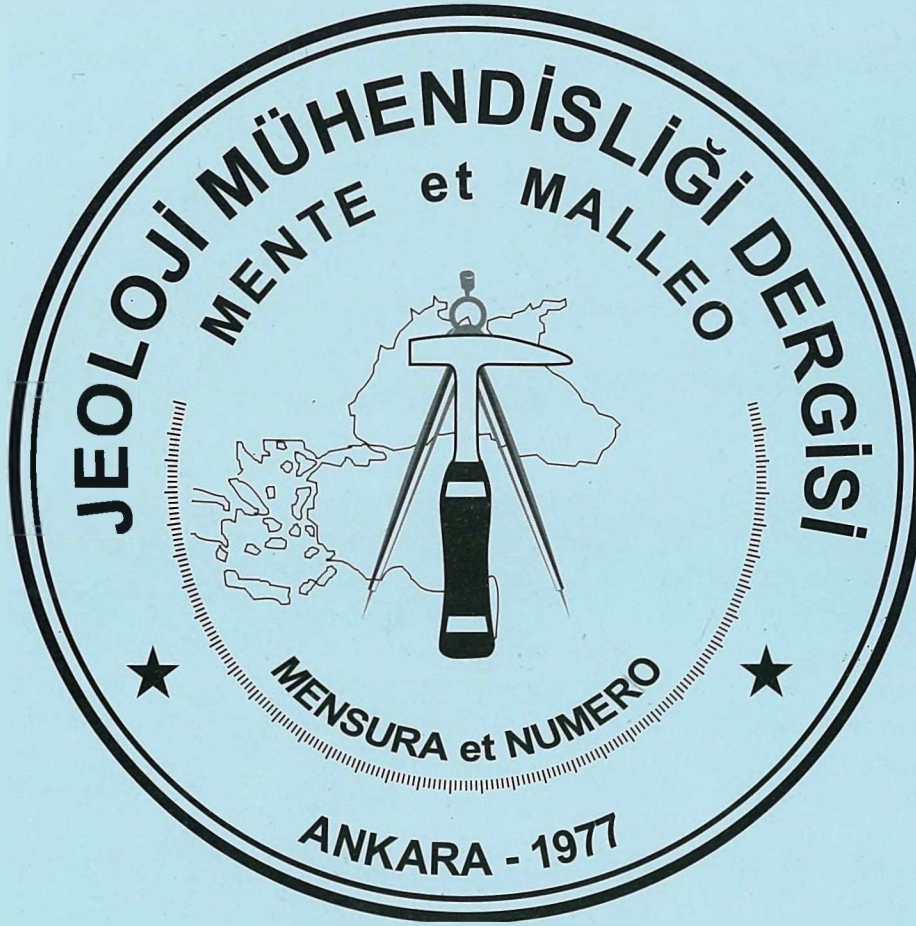


JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Geological Engineering Journal

Cilt - Volume 25
Sayı - Number 2 - 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 83
e-posta: ekmekci@hacettepexdu.tr

Selami TOPRAK
MTA Genel Müdürlüğü
MA1 Dairesi
Eskişehir Yolu, 06520 Ankara
Tel: 0312 287 34 30/1414
Fax: 0312 434 23 88

Jeoloji Mühendisleri Odası
Chamber of Geological Engineers
Yönetim Kurulu Executive Board

Aydın ÇELİKBİ / Başkan - President
Dİnçer ÇAĞLAN / II. Başkan - Vice President
İsmet CENGİZ / Yazman Üye - Secretary
Ali KAYABAŞI / Sayman - Treasurer
Bülent BAYBURTOĞLU / Mesleki Uygulamalar Üyesi -
Professional Application Secretary
Cevdet ÇAKIR / Yayın Üyesi - Secretary of Publication
Yüksel MEHİN / Sosyal İlişkiler Üyesi - Social Affairs
Secretary

Jeoloji Mühendisliği Dergisi Makale ve Dizin özlery
GeoRef ve Geobase/GeoAbstracts Uluslararası indexler
tarafından taranmaktadır.

Yayın Kurulu / Editorial Board

Haluk AKGÜN (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Erhan ALTUNEL (Osman Gazi Üniversitesi)
Ömer AYDAN (Tokai Üniversitesi)
Can AYDAN (Anadolu Üniversitesi)
Ahmet BAŞOKUR (Ankara Üniversitesi)
Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)
Baki CANIK (Ankara Üniversitesi)
Zeki ÇAMUR (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Reniz DİLİK (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Vedat DOYURAN (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Nisret EMELİ (İller Bankası)
Ömer EMRE (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Mustafa ERDOĞAN (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Şevki FİLİZ (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Hasan GERÇEK (Karadimas Üniversitesi)
Fikret KAÇAROĞLU (Cumhuriyet Üniversitesi)
Nurkan KARALANOĞLU (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 (Fuat Üniversitesi)
Cem SARAÇ (Hacettepe Üniversitesi)
Reşat ULUSA Y (Hacettepe Üniversitesi)
Ali UYGUN (GEOS - İstanbul)
Levent HEZCAN (Hacettepe Üniversitesi)
Tamer TOPAL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Asım TÜRKMİNOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Mahir VARDAR (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Yücel YURTSİMER (International Atomic Energy Agency)
Erdoğan YÜZER (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Bu sayıda katkı koyanlar / Reviewers in this issue:
Türker KURTTAŞ (Hacettepe Üniversitesi)
Ahmet APAYDIN (DSİ)
Erhan TERCAN (Hacettepe Üniversitesi)
Ayşenur UĞURLU (Hacettepe Üniversitesi)

Yazışma Adresi / Correspondance
TMMOB JEOLOJİ 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 Miihendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 25
Volume

Sayı 2 - 2001
Number

Araştırma. Makaleleri / Research Articles

!- BABA A.

Yatağan (Muğla) Termik Santralı Atık Depolama Sahasının Yeraltı Sularına Etkisi
The effect of waste disposal site of the Yatağan Thermal Power Plant on ground-water

21-YÜCE G.

Hatay- Erzin (Yeşilkent) Ovası ve Burnaz Kaynağının Hidrojeolojik Özellikleri
Hydrogeologie Characteristics Of Hatay-Erzin (Yeşilkent) Plain And Burnaz Spring

_____Araştırma Note /.Research Note_____

47 - YÜKSEK S., ELEVLI B., DEMİRCİ A.

Hammadde, Kaynak, Cevher ve Rezerv Gibi Bazı Terimlerin Tanımlarına Bir Yaklaşım: Hasançelebi Demir Yatağı Örneği

An Approach to The Definition of Some Terms Like Natural Raw Materials, Resource, Ore And Reserve: Hasançelebi Case

Yatağan (Muğla) Termik Santrali Atık Depolama Sahasının Yeraltı Sularına Etkisi

The effect of waste disposal site of the Yatağan Thermal Power Plant on groundwater

Alper BABA

Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova-İzmir

OZ

Kömür yakıtlı termik santrallerden kaynaklanan atıkların (kül ve cüruf) birçok toksik element içerdiği bilinmektedir. Bu elementlerin su kaynaklarına sızması, atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili çevresel etkileri açısından büyük önem taşımaktadır.. Bu çalışmanın amacı, Yatağan Termik Santrali atık depolama sahasından kaynaklanan kirletici potansiyellerinin yeraltı sularına olan etkilerinin belirlenmesidir.. Bu bağlamda, atık depolama sahasından sızan sular ve depolama sahasının önünde yer alan gözlem, kuyularından alınan su örneklerinden yararlanılarak, kirletici potansiyellerinin yeraltı sularına olan etkileri irdelenmiştir.

Atık depolama sahasının, önünde, Yatağan ovasının oluşturduğu genç alüvyon çökelleri, gerek, yeraltı sularının beslenmesi, gerekse depolanması açısından çok iyi bir akifer ortamı oluştururlar. Bu akifer, hem içme suyu, hem de yaygın bir şekilde sulama suyu amacıyla işletilmektedir. Atık depolama, sahasında toplanan suların, yeraltı sularına olan etkilerinin araştırılması amacıyla alüvyon akiferlerde herbiri 20 m, derinliğinde üç gözlem kuyusu açılmıştır. Bu kuyularda yapılan basıncısız su deneyi sonuçlarına göre, alüvyon çökellerinin geçirimsiz ve çok geçirimsiz sınıfına girdikleri belirlenmiştir.

Gözlem kuyularından bazı dönemlerde alınan su örneklerindeki Cd ve Pb değerlerinin Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından içme suları, için önerilen 0.005 mg/l ve 0.015 mg/l sınır değerlerini aştığı görülmektedir. Ayrıca,, inceleme alanındaki su örneklerindeki sülfat ($8Q_4^-$) değeri, Turk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından içme suları için önerilen maksimum sınır değerlerini genellikle aşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Cüruf, kül, termik santral, Yatağan, yeraltı suları

EXTENDED ABSTRACT

Fly and bottom ashes originated from coal burnt in thermal power plants are known to contain several toxic elements, which can leached out and contaminate soils as well as surface and groundwater..

Yatağan Thermal Power Plant of 210 MW power was founded to meet energy need of our country by using low quality lignite reserves of Yatağan- Eskihisar, Tınaz, and Bağyaka basins,. • The plant annually consumes 5.4 x 10⁶ tons of coal and annual production capacity is 3.780 x 10⁶ kWh, The plant uses 15000 tons of coal and discharges 5000 tons of fly and bottom ash daily to the disposal site.. The main objective of this study is investigation of the effects of these wastes on the groundwater, via water in ash disposal site and groundwater monitoring wells.. For these reasons, water samples, leach out from waste disposal site and groundwater monitoring wells in front of disposal site., were analysed

A large part of the Yatağan Plain is formed by alluvium, which is the principal aquifer in front of waste disposal site.. The alluvium consists of loose, interlayered red clay, silt, sand, and gravel, This aquifer is used for domestic and irrigation,. Three observed wells, which are 20 m depth, were clone for effects of waste disposal site

on groundwater. Also,, some of permeability experiments were applied in these wells. According to experiment alluvium aquifer is very permeable.,

Groundwater in the alluvial aquifer in the Yatağan Plain, Muğla- Turkey., has been effected by thermal power plant waste. Waters, in the study area, are rich in SO_4^{2-} ions. Cadmium (Cd) and lead (Pb) concentrations of groundwater of some well in the alluvial aquifer exceed the Environmental Protection Agency (EPA) standarts.

Key words: Bottom ash, fly ash, power plant, Yatağan, groundwater

GİRİŞ

Endüstrinin diğer kesimlerinde değerlendirme olanağı bulunmayan düşük kaliteli linyit yatakları civarında büyük kapasiteli termik santraller kurarak enerji üretimini artırma yolundaki çalışmalar yoğun biçimde sürmektedir. Ancak, bu tür termik santrallerin çoğalması, enerji üretiminin yanısıra bir yan ürün olarak ortaya çıkan ve beraberinde teknik, ekonomik ve çevresel sorunlar da getiren atık üretiminin de artırılmasına neden olmaktadır.

Kömürün yanmasıyla birlikte, içeriğinde bulunan, kirliliğe sebep olma potansiyeline sahip, arsenik (As), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), antimuan (Sb), selenyum (Se), kalay (Sn) ve çinko (Zn) gibi toksik iz elementler cüruf, kül ve gaz şeklinde ortaya çıkan atıklara geçer. Atıkların çevreye boşaltılması ile,

içerdikleri zehirli (toksik) iz elementler, atmosfer, yeryüzü ve okyanuslara kadar taşınabilir (Baba, 2000a; Bertine ve Goldberg, 1971). Bu elementler, atıkların yağmur suları ile yıkanması ve olası yeraltı taşımını sonucu, toprak örtüsü, yüzey suları ve yeraltı sularına karışmakta (Egem.cn ve Yurterfi, 1996), çeşitli çevre, alan kullanım, ve sağlık problemleri yaratarak, canlı varlıklar açısından tehdit edici bo-yutlara ulaşabilmektedir (Lee, 1982).

Muğla İli sınırları içerisinde yer alan Yatağan Termik Santrali (Şekil 1), Muğla- Yatağan linyit havzasındaki düşük kalorili kömürün değerlendirilmesi ve ulusal sistemin enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla 1975 yılında yatırım programına alınmıştır., I/ünite 1982; II. Unite 1983; III. Unite 1984 tarihlerinde devreye girmiştir (YTS, 1993),



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası
Figure 1, Location map

3x210 MW gücündeki Yatağan Termik Santralının kömür ihtiyacı 3 ünite için günde 15.000 ton civarındadır. Her üç ünite için kömürde ortalama saate 165 ton kül ve 4.5-55 ton cüruf elde edilmektedir. Yatağan Termik Santralinde 1984-1999 tarihleri arasında yanan kömür miktarı 61.883,141 tondur.

ATIK DEPOLAMA SAHASININ ÖZELLİKLERİ

Yatağan Termik Santrali atıklarının, yöreye zarar vermeden depolanabilmesi için» kül, cüruf gibi atıklar santralin yaklaşık 2 km güney batısında yer alan salada depolanmaktadır. Depolanan atıkların çevreye yayılmasını önlemek amacıyla kül atıklar su ile karıştırılmaktadır. Böylece, su içinde çökerek sert bir zemin oluşturan külün rüzgar ile uçuşması önlenmektedir. Atık depolama barajında 32.000.000 m³ atık depolanacağı planlanmaktadır. Ancak, atıklar su ile karıştırıldığından sert bir- zemin, oluşturulan bu alanda sular toplanmış ve günümüzde 15.000.000 m³

bir atık su barajı niteliğine dönüşmüştür., Gerekli suyu sağlamak için, kazanaltı cüruf teknesinden sızıntı suları, santral sahasından çıkan kaynak suyu ve soğutma suyu kaçaklardan elde edilen 400 m³/saat' ilk sudan faydalanılmaktadır. Bu amaçla,, söz konusu sular için bir kanal inşa edilmiş ve çökeltme havuzuna, bağlanmıştır. Çökeltme havuzundan 2700 m.'lik boru hattıyla atık barajına pompalanan bu sudan aynı zamanda kül dağı ve santral sahası içindeki ağaçların sulanmasında da faydan ıhmaktadır.

Su, ön arıtma sisteminden atık olarak çıkan çamurlu, su çökeltme havuzunda dinlendirildikten sonra, çamurlu su 2.500 m. uzunluğunda bir boru hattıyla çamur havuzundan atık barajına boşaltılmaktadır..

1993 -1999 yılları arasında atık depolama sahasına yaklaşık 6.679.092 ton kül, 242.320 ton cüruf, 18.783 ton termik santralden kaynaklanan atık sular,, akışkan gazlar,, santral binası atıkları gibi diğer atıklar ve 12,738.433 m³ su atılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1, Atık barajına atılan kül, cüruf ve su miktarı

Table /. The amount of fly, bottom ash and water disposed at the site

Yıllar	Kül (ton)	I Cüruf (ton)	Diğer atıklar (ton)	Su (m ³)
1993	727.707	26.394	LB5	1.475.310
1994	754.297	27.358	1.177	1.574.468
1995	953.331	34.577	474	1.795.258
1996	1.140.466	41.364	12.096	2.064.163
1997	1.019.792	36.987	3.656	1.996.733
j 1998	1.070.868	38.913	87	2.104.043
1999	1.012.631	36.727	158	1.728.458
Toplam	6.679.092	242.320	18.783	12.738.433

ATIK DEPOLAMA SAHASI VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

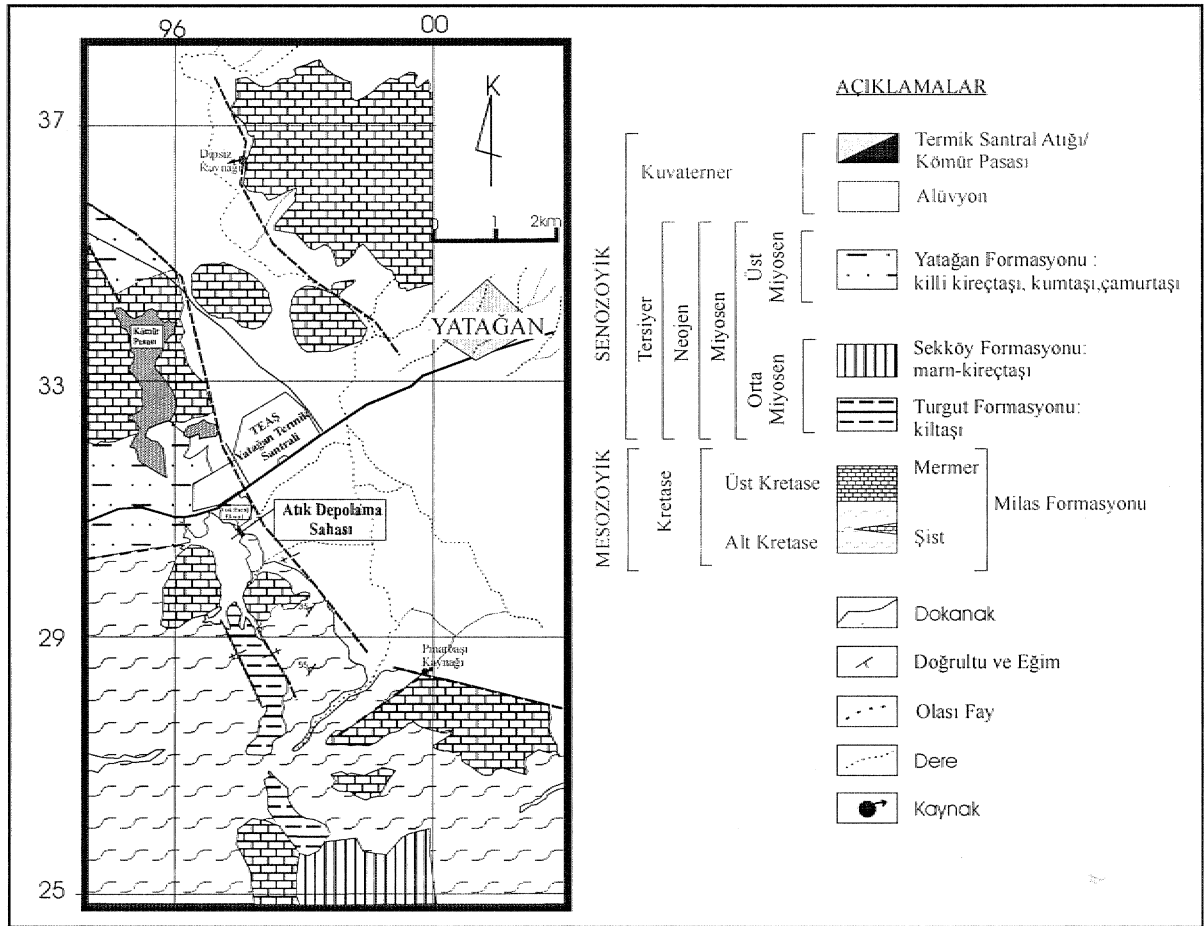
Çalışma alanında,, Menderes Masifi istifi, içinde yer alan ve Brinkmann (1967) tarafından Milas formasyonu olarak adlandırılan şist-fillit, platform tipi mermerler,, kırmızı renkli pelajik mermerler, metavolkanosedimanterler ve bunları uyumsuzlukla

örtlen taban çakıltası, çakı İtasi-çam urtaşı ve kireçtaşı gözlenmektedir (Şekil 2). Mesozoyik yaşlı, platform tipi mermerler yüksek tepelerde,, şist-fi Hitler ise derelerde ve topografyanın, kısmen düz olduğu kısımlarında gözlenir. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla Neojen formasyonları gelir. Neojen litolojik bakımdan alttan üstte doğru (Becker- Platen, 1.970)'e göre Turgut,, Sekköy ve Yatağan formasyonları ola-

rak adlandırılmıştır. Bu formasyonlar birbirleri ile uyumlu ve dereceli geçişlidir.

Atık depolama sahasında temelde Menderes masifinin örtü kesimine ait Mesozoyik yaşlı şistler ile mermerler yer almaktadır. Mesozoyik birimlerin üzerine, vadinin sol yamacında Neojen yaşlı detritik

seri ile vadi tabanında Kuvaterner yaşlı alüvyonların geldiği gözlenmiştir. Atık barajın A-A' aksında, akışaşağı ve akışyukarısında Hac imadanlar mahallesine kadar mostraları izlenebilen şistler koyu gri renkli, ince ve belirgin şistozite düzlemli, silis ve filli bantlı mikaşistler olarak görülürler (Şekil 3).



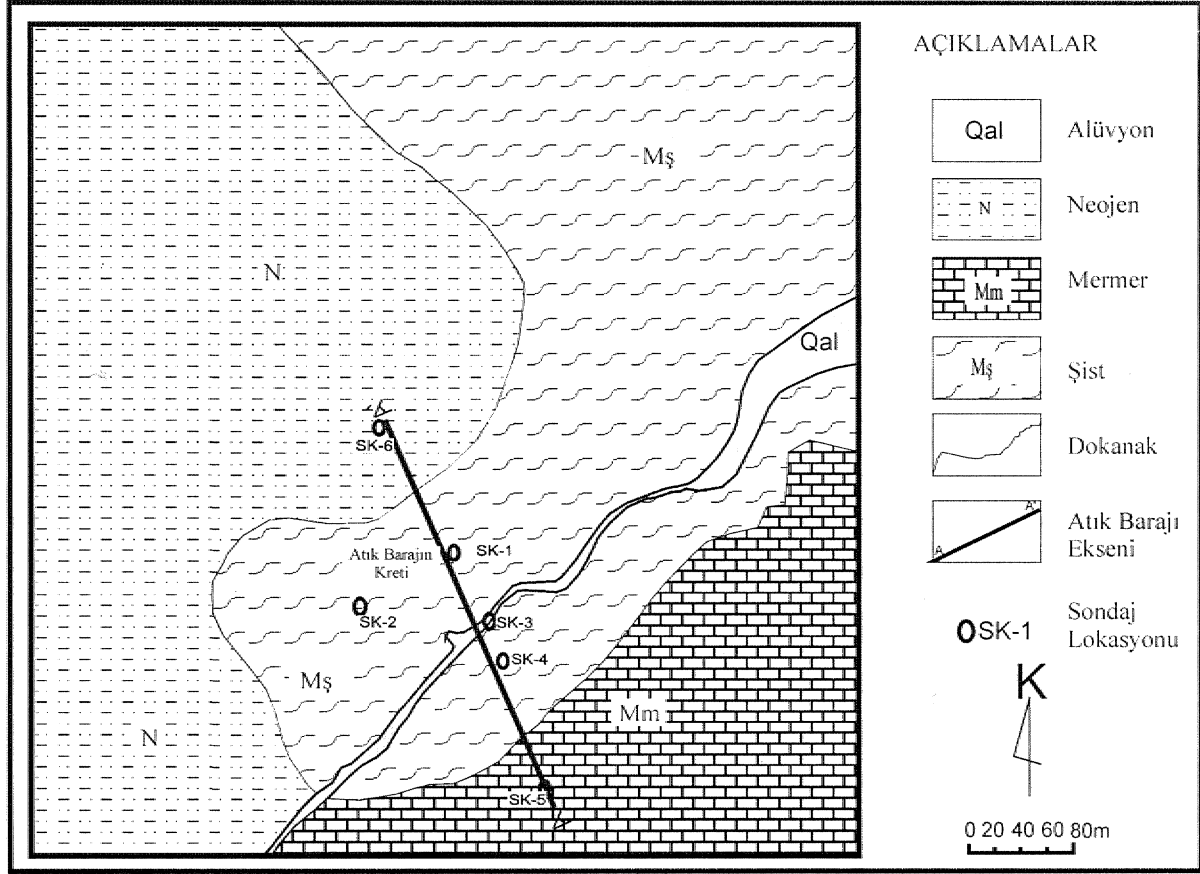
Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin jeolojik haritası

Figure 2. Geological map of study area

Aks üzerinde sağ yamaçta dar bir alanda görülen mermerler barajın akışyukarısında oldukça geniş alanlar kaplamakta göl aynasının güney ve batı yönlerini çevreleyen yükseltileri oluşturmaktadır.

Vadinin sol yamacında üst kotlarda ve Hacımadanlar mahallesi civarında, temel serilerin

üzerine uyumsuz olarak yerleşen İMeojen detritikleri izlenmektedir. Neojen serisi genelde gri renkli ana bileşeni kum olan, bol miktarda kuvars ve mermer çakılları ile blokları içeren yer yer killi, si fti i kum mercekli bir görünümde dirler.



