlar ve: atmosfer ile su arasındaki kimyasal ilişkileri yansıtmaktadır.

Sığ kuyu sularında lokal olarak antropojenik kökenli nisbeten yüksek NO₁ konsantrasyonları mevcuttur.

Kuru mevsim su kimyası az da olsa nisbeten düşük sodyum, bikarbonat ve nisbeten yüksek klorür ile yağışlı mevsimden farklılık göstermektedir.. Bu farklılıklar muhtemelen katyon değişim, tepkimesi, çökelim ve buharlaşma sonucu oluşmaktadır,.

özel Çevre Koruma Alanı içinde kalan Koca Göl suyu dışındaki tüm yeraltı ve yüzey suları ölçülen parametreler çerçevesinde genel olarak kaliteli sulardır.

Koca Görün suyu özellikle klorör, sülfat: ve sodyum iyonlarına göre kirlenmiş sudur. Doğal kirliliğin kaynağı göl suyuna kansan deniz suyu ve göl civarındaki sülfatça zengin, mineralli sulardır,.

Koruma alanındaki başlıca potansiyel kirlilik kaynakları; eski ve yeni çöp döküm alanları, krom. işletme tesisleri ve .krom. ve manganez ocaklarıdır.

Bu çalışma 53. Türkiye Jeoloji Kurultayında sunulmuştur.

Katkı Belirtme

Bu araştırma Çevre Bakanlığı özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı Proje kod no: 98-03-09-01-02 desteği ile yürütülmüştür..

Değinilen Belgeler

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY),. 1988, Resmi Gazete. Sayı: 1991.9.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), 1991, Resmi Gazete,, Sayı: 20748.

Tansuğ, Z. ve Öztunah, A., 1977, Fethiye .ve civarının hidrojeolojik etüd rapora, DSİ İzmir Bölge Müdürlüğü, 28 sayfa.

Tarcan, G. 1989, Urla-İçmeler ve çevresinin jeolojik-hidrojeolojik incelemesi, sıcak-soğuk suların jeokimyasal yorumlanması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir,.

Locating Young Faults by Means of Remote Sensing: Case of Helendale Fault Zone (S. California)

Uzaktan Algılamayla Genç Fayların Tayini: Helendale Fay Zonu Örneği (G. California)

Rahmi AKSOY

S.U. Müh. Min. Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya

ABSTRACT

Assessment of fault: activity forms an important part of any seismic: safety program,. It begins by locating the traces of existing faults. Fault breaks can be located 'by interpretation of aerial photographs, and on the ground mapping, Remote sensing, when conducted together with existing geological and geophysical data, is a relatively fast and cost-effective method., It contributes, enormously to locating the traces of young-looking fault 'breaks. Potentially active 'faults can generally be recognized by topographic features or by contrast in vegetation reflecting varying groundwater depth or soil differences across the fault: traces. In this method» it is important to recognize fault-generated morphological elements,. Remote sensing is. an effective technique for evaluating the potentially active faults.. As an example of the application of remote sensing of young faults, the Helendale fault zone in. the Mojave Desert: of southern. California was. studied in detail to detect the fault related topographic features.

Key Words: Helendale, potentially active faults, remote sensing, topographic features.

ÖZ

Fay aktivitesinin saptanması her sismik koruma programının önemli bir kısmını oluşturur. Bu, mevcut fayların izlerinin belirlenmesiyle başlar. Fay izleri, hava fotoğraflarının yorumu ve yerinde karıtatama ile tayin edilir,. Bu çalışmanın amacı hava-fotoğraflarının yorumunda kullanılan fay özelliklerinin bir katalogunu sunmaktır.

*Uzaktan algılama, mevcut jeolojik ve jeofizik verilerle birlikte uygulandığında genç görünümlü fayların değerlendirilmesinde çalışmaya hız kazandıran ve çalışma maliyetini azaltan bir yöntemdir. Bu yöntem, özellikle fay aktivitesinin saptanmasında mevcut fayların yerlerinin tespitine önemli katkılar sağlar., Potansiyelce aktif faylar arazide genellikle topoğrafik özellikler veya fay izleri karşısındaki bitki örtüsü kontrastı veya zemin farklılığı ile tanınabilir. Uzaktan algılamayla genç-görünümlü fayların **saptanmasında**, faylanmanın yarattığı morfolojik öğelerin tanınması önemlidir. Bu morfolojik belirginliklerin başında fay diklikleri, hendekler, dar ve derin çentikler, lineer sırtlar ve vadiler, sedler, çöküntü havzaları, basınç sırtları,, küçük gölcükler, kaynakların diziliminde ve/veya bitki örtüsündeki çizgisellikler,, tepe dibi çukurluklar ve önu keSilmiş ve ötelenmiş dere yatakları gelir. Bu özelliklerin gelişimi tekrarlanan fay hareketi ve fay boyunca çökme ve erozyon etkilerine bağlıdır, Genç görünümlü fay özelliklerinin korunması ise esas olarak iklime bağlı olup, bunlar kurak iklim bölgelerinde uzun süre korunabilirler.. Uzaktan algılama potansiyelce aktif fayların değerlendirilmesinde uygun bir yöntemi oluşturur., Genç fayların uzaktan algılama uygulamasına bir örnek olarak, güney California'nın Mojave Çölü'nde yer alan **Helendale fay zonu**,/aylanmanın oluşturduğu topoğrafik Özellikleri belirleme için, ayrıntılı olarak incelenmiştir..*

Anahtar Sözcükler: Helendale, potansiyelce aktif faylar, topoğrafik özellikler, uzaktan algılama,

Introduction

Determination of fault activity constitutes an essential part of **any seismic** safety program. The program must include identifying and mapping the active faults and evaluating the degree of their hazard potential. However, the task is not easy, yet the detection and dating of the most recent movement is not always possible.

The determination of fault activity and the evaluation of the degree of its hazard potential must proceed, two **phases**: **1) location** of the traces of faults accurately on the earth's surface and **2) determination** of the potential for activity on faults. The latter involves the frequency and amount of past movements. In this phase it is important to estimate the age of the **fault features** and offset units. The nature of geologic units in which the faults is located, affect the success of this phase. Recency of activity on faults that juxtapose old units may be difficult.

Recency of activity has become the legal basis for the definition of **active** faults in some countries (the State of California, U.S.A; Hart, 1977). For this reason, California Division of Mines and Geology classified its **fault maps** in three **groups** based, upon the recency of activity. This classification is in accord, with the **limitations** of remote sensing. Each group is a more closely defined, **category** within the next higher level. It is made up of potentially **active**, active and historic faults. Potentially active faults include **all** faults believed to have been active during the last 2 million years (Quaternary activity). A **category** of potentially active fault with evidence of **displacement** during the last 11,000 years (Holocene activity) is called active-fault. The lowest level in the **hierarchy** is occupied by a category of active fault with evidence of displacement during the last 200 years, (historical activity).