Şekil 3. Kül depolama sahasının jeolojik haritası (SOWAR, 1986)

Figure 3. Geological map of the ash disposal site (SONAR, 1936)

ATIK DEPOLAMA SAHASI VE ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİSİ

Yatağan meteoroloji istasyonundan 1950-1999 yılları arasında 49 yıllık rasatlara, göre inceleme sahasına ait ortalama yıllık toplam yağış miktarları 673.8 mm'dir. 1929-1999 tarihlerine ait 70 yıllık verilere göre hesaplanan aylık ortalama değerlerde kiş aylarındaki en yüksek sıcaklıkların ortalaması 6.3-7.8 °C, yaz aylarındaki en yüksek sıcaklık ortalaması ise 21.7- 26.9 °C arasında olmaktadır.,

İnceleme alanı ve çevresinde mostra veren şistler, düşük poroziteli ve perméabilite! i olup,, akifer özelliği göstermezler. Üzerinde yer alan geçirimli kireçtaşı ve mermerler için geçirimsiz taban oluştururlar. Mermerler bol kırıklı ve çatlaklı olup karstik özellik-

ler gösterir,. Birincil porozite ve permeabilite!eri çok düşük olan mermerlerin ikincil perméabilite ve poroziteleri oldukça yüksektir,. Miyosen öncesi meydana gelen, tektonik hareketler karstlaşmanın şiddetini arttırmıştır. Tektonik hareketler ve karstlaşmanın yardımıyla araştırma sahasında yaklaşık olarak 1000 l/sn debili Dipsiz ve 450 l/sn debili Pınarbaşı gibi yüksek debili kaynaklar oluşmuştur.. Atık depolama sahasını bulunduğu alanda yüzlek veren Neojen birimleri içerisinde yer alan konglomeralar; yer yer kil ve tüllerle tutturulmuş olduğundan ve aynı zamanda bu birimlerin arakatıklarını içerdiğinden düşük permeabiliteye sahiptir.

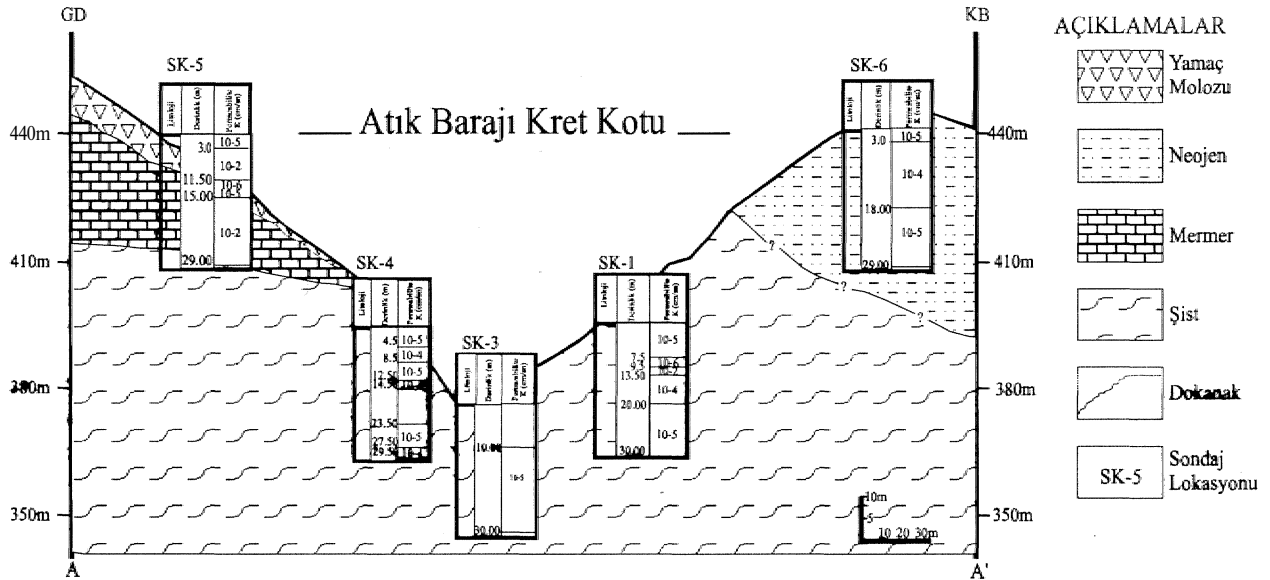
Atık depolama sahasının önünde, Yatağan ovasının oluşturduğu genç alüvyon çökelleri gerek yeraltı sularının beslenmesi, gerekse depolanması, açısından

çok iyi bir akifer ortamı oluştururlar. Bu akifer,, hem içime suyu, hem de yaygın bir şekilde sulama, suyu amacıyla işletilmektedir. Bu birimde açılmış bulunan, çok sayıda keson kuyu ve sondaj kuyusu bulunmaktadır.. Atık depolama sahasının önünde yer alan. alüvyon biriminde statik su seviyesi 2-4 m arasında değişmektedir.

SONAR tarafından 1986 yılında atık depolama sahasında 6 adet ve 180 m. toplam uzunlukta karotlu temel araştırma sondajları yapılmıştır (Şekil 4). Belirtilen sondaj çalışmalarında, basınçlı ve basınçsız su deneyleri yapılmıştır. Basınçlı- basınçsız su deneyleri verilerine göre; temelde yer alan Mesozoyik

şistler genel olarak 10^{-4} cm/sn ile 10^{-5} cm/sn (az geçirimli-geçirimsiz) olarak belirlenmiştir. Sağ yamaçta SK-5 no'lu sondaj kuyusunda kesilmiş bulunan mermer karotlarında izlenebilen "çatlaklı yapı nedeniyle önemli su kayıpları meydana gelmiştir. Deney sonuçlarına göre,, çalışma alanındaki mermerler geç irimiidir. Sol yamaçta yer alan Neojen detritiklerinde ise, kum-çakıl. ağırlıklı seviyeler geçirimli, kil içerikli seviyeler ise az geçirimli olarak belirlenmiştir.

Bu verilerin ışığında, aks yerinde yer alan Neojen ile mermerlerin genel olarak geç irimi i, şistler ise az geçirimli-geçirimsiz olarak tannn.lam.ak mümkündür.

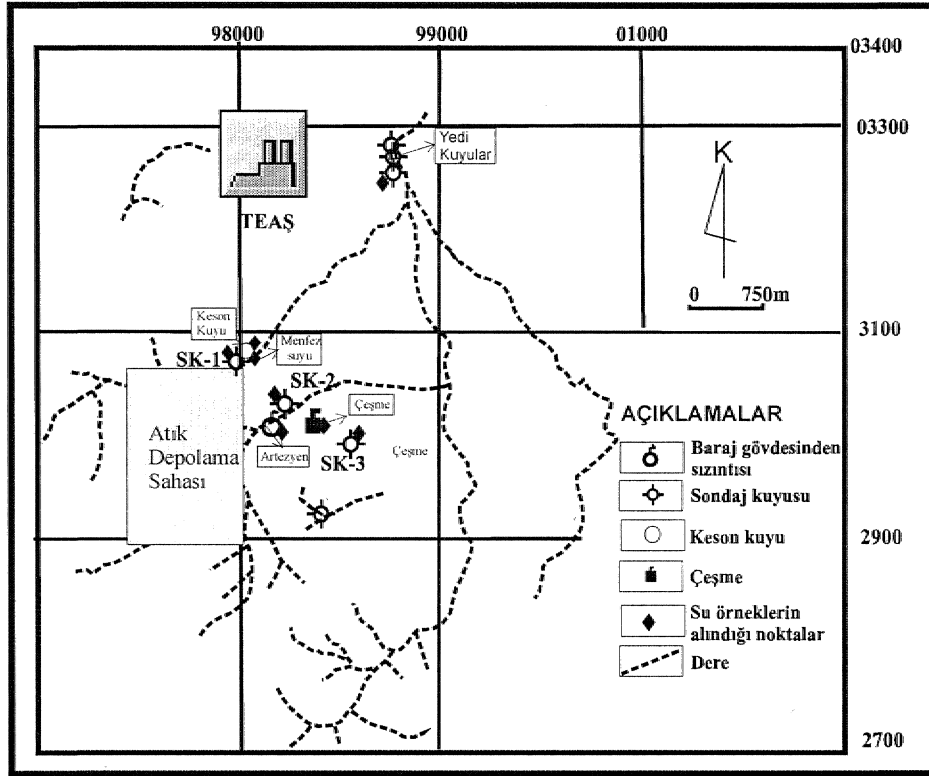


Şekil 4. Atık depolama sahasından alınan jeolojik kesit ve birimlerin permeabiliteleri

Figure 4. Geological cross section of waste disposal site and permeabilities of the rocks

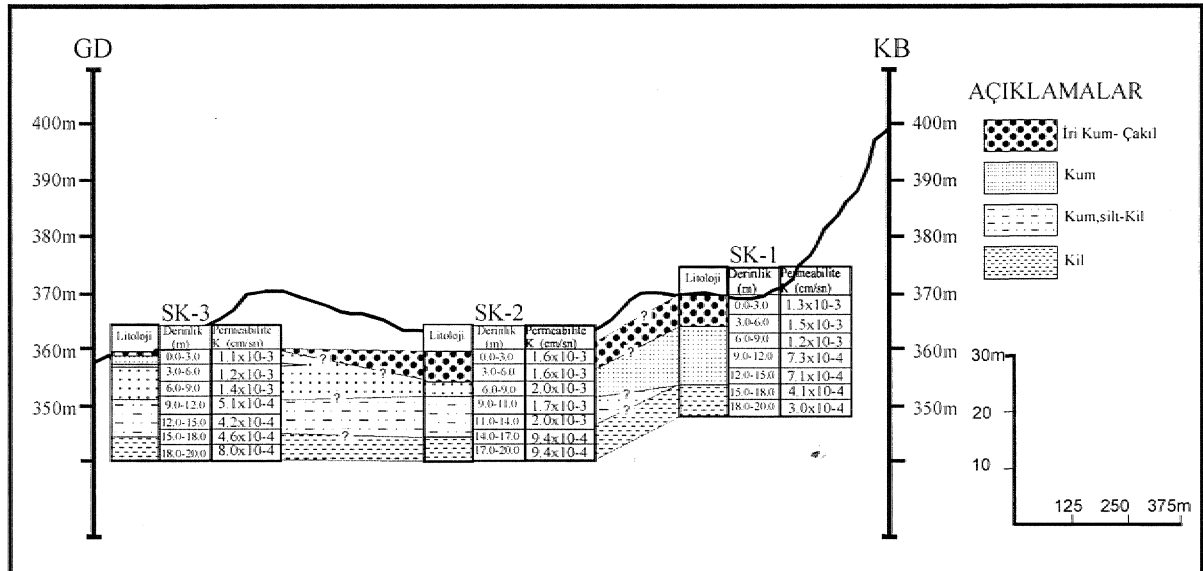
Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. (TEAS, 1995) tarafından, Yatağan Termik Santrali atık depolama sahasında toplanan suların yeraltı sularına olan etkilerini araştırma ve izleme kapsamında,, toplam derinliği 60 m olan 3 adet sondaj yapılmıştır (Şekil 5). Bu sondajlar (SK-1, SK-2 ve SK-3) 20 m. derinliğindedir (Şekil 6). Sondajlar sırasında gerçekleştirilen basınçsız su deneyleri ile perméabilite belirlenmiştir. Perméabilite değerleri 1.1×10^{-3} cm/sn ile 9.4×10^{-4} cm/sn arasında değişmektedir.,

Perméabilite değerleri özellikle alt seviyelerde 10^{-4} cm/sn mertebesinde iken üst seviyelere doğru 10^{-3} cm/sn: düzeyine kadar yükselmektedir. Perméabilite değerleri gözönüne alınarak US Bureau of Reclamation'un yaptığı sınıflamaya göre (Şekercioğlu, 1993) inceleme alanındaki kayalar geçirimli ve çok geçirimli sınıfına girmektedir.. Gözlem, kuyularının kesitlerine göre, birimler silt, kum ve kilden oluşmaktadır. Bu kesitlerin birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 6'da verilmiştir..



Şekil 5. İnceleme alanında numune alınan noktalar

Figure 5. Sample location map



Şekil 6. Atık depolama sahasının akış aşağısında yer alan gözlem kuyularının birbirleriyle ilişkileri

Figure 6. Correlation between the observation boreholes in drill in the front of waste disposal site

ATIK DEPOLAMA SAHASINDAN SIZAN SULARIN KALİTESİ

Yatağan Termik Santrali atık depolama sahasında küllerin rüzgarla etrafı yayılmasını, önlemek amacıyla sulama yapılmaktadır. Bu nedenle atık depolama sahasının bulunduğu alanda büyük bir atık su barajı oluşmuştur.. Atık barajından sızan sular Yatağan Ovasını oluşturan allüvyonel akiferlere karışmaktadır. Ayrıca baraj gövdesinden sızan sular yöre halkı tarafından sulama suyu olarak kullanılmaktadır, Atık barajın gövdesinden sızan suların pH, sıcaklık,, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), toplam, fos-

for, toplam siyanür ve toplam askıda katı madde miktarlarını belirlemek amacıyla 1993-1996 tarihleri arasında belirli zamanlarda, 1997 başlayarak 1999 tarihine kadar her hafta sistematik bir şekilde Yatağan Termik Santrali Kimya laboratuvarlarında, APHA-AWWA,1992 standartlarına göre, analizleri yapılmıştır (Çizelge 2). Elde edilen veriler grafiklerle değerlendirilmiştir (Şekil 7-8-9-10-11 ve 12).. Atık depolama sahasındaki suların ortalama sıcaklıkları 18,9 °C, pH 8.85, KOI 11.76 mg/l, toplam fosfor 0.039 mg/l, toplam siyanür 0.006 mg/l ve toplam askıda katı madde miktarı 76.07 mg/T'dir.

Çizelge 2. Temik santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen KOI, TAKM, top. fosfor, top., siyanür, sıcaklık ve pH değerleri

Table 2. COD, TSSM, total phosphorus, total cyanide, temperature and pH values in the waste disposal site leakage water

Parametre Tarih	KOI (mg/l)	TAKM (mg/l)	Top.Fosfor (mg/l)	Top.Siyanür (mg/l)	Sıcaklık °C	pH	Parametre Tarih	KOI (mg/l)	TAKM (mg/l)	Top.Fosfor (mg/l)	Top.Siyanür (mg/l)	Sıcaklık °C	pH
07.01.1998	5	4.1	0.063	0.03	17	7.9	08.04.1997		2000	0.031	0.015	9.5	12
14.01.1998	7	1	0.016	0	15.3	8.7	02.04.1997		186	0.016	0.01	16	1.8
15.01.1998	7	3.8	0.031	0	15	8.9	24.03.1997		4	0.031	0.005	16	8.2
21.01.1998	8	2.1	0.016	0.004	15.5	8.8	18.03.1997		2.4	0.031	0.004	16	7.7
28.01.1998	7	1.6	0.031	0	15	7.9	11.03.1997		3.4	0.015	0.003	19	7.5
03.02.1998	5	1.6	0.031	0.003	15.5	8.8	04.03.1997		6.2	0.025	0.003	18	7.4
10.02.1998	3	3.2	0.031	0.006	16	8.9	25.02.1997		1	0.031	0.014	19.5	7.4
17.02.1998	3	2.8	0.016	0.004	16	8.3	18.02.1997		2.4	0.031	0.003	18	7.4
03.03.1998	4	8.2	0.016	0.005	16	8.8	12.02.1997		4.3	0.015	0.01	16	7.6
17.03.1998	11	50	0	0.003	14	8.6	05.02.1997		2.1	0.031	0.008	14	7.6
24.02.1998	5	36.4	0.016	0.003	16.5	9.2	28.01.1997		5.2	0.031	0.01	17	7.6
24.03.1998	7	88	0.013	0.02	15	8.5	22.01.1997		6.4	0.031	0.012	16	8.2
31.03.1998	5	16.8	0.016	0.008	15	8.6	14.01.1997		3.6	0.031	0.01	16.5	8.1
08.04.1998	5	2.2	0.031	0.002	17	8.9	07.01.1997		1.6	0.031	0.008	15	8.2
14.04.1998	6	3.2	0.031	0.003	18	8.8	02.01.1997		8.6	0.015	0.003	17	8.2
21.04.1998	8	0	0.04	0.004	18	8.9	08.07.1997	3	0.8	0.031	0.001	21	8.1
29.04.1998	3	5.7	0.015	0.006	17	8.4	15.07.1997	8	1.2	0.031	0.003	21	7.4
05.05.1998	5	4.1	0.01	0.004	19	8.4	22.07.1997	7	0.8	0.047	0.001	18	7.3
13.05.1998	5	2.4	0.022	0.004	18	8.6	31.07.1997	5	1.4	0.015	0.003	22	7.3
19.05.1998	6	2	0.047	0.004	19	8.9	05.08.1997	5	0.8	0.0156	0.003	20.5	7.4
26.05.1998	3	1.6	0.026	0.006	18.5	8.6	12.08.1997	3	5	0.0094	0.001	23	7.6
03.06.1998	3	2	0.039	0.004	20	8.7	19.08.1997	5	2.4	0.031	0.001	22	7.4
01.07.1997	7	0.8	0.015	0.005	21	7.6	27.08.1997	7	1.8	0.031	0	21	8
24.06.1997	3	1.2	0.031	0.001	20	7.4	02.09.1997	8	3.8	0.031	0.001	20	7.5
17.06.1997	5	1.2	0.031	0.005	20	7.9	09.09.1997	5	1	0.015	0.001	21.4	7.4
09.06.1997	3	2	0.031	0.003	21	7.6	16.09.1997	7	3.6	0.015	0.009	22	7.7
04.06.1997	8	3.8	0.025	0.005	21	7.8	23.09.1997		4.2	0.031		19	7.4
27.05.1997	7	2	0.031	0.002	22	7.8	30.09.1997	3	1.6	0.031	0.002	18	7.5
20.05.1997	6	54	0.015	0.005	21	7.8	07.10.1997	3	26	0.031	0.003	19	7.7
13.05.1997	5	2.4	0.031	0.003	18	7.7	14.10.1997	20	4.8	0.031	0.001	19.5	7.5
29.05.1997	6	2.8	0.031	0.005	20	8.3	21.10.1997	3	54.8	0.015	0.04	18.5	7.5
22.04.1997	4	10	0.015	0.003	16	8.3	28.10.1997	3	4.2	0.031	0.001	17	7.6
15.04.1997	5	2.4	0.031	0.005	16	8.3	04.11.1997	5	31.8	0.031	0.003	18	7.8
11.11.1997	3	12.9	0.016	0.003	18	7.8	18.06.1996	13	196.4	0.031	0.012	21	11
19.11.1997	14	17.6	0.047	0.005	18	8	12.06.1996	14	658	0.0157	0.017	22	11
25.11.1997	11	5.4	0.031	0.008	19	7.8	04.06.1996	23	152	0.031	0.02	21	10
10.12.1997	5	0	0.031	0.006	18	7.7	28.05.1996	20	3726	0.047	0.02	20	11
16.12.1997	2	20	0.015	0.002	16	7.8	21.05.1996	24	3269	0.031	0.023	21	11
30.12.1997	9	2.8	0.015	0.022	16	7.8	14.05.1996	12	14.4	0.0157	0.003	21	12
17.12.1996	10	35.4	0.031	0.005	16.5	8.3	08.05.1996	14	4.8	0.031	0.002	22	12
10.12.1996	5	5.7	0.0157	0.003	16	8.4	30.04.1996	12	7.8	0.0157	0.001	18	12
04.12.1996	11	8.6	0.031	0.004	19	8.4							

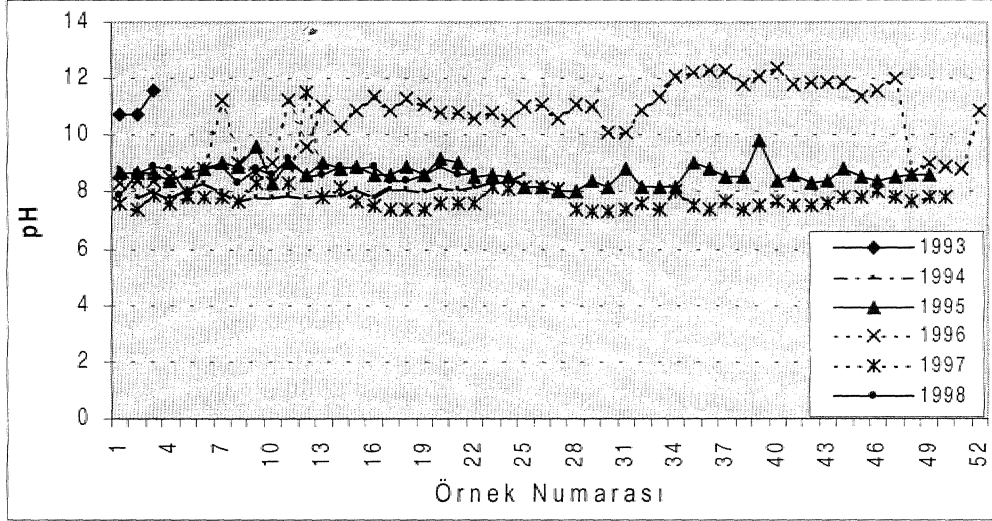
Çizelge 2. Termik santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen KOI, TAKM, top. fosfor, top., siyanür, sıcaklık ve pH değerleri (devamı)

Table 2. COD, TSSM, total phosphorus, total cyanide, temperature and pH values in the waste disposal site leakage water (continued)