Remote sensing of **fault-related** geologic features reduces the time required for field mapping. Therefore, it **contributes** extremely to the above mentioned phases. Young-looking fault features can be determined from their surface appearances. However, remote sensing should be conducted together with examination of existing geologic

maps. It is best regarded as an aid to field mapping. **Fortunately** field mapping can be **most successfully** replaced by remote-sensing in minimally vegetated, minimally developed, remote arid regions with extensive surficial sediment and some **existing** geologic map coverage. Remote-sensing is suitable for the estimation of the potential for activity on faults. The aim of this paper is to present a **list** of fault-related, young-looking topographic features used in the interpretation of aerial, photograph. As an example of the application of this method, the **Helendale** fault zone in the Mojave Desert of Southern California is taken to show the lines of fault, features within the **fault zone**. The **Helendale** fault zone is one of the northwest, trending, **right-lateral**, strike-slip faults in the Mojave Desert (Hill, 1954; Garfonkel, 1974; Crammings, 1976; **Dibblee**, 1980; and Morton et al. 1980). It is characterized by conspicuous **geomorphic expressions** and by abundant evidence for youthful evidence (Aksoy, 1993), Aerial photographs of scales **1:120,000** (color) and 1:30,000 (**black** and white) were used to detect fault related topographic features, vegetation and soil contrasts, and other lineaments of possible fault origin, for the fault zone.

Fault Lineaments

Faults may be recognized on aerial photographs and satellite images in the form of lineaments and alignments of tonal discontinuities. The tonal discontinuities result from shadow, slope, rock, sediment, soil, vegetation or hydrologic changes. The remote sensing of faults is the recognition of these fault-generated elements within longer lineaments.

Youthful faults can generally be recognized in the field by topographic features or by vegetation and soil contrasts across the fault traces. These features can be attributed to repeated fault movements and effects of erosion and deposition along the fault. Horizontal and vertical displacements of a few millimeters to several meters along a fault can result from repeated slips accompanied by earthquakes, from intervals of slow fault creep between earthquakes, or from a combination of both (Clark, 1984).

Regardless of their origin, the displacements produce: scarps and other topographic features. These **features** are relatively short lived and are thus of particular importance as evidence for potentially active faults. The preservation of them is mainly dependent on climate. In arid regions they are best preserved.

Faults are surfaces or zones of displacements * between, rocks or soil, but they also modify the surficial landscape and the subsurface water movement. The landscape patterns and the surficial expressions of subsurface water **provide** most of the discernible elements of photo-lineaments. The most common lineament elements which may be attributed to faults will be defined below. A block diagram of fault lineament elements is shown in Figure 1.

Fault lineament elements

The fault lineament elements defined here: are developed, from recognition criteria discussed, by Sharp (1972), Redburch-Hail (1974), Wesson et al. (1975), Morton et al. (1980), Clark (1984) and Aksoy (1986).

Scarp: This may developed either as a true fault scarp reflecting; offset at the surface, or a fault line scarp resulting from discrepant erosion of units juxtaposed by fault displacement. The latter gives no direct indication, of the sense of displacement. Fault

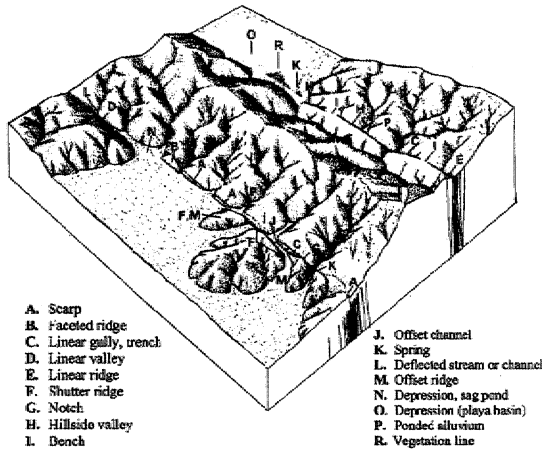


Figure 1: Block diagram of fault: lineament elements. Adapted from Clark (1984).

Şekil 1: Fay çizgiseltiklerini gösterir blok diyagram, Clark (1984)'ten değiştirilerek alınmıştır.

scarps must be distinguished carefully by the pattern of the trace and the regional setting from erosional scarps developed in arroyos and at former lake shores. These erosional features are most readily confused as fault scarps where only short segments of them are preserved.

Linear Valley: The rocks in a fault zone are often weakened and exploited by streams, but linear valleys may developed for other reasons. They are most likely to be controlled by structure where collinear valleys are found to diverge from, a water shed, or to feed, into a higher order stream at the same point,

Linear Ridge: Some fault blocks or slivers are raised, tilted or slid diagonally to produce elongate thin ridges of bedrock or sediments in relatively flat alluvial surfaces. In a strike-slip fault zone linear ridges are common, features right outside of a linear range front. Where such ridges slip across and block or divert successive water courses that exit the range front they are known as shutter ridges. The association of shutter ridges and offset drainages is most safely interpreted to be of fault origin. As opposing depressed fault blocks, some blocks are raised, tilted or move diagonally to develop shutter ridges.

Bench: Elongate benches develop as a simple consequence of closely spaced, subparallel scarps, They must be distinguished from fluvial terraces.

Hillside Valley: Linear depressions that run at a high angle to the down-slope direction of water-worn valleys may be the product of faulting. Compositional changes in unfaulted bedrock may also produce such features.

Linear Range Front: In a faulted areas, range-basin boundaries are generally linear and fault controlled. The contact between alluvium and bedrock does not necessarily give the true position of the fault trace. Bull (1980) suggested that such a range front becomes more sinuous as it ages. He also indicated that active range fronts may be identified by the presence of coarse blocks that have fallen from the scarp line.

Faceted Ridge: Faceted or truncated ridges are young-looking fault features. These features are best developed at range fronts.

Ponded Alluvium: Range front valleys blocked by elongate and shutter ridges may fill with ponded alluvium before the ridges are breached.

Beheaded Valley: It is a basin arroyo in the range front that is abruptly terminated at a range front fault.

Beheaded Fan: Strike-slip faults in the range front may displace an alluvial fan from the stream that originally fed it. Surficial clast suites in the isolated remnants of alluvial fans are best used as indicative of fault displacement.

Misfit Fan: It is sometimes possible to manifest a fan that is not beheaded, is adjacent to a drainage basin, that cannot have fed it. It must be argued that either the composition or the size of the fan are incongruous.

Offset Streams: Strike-slip faults may leave characteristic dog-leg offsets where canyons and arroyos cross their trace but are not blocked. Since beheaded valley portions may be reconnected with the upstream portions of their neighbours as a result of strike-slip, and because the fault is often easily eroded and followed by a watercourse, the offset seen in a single modern stream does not necessarily reflect the true fault slip. The key is to identify several streams with comparable offset patterns.