Parametre Tarih	KOI (mg/l)	TAKM (mg/l)	Top.Fosfor (mg/l)	Top.Siyanür (mg/l)	Sıcaklık °C	pH	Parametre Tarih	KOI (mg/l)	TAKM (mg/l)	Top.Fosfor (mg/l)	Top.Siyanür (mg/l)	Sıcaklık °C	pH
18.11.1996	7	5.4	0.015	0.006	16	8.5	24.04.1996	21	5.6	0.0157	0.001	16	12
12.11.1996	7	7.4	0.015	0.001	19	8.7	16.04.1996	28	30	0.0157	0.005	15	12
05.11.1996	10	10.8	0.031	0.003	19.5	8.8	09.04.1996	11	72	0.047	0.006	15	12
30.10.1996	15	10.8	0.031	0.001	20	11.2	02.04.1996	20	20	0.016	0.008	15	12
23.10.1996	24	9.6	0.015	0.004	17	9	26.03.1996	13	62.6	0.156	0.005	14.5	12
15.10.1996	13	11.6	0.015	0.005	20	8.7	19.03.1996	10	140	0.063	0.012	14	12
09.10.1996	10	3.2	0.015	0.024	21	9	12.03.1996	24	103	0.094	0.005	14	12
02.10.1996	13	8.4	0.015	0.015	20	11.2	06.03.1996	22	334	0.047	0.006	13.5	12
24.09.1996	9	12.7	0.031	0.018	20	9.6	27.02.1996	13	27.2	0.125	0.005	13.5	11
18.09.1996	15	5.2	0.03	0.025	22	11	21.02.1996	21	306	0.0313	0.008	13.5	12
10.09.1996	5	80	0.015	0.031	24	10.3	13.02.1996	25	488	0.0626	0.01	14	12
04.09.1996	20	5.7	0.047	0.029	20	10.9	30.01.1996	1.1	0.063	0.004	0.004	17	8.6
28.08.1996	17	14.8	0.0157	0.034	19	11.4	22.01.1996	1.6	0.047	0.005	0.005	17	9
22.08.1996	16	208	0.0157	0.031	20	10.9	16.01.1996	2	0.016	0.006	0.006	16	8.9
22.08.1996	11	4	0.0157	0.039	19.5	11.3	09.01.1996	2.8	0.047	0.008	0.008	17	8.8
20.08.1996	8	14.8	0.031	0.014	20	11.1	02.01.1996	12	0.125	0.001	0.001	17.5	11
15.08.1996	11	52	0.0157	0.005	23	10.8	25.12.1995	4	0	0.004	0.004	14	8
07.08.1996	14	7.4	0.031	0.029	20	10.8	22.12.1995	4.13	0.031	0.009	0.009	18	8.7
30.07.1996	14	4.8	0.031	0.008	22	10.6	12.12.1995	1.08	0.063	0.01	0.01	17.5	8.7
23.07.1996	13	5.6	0.031	0.01	25	10.8	05.12.1995	6.6	0.031	0.008	0.008	17	8.7
16.07.1996	11	4.9	0.031	0.005	26	10.5	28.11.1995	3.2	0.094	0.006	0.006	16	8.4
10.07.1996	44	14	0.0157	0.003	23	11	21.11.1995	16	1.3	0.031	0.004	17	8.7
02.07.1996	11	23	0.031	0.005	21	11.1	14.11.1995	13	10	0.016	0.005	17	8.8
26.06.1996	13	168	0.031	0.005	19.5	10.6	08.11.1995	36	5.4	0.031	0.006	19	9
31.10.1995	27	6.8	0.016	0.005	20	8.9	28.02.1995	15	24	0.031	0.004	20	8.6
24.10.1995	11	7	0.031	0.01	19	9.6	21.02.1995	13	4.9	0.047	0.001	19	8.3
17.10.1995	36	2	0.031	0.005	19.5	8.3	14.02.1995	12	1.4	0.048	0.002	19	8.4
10.10.1995	20	2.1	0.047	0.01	20	9	08.02.1995	17	3.2	0.031	0.001	18.5	8.8
03.10.1995	25	1.92	0.031	0.004	20	8.6	01.02.1995	17	5.1	0.061	0	19	8.5
26.09.1995	13	2.12	0.045	0.003	21	9	24.01.1995	13	28.8	0.096	0.003	18.7	8.4
19.09.1995	15	1.83	0.034	0.001	21	8.8	17.01.1995	32	23.6	0.061	0.001	20	8.5
12.09.1995	9	2.6	0.502	0.001	21	8.9	10.01.1995	18	16.4	0.031	0.001	19	8.6
05.09.1995	12	3.2	0.047	0.004	20	8.6	03.01.1995	26	14.8	0	0.017	20	8.6
29.08.1995	33	2.1	0.063	0.004	21	8.6	27.12.1994	38	67	0.109	0.001	20	8.8
22.08.1995	23	6.8	0.03	0.005	20	8.9	13.12.1994	19	17	0.061	0.001	18	7.8
15.08.1995	48	6	0.016	0.004	20	8.6	09.12.1994	30	9.2	0.015	0.001	20	8
09.08.1995	14	28.2	0.047	0.006	20	9.2	29.11.1994	22	31.8	0.061	0	19	7.8
01.08.1995	35	6.1	0.056	0.001	19.5	9	22.11.1994	2	1.9	0.0107	0	19	8.1
25.07.1995	25	121.2	0.031	0.005	20	8.5	15.11.1994	22	11.8	0.127	0.004	19	8.3
19.07.1995	20	186.8	0.031	0.015	21	8.6	08.11.1994	19	3.5	0.096	0	19	8
13.07.1995	10	196	0.048	0.009	21	8.5	31.10.1994	2	1.3	0.03	0	20	7.7
05.07.1995	15	11	0.031	0.006	22	8.2	25.10.1994	3	1.8	0.061	0	20	7.8
27.06.1995	21	6.4	0.096	0.01	23	8.2	17.10.1994	4	3.2	0.083	0	21	7.8
20.06.1995	20	22.4	0.061	0	21	8	11.10.1994	7	3.8	0.096	0	20	7.9
14.06.1995	18	5.6	0.03	0.005	20	8	03.10.1994	13	7	0.016	0	20	7.8
07.06.1995	21	18.8	0.047	0.008	20	8.4	27.09.1994	10	15.3	0.036	0	20	7.9
30.05.1995	23	2.8	0.03	0.007	19	8.2	20.09.1994	12	23.2	0.031	0	21	7.9
23.05.1995	15	32	0.03	0.01	20	8.8	13.09.1994	22	4.4	0.048	0	20	8.1
17.05.1995	26	8.6	0.03	0	20	8.2	05.09.1994	28	0	0.062	0	20	7.8
09.05.1995	3	3.6	0.03	0.01	19	8.2	23.08.1994	10	1.8	0.061	0	20	8.1
26.04.1995	24	10	0.04	0.004	18	8.2	16.08.1994	8	17.4	0.035	0	20	8.1
11.04.1995	23	8.6	0.03	0.005	19	9	09.08.1994	19	20.9	0.061	0.002	20	8
06.04.1995	31	13	0.048	0.001	19	8.8	02.08.1994	15	38.4	0	0	20	8.2
28.03.1995	11	42	0.079	0	19	8.5	26.07.1994	6	0.87	0.057	0	20	8.1
23.03.1995	10	9.6	0.047	0.001	19	8.5	29.06.1994	23	1.2	0.061	0	27	8.2
16.03.1995	9	15.2	0.017	0.001	17.5	9.8	29.06.1994	29	1.6	0.061	0.006	27	8.3
07.03.1995	19	124.8	0.031	0	19	8.4	08.06.1994	41	83.2	0.048	0.008	20	8.4
08.06.1994	23	65.6	0.061	0.008	18	8.6							
27.09.1993	14	331	0.18	0.01	28	10.7							
23.09.1993	19	147	0.05	0.01	24	10.7							
22.09.1993	3	231	0.11	0	23	11.6							

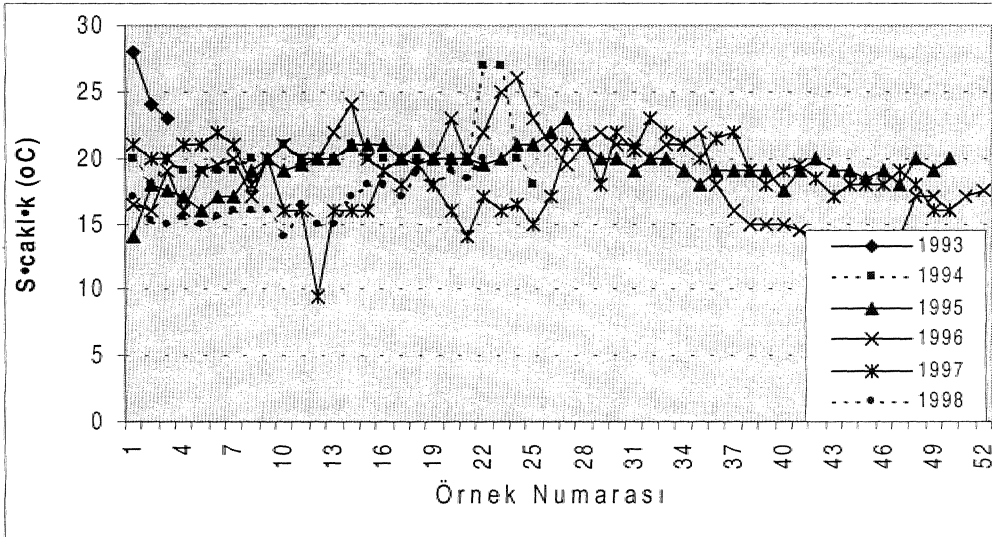
Bu verilere göre; atık depolama sahasındaki sula-no ortalama pHMan TSE (1997) tarafından içme suyu için önerilen $6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$ sınır değerleri geç-

miş durumdadır., Özellikle 1996 yılında alınan su örneklerinde pH değerleri TSE (1997) içine suyu standartlarına göre oldukça yüksektir (Şekil 7).



Şekil 7. Yatağan Termik Santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen pH değerleri

Figure 7. Measured pH values in the waste disposal site leakage water

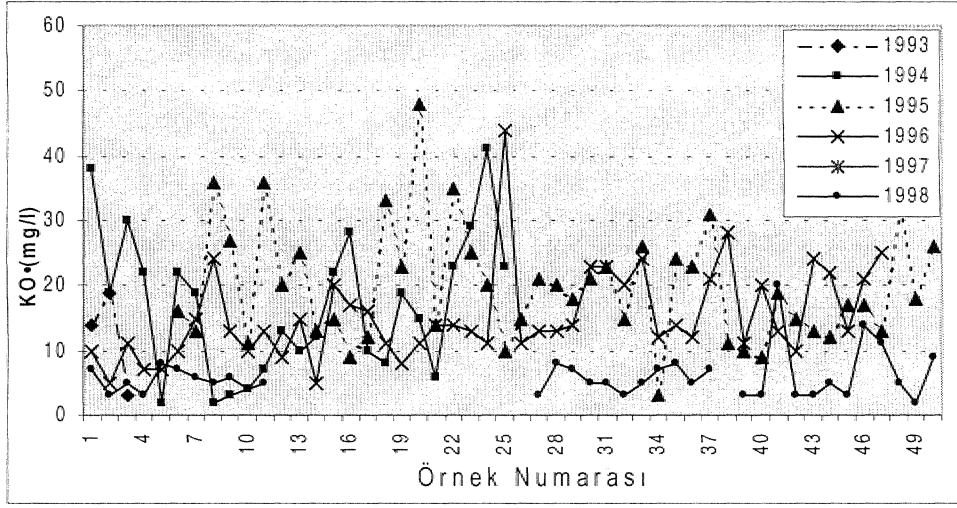


Şekil 8. Yatağan Termik Santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen sıcaklık değerleri

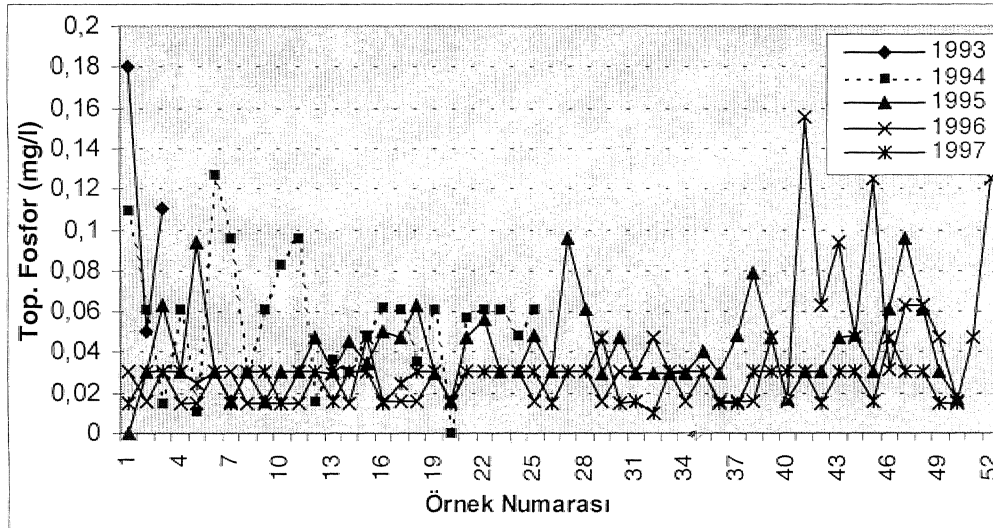
Figure 8. Measured temperature values in the waste disposal site leakage water

Bunun nedeni; Yatağan Termik Santralinde kullanılan suyun ön arıtma sisteminden geçmesidir. Termik santrale gelen suya Fe_2SO_4 ve kireç sütü dozajı yapılır. Fe_2SO_4 suda bulunan kolloid maddelerin çökebilecek büyüklükte parçalar halinde birleştirir. Kireç sütü ise, suya geçici sertlik veren kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları çöktürür. Suya kireç sütü fazla ilave edildiğinde suların pH'ları 9-10.5 olmaktadır. Ön arıtma sisteminden arta kalan

sular ise atık depolama sahasına gönderiilmektedir. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KIO) değerleri genellikle 10 ile 40 mg/l arasında yoğunlaşmaktadır (Şekil 9). Atık depolama sahasına dökülen cürüflardaki yanmamış organik maddeler, atık baraj gövdesinden sızan sulardaki KIO değerlerinin kaynağını oluşturur. Toplam fosfor değerleri 0.02 ile 0.06 mg/l arasında yoğun olarak değişmektedir (Şekil 10).



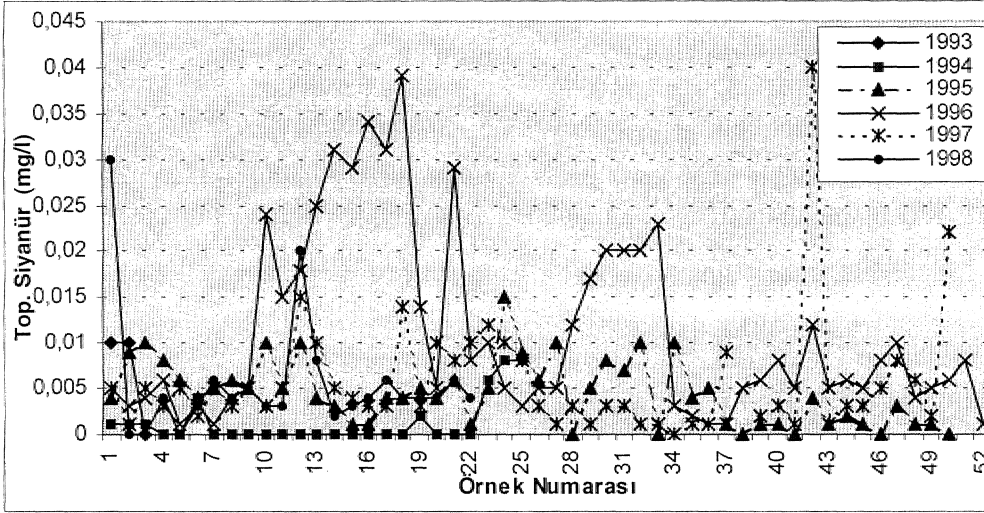
Şekil 9. Yatağan Termik Santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen KIO değerleri
Figure 9. Measured KIO values in the waste disposal site leakage water



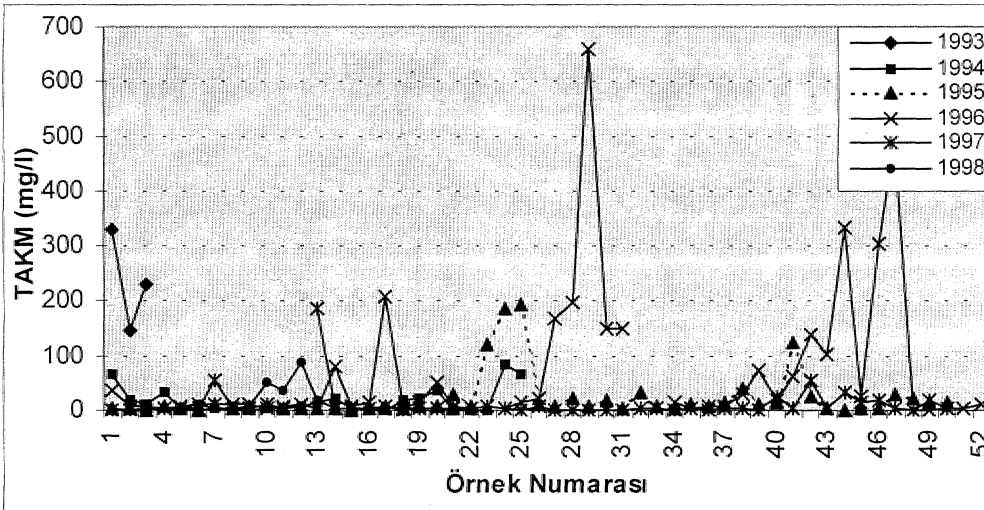
Şekil 10. Yatağan Termik Santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen Toplam Fosfor
Figure 10. Measured total phosphorous values in the waste disposal site leakage water

Yapılan incelemelere göre kirlenmemiş göllerde toplam fosfor 0.01 ile 0.04 mg/l arasında değişir (Uslu ve Türkman., 1987). Atık baraj sızıntı suundaki toplam fosfor değerleri kirlenmemiş göl suları ile yakın bir paralellik göstermektedir. Buradaki toplam fosfor yanmış kömür atıkları'ndaki safsızlıklardan kaynaklanmaktadır. Siyanür, kömürün bileşiminde de bulunan karbon (C) ve azotun (N) basit bir

bileşigidir., Stratosferde ve kuzey yarım kürenin troposferinde 150' ile 170 ppb düzeyinde mevcuttur (EPA, 1990). İnceleme alanı baraj sızıntı suundaki toplam siyanür miktarı düşüktür (Şekil 11). 21.5.1996 (3269 mg/l), 28.5.1996 (3726 mg/l) ve 8.4.1997 (2000 mg/l) tarihlerinde alman su örneklerinde ise toplam askıda katı madde miktarları aşırı yağışlardan dolayı artmıştır.



Şekil 11. Yatağan Termik Santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen Toplam Siyanür
Figure 11. Measured total cyanide values in the waste disposal site leakage water



Şekil 12, Yatağan Termik Santralının atık baraj gövdesinden sızan sularda ölçülen Toplam Askıda Katı Madde (TAKM) miktarı

Figure 12. Measured TSSM values in the waste disposal site leakage water

GÖZLEM KUYULARINDA YERALTI SUYU KALİTESİ

1994 tarihinde TEAŞ tarafından yapılan atık baraj suyunun yeraltı sularına etkilerini araştırmak amacıyla barajın önünde yer alan keson kuyu, artezyen, menfez soyu, çeşme ve termik santralına su

sağlanması için açılan sondaj kuyusundan (Şekil 5) alınan su örneklerinde ağır metal analizleri yapılmıştır (Çizelge 3). 1994 verilerine göre inceleme alanındaki yeraltı sularında herhangi bir kirlilik söz konusu değildir. Ancak baraj akışaşağı (menfez) suyunda arsenik değeri EPA (1993)'ün önerdiği **0.05*** mg/l kritik değerine oldukça yakındır,

Çizelge 3. Atık barajı çevresinde alınan su numunelerinde ağır metal analizleri (TEAŞ, 1995)

Table 3, Concentrations of heavy metals in water samples taken from around the waste disposal site (TEAS, 1995)

Su Numunelerinin Alındığı Tarih: 15.11.1994						
mg/l	Keson Kuyu	Artezyen	Yedi Kuyular	Menfez Suyu	Çeşme	EPA, 1993
Na ⁺	50	45	80	110	45	
Fe (total)	0.08	0.478	0.021	0.84	<0.01	
As (total)	<0.01	0.012	<0.01	0.049	<0.01	0.05
Mn (total)	0.98	1.14	<0.05	2.49	<0.05	
Hg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
Cu	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	<0.01	1.3
Pb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.015
Zn	0.03	0.013	<0.01	<0.01	<0.01	
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Cd	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.005
Cr	<0.02	0.025	0.025	<0.02	<0.02	0.1
Ni	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
CN ⁻	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.2

TEAŞ tarafında atık baraj suyunun yeraltı suyuna etkisini araştırmak amacıyla SK-1, SK-2, SK-3, nolu üç adet sondaj kuyusu açmıştır (Şekil 5). SK-1, SK-2, SK-3 kuyulardan 1995, 1996, 1997 ve 1998 tarihinden itibaren suların kimyasal ve fiziksel özellikleri

rini ortaya koymak amacıyla aylık analizler yapılmıştır. SK-1, SK-2 ve SK-3 kuyulardan Aralık 1995 ve Mart 1997 alınan su örneklerde Pb, Cu, Cr, Cd, Co, Mn, Zn ve As analizleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi (ASS) ile yapılmıştır (Çizelge 4).

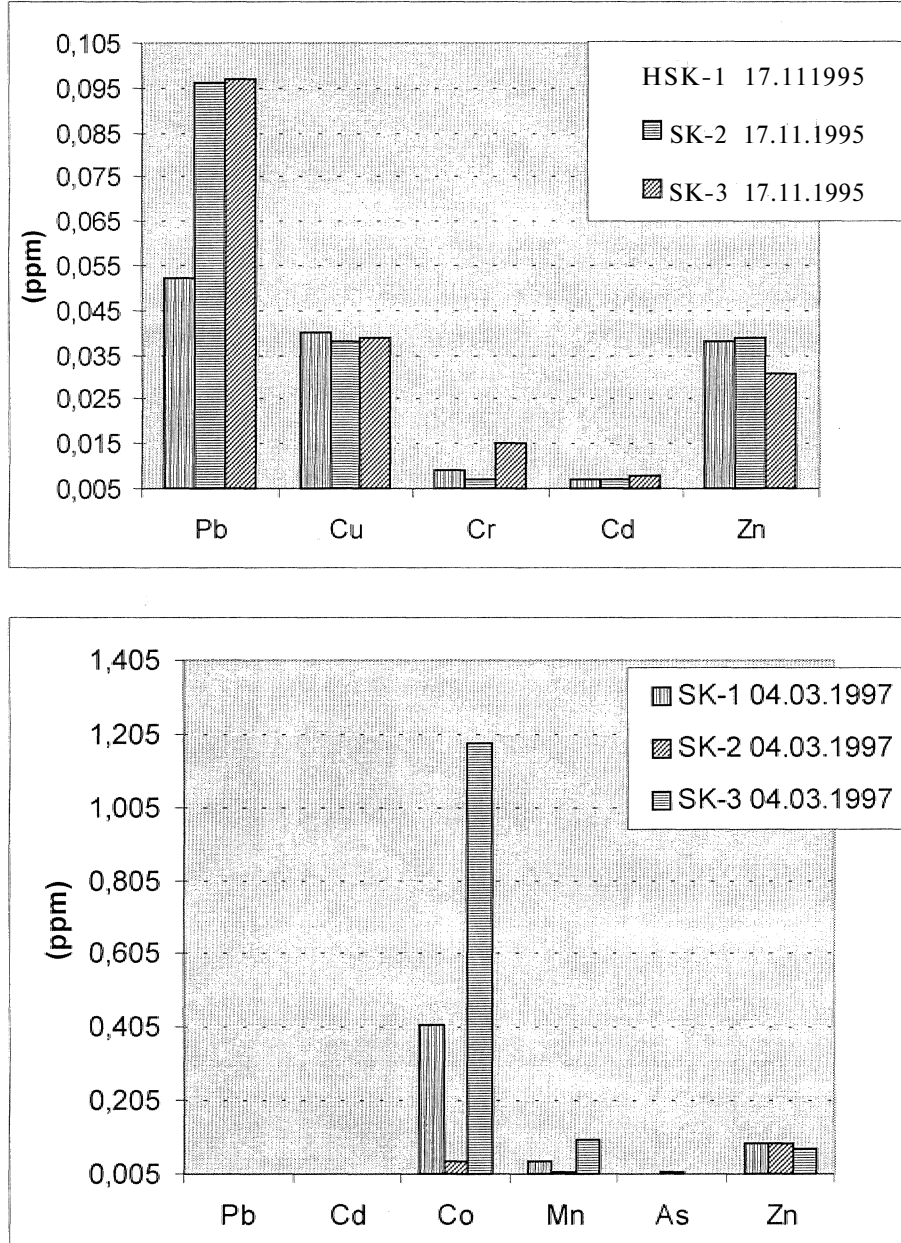
Çizelge 4. 1995 ve 1997 tarihlerinde sondajlardan alınan su numunelerinde ağır metal analizleri

Table 4. Concentrations of heavy metals in water taken from boreholes in 1995 and 1997

Lokasyon	SK-1		SK-2		SK-3	
	17.11.1995	04.03.1997	17.11.1995	04.03.1997	17.11.1995	04.03.1997
Pb (mg/l)	0.052	0	0.096	0	0.097	0.005
Cu (mg/l)	0.04		0.038		0.039	
Cr (mg/l)	0.009		0.007		0.015	
Cd (mg/l)	0.007	0.002	0.007	0.001	0.008	0.002
Zn (mg/l)	0.038	0.087	0.039	0.09	0.031	0.075
As (mg/l)		0.001		0.01		0.003
Co (mg/l)		0.41		0.04		1.18
Mn (mg/l)		0.041		0.01		0.099

SK-1, SK-2 ve SK-3 nolu kuyularda Aralık ayında alınan numunelerde Cd ve Pb değerleri EPA'nın içme suları için önerdiği 0.005 ve 0.015 sınır değerleri aştığı görülmektedir (Şekil 13). Kömürün yanması ile birlikte, kömürün içeriğinde bulunan kirliliğe sebep olma potansiyeline sahip, it, Cd, Pb ve Zn

gibi toksik iz elementler kül ve cürüflara transfer olur. Kömürün yanmasıyla kaynaklanan bu atıklardaki toksik iz elementler sulara karışmaktadır (Egemen ve Yurteri, 1996; Lee, 1982; Zouboulis ve Tzimou-Tsitouridou, 1990).



Şekil 13. Gözlem kuyularında ağır metal derişimleri

Figure 13. Heavy metal concentrations in ike observation wells

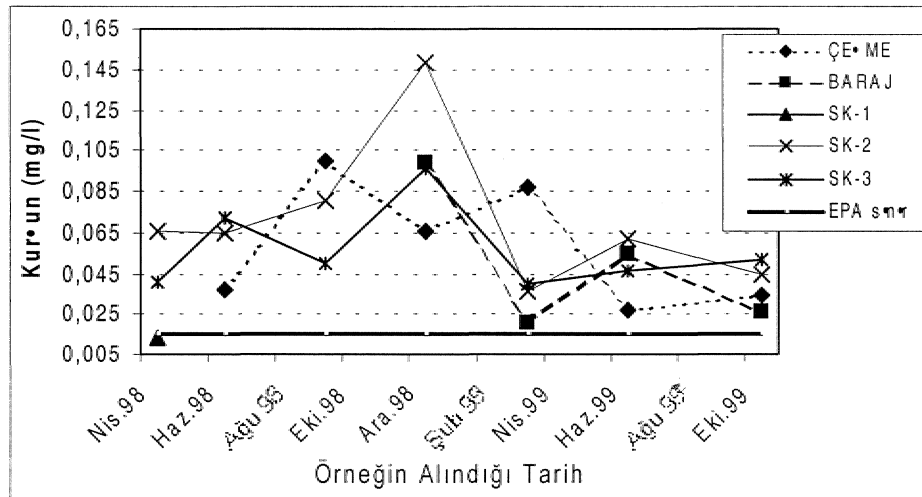
İnceleme alanındaki sulara 1998 ve 1999 tarihleri arasında atık depolama barajı yanındaki çeşmeden, kül barajından ve gözlem kuyularından SO_4^{2-} , Fe, Pb,, Zn ve toplam çözülmüş katı madde miktarları

ölçülmüştür (Çizelge 5). Bu veriler göre; kurşun (Pb) değerleri EPA (1993)'ün içme suları için önerdiği 0,015 mg/l sınır değerlerini aştığı görülmektedir (Şekil 14).

Çizelge 5. Kül barajı çevresindeki sulara ölçülen kurşun, sülfat, demir, çinko ve toplam çözülmüş katı madde (TÇKM) miktarı

Figure 5, Concentration of lead, sulfate, iron, zinc and total dissolved solids around the waste disposal site

Element	Lokasyon	03.04.1998	19.06.1998	03.09.1998	07.12.1998	02.03.1999	08.06.1999	25.10.1999
Kurşun (Pb) (mg/l)	ÇEŞME		0.037	0.1	0.066	0.087	0.027	0.034
	BARAJ				0.099	0.021	0.055	0.026
	SK-1	0.013						
	SK-2	0.066	0.065	0.08	0.148	0.036	0.062	0.045
	SK-3	0.041	0.072	0.05	0.096	0.04	0.046	0.052
Sülfat (SO_4) (mg/l)	ÇEŞME		194	272	134	163	360	329
	BARAJ				447	418	371	388
	SK-1	124.8						
	SK-2	520.9	429	698	508	437	455	466
	SK-3	116.4	105	148	563	169	178	465
Demir (Fe) (mg/l)	ÇEŞME		0	0.032	0.031	0.035	0.148	0.041
	BARAJ				0.08	0.064	0.076	0.068
	SK-1	0						
	SK-2	0.925	0.257	0.49	0.123	0.335	0.479	0.582
	SK-3	0.211	0.289	0.978	0.555	0.285	0.538	1
Çinko (Zn) (mg/l)	ÇEŞME		0.02	0.058	0.068	0.136	0	0.015
	BARAJ				0.218	0.845	0.026	0
	SK-1	0.013						
	SK-2	0.337	0.071	0.06	0.043	0.106	0.049	0.045
	SK-3	0.066	0.07	0.033	0.056	0.167	0.014	0.015
TÇKM (mg/l)	ÇEŞME		853	841	1127	846	874	849
	BARAJ				1097	963	1011	937
	SK-1	558						
	SK-2	1286	1519	1388	1327	1001	1280	1278
	SK-3	725	1155	915	810	813	938	1121

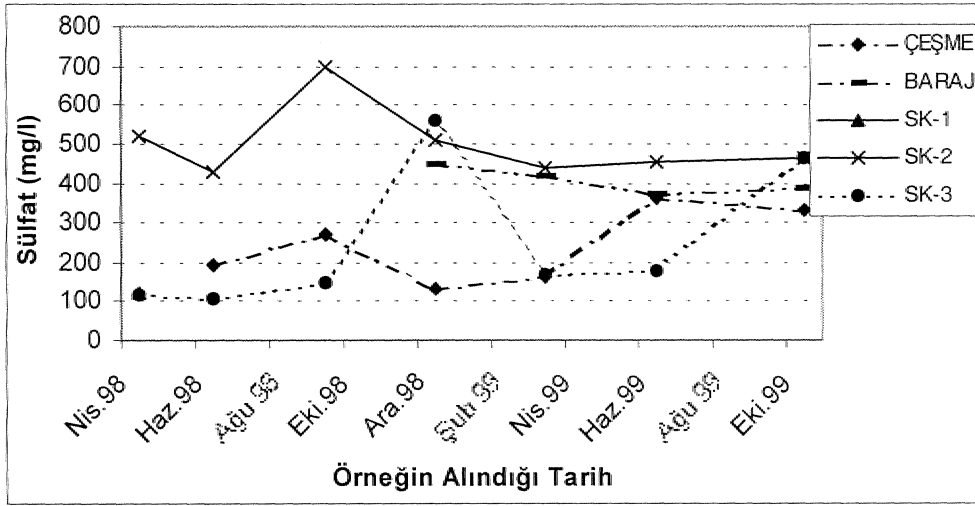


Şekil 14. Kül barajı çevresindeki sulara ölçülen kurşun miktarları

Figure 14. Concentrations of lead around the waste disposal site

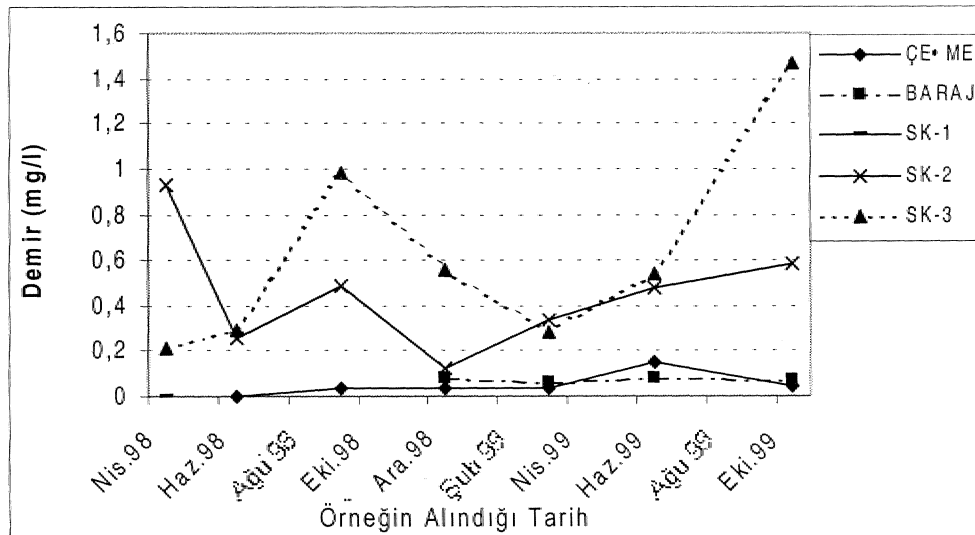
Genel olarak sülfat (SO_4^{2-}) değerleri SK-2 nolu gözlem kuyusunda daha yüksektir (Şekil 15). Bu verilere göre iki nolu gözlem kuyusu suyu TSE (1997) içme suyu için önerilen sınır değerlerini aşmıştır. İnceleme alanındaki sülfatların yüksek çıkması nedeni,, küllerin ve cürufların yapısında kükürtün bulunması, termik santrale gelen suya ön arıtma işlemleri sırasında Fe_2S_4 verilmesi ve ön arıtma

sonucu oluşan atık suyun atık barajına gönderilmesidir. Ayrıca SK-2 ve SK-3 nolu gözlem kuyularında ölçülen demir miktarı baraj ve çeşme suyuna oranla daha yüksektir (Şekil 16). Çinko (Zn) ve toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) miktarı WHO (1963)'ün içme suyu için önerdiği sınır değerleri arasında kalmaktadır (Şekil 17-18)..



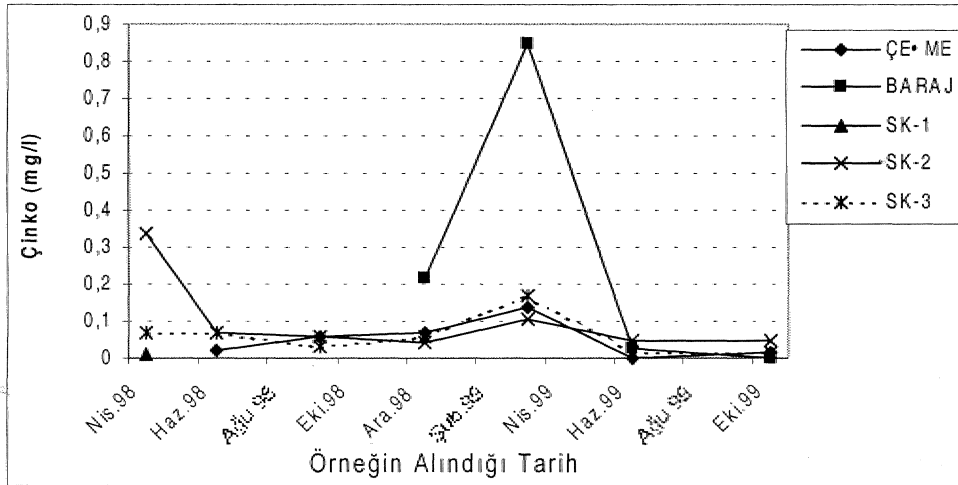
Şekil 15. Kül barajı çevresindeki sularda ölçülen sülfat miktarları

Figure 15. Concentrations of sulfate around the waste disposal site



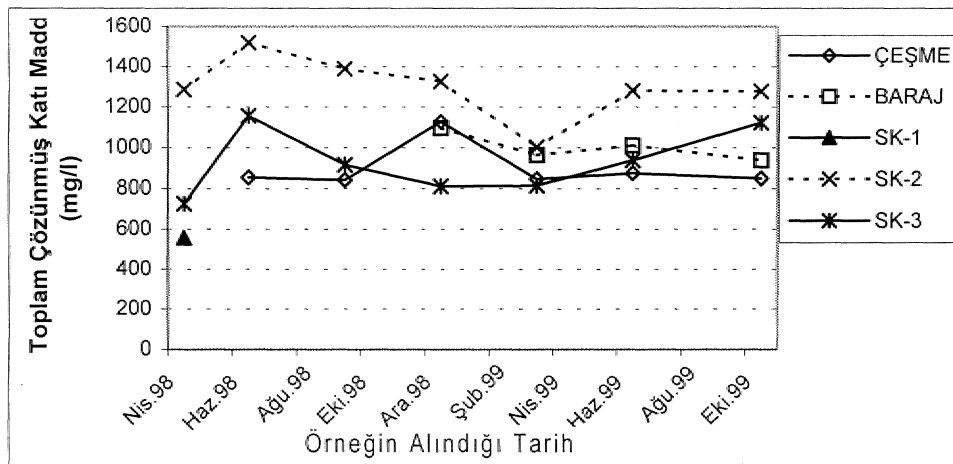
Şekil 16. Kül barajı çevresindeki sularda ölçülen demir miktarları

Figure 16. Concentrations of iron around the waste disposal site



Şekil 17. Kül barajı çevresindeki sularda ölçülen çinko miktarları

Figure 17. Concentrations of zinc around the waste disposal site



Şekil 18. Kül barajı çevresindeki sularda ölçülen toplam çözünmüş katı madde miktarları

Figure 18. Concentrations of total dissolved solids around the waste disposal site

TARTIŞMA

Türkiye'de, özellikle 1970-1980 yılları arasında artan enerji açığının karşılanması amacıyla, peş peşe devreye giren termik santraller nedeniyle kömür talebinde hızlı bir artış olmuştur. 1970 yılında termik santrallerin kömür tüketim miktarı toplamı; yaklaşık 880 bin ton iken, bu rakam 1985 yılında 19.5 milyon ton'a, 1990 yılında 28 milyon ton'a ve 1996 yılında da yaklaşık 42 milyon ton'a ulaşmıştır (Bozoğlan, 1997). Buna bağlı olarak, termik santrallerden kay-

naklanan kül ve cüruf miktarlarında artmıştır. Özellikle küllerdeki elementler litofil ve kalkofil elementlerdir (Klein vd., 1975). Kalkofil elementler, sülfür fazında derişen, As, Cd, Ga, Ge, Pb, Se, Sn, Tl ve Zn gibi elementlerdir. Uçucu olan kalkofil elementler, matris yapıya girme eğilimi göstermeyerek, küllerin yüzeylerinde tutulurlar. Diğer, Cu, Mn, Ni ve V gibi elementler ise kısmen matris yapıda bulunurken, kısmen de yüzeyde tutularak, geçişli bir davranış gösterirler (Çancı vd., 1997). Çeşitli kül liç deneysel çalışmaların sonuçlarına göre, küllerde

bulunan toksik iz elementler, küllün soyla temas etmesi sonucu suya geçebilmektedir (Baba, 2000b; Deborah ve Ernest, 1981; Egemen ve Yurteri, 1996; Eisenberg vd., 1986). Termik santrallerde kömürün yanması sonucu ortaya çıkan bu atıkların güvenli yöntemlerle deşarjı, toksik iz çlement içeriği nedeniyle, yeraltı suları açısından büyük önem taşımaktadır. Birçok termik santralde olduğu gibi, Yatağan Termik Santralinden kaynaklanan küllerin,, rüzgarla çevreye yayılmasının önlenmesi amacıyla sulandırılarak depolama yapılmaktadır, Bunun sonucu olarak katı atıkla birlikte, büyük hacimli atıksu barajlarında oluşmuştur. Bu atıksuların pH'ları 9-11,5 arasında değişmektedir (Baba, 2000a; Egemen, 1993), pH değeri küllerdeki iz elementlerin suyu geçişinde oldukça önemlidir. Bazik ortamlarda ağır metaller çökeldiği için sulara genellikle düşük oranlarda toksik iz elementler yer alır. Ancak pH'5 ten. düşük olan asidik ortamlarda, toksik iz demetler suya geçmektedir (EPA,, 1995; Eckenfelder, 1989; Patterson, 1985; Weber ve Smith, 1986). Yatağan Termik Santral atık depolama barajından sızan suların pH'ları genellikle 8-10¹ arasında yoğunlaşmaktadır. Termik santral bacalarından atmosfere bırakılan kükürtlerin çevreye yayılması ve bunların yağmur suyu ile reaksiyona girmesi sonucu asidik ortamlar oluşabilir. Bu nedenle; atık barajındaki suların pH'ları düşebilir ve içerdikleri küllerin yapısında bulunan toksik iz elementler yeraltı, sularına taşınabilir.

Termik santrallerden kaynaklanan atıkların yığınlar şeklinde açıkta, depolanmaları durumunda, içerdikleri metaller ve/veya diğer- bileşenler yağmur ile yeraltı sularına sızabilmektedir. Bu nedenle, termik santrallerden kaynaklanan katı atıkların depolandığı alanların incelenmesi ve gerekli önlemlerin alınması son derece önemlidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yatağan Termik Santralı, atık depolama sahasındaki küllerin rüzgarla etrafa yayılmasının önlenmesi amacıyla, sulama yapılmaktadır, Bu nedenle; atık depolama sahasının bulunduğu alanda büyük bir atık su barajı oluşmuştur. Atık barajından sızan sular Yatağan Ovasını oluşturan alluviyonal akiferlere karışmaktadır.

Yatağan Termik Santrallinden kaynaklanan kül ve cürufu bulunan elementlerin büyük bir kısmının, atık depolama sahasındaki suların pH'larının düşmesine bağlı olarak yeraltı sularını etkileyebilecektir. Çünkü çözülmüş madde konsantrasyonları, azalan pH değerleri ile artmaktadır. 1994 tarihinde yörede

alman su örneklerinde yapılan ağır metal analiz sonuçlarında yeraltı suyu kirliliği söz konusu olmazken, daha sonraki yıllarda (1998- 1999) özellikle Cd ve Pb değerlerinin, içme suları için EPA (1993) tarafından, önerilen sınır değerlerini aştığı görülmektedir. Ayrıca,, termik santral atıklarının etkileri sonucu, araştırma alanındaki yeraltı sularında SO₄⁼ miktarı da artmıştır.

Yatağan Termik Santralı'nda ortaya çıkan kül ve cürufuflar,, toksik. iz element içerikleri nedeniyle çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır. Kül ve cürufuflar, toprak örtüsü ve yüzey sularının kirlenmesinin yanı sıra, yeraltı sularına ulaşması sebebiyle sağlık açısından tehdit edici sonuçlar yaratacaktır., Yatağan Termik Santral atıklarının ve kömür yakıtı diğer termik, santrallerden kaynaklanan, kül ve cürufufların, güvenli yöntemlerle bertaraf edilmesi, yeraltı sularının korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

KATKI BELİRTME

Çalışmalarım sırasında olanaklarından yararlandığım Yatağan Termik Santralı yöneticilerine teşekkür ederim,

DEĞİNİLEN BELGELER

- APHA-AWWA, 1992. Standart methods for examination of water and. wastewater, 18th edition, Washington, DC,
- Baba, A., 1999. Türkiye'de termik santral atıklarının çevre jeolojisi,. BAKSEM'99, 130- 135, İzmir.
- Baba, A., 2000a. Yatağan (Muğla) termik santral, atıklarının çevre jeolojisi açısından incelenmesi,. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü {yayımlanmamış}.
- Baba» A,, 2000b. Leaching, characteristics of wastes from. Kemerköy (Muğla-Turkey) power plant;. Global. Nest: the Int., J. vol. 2, 51 -57.,
- Becker-Platen, J. D.,, 1970. Lithostratographische Untersuchungen im Kanozoikum Sudwest-Anatoliens (Türkei). Geologischen Jahrbuch, 97-244, Hannover..
- Bertine,, K, K ve Goldberg, E. D., 1971.. Fosil fuel combustion and. the major sedimentary cycle. Science, 173,, 233-235.,

- Bozoğlan, M., 1997. TKİ Kurumu bünyesindeki çevresel Önlemler ve bu önlemlerin maliyet analizleri. Çevre ve Enerji Kongresi, 192, 491, Ankara.,
- Brinkmann,, R., 1967.. Menderes Masifi'nin Milas - Bodrum- Ören civarındaki güney kanadı. Ege Univ..Fen Fakültesi ilmi Raporlar serisi, 43,, 12.
- Çana,, B., Güleç, N., Eler, A., 1997.. Kömür yakıtlı termik santrallardaki uçucu küllerin çevreye etkisifgenel değerdendirme., 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu,» 181-187, Konya,
- Deborah, A.K ve Ernest,, E.A., 1981. Effect of leachate solutions from fly and bottom ash on groundwater quality, Journal of Hydrology, 54,, 341-356.
- Eckenfelder, W.W., 1989. Industrial water pollution control. New York,, NY: McGraw-Hill
- Egemen, E,, 1993.. Release of metal ions from fly ash originating from coal-fired thermal power plants,, The Graduate school of natural and applied sciences of Middle East Technical University, masters thesis, Ankara, (yayınlanmamış).
- Egemen, E, ve Yurteri, C, 1996. Regulatory leaching tests for fly ash: a case study., Waste Management and Resource, 14, 43-50..
- Eisenberg, S.H.» Tittlebaum, M.E., Eaton, H.C. ve Soroczak, M.M., 1986.. Chemical characteristics of selected, fly ash leachates; Lof Environ. Sci. and Health, Part A, A21(4),, 383-402,
- Environmental Protection Agency,, (EPA), 1990. Summary review of 'health effects associated, with hydrogen cyanide. EPA/600/8-90-002F.
- Environmental Protection Agency,, (EPA),, 1993. Standart methods for the examination of water' and wastewater. American Public Health Assoc. US.
- Environmental Protection Agency, (EPA), 1995. Groundwater and leachate treatment systems. EPA/625/R-94/005.
- Klein,, B, H. Andren, A, W., Carter, J.A., Emery, J..R, Feldman, C, Fukerson, W., Lyon,, W. S., Ogle, LG., Talmi, Y,, Van Hooh, R. I ve Bolton, N,, 1975. Pathways of thirty seven trace elements through coal-fired power plant. Environmental Science and. Technology, 9,, 10,973-978.
- Lee, S. Y., 1982. Coal gasification solid, wastes: physicochemical characterization.. Environmental Science and Technology, 16, 10, 728-731.,
- Patterson, I.W., 198,5. Industrial wastewater treatment technology.. Boston, MA: Butterworth Publishers,,
- SONAR, 1986.. Yatağan Termik Santrali kül barajı mühendislik jeolojisi raporu., Türkiye Elektrik Kurumu, Ankara (yayınlanmamış).
- Şekercioğlu, E,, 1993.. Yapıların projelendirilmesinde mühendislik jeolojisi.. TMMOB IMG yayınları:23, say,60., Ankara.
- TEAŞ, 1995.. Yatağan Termik Santralı kül depolama sahası araştırma, ve izleme sondajları raporu. Ankara,, (yayınlanmamış).
- TSE, 1997.. İçme suları standardı. Türk Standartları Enstitüsü 1.,Baskı TSE,, TS 266, 1-25, Ankara.
- Uslu,, O., Turkman,, A., 1987, Su kirliliği ve kontrolü. TC. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü yayınları eğitim dizisi 1, Ankara.
- YTS, 1993., Yatağan Termik Santralı brifing dosyası. Türkiye Elektrik Kurumu, Yatağan, (yayınlanmamış).
- Weber, WJ ve Smith, E.H., 1986. Removing dissolved organic contaminants from water. ES&T 20:970-979.
- WHO, 1963. Drinking, water standards.. In Engineering Geology and Environmental Approach (Ratio, P.H., 1.996), second, edition,'256-257.
- Zouboulis, AX, Tzimou-Tsitouridou, R., 1990. Fly ash utilization in environmental engineering. the case of Greece, Reclamation,, treatment and utilization of coal, mining wastes. Rainbow, Balkema, Rotterdam., 493-499

Hatay- Erzin (Yeşilkent) Ovası ve Burnaz Kaynağının Hidrojeolojik Özellikleri

Hydrogeologie Characteristics Of Hatay-Erzin (Yeşilkent) Plain And Burnaz Spring

Galip YÜCE

Osmangazi Üniversitesi, Müh-Mim. Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl. ESKİŞEHİR

ÖZ

Hatay-Erzin ovası, Akdeniz bölgesinde, İskenderun körfezinin kuzeydoğusunda, Hatay ve Adana illeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Ova alanı yaklaşık 300 km², drenaj alanı ise 350 km²'dir.

Çalışma alanının genel hidrojeolojik özelliklerinin yanısıra, boşalım sahasında yer alan ortalama 1.74 nr7s verime sahip Burnaz kaynağının beslenme-boşalım ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma alanında akifer birimleri, İskenderun basenine ait Üst Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Erzin formasyonunun, çakı İtası seviyeleri, PLiyokuvaterner - Kuvaterner yaşlı gözenekli bazalt ve Kuvaterner yaşlı alüvyonun kumlu, çakıllı seviyeleri oluşturmaktadır.. Yeraltısu akım. yönü kuzeydoğudan güneybatıya ve doğudan batıya (Akdeniz'e) doğrudur.

Burnaz kaynağı, Pliyokuvaterner yaşlı bol gözenekli bazaltlardan, tektonik hatların kontrolünde alüvyonun, geçirimsiz bölümleri boyunca birbirine oldukça yakın iki temel noktadan boşalan ve bu biçimi ile dokanak kaynağı olarak nitelendirilebilen grup kaynağı özelliğindedir. Kaynak, yıllık yağışların etkisi altında bulunan il-çüncü tip akifer özelliğindeki bazalt akiferinden boşalmaktadır.

Ovadaki su noktalarının birbirleriyle ve kaynak ile olan ilişkilerini hidrojeokimyasal açıdan araştırmak amacıyla sahadan alınan örneklerde su kimyası ve trityum, analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar. Burnaz kaynağının havza içindeki bazaltlardan yıllık yağışların etkisi ile beslendiğini, diğer su noktalarının ise akiferdeki derin dolaşım, ve tuzlu formasyonlarla olan ilişkilere bağlı olarak kimyasal ve trityum, içeriklerinde değişimler olduğunu göstermiştir..

Anahtar Sözcükler: Burnaz kaynağı,, beslenini-boşalım, hidrojeokimyasal yorumlamalar.

Extended Summary

Hatay-Erzin plain is located in northeast of İskenderun gulf in the Mediterranean region. The area of plain is about 300 km² while its drainage area is 350 km². Along the Yumurtalık thrust, units of Miocene M is is-And inn basin in north of study area, has a tectonic contact, with the units of Miocene*İskendern basin at south..

In addition to general hydrogeologic characteristics of the study area, discharge-recharge relation of the Burnaz spring in the discharge area was also studied. Spring has a yield of 1.74 nrVsec. On the basis of regular monthly discharge data of the spring in the years between 1976 and 1994, minimum, and. maximum, flows are Ö.947 nrVsec and. 4.997 m³/sec, respectively., October and April average discharge values for a 1.9-year period

are 1,427 m³/sec and 2.206 mVsec, respectively,. Plain is governed by Mediterranean climate regime. The annual average precipitation value recorded at Yeşilkent Observatory for the years 1967-1995 is 930,5 mm.