Closed Depressions: The combinations of drainage and ridge displacements in a strike-slip system, and the development of pull-apart basins at bends and en-echelon steps can lead to the generation of rectangular and rhomboid, closed, alluvium filled depressions.

Hydrologic elements

Fault zones may juxtapose rocks and sediments of different permeability, and the fault zones themselves may be occupied by relatively impermeable, crushed rock or clay gouge. Thus, ground water¹ is commonly ponded on the upstream side of a fault surface. In extreme cases the ponding creates significant hydrological differences across the fault as shallow as the root zone or even at the surface. Hydrological elements may then be added to the expression of the fault lineament. Where there is no

surface expression, the ponding may be seen by mapping the water table depth from existing well data. Because the fault surface may be inclined, however, it is not proper to assume that the subsurface water table anomaly lies directly beneath the tracer of the fault at the surface.

Potentially active faults can also be recognized, in the field and on aerial photographs by contrasts in vegetation reflecting varying ground water depths. Hydrological effects at the surface vary with season and longer term climatic fluctuations. Therefore, hydrologic elements will not be equally evident on all imagery.

Vegetation Lines: In a faulted area, the most flourishing vegetation may occur along a fault zone or on the upstream side. Thus, the vegetation lineament may be either a line of distinctive growth, or a linear boundary between two areas of contrasted vegetation. These elements may be as much influenced by rock type and soil character as the hydrologic effects of the displacement.

Spring Lines: Linear loci of springs are related to the fault zone. Springs will be recognizable on aerial photographs by their influence on vegetation.

Soil Tone Lines: Changes in soil moisture due to ponding of ground water¹ at a fault can produce clear tonal discontinuities. Within small areas, elevation, soil development, moisture retention and vegetation cover generally increase with age. Thus, in the absence of primary compositional differences, there is a tendency for younger units to appear lighter-colored.

Sag Ponds: The depressed, impervious nature of the fault zone can easily lead to the development of small lakes along its trace. Along the fault zone, these form a lineament.

Bedrock elements

Fault traces may appear as linear boundaries between different rock units. The rock units may be differentiated on the basis of color, joint pattern, surface texture and slope form, but the linear contact could still be intrusive or depositional. Fault linea-

meets can be more confidently identified in bedrock images where a stratigraphic sequence in tilted unit, a fold, or pattern of intrusive units can be seen to be truncated and displaced across a lineament. Notches and trenches or troughs are well developed fault features in bedrock. They reflect intensive erosion of the crushed and broken rocks in the fault zone.

Youthfulness of faulting

Remote sensing can be a very efficient tool for the identification of fault traces, however, its use to determine the age of faulting is much more adventurous and preliminary. Age must ultimately be determined, by careful field inspection and radiometric, paléontologie, paleomagnetic or other dating of the geologic materials involved, in the fault zone. Historic records and well-documented seismic events may, of course, immediately establish that a fault is historic.

Two lines of evidence may be used to estimate age from aerial photography. One approach, considers the persistence of unstable, fault-generated, surface features. The other attempts to establish the relative age of surficial sediments in which the fault trace is evident.

The landscape features produced, by faults in unconsolidated sediments are short-lived. Their persistence and ease of recognition are enhanced, by relatively arid, climates, but their very survival may tentatively be used, to identify potentially, active faults. The destruction of such features may be the result, of erosion, burial by wind or water-borne sediments, or modification by human agricultural and, constructional activities. All three groups of processes are: episodic. It is important to appreciate that landscape elements of fault lineaments can be rapidly buried in Holocene or even historic time. Thus, the lack, of surface expression is no evidence for inactivity.

Aerial photography can be used very successfully to establish, relative age in Quaternary surficial deposits. Relative age can be established most surely by the simple criterion that a surficial sediment lobe must, be older than surficial deposits cut by the:

channel that feeds or fed that lobe. The braided character of the basin deposition means that most depositional lobes are eventually carved into a set of isolated lenses. The correlation of these lenses is best begun by grouping, those with identical appearance in aerial photography. It is usually found, that, for constant composition, the older lobes and lenses are more dissected and that their better developed soils and vegetation most often produce darker image tones. The older fan segments often appear relatively brown on natural color images. The youngest, active deposits have little or no vegetation and appear to be very light unless the mineral soil particles are naturally, dark.

It should be apparent that remote sensing may be able to make tentative assignments to the potentially active fault, category. The youngest surficial sediments will be evident in an active water courses, so it is a simple matter to map in some of historic sediments. Unfortunately fault activity would have to be rather extreme to maintain a lineament in an active channel, that is distinct enough to be apparent in aerial photography. Identification of faults as active or historic using remote sensing alone should not be expected. In conjunction with geologic maps and seismic records it may be possible to identify some active and historic faults without, field work.

Special Features of the Helendale Fault Zone Between Lucerne Valley and Brisbane Valley

The Mojave Desert region of southern California is a structural domain bounded by the Garlock fault on the north, the San Andreas fault on the southwest, and the San Bernardino Mountains on the south. (Figure 2). This domain embraces a group of at least seven major, subparallel, northwest trending, right-lateral, strike-slip faults (Hewett, 1954; Hill, 1954; Garfunkel, 1974; Cummings, 1976; Dibblee, 1980). The Helendale fault zone is one of the principal members of the westernmost part of the system. The Helendale fault zone is not composed of a single through-going fault strand but rather a set of discontinuous right stepping fault strands that trend N45-50°W (Figure 2). Only locally does the fault display throughgoing linear continuity of topographic fea-