There are a number of 200 wells (by 1995) in the area drilled, by DSI in order to supply irrigation water for Erzin and Yeşilkent residential sites. Discharge measurements show that withdraw from these wells with increasing number does not affect the Burnaz spring. Well depths are about 150-200 m in upper parts (between 100-200 m) while 50°-150 m in discharge area (between 50-50 m) at west»

Conglomerate levels of upper Pliocene-Pleistocene Erzin formation of the Iskenderun basin,, Plio-Quaternary-Quaternary porous basalt and sandy and pebbly levels of Quaternary alluvium are the main aquifer units in the study area. On the basis of pumpage tests, transmissibility values are 105-6110 m²/day in conglomerate aquifer, 2708-14628 m²/day in basalt aquifer and 987-5576 m²/day in the whole aquifer. Flow direction of groundwater is from northeast to southwest and east to west (to the Mediterranean Sea). Hydraulic slope, which is high in the east, decreases to the west due to high permeability of basalt. In Erzin-Yeşilkent plain,, groundwater recharge is 103.3 x 10⁶ m³/y, groundwater discharge is 128.8 x 10⁶ m³/y and reserve exchange is A.V=-25.5 x 10⁶ nrVy. On the basis of groundwater level changes in the years between 1977 and 1996,, regional draw in the recharge area is 4-20 m which fluctuates 1-3 m in the discharge area by the recharge of Burnaz spring. Recession coefficient (a_{ave}) for the conglomerate aquifer is 1.52 x 10⁻³ day⁻¹ which represents a tertiary type aquifer.,

Burnaz spring issues from two points, through the Plio-Quaternary porous basalt, along the impermeable parts of alluvium,, thus it can be thought as a contact spring. Discharge elevation of the spring is about 5-6 m. On the basis of spring hydrographs obtained from monthly flow rates measured, in the years between 1976-1994,, annual average discharge, annual recharge of the spring and recession coefficient were calculated as 53.3 x 10⁶ m³/y, 54.4 x 10⁶ m³/y and 4.21 x 10⁻³ day⁻¹, respectively. In this respect, spring issues through the basalt aquifer which is greatly fed by annual precipitation,, The correlation coefficient between annual average flow and annual rainfall is r=Q.77..

In order to examine hydrogeochemical relation between Burnaz spring and other water points in the plain, samples collected in the area were analyzed for major ion and tritium contents. Chemical and tritium results indicate that Burnaz spring issues through the basalts in its own recharge area and that it is a kind of contact spring., On the other hand, tritium contents of other water points located in the coastal areas changes, by proportionally of the replenishment from the evaporitic formations.

Key Words: Burnaz, spring, recharge-discharge, hydrogeochemical interpretations

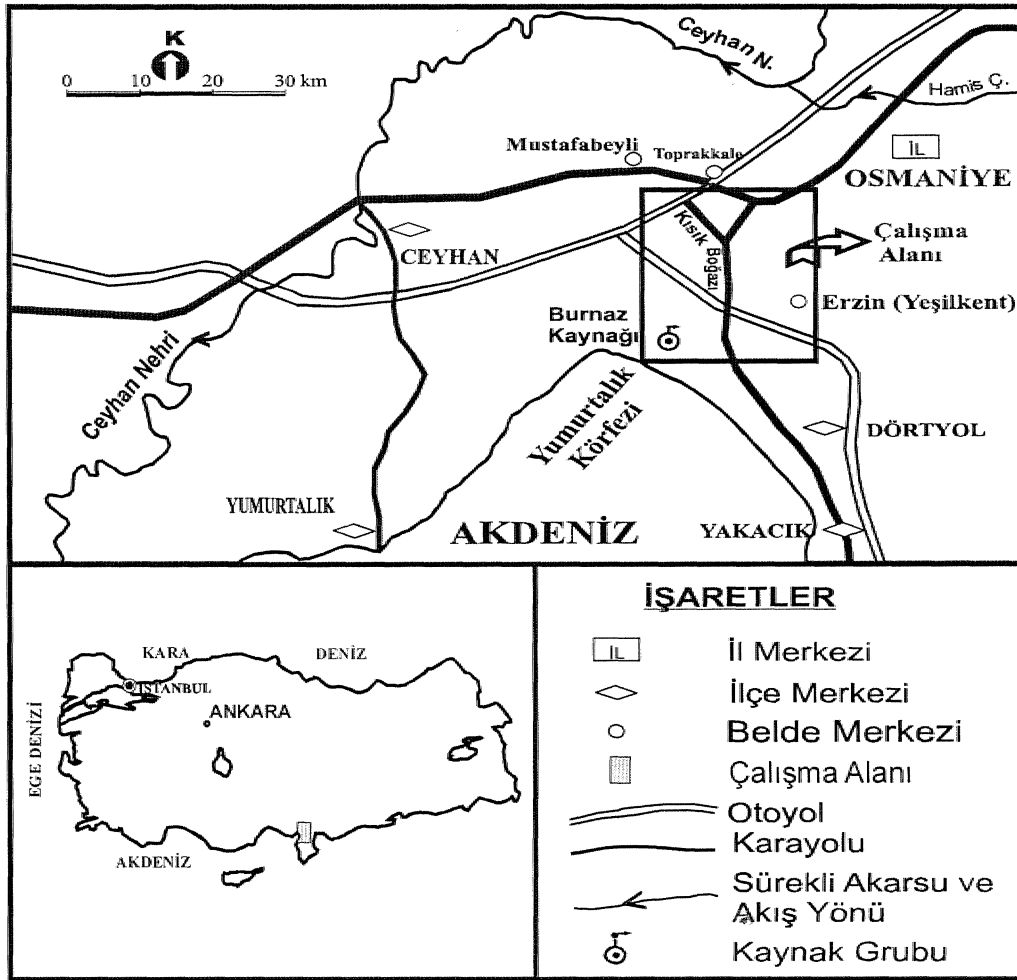
GİRİŞ

Çalışma alanı Akdeniz, bölgesinde; İskenderun körfezinin kuzeydoğusunda,, Adana ve Hatay illeri sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1), Ova alanı 300 km², drenaj alanı 350 km²'dir. Bu çalışma ile sahanın genel hidrojeolojik özelliklerinin yanı sıra, Pliyokuvaterner yaşlı bazaltlardan boşalan Burnaz kaynağının beslenme-boşalm ilişkisi araştırılmıştır.. Beslenme alanında açılan kuyu sayısının 1970'li yıllardakine oranla iki kat artmış olmasına karşın, kaynağın veriminde önemli bir değişim gözlenmemiş olması, kaynağın hidrojeolojik özelliklerinin havzadaki genel yeraltısuyu sistemi ile olan bağlantılarının

araştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla,, kaynak akımları ile yağış verileri ve yeraltısu seviyeleri arasındaki ilişkiler incelenmiş, kaynağın aylık akım ölçümlerinden yararlanılarak, kaynağın yıllık beslenimi (su bilançosu) hesaplanmıştır. Elde edilen beslenme değeri, mevcut jeolojik, hidrolojik ve hidrojeokimyasal koşullar yönünden değerlendirilmiş,, beslenme-boşalm ilişkisi tartışılmıştır.. Hidrojeokimyasal değerlendirmeler amacıyla, seçilen su noktalarından su ve izotop örnekleri alınarak, DSI Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı Laboratuvarlarında analizleri yapılmıştır.

Çalışma alanının genel hidrojeolojik özellikleri önceki araştırmacılar tarafından (Kuran,, 1964; Günay ve vd., 1964; Türkmen ve vd.,1974; Doyuran, 1980; Çetin, 1991) incelenerek, yöredeki akifer birimler ve yeraltı suyu bilançosu hakkında değerlendirilmelerde bulunulmuştur. Ceyhan nehrinin geçmişte Kısık boğazını kullanarak Akdeniz' e boşaldığını jeomorfolojik açıdan irdeleyen Mülazımoğlu (1978)., jeomorfolojik verilere dayanarak havza hakkında bilgiler sunmuştur.. Burnaz kaynağının boşaldığı bazaltların petrografik ve geçirgenlik özelliklerini inceleyen Pelen (1995), bazalt akıntılarını geçirgenlik yönünden üç bölüme ayırmıştır. Korkmaz (1992)

Burnaz kaynağının 1977-1990 yılları arasındaki kaynağın boşalmasını $52.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ olarak hesaplamıştır.. Karahanoğlu ve vd. (1995), kıyıdaki t.a.t.su tuzlu su dengesinin sonlu elemanlar benzeşim yöntemi ile modellediği çalışmada, yeraltı suyu yüklerinin değişimi ve buna bağlı olarak tuzlu su derişiminin dağılımı irdelenmiştir. Kıyı boyunca, bazalt ve alüvyon kalınlığındaki değişimin Aydın (199.5) tarafından düşey elektrik sondaj yöntemi ile araştırıldığı çalışmada, kıyı boyunca yer yer kil katmanlarının olduğunu belirtilmektedir. Çalışma alanının genel jeolojisi, stratigrafisi ve yapısal evrimi ayrıntılı olarak Koçlu (1987 ve 1997) tarafından incelenmiştir.

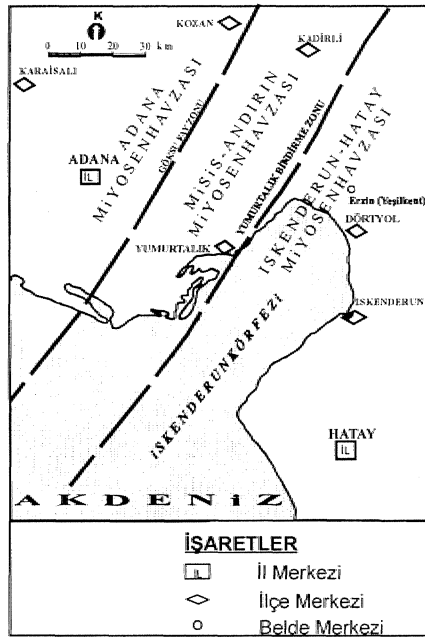


Şekil 1. Yer buldum haritası

Figure 1. Location map of the study area.

JEOLOJİ

Çalışma sahası ve çevresinde bölgesel ölçekte incelemeler yapan. Kozlu (1997), Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Neojen basenlerini, kuzeyde Toros kuşağı birimleri (Misis-Andırın Jfevzası ve Adana-Miyosen Havzası), güneyde Arap-Afrika kıtasına ait birimler (İskenderun Havzası) ve ortada Kenet kuşağı birimleri şeklinde üçe ayırmıştır (Şekil 2). Anılan ana tektonik kuşaklardan çalışma alanı içerisinde hakini durumda olanlar İskenderun ve Misis-Andırın basenlerine ait birimlerdir.. Kenet kuşağı birimleri, Çamlıbel grubuna ait volkanit, tüfit, aglomera., mam., killi, kumlu kireçtaşı, olistromal seviyeli çakıltaşı-kurmtaşı ile temsil olunur. Çalışma alanının kuzey kesiminde bulunan Misis-Andırın baseni tabanda Kızıldağ ofiyolitik karmaşığı ile başlamaktadır. Üzerine uyumsuz olarak gelen Çona formasyonunun litolojisi resife] kireçtaşı, killi kireçtaşı, kireçli şeyidir. Bunları tektonik dokanakla üzerleyen Aslantaş-Karataş formasyonu çakıltaşı, kumtaşı, şeyi ile temsil olunur, Bunun üzerine yine tektonik dokanakla. Çamlıbel grubu gelmekte ve istif en üstte yer alan Bulgurkaya formasyonu ile son bulmaktadır.



Şekil 2., Adana-Hatay bölgesi Miyosen havzaları ve yaklaşık sınırların gösterir harita (Kozlu., 1982).

Figure 2. Map showing the Adana-Hatay Miocene basins and their borders (Kozlu, 1982)..

Çalışma alanında geniş alanları kaplayan İskenderun Basenine ait birimler ise, tabanda Kızıldağ ofiyoliti ile başlar üzerine uyumsuz olarak Çona

formasyonu ve bunları da uyumsuz olarak üzerleyen Kızıldere formasyonu, (kumtaşı, şeyi) ve Mayınaseki üyesi (evaporitik kayalar ve kumtaşı), Aktepe formasyonu (kumtaşı, çakıl İtasi), Erzin formasyonu (çakıltaşı) ve Delihalil volkanitleri (bazalt, tüt) ile temsil edilir (Şekil 3, işaretlendirmede Atuk, 1970'den yararlanılmıştır). TPAO¹ tarafından açılan. kuyuların verilerine göre İskenderun Basenindeki Neojen yaşlı birimlerin toplam kalınlığı (Erzin, Aktepe ve Kızıldere formasyonları), kuzeyde Gökdere civarında açılan grup kuyularında 2100-2920 m arasında değişirken, güney ve güneybatıdaki Ada I ve Muttalip I kuyularında ise 33 60 m ve 2960 m arasında değişmektedir.

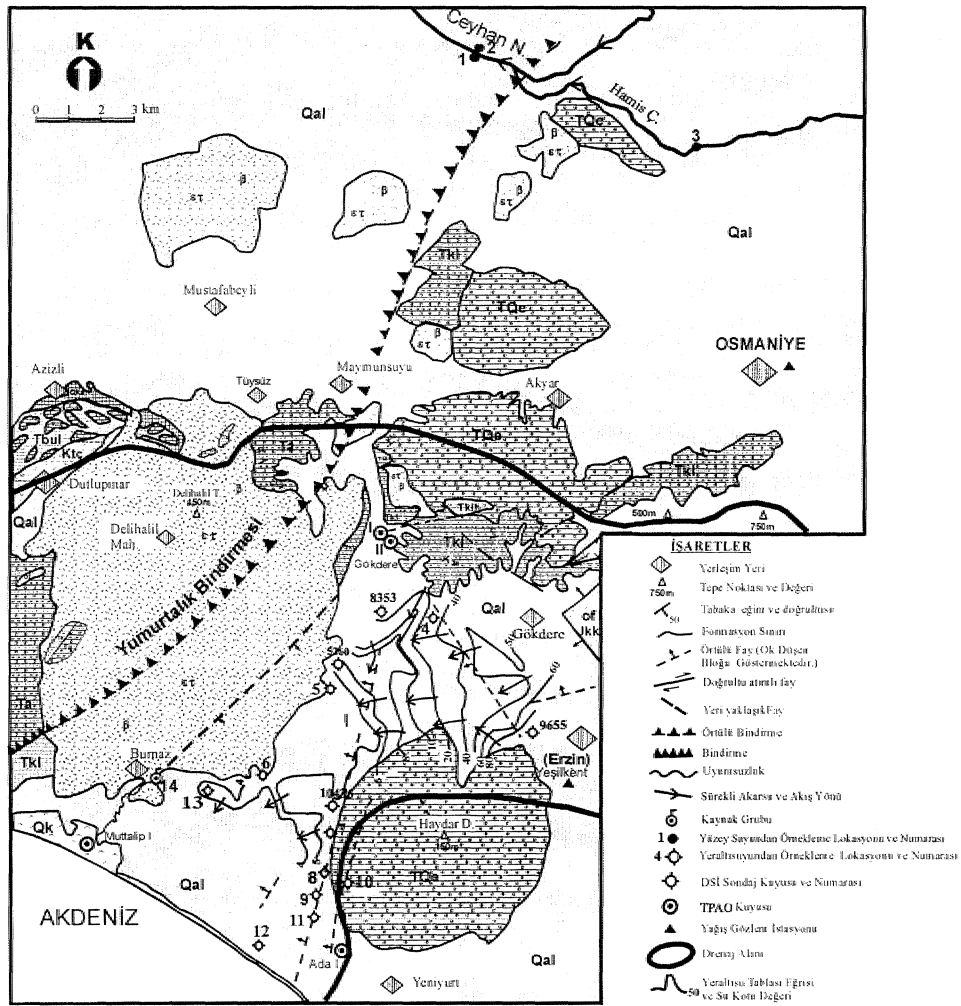
HİDROLOJİ

Çalışma alanı, Burnaz kaynağının drenaj alanı da (-90 km²) içerisine alan 350 km²'lik bir drenaj alanı ile temsil edilmektedir. Kaynak, Yumurtalık körfezinin doğusunda., Erzin ilçesinin batısında, 5-6 m kotlarından boşalmaktadır. Denize yaklaşık 3 km uzaktadır. Burnaz kaynağı ve yakın civarı Akdeniz iklimi etkisi altındadır.

Çalışma alanı civarında Yeşilkent (Kot: 200m) ve Osmaniye yağış gözlem istasyonlarının (DMİ) 1967-1996 yılları arası aylık toplam, yağış değerleri mevcuttur (Çizelge 1), Thiessen poligon yöntemi ile drenaj alanını % 98.5 oranında temsil ettiği belirlenen Yeşilkent YGİ yağışları, Burnaz kaynağı akımları ve yeraltı seviye değişimleri ile karşılaştırılmıştır. 1967-1996 yılları arası 30 yıllık ortalama yıllık toplam, yağış değeri 930,5 mm olup, yıllık sıcaklık ortalaması 18,3° C Mir,

Yeşilkent YGİ 1969-1995 yılları arasındaki yağışlı ve kurak devreleri belirlemek amacıyla eklenik yağıştan sapma değerleri hesaplanarak, ortalama yağış ve eklenik sapma grafiği çizilmiştir (Şekil 4)..

1976-1994 yılları arasında aylık akım ölçüm değerleri (Çizelge 2) kullanılarak kaynağın ortalama yıllık beslenimi $54.4 * 10^6 m^3$, yıllık boşalımı $53.3 * 10^6 m^3$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Kaynağın ortalama boşalım katsayısı $a_{011} = 4.21 * 10^{-3} gün^{-1}$, ortalama debi değişim yüzdesi $Qd.oRT^{-1} \% 42$ ile debi değişimi fazla olan üçüncü tip kaynak özel ilgilidir., Üçüncü tip kaynaklar, yıllık yağışların etkisinde, boşalım katsayıları $1.75 * 10^{-3} gün^{-1}$ ile $1.26 * 10^{-2} gün^{-1}$ arasında değişen ve ortalama debi değişim yüzdesi % 27-92 arasında yer alan kaynaklar olarak belirlenmektedir (Korkmaz, 1989 ve Şahinci., 1991). Kaynağın boşaldığı bazalt akiferi üçüncü tip akiferlere dahil edilebilir ($1.75 * 10^{-3} gün^{-1} < a < 1.26 * 10^{-2} gün^{-1}$).



ACIKLAMALAR

	MİSİS-ANDIRIN BASENİ	KENET KUŞAĞI	İSKENDERUN BASENİ
Kuvaterner	Qal Alüvyon		Qk Kıyı Kumulları
	Qka Kaliçi		Qal Alüvyon
Tersiyer	Aslantaş Formasyonu		Delihalil Volkaniti
	Karataş Formasyonu		Erzin Formasyonu
		Tektonik Dokanak	Aktepe Formasyonu
			Kızıdere Formasyonu
Eosen	Bulgurkaya Olistostromu		Haymaseki Üyesi
Paleosen	Çona Formasyonu	Ktç Çamlıbel Grubu	Çona Formasyonu
		Uyumsuzluk	
Kretase	Jkk Kızıldağ Ofiyoliti		Jkk Kızıldağ Ofiyoliti
Jura	Mca Andırın Kireçtaşı		

Jeolojik bilgiler Kozlu (1997)'den alınmıştır.

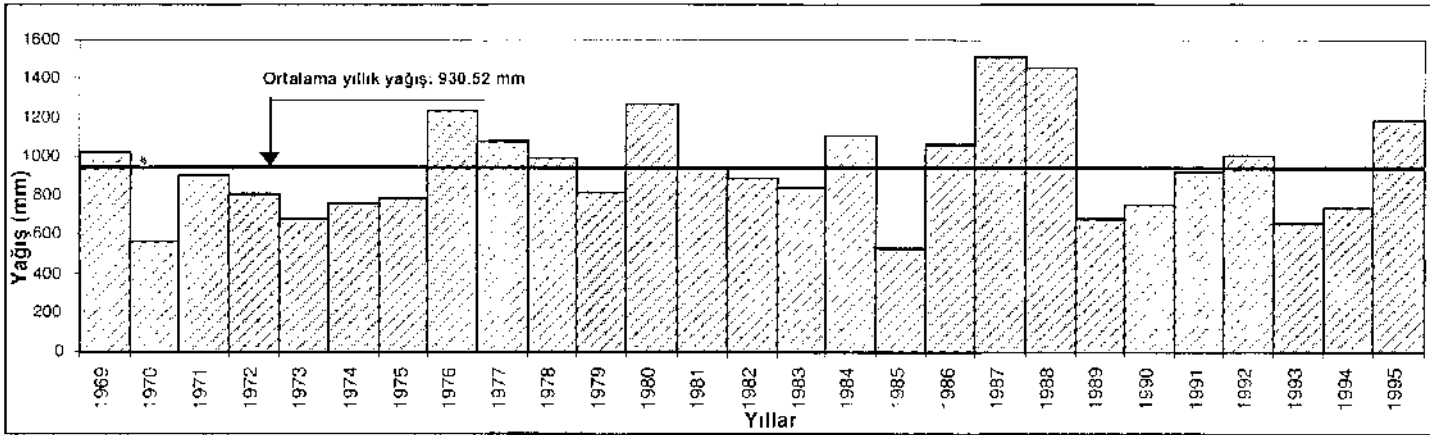
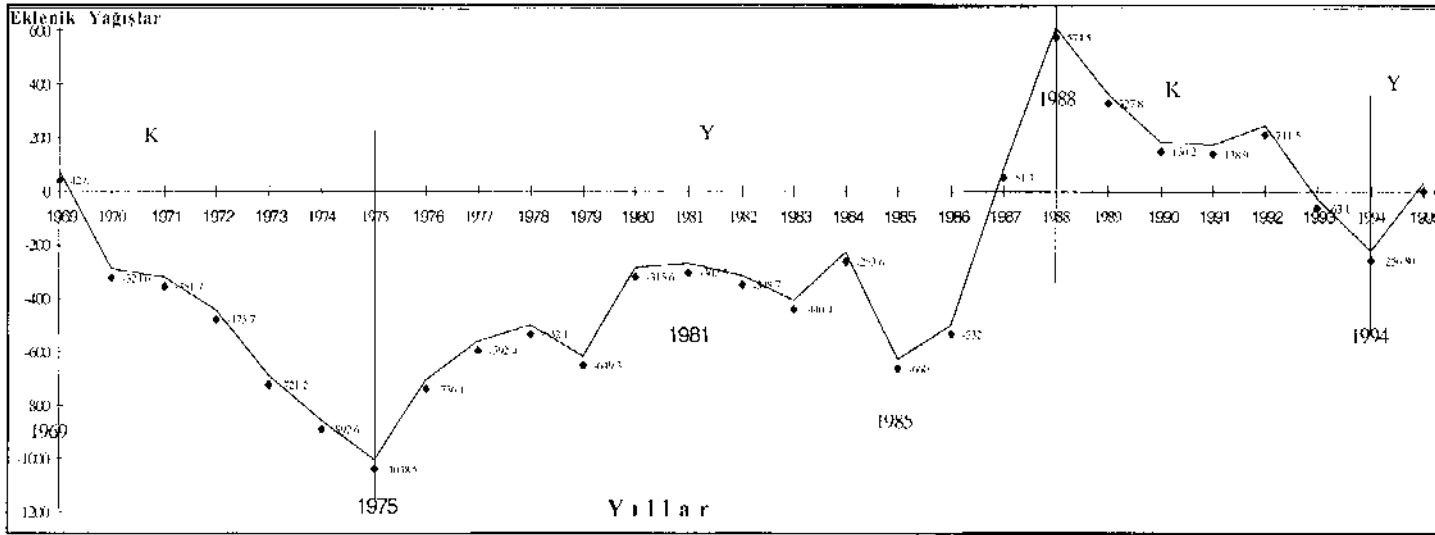
Şekil 3. Hatay-Erzin (Yeşilkent) ovası hidrojeoloji haritası. (Kozlu, 1997'den değiştirilerek)

Figure 3. The hydrogeological map of the Hatay-Erzin (Yeşilkent) plain. (modified from Kozlu, 1997)

Çizelge 1. Yeşilkent yağış gözlem istasyonu aylık toplam yağış verileri ve eklenik sapma değerleri (mm)

Table 1. Average precipitations of Yeşilkent observatory and the graph of cumulative deviations from the average annual precipitation.