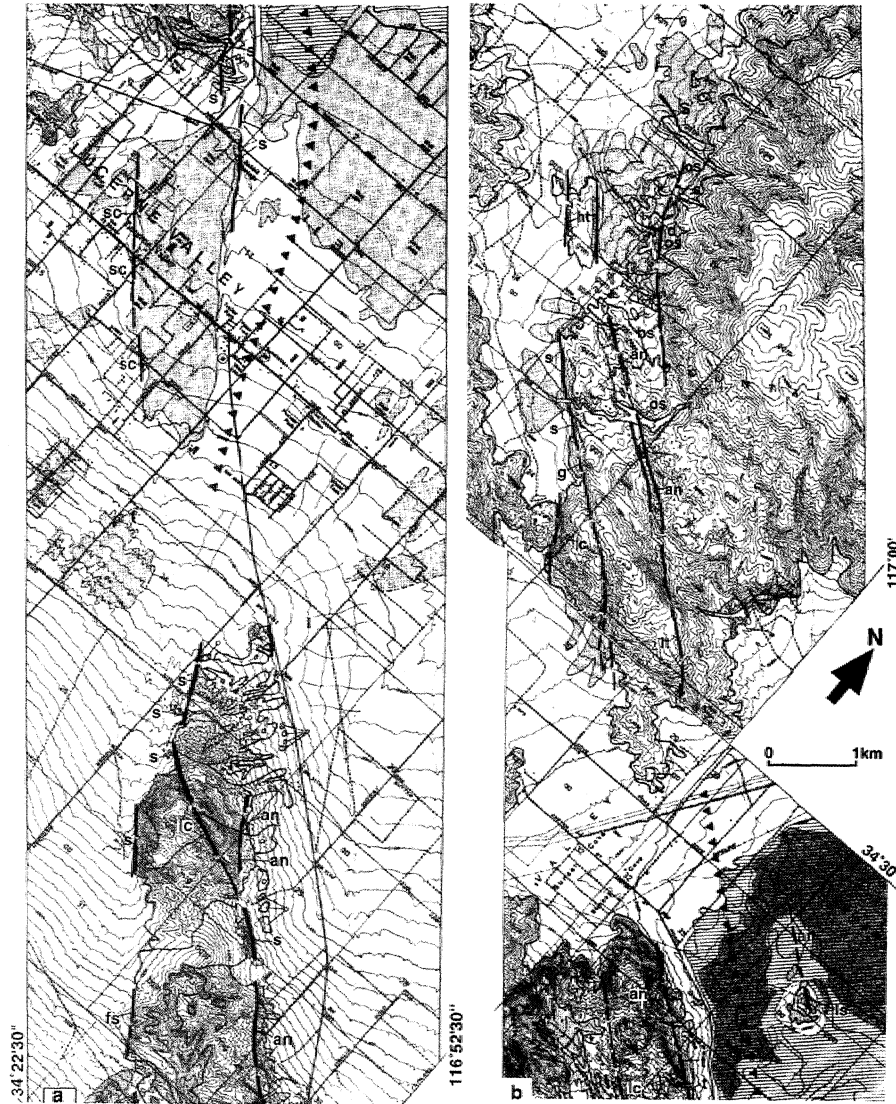
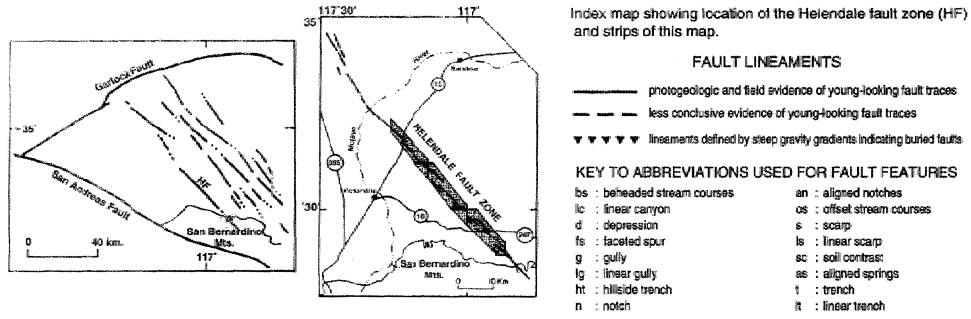


Figure 22: (a-b) Young-looking fault features of the Helendale fault zone in the southern Mojave Desert, California, between Lucerne Valley and Brisbane Valley. Explanation of the geologic units is not given.

Şekil 22 California'nın güney Mojave çölünde yer alan Helendale fay zonunun, Lucerne Valley, ye, Brisbane Valley, y arasındaki kesiminin genç görünümlü fay özellikleri.

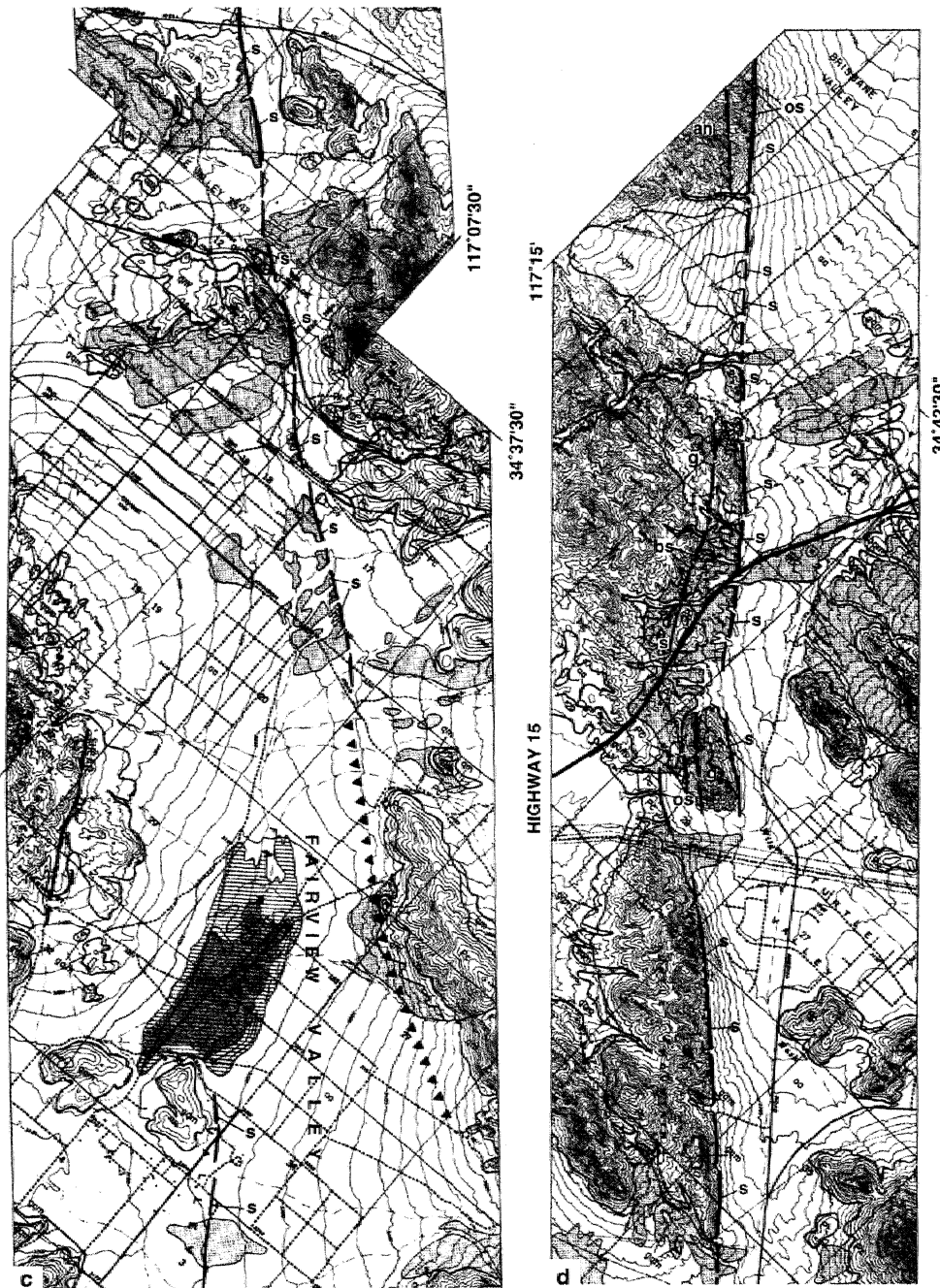


Figure 2: (c-d)

tares. The linearity of **topographic** features suggests that the **Helendale fault** dips nearly vertically.

Geomorphologic evidence of young-looking **fault features** along the fault zone is abundant, and includes fault **scarps**, linear **ridges** and valleys, depressions, right laterally offset and deflected

streams, beheaded streams, **gully**, notch, hillside trench, **soil contrast**, aligned, springs, and ponded alluvium (Figure 2). However, such evidence: is not **everywhere** equally clear.

The most prominent interruptions of the fault zone occur in Lucerne Valley and in Fairview Valley

(Figure- 2a-c). In Lucerne Valley, the fault trace is completely concealed by Holocene alluvial deposits for about 5 kilometers. South of the town of Lucerne Valley, the fault zone is characterized by two traces. These fault traces are marked, by lines of springs, scarp, faceted spurs, notches, trenches, and linear canyons. Another fault trace lies about 3 kilometers northwest of the above described southwestern trace and is characterized by a soil contrast across it (Figure 2a),

Just north of Lucerne Valley, the fault zone is characterized, by northeast facing low scarp in relict lake deposits. These scarps, are moderately youthful in appearance and are undissected. Northwestward from here to Fairview Valley, the fault zone is composed of two or three parallel fault traces (Figure 2b). Along this segment, over¹ much of its length, the fault zone is dominated by erosional features such as trenches, notches, canyons, and gullies. The other principal fault generated surface features along this segment are offset and beheaded stream courses, scarps, and depressions.

The second, interruption of the fault zone occurs in Fairview Valley (Figure 2c). The northwest and southeast corners of the Valley are characterized by young-looking fault features. The northeastern part of the Fairview Valley Lake plain is partially covered by locally derived gravels that appear¹ to form a line along this segment. This lineament suggests that the gravels might form an erosional surface brought out by faulting, but there is no surface expression indicative of a topographic step along this segment. From here to northwestward, it is obvious that the fault is a relatively continuous (Figure 2d). Along this segment of the fault zone, northeast facing low scarps, offset and beheaded stream courses, aligned notches, trenches, and linear gullies are easily visible.

Conclusion

The traces of youthful faults, can generally be recognized, by topographic features or vegetation and soil contrasts across the fault traces. Remote sensing can be a very efficient tool for the identification of

these features. The most common topographic expressions are scarps, trenches, notches, linear ridges and valleys, benches, depressions, ponded alluvium, lines of springs and/or vegetation, faceted spurs, and offset and beheaded streams. Development of these features can be attributed to repeated fault movements and effects of erosion and deposition along the fault. Preservation of these features, is mainly dependent on climate. The¹ destruction of them may be the result of erosion, burial, by wind or water-borne sediments, or modification by human activities. All these processes are episodic. It is important to appreciate that landscape elements of fault lineaments can be rapidly buried in Holocene or even in historic time. Thus, the lack of surface expression is no evidence for inactivity. Aerial photography can also be used to establish, the relative age of faulted, surficial deposits. Age must be determined by careful field inspection and, dating methods of geologic materials. Historic seismic records and well-documented seismic events must be used in the evaluating of the age of faulting and its classification.

Most of the fault lineament elements defined here are best preserved along the Helendale fault zone. Therefore, it forms a good example for the application, of remote sensing- of young-looking faults.

References.

- Aksoy, R., 1986., Geological and geophysical investigations along the Helendale Fault: Zone in the southern Mojave Desert, California. Unpublished MS-thesis, University of California, Riverside, 86p.
- Aksoy, R., 1993., The Helendale Fault Zone. Series Progress, in Earthquake Research and Engineering, V. Andreas (ed.), Vieweg Publishing, Braunschweig/Wiesbaden, v.4, p. 17-29.
- Bull, W.B., 1980., Tectonic geomorphology of the Mojave Desert. U.S. Geological Survey, Preliminary, Semi-annual Technical report, 188p.

- California Division of Mines and Geology, 1976. Active fault mapping and evaluation, program. California Division of Mines and Geology, Special Publication 47, 42p..
- Clark, M.M., 1984., Map showing recently active breaks along the San Andreas fault and associated faults between Salton Sea and Whitewater River-Mission Creek, California: U. S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Map 1-1483, scale 1:24,000.
- Cimamings, B., 1976., Theory of plasticity applied, to faulting,. Mojave Desert, southern California: Geological Society of America Bulletin, v. 87, p.720-724.
- Dibblee» T.W., Jr., .,1980. Geologic structure of the Mojave Desert: In, Five, D. L., and Brown, A.R., eds., Geology and Mineral Wealth of the California Desert, South Coast Geological Society, Santa Ana, p. 69-100,
- Garfunkel, Z., 1974. Model for the late Cenozoic tectonic history of the Mojave Desert, California, and. its relation to adjacent regions.: Geological Society of America Bulletin, v.. 87, p. 1931-1944,
- Hart,, E.W., 1977.. Fault hazard zones in California: California Division of Mines and Geology Special Publication 42, 25p..
- Hewett, D.F., 1954. A fault map of the Mojave Desert region, R.H. Jahns (ed.), Geology of Southern California: California Division of Mines and Geology Bulletin 170, p.15-18.
- Hill, MX., 1954., Tectonics of faulting in southern California, R.H. Jahns (ed.), Geology of southern California: California Division of Mines and Geology Bulletin, 170, p.5-15.
- Morton, D.M., Miller, F.K, and Smith, C.C., 1980. Photoreconnaissance maps showing young - looking fault features. In. the southern Mojave Desert, California: U.S.. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1051, 7 sheets.
- Redhruch-Hall, D.H., 1974., Map showing recently active breaks along the Hayward fault zone and the southern part: of the Calaveras fault zone, California; U.S.. 'Geological Survey, Miscellaneous Geological Investigations Map 1-813.
- Sharp, R,V., 1972., Map showing recently active breaks along the San Jacinto fault zone between the San Bernardino- area and. Borrego Valley, California: U.S.. Geological Survey Miscellaneous Geological Investigations Map 1-675,
- Wesson, R.L., Helley, E.J., Lajoie, K.R., and Wentworth, CM.,, 1975.. Faults and future earthquakes, in Boicherdt, R..D. (ed.), Studies for a seismic zonation in the San Francisco Bay region,, U.S.. Geological Survey, Professional Paper 941-A, 5-30.