Yıllar	Ekim (mm)	Kasım (mm)	Aralık (mm)	Ocak (mm)	Şubat (mm)	Mart (mm)	Nisan (mm)	Mayıs (mm)	Haziran (mm)	Temmuz (mm)	Ağustos (mm)	Eylül (mm)	Yıllık Top.Yağ. (mm)	Yıllık Top. Yağ- Ort. Y.Yağ. (mm)	Eklenik Sapma (mm)
1967	27.8	43	200	133.7	94.1	159.9	148	27	8.2	4.5	0.5	26.3	873	-57.5	-57.5
1968	65.4	70.5	126.2	226.6	115.4	127.5	1.8	104	47.1	1.2	13.8	43.2	942.7	12.2	-45.3
1969	120.7	116.9	177.6	85.2	51.4	146.6	52.2	140	54.5	1.3	5.7	67.3	1018.4	87.9	42.6
1970	35.6	51.5	106.9	41.8	143.4	74.1	18.8	23.1	21.7	25.3	0.3	20.9	563.4	-367.1	-324.6
1971	75.7	144.4	141.4	25.2	93.1	176.7	149.7	1.4	29.5	30.5	32	3.8	903.4	-27.1	-351.7
1972	14.4	35.4	46.1	23.5	178.3	82.3	72.8	139.9	90.1	80.8	37.8	5.1	806.5	-124.	-475.7
1973	65	56.2	0.2	34.8	69.8	65.9	216.1	61	89.1	5	2.4	19.5	685	-245.5	-721.2
1974	86.8	38.6	213	77.5	51.1	66.8	113.2	22.8	2.1	0	57.4	29.9	759.2	-171.3	-892.6
1975	25.6	14.2	194.9	143.5	104.9	45.6	163.1	54.9	7.4	1.5	2.5	26.5	784.6	-145.9	-1038.5
1976	7.9	111.2	83	320.6	85.2	38.6	217.4	220.8	34.7	18.1	28.3	67.1	1232.9	302.4	-736.1
1977	66.6	124.2	219.9	61.3	58.7	206.6	197.2	113.4	14.3	0.7	0.9	10.5	1074.2	143.7	-592.4
1978	38.4	67	159.5	177.4	280.3	117.9	80.1	0	29.9	6.2	2.9	31.3	990.9	60.4	-532.1
1979	98.2	3.3	174.2	145.6	123.3	20.3	54	102.6	51.6	34.3	0	5.9	813.3	-117.2	-649.3
1980	177.2	210.9	93.2	197.6	76.1	197.4	164.5	91.7	0	2.1	31.9	21.6	1264.2	333.7	-315.6
1981	60.1	53.3	89.4	235.7	111.5	91.2	31.1	121.6	90.4	12.3	2.9	44.1	943.6	13.1	-302.5
1982	37.8	94.5	329.7	104.9	52.1	89.8	80.1	43.1	4.9	18.3	15.1	14.1	884.4	-46.1	-348.7
1983	108.7	20.7	50.1	40.7	126.9	117.6	152	50.1	38	0	1.1	132.9	838.8	-91.7	-440.4
1984	83.9	261.8	96.5	107	153.1	176.9	194.5	8.2	7.4	3.1	14.9	0	1107.3	176.8	-263.6
1985	10.7	74.4	41.8	76.5	136.4	75.2	67.2	29.9	8.7	2.9	5.3	5.1	534.1	-396.4	-660.
1986	221.2	104.9	50.9	326.5	80.9	60.5	145.4	68.3	0	0	0	0	1058.6	128.1	-532.
1987	148.7	151.6	272.7	326.1	167.4	207.7	102	39.1	29.6	40.6	26.1	2.2	1513.8	583.3	51.3
1988	38.3	107.8	122.5	110	165.5	423.5	137.8	271.4	76.9	0	0	0	1453.7	523.2	574.5
1989	188.1	238	136.2	17.2	5.4	48.6	17.8	23.5	0	0	6.7	2.3	683.8	-246.7	327.8
1990	134	154.7	129.2	33.4	95.1	26.6	27.5	25.3	70.2	0	14	43	753	-177.5	150.2
1991	104.8	248.2	76.7	70.1	105.8	37.7	161.1	42.6	0	5	3.2	64	919.2	-11.3	138.9
1992	112.6	120.1	253.2	24.4	133.1	50.2	50.6	60.2	124.3	38.1	0	36.3	1003.1	72.6	211.5
1993	8.3	170	97.3	2.3	22.3	128.1	47.5	101.1	37.6	0.7	28.3	12.4	655.9	-274.6	-63.1
1994	10	39.6	76.1	147.2	179.7	61.3	47.2	147.7	8	2.2	0	19.9	736.9	-193.6	-256.8
1995	60.7	111.5	129	151.1	30.3	186.1	99.4	56.5	64.1	236.1	3.7	58.8	1187.3	256.8	0
Ortalama	77.01	104.77	134.05	119.57	106.57	115.91	100.87	78.22	38.16	19.68	11.54	28.07	930.52		



Şekil 4. Yeşilkent yağış gözlem istasyonu 1969-1995 yılları arası ortalama yağış ve ortalama yağıştan eklemlik sapma grafiği.

Figure 4. Average precipitation between 1969-1995 recorded at Yeşilkent observatory and the graph of cumulative deviations from the average annual precipitation.

Çizelge 2. Erzin-Yeşilkent Ovası Burnaz Kaynağının 1977-1994 yılları arasındaki aylık akım verileri
Table 2. Values of Monthly discharges of Burnaz Spring between 1977 and 1994.

Yıllar	Ekim m ³ /s	Kasım m ³ /s	Aralık m ³ /s	Ocak m ³ /s	Şubat m ³ /s	Marı m ³ /s	Nisan m ³ /s	Mayıs m ³ /s	Haziran m ³ /s	Temmuz m ³ /s	Ağustos m ³ /s	Eylül m ³ /s	Yıllık Ort. m ³ /s
1976	1.637	-	-	1.598	1.684	1.218	1.616	1.706	1.471	1.171	0.950	0.947	1.403
1977	1.147	1.202	1.567	1.623	1.712	2.062	2.280	2.349	2.159	2.009	1.926	1.618	1.805
1978	1.509	1.447	1.467	2.066	2.544	1.967	2.148	2.280	1.992	1.528	1.411	1.368	1.811
1979	1.455	1.453	1.707	1.819	1.871	1.689	1.661	1.648	1.514	1.600	1.387	1.388	1.599
1980	1.467	1.824	1.901	2.235	2.561	2.708	3.157	3.170	2.364	2.100	1.858	1.697	2.258
1981	1.816	1.618	1.861	2.327	2.727	2.342	2.248	2.106	1.897	2.037	1.560	1.575	2.010
1982	1.555	-	2.055	-	-	-	-	-	-	1.735	1.385	-	1.683
1983	1.593	1.573	1.578	1.846	1.586	1.753	1.760	1.753	1.573	1.351	1.289	1.283	1.578
1984	1.314	1.378	1.698	1.738	2.400	2.132	2.607	2.054	2.069	1.649	1.525	1.368	1.828
1985	1.412	1.498	1.589	1.585	1.606	1.655	1.581	1.437	1.303	1.127	1.197	1.144	1.428
1986	1.241	1.431	1.664	1.929	1.724	-	-	-	-	1.224	1.260	1.072	1.443
1987	1.181	1.433	1.500	3.179	3.450	4.997	3.077	2.699	2.210	1.341	1.634	1.724	2.435
1988	1.668	1.716	1.648	1.846	1.934	2.761	2.704	2.348	2.225	2.187	1.856	1.900	2.066
1989	1.758	1.986	2.339	2.258	2.098	2.042	1.840	1.681	1.427	1.518	1.291	1.232	1.789
1990	1.414	1.629	1.978	1.972	2.570	2.475	2.380	2.090	1.895	1.652	1.212	1.415	1.890
1991	1.297	1.335	-	1.706	1.644	1.821	2.083	1.875	1.550	1.354	1.138	1.130	1.539
1992	1.159	1.408	1.617	2.060	2.190	2.156	1.998	1.990	1.799	1.333	1.460	1.133	1.694
1993	1.127	1.114	1.177	1.591	1.748	1.473	2.116	1.923	1.638	-	0.929	0.933	1.434
1994	1.077	0.953	1.022	1.299	1.796	1.597	-	1.897	1.560	1.514	1.186	0.999	1.354
Ortalama	1.413	1.470	1.669	1.931	2.103	2.168	2.204	2.059	1.803	1.618	1.403	1.329	1.740

Çizelge 3. Erzin-Yeşilkent Ovası Burnaz Kaynağının Maillet K.A. eğrilerinden bulunan baz akım değerleri ve su bilançosu
Table 3. The baseflows and water budget of Burnaz spring which derived from Maillet equation.

SU YILI	Ekim Ayı Debileri		Dinamik Rezerv		D. Rezerv Değişimi (m ³ /y) x10 ⁶	Boşalım 10 ⁶ m ³			Beslenim R (m ³ /y) x10 ⁶
	Q _{min} (m ³ /s)	Q _{max} (m ³ /s)	V _{min} x10 ⁶ (m ³ /y)	V _{max} x10 ⁶ (m ³ /y)		Kaynak Ölçüm Boşalımı Q ₀ (m ³ /y)	Çekim Q _P (m ³ /y)	Kaynak Boşalımı Q (m ³ /y)	
1977	0.95	1.37	12.7	39.5	26.8	49.2	8.1	57.3	84.1
1978	1.37	1.35	39.5	26.3	-13.2	47.3	8.9	56.2	43.0
1979	1.35	1.3	26.3	35.5	9.2	47.3	2.6	49.9	59.1
1980	1.3	1.5	35.5	26.2	9.3	55.7	14.4	70.1	79.4
1981	1.5	1.5	26.2	39.6	-3.4	54.4	6.7	61.1	74.5
1982	1.5	1.2	39.6	24.1	-15.5	49.2	7.9	57.1	41.6
1983	1.2	1.26	24.1	27.5	3.3	42.8	4.9	47.7	51.1
1984	1.26	1.21	27.5	23.4	-4.1	46.7	11.8	58.5	54.5
1985	1.21	1.1	23.4	22.8	-0.6	38.9	3.2	42.1	41.5
1986	1.1	1	22.8	27.6	4.8	39.5	0.8	40.3	45.1
1987	1	1.65	27.6	41.3	13.7	50.5	21.6	72.1	85.8
1988	1.65	1.72	41.3	59.3	18.0	57.0	11.5	68.5	86.5
1989	1.72	1.2	59.3	36.5	-22.8	42.7	6.7	49.4	26.6
1990	1.2	1.24	36.5	31.2	-5.3	44.0	9.9	54.1	48.8
1991	1.24	1.15	31.2	20.0	-11.3	39.9	6.9	45.8	34.5
1992	1.15	1.05	20.0	15.5	-4.5	38.9	4.7	43.6	39.1
1993	1.05	0.92	15.5	13.9	-1.6	32.4	9.3	41.7	40.1
1994	0.92	0.96	13.9	13.9	0.0	34.3	9.9	44.2	44.2
		Toplamx10 ⁶ m ³ /y				809.7	149.8	959.7	979.5
		Ortalama x10 ⁶ m ³ /y				44.98	8.32	53.3	54.4

Burnaz Kaynağının 1977-1990 dönemi ortalama su bilançosu

Beslenim (10 ⁶ m ³ /y)		Boşalım (10 ⁶ m ³ /y)	
Yağıştan beslenim	54.4	Kaynak ölçüm boşalım.	44.98
Toplam kaynak beslenimi	54.4	Çekim	8.32
		Toplam kaynak boşalım.	53.3
	Toplam rezerv değişimi ΔV		1.1

Sahada çakıltaşı akiferinde açılmış bulunan 5260 ve 10436 nolu kuyulardaki yeraltı su seviye değişimleri ile (Çizelge 4) Burnaz kaynağı yıllık ortalama akımları ve eklenik yağışın kurak ve yağışlı dönemleri ile ayrı ayrı yapılan korelasyonları sonucunda (Çizelge 5 ve Şekil 5); Burnaz kaynağı yıllık ortalama akımları ve baz akımları ile Yeşilkent YGI yıllık toplam yağışları arasında sırasıyla $r = 0,77$ ve $r = 0,78$ düzeyinde ilişki bulunmuştur. Bu da kayna-

ğın yıllık yağışların etkisinde olduğunu göstermektedir., Eklenik yağışlar ile yıllık ortalama kaynak akımları arasında ilişki nispeten zayıf olup ($r=0,67$ ve $r=0,72$), kaynağın baz akımları ile eklenik yağışın yağışlı dönemi arasında $r = 0,77$ düzeyinde ilişki görülmektedir. Bu ise kaynak akımlarında yıllık yağışların yanı sıra eklenik yağışların yağışlı döneminin de etken olduğunu göstermektedir.

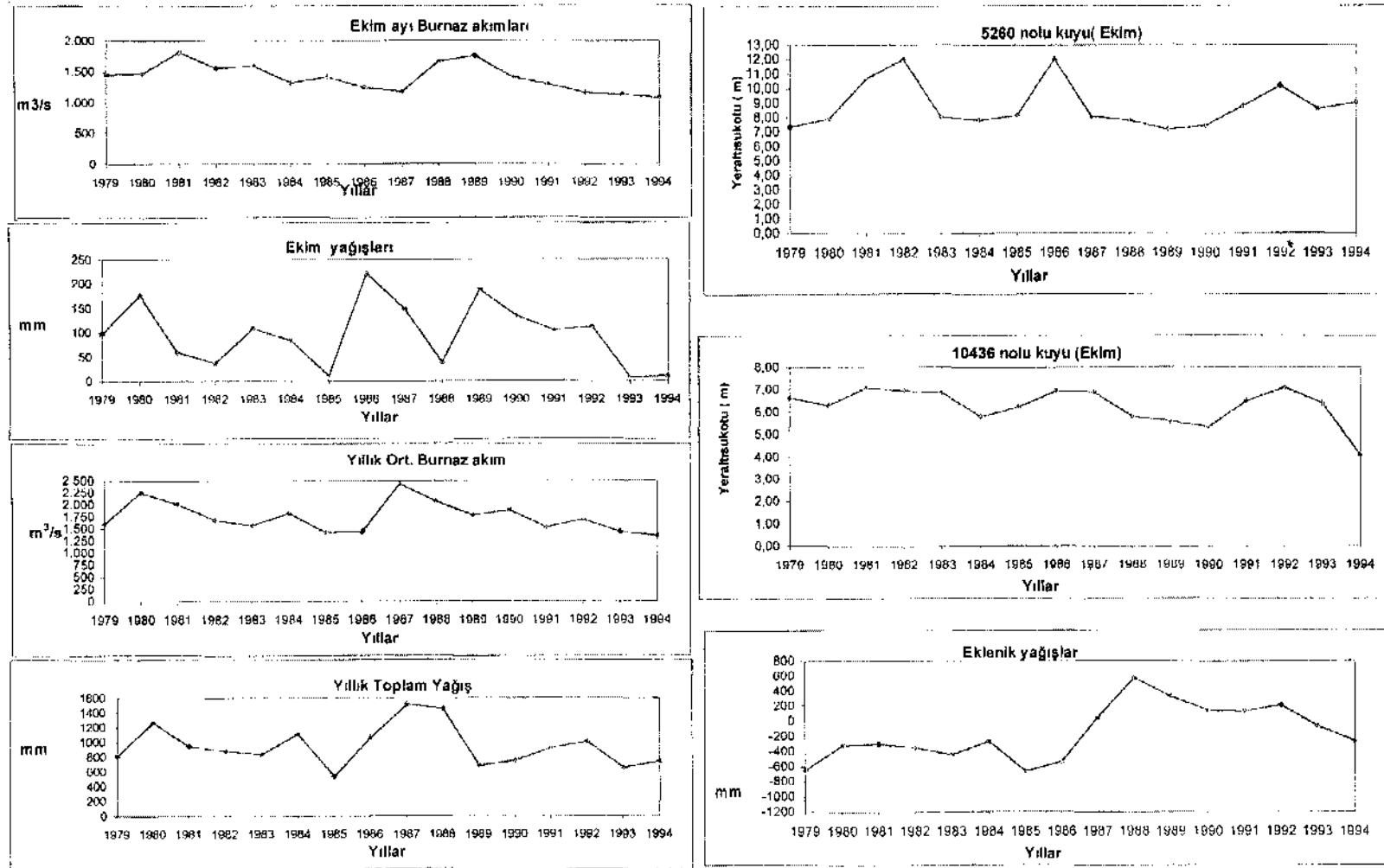
Çizelge 4. Erzin (Yeşilkent) Ovasında yer alan 5260 ve 10436 nolu kuyulardaki, su seviye değişimleri.,
Table 4. Groundwater level changes of the well No. 5260 and 10436.

10436' nolu kuyu

Yıllar	Ekim(m)	Kasım(m)	Aralık(m)	Ocak(m)	Şubat(m)	Mart(m)	Nisan(m)	Mayıs(m)	Haz.(m)	Tem.(m)	Ağus.(m)	Eylül(m)	Yıllık Ort.(m)
1977	5,39	5,47		6,13	6,26	6,24	6,57	6,60	5,65	6,20	5,79	5,21	5,96
1978		5,97	5,86	6,49		7,36	7,71	7,91	7,01	6,57	6,38	6,39	6,77
1979	6,65	6,67		6,85	7,01	7,13	6,89	6,81	6,56	6,23	6,34	5,99	6,65
1980	6,32	6,89	6,79	7,29	7,44	7,16	7,49	8,19	7,76	7,44	7,24	7,29	7,26
1981	7,09	7,34	6,97	7,34	7,54	7,99	7,84	7,59	7,64	6,89	6,79	6,94	7,33
1982	6,94	7,19		7,49	7,89	7,72	7,89	7,29	7,39	7,29	6,96	6,54	7,33
1983	6,89	6,99	6,89	6,69	6,74	6,82	6,84	6,74	6,49	6,59	5,39	6,09	6,60
1984	5,79	5,87	6,69	6,89	6,99	6,84	7,49	7,44	7,19	6,89	6,59	6,19	6,74
1985	6,24	6,29	6,54	6,49	6,37	6,59	6,59	6,49	6,19	5,79	5,59	5,39	6,21
1986	5,59	5,99	6,19	6,09	6,07	6,29	6,29	5,99	6,19	5,99	5,59	5,07	5,95
1987	5,34	5,89	5,94	6,24	6,19	8,19	8,19	8,19	7,69	7,19	6,79	5,84	6,74
1988	6,49	6,59	6,82	6,79	6,99	7,79	7,79	7,92	8,14	7,79	7,39	7,24	7,26
1989	7,09	7,19	7,79	8,04	7,99	7,69	7,69	7,59	7,34	7,19	3,79	3,59	6,94
1990	6,39	5,59	5,99	6,99	6,79	7,59	7,59	6,14	4,29	4,09	6,19	6,29	6,13
1991	4,09	5,64	5,84		6,79	7,04	7,04	6,19	6,59	6,44	3,34	3,54	5,65
1992	3,39	5,09	5,89	6,49	6,49	6,59	6,59	6,54		6,69	6,89	6,19	6,06
1993	6,49	6,54	6,69	6,49	6,39	6,49	6,49	6,54		6,69	6,89	6,19	6,51
1994	6,19	4,69	4,84	5,29	5,29	6,04	6,04	4,89	4,59	4,39	3,69	3,69	4,97
1995	4,94	4,79	4,99	4,99	5,09	5,99	5,99	5,19		5,79		5,19	5,22
1996	4,94	5,49	6,39	6,39	5,39	5,19	5,19		4,59	3,99	3,54	6,09	5,17

10436 nolu kuyu

Yıllar	Ekim(m)	Kasım(m)	Aralık(m)	Ocak(m)	Şubat(m)	Mart(m)	Nisan(m)	Mayıs(m)	Haz.(m)	Tem.(m)	Ağus.(m)	Eylül(m)	Yıllık Ort.(m)
1969	8,68	8,67	8,65	8,62	8,59	8,57	8,50	8,36	8,32	8,28	8,22	8,11	8,46
1970	8,80	8,95	9,00	8,90	8,65	8,26	7,95	7,75	7,32	7,21	7,03	7,04	8,07
1971	7,00	7,19	7,42	7,65	7,80	8,02	7,98	7,95	7,71	7,36	7,00	6,90	7,50
1972	7,15	7,32	7,50	7,69	7,92	7,90	7,71	7,56	7,25	6,92	6,50	6,31	7,31
1973	6,45	6,53	6,50	6,73	7,01	7,24	7,37	7,29	6,91	6,50	6,28	5,89	6,73
1974	5,80	6,01	6,15	6,46	6,82	6,97	6,90	6,47	6,30	5,94	5,29	5,24	6,20
1975	5,02	5,00	5,20	5,50	5,71	5,95	5,90	5,92	5,51	5,33	5,02	4,95	5,42
1976	4,80	4,85	4,93	5,25	5,53	5,98	5,90	5,80	5,58	5,30	5,15	5,07	5,35
1977	5,20	5,40	5,80	6,20	6,42	6,68	6,78	6,69	6,58	6,49	6,46	6,46	6,26
1978	6,71	6,92	7,38	7,72	7,81	7,85	7,78	7,71	7,53	7,32	7,25	7,19	7,43
1979	7,37	7,55	7,80	8,00	8,30	8,55	8,65	8,60	8,48	8,41	8,05	7,92	8,14
1980	7,95	8,15	8,38	8,45	8,49	8,58	8,98	11,05	11,0	11,30	10,85	10,80	9,50
1981	10,67	10,45	10,41	10,36	10,31	11,10	11,12	11,19	11,25	11,20	11,70	11,96	10,98
1982	12,00	11,88	8,46	8,86	9,16	9,19	9,10	9,07	8,96	8,51	8,25	8,21	9,30
1983	8,06									8,55	8,20	7,80	8,15
1984	7,80	7,73	8,00	8,26	8,30	8,76	9,17	9,30	9,28	9,42	8,60	8,18	8,57
1985	8,15	8,24	8,40	8,55	8,82	8,55	8,65	8,60	8,35	7,85	7,84	7,30	8,28
1986	7,20	7,70	7,65							7,78	7,26	7,28	7,48
1987	7,45	7,55	7,75	8,00	8,44	8,80	10,00	10,10	10,08	9,55	9,17	8,95	8,82
1988	8,80	9,05	9,30	9,20	9,22	9,60	10,00	10,16	10,30	9,80	9,78	9,65	9,57
1989	10,20	10,13	10,31	10,95	10,50	10,40	10,50	9,60	9,35	9,20	8,80	8,40	9,86
1990	8,60	8,65	8,80	9,20	9,10	9,42	10,40	10,00	10,10	9,98	9,73	8,90	9,40
1991	9,05	9,10	8,95	9,10	9,10	9,28	9,75	9,45	9,00	8,93	7,25	7,15	8,84
1992	7,30	7,40	8,60	9,30	9,20	9,10	9,15	7,90	8,00	7,95	8,00	7,80	8,30
1993	7,90	7,95	8,05	7,80	7,90	8,00	7,90	8,00	8,00	7,30	7,30	7,50	7,80



Şekil 5. Burnaz kaynağı ile yağış ve ycraltısı seviyeleri arasındaki ilişkilerin grafiksel gösterimi.

Figure 5. The graphical illustration of the relationship among the Burnaz spring, groundwater level and rainfall.

Çizelge 5. Burnaz kaynağı ile yağış ve yeraltı su seviyeleri arasındaki ilişkilere ait sayısal veriler.

Table 5. Correlation coefficients of Burnaz spring with rainfall and groundwater level.