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

YAYIM AMAÇLARI VE KURALLARI, YAYINA KABUL İLKELERİ

AMAÇ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

- İnsan, ile Yerküre: arasındaki etkileşimlere ilişkin bilgi ve deneyimleri daha güvenli ve daha rahat bir yasani ortamı sağlamak doğrultusunda, doğal cevjeyi gözeterek, insanın hizmetine sunmayı amaçlayan Jeoloji Mühendisliği mesleğinin günlük yaşamdaki yerini ve önemini daha etkin bir şekilde yansıtmak,
- BE alanda ulusal ve uluslararası gelişmeleri Jeoloji Mühendislerinin bilgisine sunmak,
- Konu ile doğrudan/dolaylı etkinliklerde: bulunan bilimadamlar, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim, iletişimini güçlendirecek ve hızlandıracak kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve yayma olanağı yaratmak.
- Türkiye'nin sosyal ve ekonomik kalkınmasını yakından ilgilendiren jeolojiye ilişkin sorunların daha etkin çözümünü sağlamak açısından büyük önem taşıyan kurumlararası işbirliğinin başlatılmasına katkıda bulunmak,,
- Türkçenin jeoloji mühendisliği alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını:! özendirmek, gibi. amaçlara sahiptir.

.KAPSAM VE NİTELİK

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, ulusal ve uluslararası platformda yerbilimlerinin uygulamaya, dönük, alanları ile ilgili çalışmalar yapan herkesin katkılarına, açıktır. Bu çerçevede

S insanın yaşamını etkileyen jeolojik süreçler ile mühendislik yapıları ve bunlara ilişkin, sorunlar ve çözümler

-^ Jeolojik kaynakların yönetimi ve ekonomik değerlendirmesi.

S Doğal ve: yapay kirleticiler ve ekosisteme etkileri

S Jeolojik anıtların korunması

iv Jeolojik, sorunların çözümüne katkıda bulunan arazi ve laboratuvar yöntem ve tekniklerinin geliştirilmesi ile ilgili kuramsal ve uygulamalı çalışmaları kapsayan ürünler,, Yayın Kurulunun değerlendirmesinden, geçtikten sonra Jeoloji Mühendisliği Dergisinde yayımlanır.,

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

- 1- ELEŞTİREL İNCELEME (Review Paper): Editörlerin, daveti üzerine veya bilgisi dahilinde hazırlanan., jeoloji mühendisliğinin herhangi bir' alanında halen kullanılmakta, olan. teknik, yöntem ve: yaklaşımların, günümüz: teknolojik gelişimleri ve kendi deneyimleri ışığında inceleyen, bu açıdan öneriler geliştiren yazılardır. Yazı uzunluğu, konuya bağlı olarak değişebilir.. Yayın Kurulu incelemesi zorunluluğu yoktur.
- 2- ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article): Özgün bir çalışmanın sunulduğu, yazıdır. Kurumsal temel,, yeterli miktar ve nitelikte veriye dayalı bulgu ve sonuçların ayrıntılarıyla değerlendirildiği bölümleri içermelidir. Yazının toplam uzunluğu 6000 sözcük eşdeğerini (10 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki yayın kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.
- 3- TEKNİK NOT (Technical Note); Herhangi bir süreç veya tekniği, kuramsal temel, yeterli, veri,, ve ayrıntılı değerlendirmeye dayanmadan sunan ve amacı bu süreç veya teknikleri kullanabilecek yerbilimcilere duyunnak^olan Özgün yazıdır. Yazının uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (8 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki yayın kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.
- 4- ARAŞTIRMA NOTU (Research Note): Henüz tamamlanmamış, eksik veri» ve bulgularla yüzeysel değerlendirmelere dayalı kendi içinde tutarlı, özgün deneysel» uygulamalı veya kuramsal araştırmaların, önsonuçlarının veya bulgularının, sunulduğu yazıdır. Amaç, okuyucuya güncel bir konuya ilişkin bir- çalışmanın ön bulgu ve: sonuçlarını duyurarak konu üzerinde tartışma ortamı yaratmak., konunun .gelişmesine başka araştırmacıların katkılarını sağlamaktır. Yazı uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (8 JMD' sayfası) asmamalıdır. En az iki yayın kurulu, üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.
- 5- GÖRÜŞ-YORUM ve YANITLAR (View, Comment and Reply): Dergide yayımlanan yazılar hakkında her türlü görüş, yorum ve bunlara ilişkin yanıtları içerir. Editörlerin uygun gördüğü, uzunlukta yayımlanır.

YAZILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAYINA KABUL İLKELERİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ Editörlüğüne 2 saur arayla 12 punto harflerle yazılmış ve 3 nüsha katinde ulaşan yazılar,, öncelikle içerik,, sunum, yayım kuralları, vd. yönlerden Editörlük tarafından incelenir ve daha sonra, değerlendirilmek üzere en az iki Yayın Kurulu üyesine gönderilir.. Yayın Kurulu üyelerinden, gelecek görüşler doğrultusunda yazm.in doğrudan* az veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşuluyla yayımlanmasına veya reddine Editörlükçe karar verilir ve sonuç yazarlara bildirilir..

Yayın Kurulu üyelerinin, birbiriyle çelişen görüş bildirmeleri durumunda Editörlüğün bir karara, varabilmesi için yazı, üçüncü bir Yayın Kurulu üyesine gönderilir. Yayın. Kurulu üyeleri, gerekli görürlerse yazıları düzeltilmiş haliyle tekrar görüp değerlendirebilirler.

Yazarlar, Yayın Kurulu. Üyelerinin ve Editörlüğün, yaptığı eleştiri, öneri ve düzeltmeler arasında katılmadıkları hususlar olduğunda bunları ayrı bir sayfada gerekçeleriyle birlikte açıklamalıdır.

Gönderilen yazılar,, *JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DE'RGİShtdt* yayımlansın veya. yayımlanmasın yazarlara geri iade edilmez,

YAZIM DİLİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ *nde yayın dili olarak "Türkçe"* ve "İngilizce"¹ kullanılmaktadır. Dergide; ayrıca yazıların başlıkları,, özetleri ve tüm çizelge ve resimlemelerin açıklamaları Türkçe ve İngilizce olarak iki dilde birlikte verilmelidir.,

YAZIM. KURALLARI

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

Metin, içinde ana bölüm başlıkları dışında en fazla, üç alt başlık olu.sturalm.ali ve başlıklara, numara verilmemelidir.. .

Bunların yazım şekli, aşağıdaki gibi olmalıdır..