	Burnaz K. (Ekim) m ³ /s	Burnaz Yıllık Ort. m ³ /s	Yeşilkent (Ekim) mm	Yeşilkent (YTY) mm	Eklenik Yağış Y. mm	Eklenik Yağış K. mm	5260 (Ekim) m	10436 (Ekim) m	Burnaz Baz akımı (m ³ /s)
Burnaz K. (Ekim) m ³ /s	1,00								
Burnaz Yıllık Ort. m ³ /s	0,31	1,00							
Yeşilkent (Ekim) mm	0,08	0,34	1,00						
Yeşilkent (YTY) mm	0,00	0,77	0,32	1,00					
Eklenik Yağış Y. mm	0,19	0,67	-0,14	0,82	1,00				
Eklenik Yağış K. mm	0,76	0,72	0,83	0,30		1,00			
5260 (Ekim) m	-0,09	-0,25	-0,02	0,02	-0,21	-0,31	1,00		
10436 (Ekim) m	0,16	0,16	0,24	0,24	-0,40	0,55	0,43	1,00	
Burnaz Baz akımı m ³ /s	0,34	0,94	0,12	0,78	0,77	0,48	-0,21	0,09	1,00

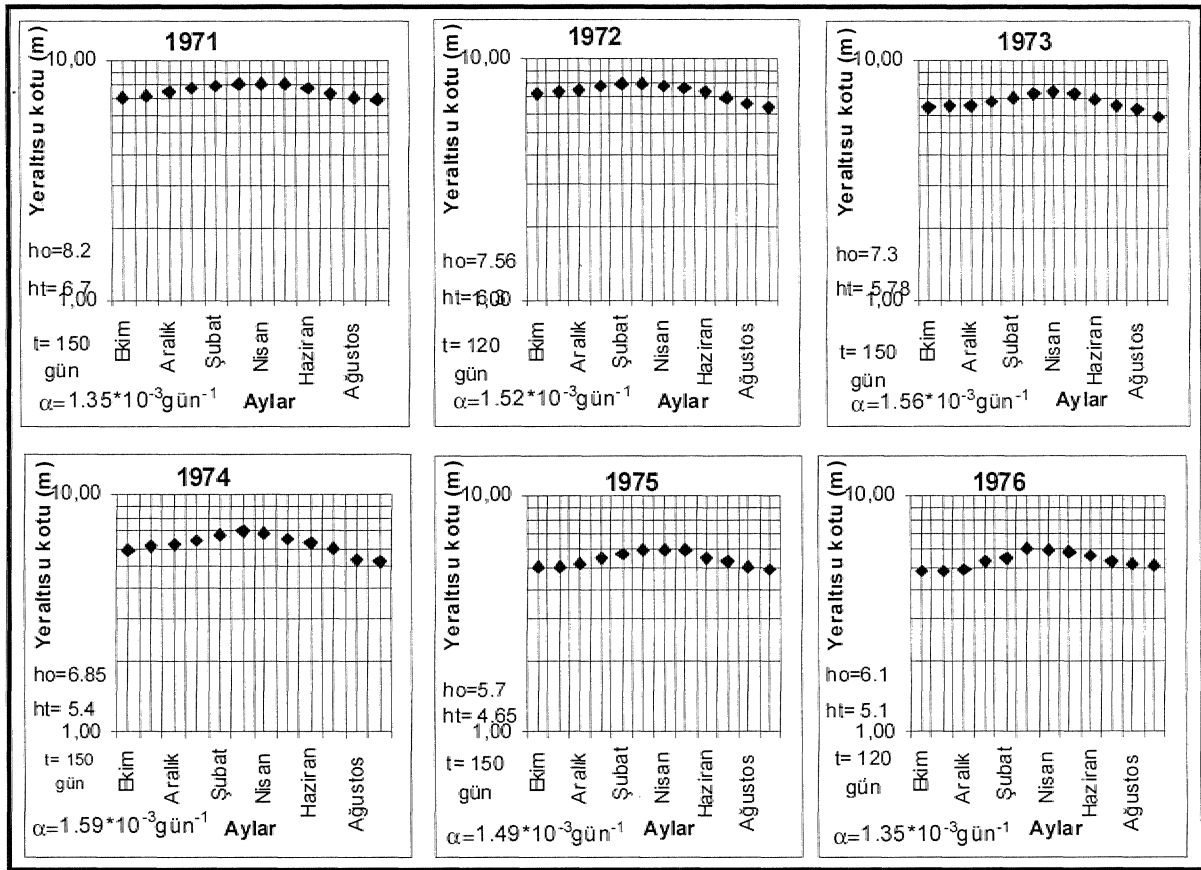
Yıllar	Burnaz K. (Ekim) m ³ /s	Burnaz Yıllık Ort. m ³ /s	Yeşilkent (Ekim) mm	Yeşilkent (YTY) mm	Eklenik Yağış Y. mm	Eklenik Yağış K. mm	5260 (Ekim) m	10436 (Ekim) m	Burnaz Baz akımı (m ³ /s)
1979	1,456	1,599	88,20	813,30	649,30		7,37	6,65	1,584
1980	1,487	2,258	177,20	1264,20	315,60		7,95	6,32	2,092
1981	1,816	2,010	60,10	943,60	302,60		10,67	7,09	1,936
1982	1,555	1,883	37,80	884,40	348,70		12,00	6,94	1,812
1983	1,593	1,578	108,70	838,80	440,40		8,06	6,89	1,514
1984	1,314	1,828	83,90	1107,30	263,60		7,80	5,79	1,816
1985	1,412	1,428	10,70	534,10	660,00		8,15	6,24	1,330
1986	1,241	1,443	221,20	1058,60	532,00		12,00	6,94	1,279
1987	1,181	2,435	148,70	1013,60	51,30		8,06	6,88	2,368
1988	1,668	2,066	39,30	1453,70	574,50		7,80	6,78	2,174
1989	1,758	1,789	188,10	683,80		327,80	7,20	5,50	1,508
1990	1,414	1,890	134,00	753,00		150,20	7,45	6,34	1,717
1991	1,297	1,539	104,80	919,20		138,90	8,80	6,49	1,454
1992	1,159	1,694	112,60	1003,10		211,50	10,20	7,09	1,384
1993	1,127	1,434	8,30	655,90		-63,10	8,60	6,39	1,324
1994	1,077	1,364	10,00	736,90		266,80	8,05	4,09	1,403

	Yeşilkent (Nisan) mm	Yeşilkent (Mayıs) mm	Yeşilkent (Haziran) mm	Yeşilkent (YTY) mm	Eklenik Yağış Y. mm	Eklenik Yağış K. mm	Burnaz (Nisan) m ³ /s	Burnaz (Mayıs) m ³ /s	Burnaz (Haziran) m ³ /s	10436 (Nisan-su kotu) m	5260 (Nisan-su kotu) m
Yeşilkent (Nisan) mm	1,00										
Yeşilkent (Mayıs) mm	0,02	1,00									
Yeşilkent (Haziran) mm	-0,42	0,46	1,00								
Yeşilkent (YTY) mm	0,51	0,44	0,15	1,00							
Eklenik Yağış Y. mm	0,37	0,59	0,29	0,82	1,00						
Eklenik Yağış K. mm	-0,20	-0,82	0,04	0,25		1,00					
Burnaz (Nisan) m ³ /s	0,44	0,23	-0,08	0,84	0,65	-0,49	1,00				
Burnaz (Mayıs) m ³ /s	0,38	0,26	0,02	0,80	0,51	-0,44	0,94	1,00			
Burnaz (Haziran) m ³ /s	0,43	0,37	0,16	0,87	0,72	-0,25	0,95	0,92	1,00		
10436 (Nisan-su kotu) m	0,12	-0,02	-0,19	0,48	0,67	0,75	0,68	0,57	0,64	1,00	
5260 (Nisan-su kotu) m	-0,18	0,07	0,25	0,25	0,52	0,81	0,20	0,14	0,22	0,70	1,00
Burnaz Yıllık Ort. m ³ /s	0,26	0,01	0,03	0,62	0,67	0,66	0,52	0,52	0,55	0,69	0,63
Burnaz Baz akımı (m ³ /s)	0,32	0,25	-0,05	0,76	0,79	0,49	0,84	0,77	0,85	0,68	0,47

Yıllar	Yeşilkent (Nisan) mm	Yeşilkent (Mayıs) mm	Yeşilkent (Haziran) mm	Yeşilkent (YTY) mm	Eklenik Yağış Y. mm	Eklenik Yağış K. mm	Burnaz (Nisan) m ³ /s	Burnaz (Mayıs) m ³ /s	Burnaz (Haziran) m ³ /s	10436 (Nisan-su kotu) m	5260 (Nisan-su kotu) m
1979	54	102,6	51,6	813,30	649,30		1,661	1,648	1,514	6,88	8,65
1980	161,6	91,7	0	1264,20	315,60		3,157	3,170	2,364	7,49	8,98
1981	31,1	121,6	90,4	943,60	302,60		2,248	2,106	1,897	7,84	11,12
1982	80,1	43,1	4,9	884,40	348,70				7,89		9,10
1983	152	50,1	38	838,80	440,40		1,760	1,753	1,573	6,64	
1984	194,5	8,2	7,1	1107,30	263,60		2,607	2,054	2,069	7,49	9,17
1985	67,2	29,9	8,7	534,10	660,00		1,581	1,437	1,303	6,59	8,65
1986	60,5	145,4	66,3	1058,60	532,00					6,28	
1987	702	39,1	29,6	1013,60	51,30		3,077	2,699	2,210	8,19	10,00
1988	137,8	271,4	76,9	1453,70	574,50		2,704	2,348	2,225	7,79	10,00
1989	17,8	23,5	0	683,80		327,80	1,840	1,681	1,427	7,68	10,50
1990	27,5	25,3	70,2	753,00		150,20	2,390	2,090	1,895	7,58	10,40
1991	161,1	42,6	0	919,20		138,90	2,093	1,875	1,550	7,04	9,75
1992	50,6	60,2	124,3	1003,10		211,50	1,998	1,990	1,799	6,50	9,15
1993	47,8	101,1	37,6	655,90		-63,10	2,116	1,923	1,638	5,48	7,90

Bazalt akiferinden boşalan Burnaz kaynağı,, çakı İtası akiferini temsil eden 5260 ve 10436 nolu kuyulardaki yeraltı su seviyeleri ile zayıf ilişki vermektedir. Çakı İtası akiferindeki yeraltı su seviyeleri ile yağış arasında da, yıllık yağışlardan ziyade eklenik yağışların kurak dönemleri ile ilişkide olduğu, anlaşılmaktadır. Etkin yeraltı suyu pompajının

olmadığı 1971-76 yılları arasında 5260 nolu kuyuya ait seviyeler kullanılarak çizilen azalım eğrilerinden (Şekil 6) hesaplanan $a_{ort} = 1.52 \cdot 10^{-3}$ gün⁻¹ değeri, sahadaki çakıltası akiferinin ikinci tip akiferlere dahil edilebileceğini göstermiştir ($3.5 \cdot 10^{-4}$ gün⁻¹ < $a < 1.75 \cdot 10^{-3}$ gün⁻¹) (Korkmaz, 1989).



Şekil 6. Erzincan (Yeşilkent) 5260 nolu kuyusuna ait 1971-1976 yılları arası su kotu değerlerinden çizilen seviye azalım eğrileri ve α katsayıları.

Figure 6. α coefficients and recession curves drawn using the water levels (1971-1976 data) of the well No. 5260 in the Erzincan (Yeşilkent) plain.

HİDROJEOLOJİ

Çalışma alanındaki akifer birimleri, Erzincan formasyonunun çakıltası seviyeleri,, Delihalil volkanitine ait bazaltların çatlaklı kırık bölümleri ile alüvyonun çakıllı, kumlu seviyeleridir. Sondaj koyularında yapılan pompa deneylerinden hesaplanan iletkenlik değerleri Erzincan formasyonu için 105-6110 m²/gün, Delihalil bazaltı için 2708- 14628 m²/gün ve müşterek akifer için 987-5576 m²/gün olarak hesaplanmıştır.

Delihalil bazaltının kuzeyden güneye,, güneybatıya ve batıya doğru gözenekliliği ve geçirimsizliği artmakta, kuyulardaki özgül verimler 25-1.38 l/s/m arasında değişmektedir. Erzincan formasyonunda kuzeydoğuda açılan kuyularda özgül verimler 0.8-5.3 l/s/m, güneybatıda. 3.2-9 l/s/m ve daha güneye doğru 5.8-50 l/s/m şeklinde artış göstermektedir. Alüvyon akiferinde özgül verim. 1.4-5 l/s/m arasında değişmektedir.

Çalışma alanı içerisinde 1960-1997 yılları arasında açılmış bulunan 221 adet sondaj kuyusundan 114 adedi 1964-1968 yılları arasında açılmıştır (DSİ Adana Bölge Müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır). 221 adet sondaj kuyusundan 193 adedi DSİ tarafından bölgedeki sulama kooperatiflerine sulama suyu sağlanması amacıyla açılan araştırma ve işletme kuyuları olup, geriye kalan 28 adedi TPAO, İller Bankası ve özel firmalar tarafından açılan kuyulardır. Kuyuların derinliği, beslenme sahasında (200 m kotlarında) 150-200 m arasında değişirken, boşalım sahasında genelde 30-80 m arasında değişmektedir.

Sondaj kuyularına ait 1974 ve 1994 yılları arasında yapılan çekimlerin neden olduğu seviye düşümleri, beslenme sahasında 5-20 m arasında, boşalım sahasında ise 1-3 m arasında değişmektedir. Sahadaki yeraltı suyu akım yönü genelde kuzeydoğudan güneybatıya, ve doğudan batıya doğrudur. Doğuda hidrolik eğim yüksek olup, batıya doğru, hidrolik eğim Burnaz kaynağı ve geçirgen bazaltın etkisi ile düşmektedir. Genel olarak, çalışma alanında 1969-1979 yılları arasındaki yeraltı suyu seviye gözlemleri ile 1996 yılında ölçülen seviye değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmadığı saptanmıştır, örneğin: 10436 nolu kuyudaki yeraltı suyu Ekim-1977: 5.39 m, Ekim-1996: 4.49 m; 5 (10457) nolu kuyu için Ekim-1979 su kotu 5.48 m, Ekim-1996: 3.53 m; 5260 nolu kuyu için Ekim-1969 su kotu: 8.68 m, Ekim-1993: 7.9 m; 8353 nolu kuyu için Ekim-1969 su kotu: 30.87 m, Ekim-1996: 27.20m olarak izlenmiştir.

Yeraltı suyu Beslenme ve Boşalımı

Çalışma alanında yeraltı suyu, yağıştan ve yüzeyel akıştan beslenmektedir. Akifer birimlerden alüvyon ve çakıltaşı yağıştan ve akıştan süzülme ile, bazalt ise yalnızca yağıştan süzülme ile beslenmektedir. 29 yıllık (1967-1995 yılları arası) ortalama yağış 930,52 mm, yüzeyel akıştan beslenme için Penman bilançosundan akışa geçen su miktarı 453 mm, buharlaşma miktarı da 380 mm olarak belirlenmiştir. Alüvyon alanı 130 km², çakıltaşı alanı 80 km² ve bazalt alanı 90 km² dir. Yağıştan alüvyon alanına olan süzülme oranı % 20, çakıltaşından %20 ve bazalttan % 65 olarak kabul edilir ise, yağıştan süzülme ile olan toplam beslenme 93.8 * 10⁶ m³/y, atıştan süzülme ile 9,5 * 10⁶ m³/y olmak üzere toplam beslenme 103.3 * 10⁶ m³/y olarak hesaplanır.

Yeraltı suyu boşalımı, Burnaz kaynağından ve kuyularla yapılan çekimden (suni boşalım) olmaktadır. Burnaz kaynağı yıllık boşalımı 53.3 * 10⁵ m³/y ve kuyular ile yapılan çekim miktarı 75.5 * 10⁶ m³/y olarak hesaplanmış olup, toplam boşalım 128.8 * 10⁶ m³/y dir. Buradan, yeraltı suyu rezerv değişimi (ΔV) = -25.5 * 10⁶ m³/y olarak bulunmuştur. Bu sonuç, boşalım sahasını temsil eden (pompa deneylerinden elde edilen) depolama katsayısı (S) değeri 0.025 değeri dikkate alınarak hesaplanan düşüm değerine (ölçülen) karşılık gelmektedir.

$$h \text{ (seviye değişimi)} = \text{Rezerv Değişimi} / \text{Alan} \times S \quad (1)$$

$$h = -25.5 * 10^6 / 300 * 10^6 \times 0.025, \quad h = 3.40 \text{ m}$$

AMALİZ SONUÇLARI VE HİDROKİMYASAL DEĞERLENDİRMELER

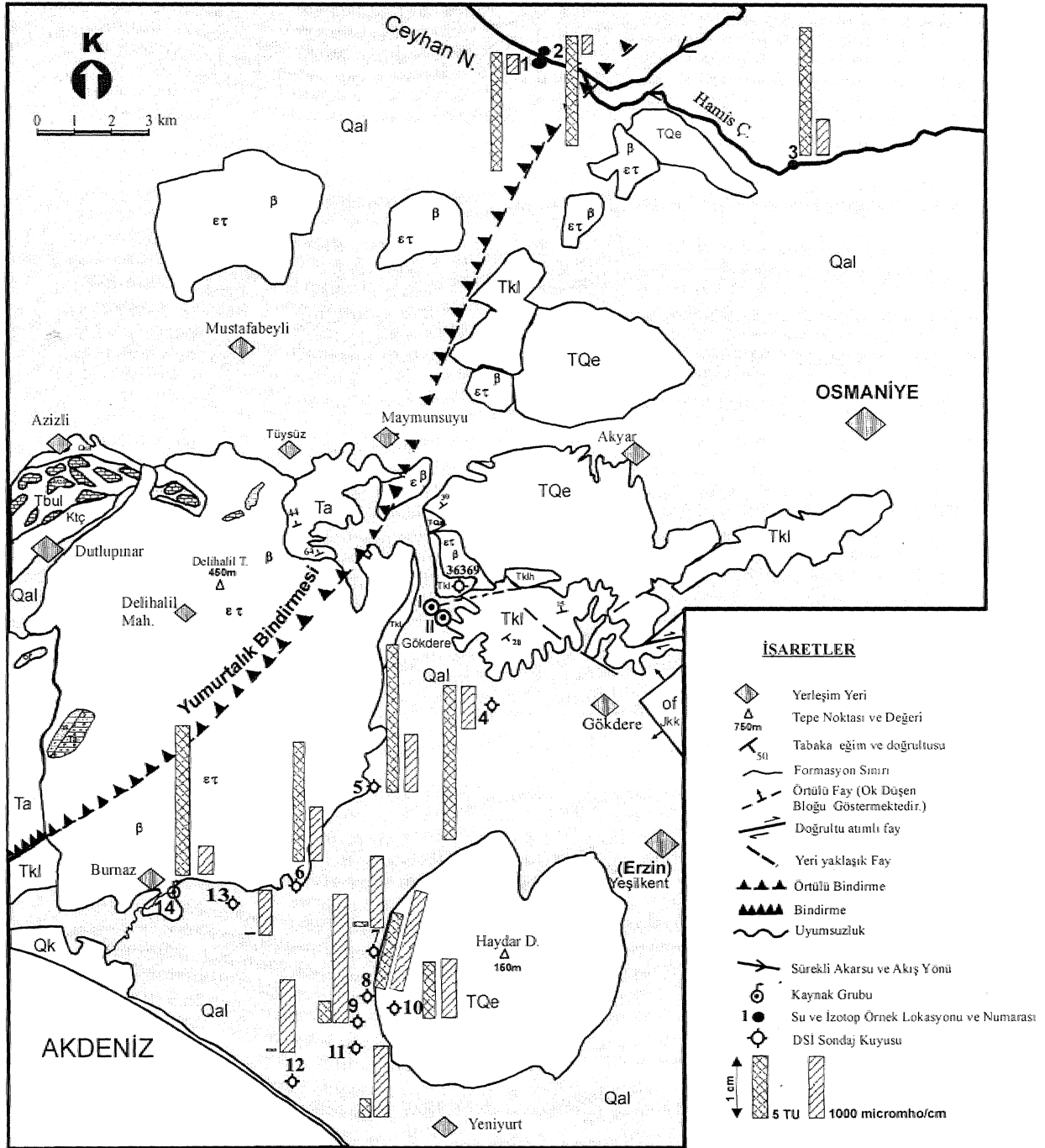
Kimyasal Analizler

Su kimyası çalışmaları kapsamında, değişik tarihlerde çalışma alanındaki sondaj kuyularından, kaynaklardan ve akarsulardan toplam 53 adet su noktasından, yılda iki kez olmak üzere su örnekleri, alınmış ve analizleri yapılmıştır. Burada aynı tarihte alınan 14 adet su örneğinin analiz sonuçları sunulmaktadır (Çizelge 6).

Sahadan örneklenen tüm suların RSC (Retain Sodium Carbonate-kalıcı sodyum karbonat) değerleri 1'den küçük olup, bu açıdan birinci sınıf sulardır. Beslenme bölgesindeki suların EC (elektriksel iletkenlik) değerleri genelde 750-850 micromho/cm arasında değişirken, Burnaz kaynağına doğru bu değer karışım nedeniyle 450-550 micromho/cm değerlerine düşmektedir (Şekil 7). Su noktalarının Piper ve Schoeller Diyagramlarındaki değerlendirmeleri yapılmıştır, Piper diyagramına göre (Şekil 8), 8 ve 9 nolu sular dışındaki tüm sular magnezyum, kalsiyum bikarbonatlı sular sınıfında yer almaktadır. 9 (1Q434-DSİ numarası) ve 8 (10435) nolu kuyuların suları tuzlu sular ile karışım özelliği göstermektedir. Schoeller diyagramında da (Şekil 9) 9 ve 8 nolu kuyuların suları anaerobik (oksijensiz) ortam, veya bakteri faaliyetleri ile sülfat indirgemesine uğrayan (Cl/SO₄ oranları düşük), aynı kökenli sular özelliğindedir (Çizelge 7).

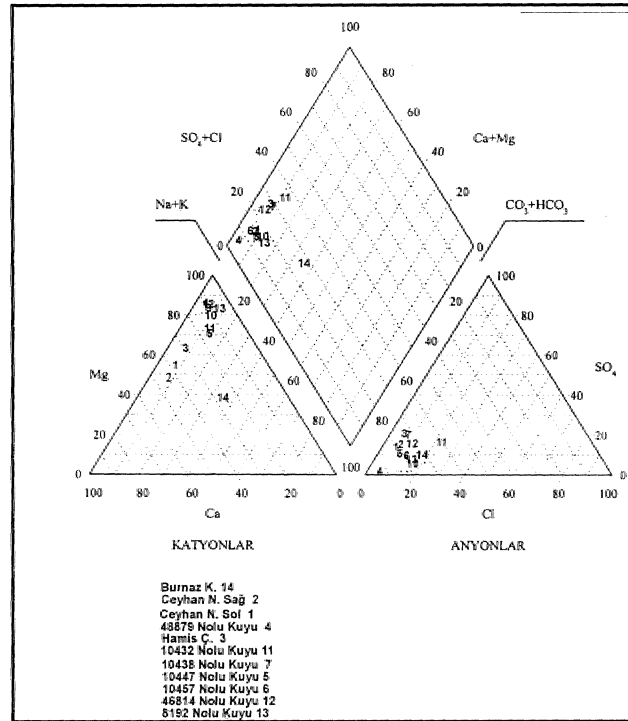
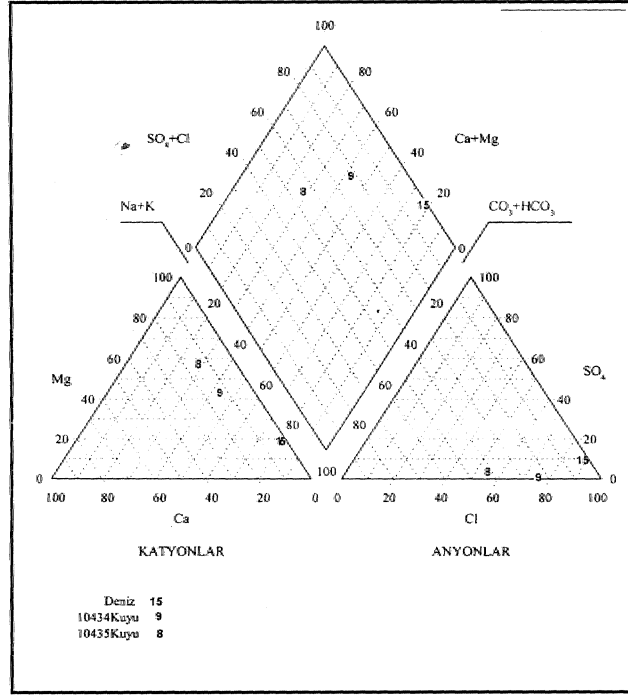
Çizelge 6. Erzin (Yeşilkent) ovası su analiz sonuçları.