ÖZ

ABSTRACT

Âna Başlık

Birinci derece alt başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

Sonuçlar ve Tartışmalar

Katkı Belirtme

Kaynaklar

1. *Başlık*; konuyu en iyi şekilde belirtir ve 12 sözcüğü geçmeyecek şekilde kısa seçilmeli ve Türkçe başlığın (ilk harfler büyük ve tümü. koyu. yazılmış) yarasıra, İngilizcesi (İtalik ve: ilk harfler büyük ve normal) de yazılmalıdır. Eğer yazı İngilizce yazılmış ise önce İngilizce sonra Türkçe başlık verilmelidir..
- 2.. *Öz*; yazının başlangıcında 200 sözcükten az, 400 sözcüğü geçmeyecek şekilde hazırlanmış, Türkçe öz (abstract) ve İngilizce Özet (Abstract) bulunmalıdır.. Bu bölüm, yayının diğer bölümlerinden ayrı olarak yayımlanabilecek dizende yazılmış, yazının tümünü en kısa, ancak öz biçimde yansıtır nitelikte (özellikle çalışmanın amacını ve sonuçlarını yansıtarak) olmalıdır. Yazı Türkçe- yazılmışsa Abstract⁵¹ m, İngilizce yazılmışsa, Öz'ün başlığı ve metin kısmı italik karakterle yazılmalıdır,. Ayrıca» öz ve ve abstract bölümlerinin altında bir satır boşluk bırakılarak. *Anahtar sözcükler* ve *Key words* (en az 2, en çok 6 sözcük -alfabetik sıraya göre) verilmelidir.. Yazının genel olarak aşağıda belirtilen, düzene göre sunulmasına özen. gösterilmelidir.
 - a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
 - b) Yazar ad(ları). ve adres(ler)i (yazar adları koyu karakterle' ve soyadları tamamen büyük harfle» adresler normal Itaük karakterlerle)
 - c) Öz (anahtar sözcükler eklenerek)
 - d) Abstract, (key words eklenerek)
 - e) Giriş (amaç, kapsam, çalışma yöntemleri» vd.)
 - f) Metin bölümü (yöntemler,, çalışılan malzeme,, saha tanımlamaları, vd,)
 - g) Sonuçlar' ve Tartışmalar (Sonuçların tartışılması gerektiği durumlarda, tartışmalar sonuçlarla birlikte verilmelidir, Bu, durumda. "Sonuçlar"¹ başlığı yerine "Tartışma ve Sonuçlar"¹¹ başlığı kullanılmalıdır.,

- h) Katkı belirtme (gerekliyse)
i) Kaynaklar
j) Ek açıklamalar
6. Metrik sistem veya SI birimleri (kPa, kN/m³ vb.) kullanılmalıdır.,
7. Gerekli metin içinde ve çizimlerde, gerekse resimlemelerde rakamların ondalık bölümlerinin ayrılması için nokta kullanılmalıdır (3.1 gibi),

Kaynaklar

- a) Metin içinde kaynaklara değinme yapılırken aşağıdaki, örneklerde olduğu gibi,, bibliyografya araştırmacı soyadı ve tarih sırasıyla verilir.
.....Ford (1986) tarafından.
.....bazı araştırmacılar (Williams, 1987; Gunn, 1990; Saraç ve Tercan, 1995)
- b) Birden fazla sayıda yazarlı yayınlara metin içinde değinilirken ilk yazarın adı belirtilmeli diğerleri için. vd, ibaresi kullanılmalıdır.
.....Doyuran vd. (1995).....
.....Smart vd. (1971).....
- c) Ulaşılamayan bir yayına, metin içinde değinme yapılırken bu kaynakla birlikte- alıntının, yapıldığı kaynak, da aşağıdaki şekilde belirtilmelidir. Ancak Kaynaklar Dizisinde sadece alıntının yapıldığı kaynak belirtilmelidir.
.....Diebrodt (1981; Schuster ve White, 1971).....
- d) Kişisel görüşmelere: metin içinde soyadı ve tarih belirtilerek değinilmeli, ayrıca Kaynaklar Dizisinde de belirtilmelidir (Soyadı, Adı» Tarih. Kişisel görüşme. Görüşülen kişi(ler)in adresi)
- e) Kaynaklar, yazar soyadları esas alınarak alfabetik sırayla verilmeli ve metin içinde değinilen tüm kaynaklar Kaynaklar Dizisinde eksiksiz olarak belirtilmelidir. Kaynakların yazılmasında aşağıdaki örneklerde- belirtilen düzen esas alınmalıdır,

• Süreli yayınlar ve bildiriler:

[Yazar ad(lar)ı, Tarih., Makalenin başlığı, Süreli Yayının Adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa no.]
Drew,, D.P., 1996. Agriculturally induced changes in the Burren karst, western Ireland., Environmental Geology, 28(2), 137 -144,
[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı., Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler), Basımevi, Cilt No., (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yerin Adı, sayfa no.,]
Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified, and clay bearing rock masses., ISRM Symposium; Eurock'92 - Rock Characterization., Chester» U.K., 14-17 September .1992, J.A.Hedson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335..

• Kitaplar için:

[Yazar ad(lar)ı, Tarih.. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük).. Yayınevi., Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.,]
Palmer, C.M., 1996., Principles of Contaminant Hydrogeology (2nd Edition), Lewis Publishers, New York, 235 p.
Ketin, t. ve Canitez, N., 1972., Yapısal Jeoloji., İTÜ Matbaası, Gümüşsüyü, Sayı:869, 520 s.

• Raporlar ve Tezler:

[Yazar ad(lar)ı, Tarih, Raporun veya tezin başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı., Arşiv No., (varsa), sayfa sayısı (yayımlanıp,yayımlanmadığı)]
Demirok, Y., 1978., Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön rapora., MTA. Derleme No:6234, 17 s (yayımlanmamış)..
Sönmez, H., 1996., T.K.İ.,-E.L.İ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi, içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen. Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99s (yayımlanmamış).

• İnternet Siteleri

[http://www.ana.site adı/alt bölüm/Özel, sayfa]
http://www.iunesc.usgs.gov/tenest/contaminants/tcluster_5002531.html

• Compact Disk (CD) Ortamları

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Süreli Yayın,, Kitap veya Kongrenin Adı, Editör(ler), Basımevi, CD adı veya No.su, Düzenlendiği Yerin Adı, CD'deki sıra No.]

Sezen» T.F. ve Cent, O., 2001, Bolu. Ovası ve yakın civarının neotektoniği ve deprem riski. 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı: Jeo2001, Ankara, 7-10 Mayıs 2001, Jeoloji Mühendisleri Odası. Bildiriler CD'sı, Bildiri No:54-69.

NOT: Tüm kaynaklarda ilk satırdan sonraki satırlar 1.5 cm içeriden başlanarak yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller

- Eşitlikler elle yazılmamalı ve bilgisayardan, yararlanılmalıdır., Eşitliklerde:, yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelere yer verilmesine özen gösterilmelidir.
- Her eşitliğe sırayla numara, verilmeli» numaralar parantez içinde eşitliğin hizasında ve sayfanın sağ kenarında belirtilmelidir.
- Eşitliklerde kullanılacak alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterlerle yazılmalıdır (I_d , x^2 gibi).
- Eşitliklerdeki sembollerin açıklamaları eşitliğin, hemen altındaki ilk paragrafta verilmelidir..
- Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır' ($o''_{c_{mass}} = a_c s^{ms}$ gibi).
- Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "7" simgesi kullanılmalıdır., Çarpma işareti olarak genellikle herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak zorunlu hallerde "" işareti tercih edilmelidir ($Y=5*10^{3X}$ gibi)..
- Kimyasal, formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca^{++} veya CO_2^- gibi ifadeler yerine Ca^{2+} ve CO^{*} kullanılmalıdır.
- İzotop numaraları,, örneğin ^{18}O şeklinde verilmelidir.

Çizelgeler

- Yazarlar, Derginin boyutlarını dikkate alarak,, çizelgeleri sınırlamalı ve gerekiyorsa metinde kullanılan oranla çizelgeleri daha küçük karakterlerle yazmalıdır. Bu amaçla çizelgeler tek sütuna (7.5 cm) veya çift sütuna (16 cm) yerleştirilebilecek, şekilde: düzenlenmesine özen gösterilmelidir. Tam sayfaya, yerleştirilmesi, zorunlu, olan büyük çizelgelerin en fazla (16 x 21) cm boyutlarında olması gereklidir.. Bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak çizelgeler " kabul edilmez.,
- Çizelgelerin hemen altında gerekli durumlarda, açıklayıcı dip notlarına veya kısaltmalara, ilişkili açıklamalara yer verilmelidir.
- Çizelgelerin başlıkları» kısa ve öz olarak seçilerek,, hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harfle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri, küçük İtalic harflerle) "Çizelgeler- Dizini" başlığı altında ayrı bir sayfaya yazılmalıdır. İngilizce olarak hazırlanmış yazılarda önce- İngilizce sonra Türkçe çizelge başlığı verilmelidir.
- Çizelgelerde: kolonsal ayrımı gösteren düzey çizgiler yer' almamalı, sadece çizelgenin üst ve alt sınırları ve gerek görülen diğer bölümleri, için yatay çizgiler kullanılmalıdır.
- Her çizelge ayrı bir sayfaya bastırılarak ve sıraya dizilerek Çizelgeler Dizini sayfasıyla, birlikte metnin arkasına konulmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üzerine yazılmamalıdır.. Çizelge numaralarının kurşun kalemle her çizelgenin. sağ üst köşesinde belirtilmesi yeterlidir.

Resimlemeler (Çizim, fotoğraf ve levhalar)

- Değerlendirme aşamasında şekillerin, orjinallerinin gönderilmesine gerek yoktur.. Bu aşamada, çizimlerin teknik çizim. normlarına uygun, olarak çini mürekkeple aydıngere: çizilmiş veya bilgisayar çıktısı olarak alınmış ve harf» rakam ve simgeleri kolaylıkla okunabilen orjinallerinin kaliteli kopyalan gönderilmelidir.
- Tim çizim ve: fotoğraflar şekil olarak değerlendirilip numaralandırılmalıdır. Şekil altı yazıları "Şekiller Dizini" başlığı altında, hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük, diğerleri küçük harflerle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük, diğerleri küçük. İtalic, harflerle) ayrı bir sayfada verilmelidir. Yazı İngilizce olarak hazırlanmışsa. şekil altı yazıları önce İngilizce sonra Türkçe verilmelidir.
- Her- şekil, ayrı bir sayfada yer alacak, biçimde sıraya dizilerek Şekiller Dizini, sayfasıyla birlikte çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekil altı yazılarının ayrıca şekil sayfalarına da yazılmasına gerek olmayıp, şekil numaralarının kurşun kalemle her şeklin sağ üst köşesinde: belirtilmesi yeterlidir.,
- Şekillerin boyutları ya tek sütuna (7,5 cm), ya da çift sütuna (en fazla. 16 cm) yerleştirilebilecek nitelikte hazırlanmalıdır.. Tam sayfaya yerleştirilmesi, zorunlu, olan büyük şekillerin, şekil altı açıklamalarına da yer' kalacak biçimde, en fazla (16x21 cm) boyutlarında olması gereklidir. Belirtilen bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak boyuttaki şekiller kabul edilmez.,
- Harita., kesit ve planlarda sayısal ölçek, yerine: çubuk (bar) türü ölçek, kullanılmalıdır.
- Şekiller yukarıda belirtilen, boyutlarda hazırlanırken şekil üzerindeki açıklamaların (karakterlerin) okunabilir boyutlarda olmasına özen gösterilmelidir.
- Fotoğraflar şekiller için yukarıda belirtilen boyutlarda, parlak kağıda, kontrastlı ve siyah-beyaz basılmış olmalıdır.. Fotoğrafların üzerinde gösterilebilecek olan simgeler için çini. mürekkebi veya letraset kullanılmalıdır, özellikle koyu

tonların egemen olduğu bölgelerde simgelerin beyaz letrasetle gösterilmesi önerilir. Yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

- h. Mikroskopla çekilmiş ince kesit-, fotoğrafları (paleontolojik veya mineralojik), levha (p. ' olarak değerlendirilir ve parlak siyah-beyaz kağıda basılı olmaları gereklidir. Levha sayısı üçten çok olmamalıdır. ' - - V

Ek Açıklamalar ve Dipnotlar

- a. Ana metnin içine alınması,, okuyucunun dikkatinin dağılmasına yol açabilecek ve hatırlatma niteliğindeki bilgiler,, yazının sonunda "Ek Açıklamalar" başlığı altında konulabilir (İstatistik bilgilerin verilisinde, formüllerin çıkarılmasının gösterilmesinde, bilgisayar programlarının verilmesinde» vb. konularda bu yol izlenebilir.)
- b. Dipnotlar,, yerleştirme ve yazılma açısından güçlükler neden olduğundan,, *fok' gerekli durumlar dışında kullanılmamalıdır. Eğer dipnot kullanılırsa, yıldız; (*) işareti ile gösterilmeli ve mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Dipnotta eğer değinme yapılırsa bibliyografik bilgiler dipnotta değil, Kaynaklar Dizisinde verilmelidir.

my*

YAZILARIN GÖNDERİLMESİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ wn " Yayın Amaç ve Kuralları" nda belirtilen ilkelere uygun olarak •Rpzırlanmış yazılar, biri orijinal diğer ikisi fotokopi olmak üzere aşağıdaki yazışma adresine üç nüsha gönderilmelidir. Orijinal resimlemeler» yazının yayma **kabul edilmesi durumunda** kullanılmak üzere yazarlar tarafından muhafaza edilmelidir.

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ EDITÖRLÜĞÜ

T.M.M.O.B.

Jeoloji Mühendisleri Odası

PK 464, Yenişehir

- 06444, Ankara

Tel : (312) 432 30 85 / (312) 434 36 01

Faks : (312) 4,34 23 88

AYRI BASKILAR

Dergide yayımlanması kabul edilen, yazıların ayrı baskısından on adet: yazarına veya birden fazla yazarlı yazı da yayım için başvuruyu yapan, yazara olanaklar çerçevesinde ücretsiz olarak, gönderilir. Ondan fazla, ayrı baskı talebinde bulunulması halinde yazarlar tarafından her ayrı baskı için. Jeoloji Mühendisliği Odası Yönetim. Kurulu tarafından belirlenen iöret ödenir.