		SU KİMYASI ANALİZ SONUÇLARI																															
		KATYONLAR												ANYONLAR																			
Örnek No	Örnek Adı	Örnekleme Tarihi	RSC	pH	EC	1 (°C) Sıcaklık	Na ⁺		K ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		CO ₃ ⁻		HCO ₃ ⁻		Cl		SO ₄ ⁻		Toplam İyon (mg/l)	% Hata	% Sodyum	SAR	Suyum Sınıfı	Sertlik F _s	Bor mg/l	Bor mg/l 25.09.1997 tarihli	Hesaplanan F _{cor} (mg/l)	Saturasyon İndisi (SI)	
							mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l											mek/l
1	Ceyhan Nehri (Sol sahil)	21.10.1996	-0.30	8.3	380	19	0.27	6.21	0.03	1.17	1.40	28	2.10	25.2	0.0	0.0	3.20	195.2	0.20	7.1	0.40	19.2	282.08	0.00	7.11	6.20	C ₂ S ₁	17.5	0.00	-	1.5	0.45	(
2	Ceyhan Nehri (Sağ sahil)	21.10.1996	-0.40	8.0	360	18.5	0.25	5.75	0.04	1.56	1.60	32	1.80	21.6	0.0	0.0	3.00	183	0.20	7.1	0.46	22.00	273.09	0.82	6.78	0.19	C ₂ S ₁	17.0	-	-	2.9	0.20	(
3	Hamis Çayr.	21.10.1996	-1.20	8.3	640	20	0.4	6.2	0.04	1.56	1.9	38	4.10	19.2	0.4	12	4.40	268.4	0.40	14.2	1.19	57.12	449.68	0.78	6.21	0.23	C ₂ S ₁	30.0	0.00	-	2.23	0.75	(
4	48675 Nolu Kuyu	17.10.1996	-0.10	8.4	710	21	0.35	8.05	0.02	0.78	0.70	14	6.00	72	0.6	18	8.00	366	0.40	14.2	0.08	3.84	496.07	0.14	4.95	0.19	C ₂ S ₁	33.5	3.3	2.44	0.55	(
5	10447 Nolu Kuyu	17.10.1996	-0.40	7.8	970	20	0.92	21.16	0.11	4.29	1.50	30	7.20	86.4	0.0	0.0	8.30	506.3	0.90	31.95	0.55	20.4	706.50	0.21	9.46	0.44	C ₂ S ₁	43.5	-	-	12.9	0.40	(
6	10457 Nolu Kuyu	17.10.1996	-0.80	7.9	870	21	0.55	12.66	0.04	1.56	1.10	22	7.00	84	0.0	0.0	7.30	445.3	0.80	28.4	0.64	30.72	624.63	0.57	6.33	0.77	C ₂ S ₁	40.5	-	-	8.9	0.25	(
7	10438 Nolu Kuyu	17.10.1996	-2.20	7.6	1170	23.5	0.73	16.79	0.05	1.96	1.40	28	9.50	114	0.0	0.0	8.70	530.7	1.00	35.5	2.06	99.84	826.76	1.78	6.25	0.31	C ₂ S ₁	54.5	0.11	-	21.4	0.10	(
8	10435 Nolu Kuyu	17.10.1996	-4.20	7.7	1560	22.2	4.37	100.5	0.06	2.34	2.20	44	8.70	104.4	0.0	0.0	6.70	408.7	8.30	294.6	0.52	24.98	979.56	1.23	29.50	1.88	C ₂ S ₁	54.4	0.00	-	13.2	0.35	(
9	10434 Nolu Kuyu	17.10.1996	-6.80	7.5	2090	25	0.91	204.9	0.09	3.51	2.90	58	8.90	106.6	0.0	0.0	5.00	305	15.80	500.9	0.29	13.92	1253.06	1.38	42.80	3.67	C ₂ S ₁	59.0	0.00	-	15.5	0.15	(
10	11225 Nolu Kuyu	17.10.1996	-0.70	7.8	970	23	0.98	20.7	0.03	1.17	1.10	22	7.60	91.2	0.0	0.0	8.00	488	1.40	19.7	0.35	16.8	691.41	0.41	10.09	0.47	C ₂ S ₁	43.5	0.00	-	12.3	0.30	(
11	10432 Nolu Kuyu	17.10.1996	-2.90	0.1	1200	22.7	1.38	31.74	0.05	1.95	1.80	36	8.70	104.4	0.0	0.0	7.60	463.6	3.00	106.5	1.33	63.84	809.03	0.00	11.57	0.60	C ₂ S ₁	52.5	0.00	-	5.9	0.75	(
12	46814 Nolu Kuyu	21.10.1996	-1.90	7.5	1160	20	0.65	14.95	0.05	1.95	1.20	24	9.60	115.2	0.0	0.0	8.90	542.9	1.70	42.6	1.53	73.4	815.04	1.12	5.65	0.28	C ₂ S ₁	51.0	0.06	3.4	27.5	0.08	(
13	8192 Nolu Kuyu	17.10.1996	-0.40	7.8	740	20	0.79	18.17	0.07	2.73	0.70	14	6.00	72	0.0	0.0	6.30	384.3	0.90	31.95	0.32	15.36	538.51	0.53	10.45	0.43	C ₂ S ₁	33.5	-	-	9.8	0.05	(
14	Hurnaz Kaynağı	17.10.1996	0.40	8.1	450	18.5	1.29	29.44	0.38	14.82	1.10	22	1.70	20.4	0.0	0.0	3.20	195.2	0.90	31.95	0.36	17.28	331.09	0.00	28.70	1.08	C ₂ S ₁	14.0	0.00	-	2.5	0.29	(
15	Deniz suyu	21.10.1996	65.4	8.8	30797	25	234.8	5400	6.54	255	10.5	210	58.3	699.6	1.4	42	2.0	122	275.6	9819	28.3	1368	17908	0.59	-	-		340	-0.5	1.65	-	(



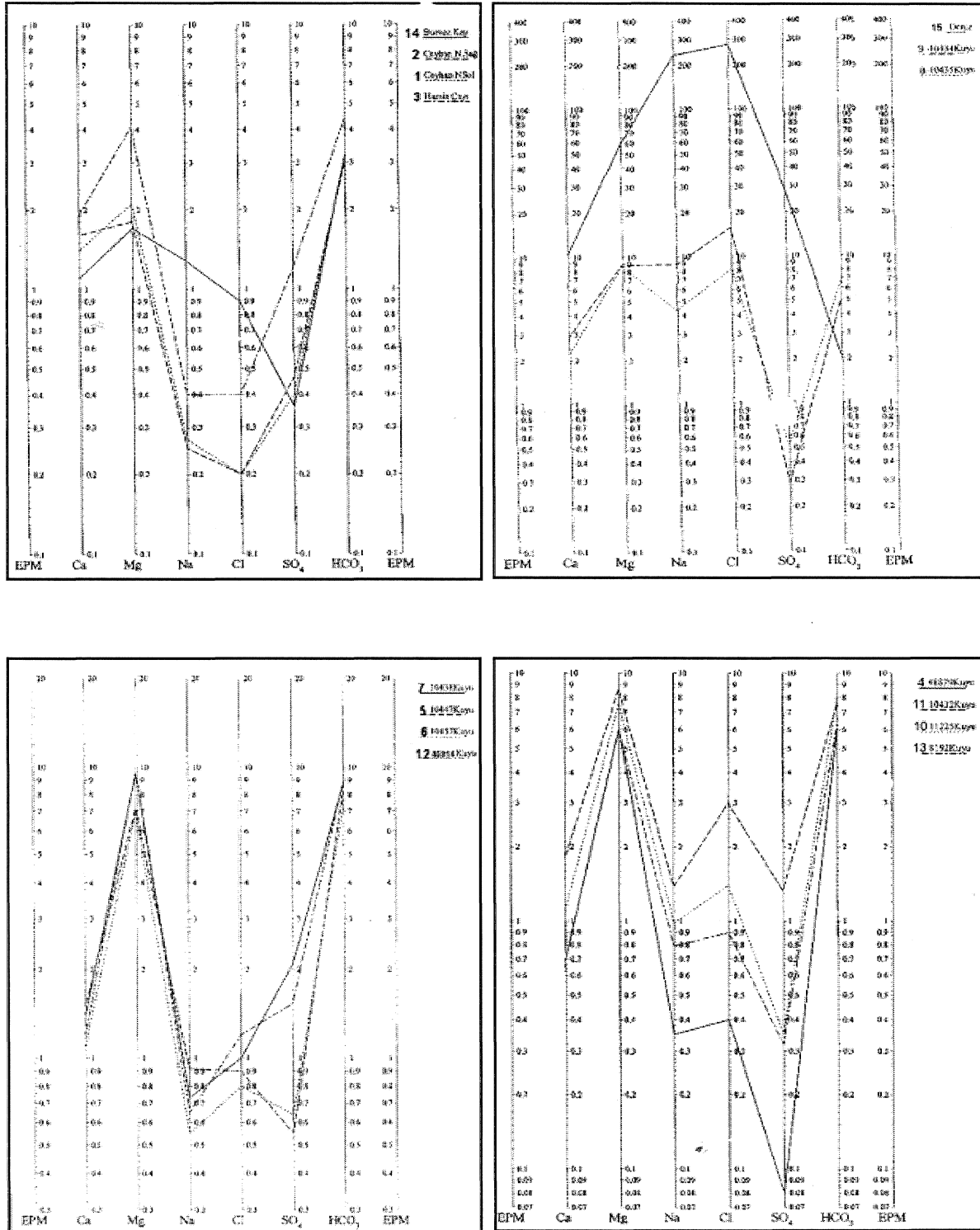
Şekil 7. Erzin (Yeşilkent) su örneklerinin EC ve Tritiyum değerlerinin harita üzerinde gösterimi.

Figure 7. Map showing the electrical conductivity and tritium values of the Erzin (Yeşilkent) water samples.



Şekil 8. Hatay-Erzin (Yeşilkent) ovası su analiz sonuçlarının Piper diyagramı tizeriode gösterilmesi,

Figure 8, Illustration of chemical results of waters on Piper diagram.



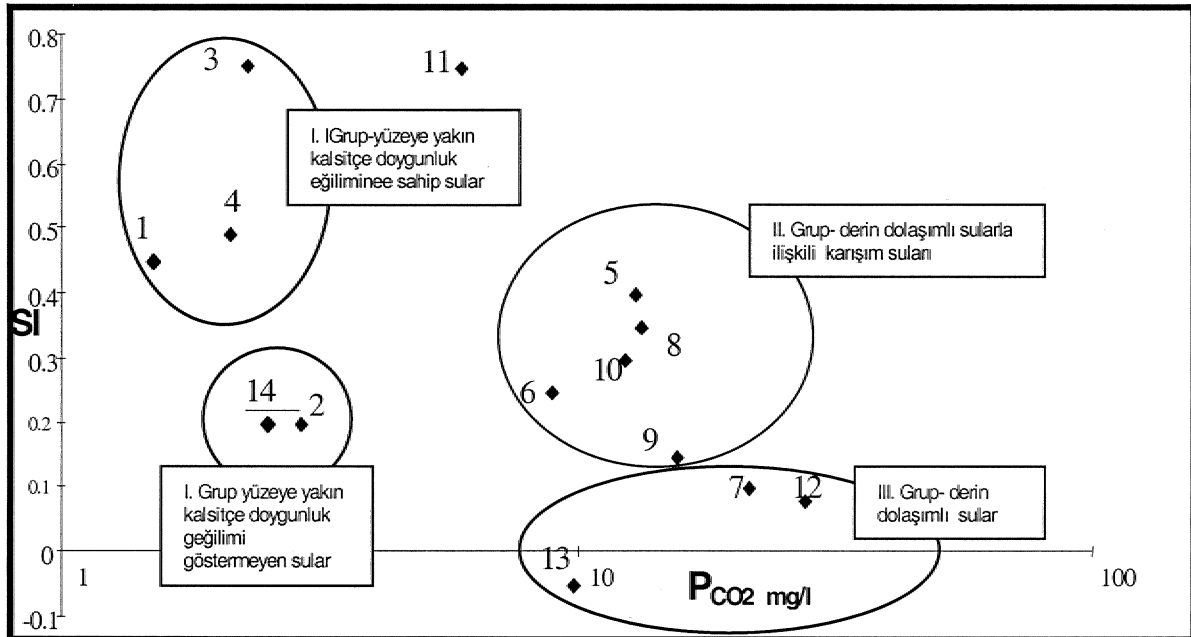
Şekil 9. Hatay-Erzin (Yeşilkent) ovası su analiz sonuçlarının Schoeller diyagramı üzerinde gösterilmesi.

Figure 9. Illustration of chemical results of waters on Schoeller diagram.

14 (Burnaz kaynağı) nolu su örneği, 1-2 (Ceyhan nehri) ve 3 (Hamiş çayı) nolu sular ile farklı kökene sahip, 1-2 ve 3 nolu sular ise birbirine paralel, kırık çizgileri ile aynı kökenli sular özelliğindedir. 13 (8192), 11 (10432) ve 10' (11225) nolu kuyuların temsil ettiği sular derin dolaşımdaki aynı kökene sahip sulardır.. 4 (48879) nolu su örneği de 13,11 ve 10 nolu örneklerle benzer kökene sahip beslenme alanında yer alan (düşük, iyon değerlerine sahip) özellik göstermektedir. 5 (10447) ve 6 (10457) nolu sular birbiriyle aynı kökenli, sular iken,, 7 (10438) ve 12 (46814) nolu sular da sülfat değerleri yüksek, eş kökenli sular özelliğindedir. Analiz sonuçları

kullanılarak, aşağıda verilen (1) nolu eşitlikten hesaplanan P_{CO_2} (mg/l) kısmi basıncı ve Kalsiyum Langelier Denge Diyagramından hesaplanan SI (saturasyon indisi) değerleri (Çizelge 6 ve Şekil 10) grafik haline getirilmiştir (Payne, B. R., and Zojer, H., 1991. Kişisel görüşme. IAEA and Graz Technical University, Vienna).. Şekil 1 T den de görüleceği gibi, 1 ve 2 (Ceyhan nehri), 14 (Burnaz kaynağı), 3 (Hamiş çayı) ve 4 (48879) nolu örnekler aynı alan içerisinde toplanan, düşük CO_2 (mg/l) değerlerine sahip sulardır.,

$$\log POT (mg/l) = 0.204 + (6-pH) + \log HICCa (mg/l) \quad (2)$$

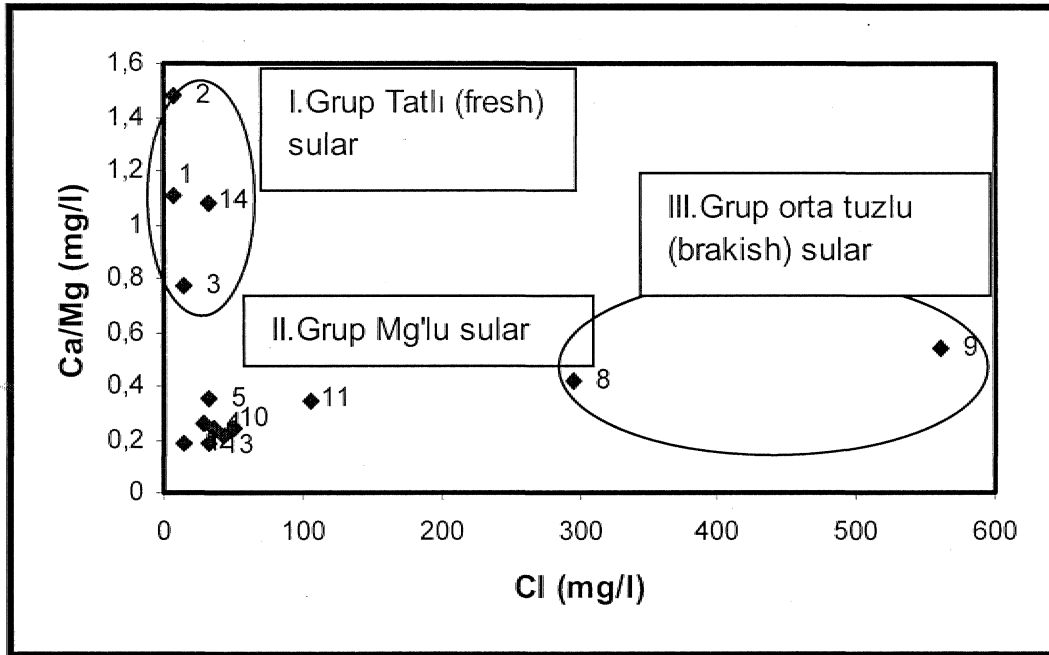


Şekil 10. Erzin (Yeşilkent) ovasının saturasyon indisi- logPco2 grafiği.

Figure 10. Graph of saturation index versus log Pco2^r waters.

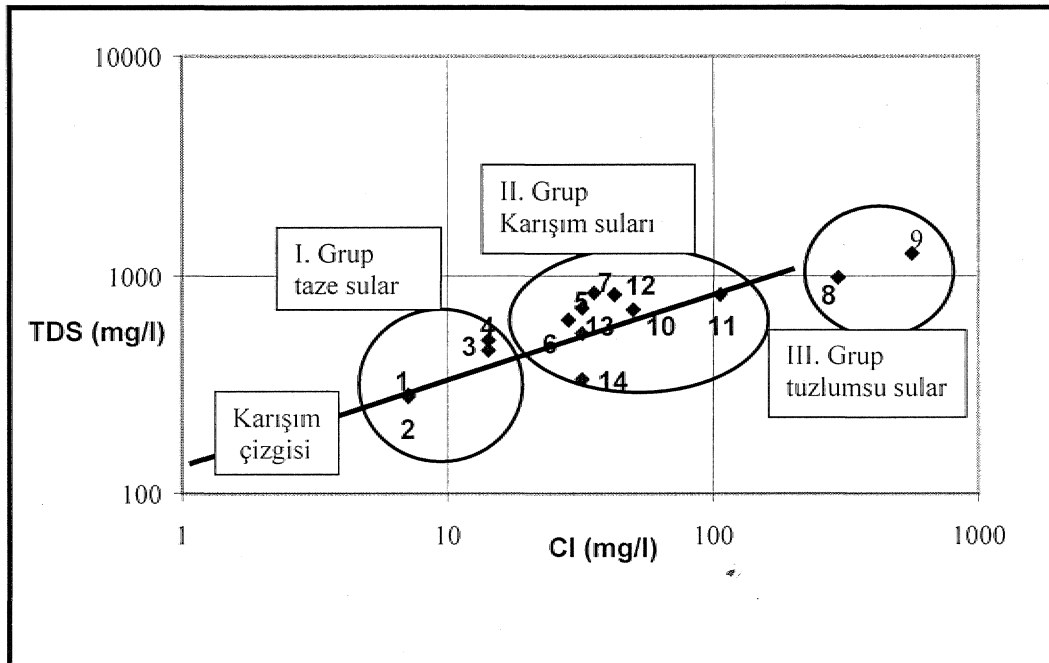
Su analiz sonuçlarından Cl^- (mg/l) karşı Ca^{2+}/Mg^{2+} (mg/l) grafiği çizildiğinde (Şekil 11) aynı özelliğe sahip suların alansal gruplaşması burada da izlenebilmektedir. 9 (10434) ve 8 (10435) nolu kuyu suları evaporitik çökeller veya deniz suyu ile temas eden suların özelliklerini yansıtmaktadır (I. grup sular).. TDS (mg/l) (Total Dissolved Solid-toplam çözünmüş katı madde) değerlerine karşı Cl^- (mg/l) değerleri grafi.klendirildiğ.in.de (Şekil 12) Burnaz kaynağının diğer gruplardan farklılık gösterdiği göze çarpmaktadır. Karışım sularının çizgisinden sapma gösteren 10434 ve 10435 nolu key uların suları yük-

sek. Cl^- değerleri (mg/l) ile belirgindir. 10434 ve 10435 nolu kuyuların yüksek Cl^- (mg/l) ve Na^+ (mg/l) içermeleri nedeniyle deniz suyu girişiminin etkisi altında olabileceğini düşündürmektedir., Söz konusu suların deniz suyu girişiminden etkilenip etkilenmediğinin incelenmesi doğrultusunda, Cl^- (mg/l)- Na^+ (mg/l) ve Cl^- (mg/l)- Ca^{2+} (mg/l) (Şekil 13) grafikleri (Postma, 1992'den yararlanılarak) çizilmiştir. Cl^- - Na^+ grafiğinde deniz suyu karışım, çizgisi üzerinde yer alan 10434 ve 10435 nolu kuyular, Cl^- - Ca^{2+} grafiğinde sapma göstermektedir.



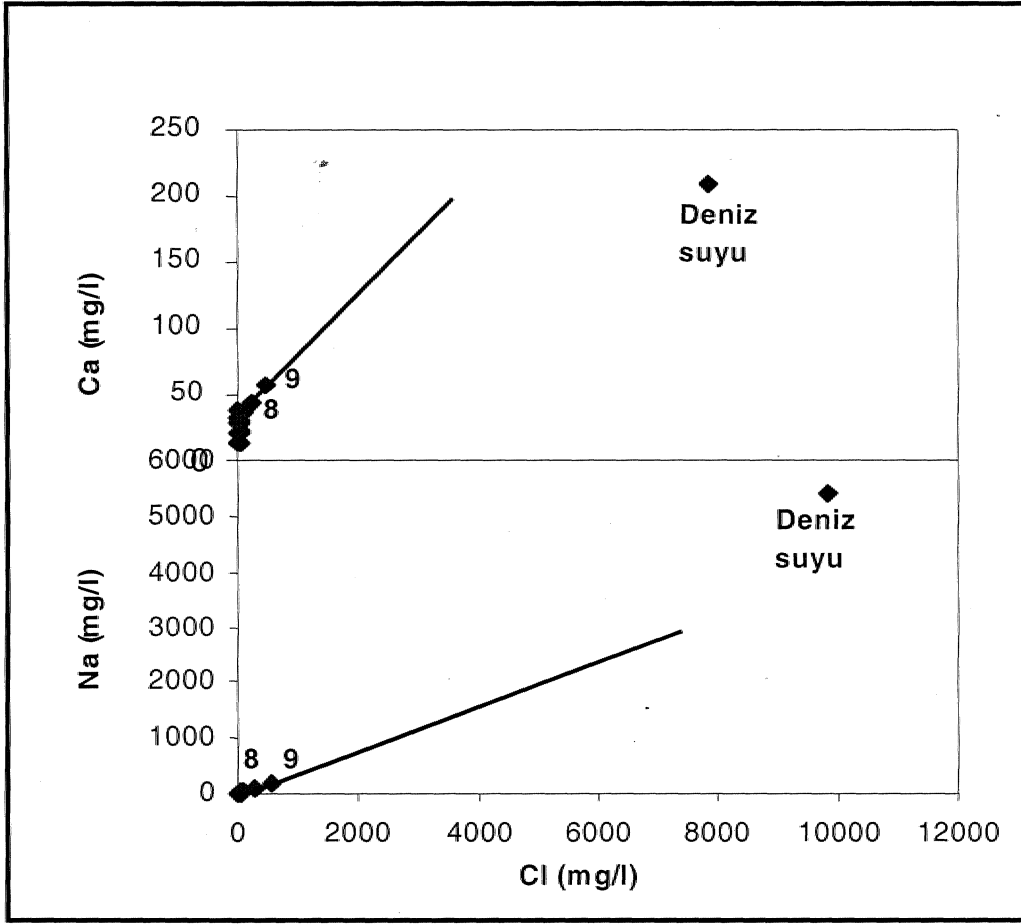
Şekil 11. Erzin (Yeşilkent) ovası su örneklerinin kurak dönem (Ekim-1996) Ca^{2+}/Mg^{2+} - Cl^{-} grafiği.

Figure 11. Graph of Ca^{2+}/Mg^{2+} versus Cl^{-} concentrations of water samples.



Şekil 12. Erzin (Yeşilkent) ovası su örneklerinin kurak dönem (Ekim-1996) Cl^{-} - TDS grafiği.

Figure 12. Graph of Cl^{-} versus TDS values of water samples.



Şekil 13, Erzin (Yeşilken!) ovası su örneklerinin kurak dönem (Ekim-1996) Cl - Na⁺ , Ca²⁺ grafiği.

Figure 13. Graph of Cl versus Na⁺ and Ca²⁺ concentrations of water samples..

Deniz suyu karışımının ifadesi olarak belirtilen (Pöstma, 1992), $SO_4^{2-}Cl^- / Ca^{2+}HCO_3^-$ oranları da (Çizelge 7) deniz suyuna, doğru yaklaşım göstermektedir.. Deniz suyu. girişi, özellikle deniz seviyesinin 139 m altında uzanan 10434 nolu kuyu için yakın bir olasılıktır.. Ancak, kuyunun ilk açıldığı 1968 yılındaki EC ve CF değerlerinin sırasıyla 3100 micromho/cm ve 21.3 mek/l olduğu,, uzun süredir çekim yapılmasına karşın 1993-1997 arası iki yağışlı iki kurak döneme ait dört örnekteki EC ve Cl değerlerinin sırasıyla, 1900-2100 micromho/cm, 14.2-16.2 mek/l arasında değiştiği dikkate alındığında, deniz suyundan, ziyade derinlerdeki tuzlu birikimlerden (NaCl'ü evaporitik çökeller-Halit) etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Suların kalsit, dolomit, halit, jips ve magnesit doygunluk endeksi değerleri "Watspec" programı yardımı ile hesaplanmıştır (Çizelge 7). Buna göre suların magnezyum,, dolomit ve magnesit minerali çöktürme kapasitesine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Magnezyum, fazlalığı drenaj alanında yer alan ultrabazik kayalarındaki olivin grubu minerallerin su ile teması sonucu, artış gösterebileceği öngörülmektedir. Burnaz kaynağının analizinde K⁺ değerinin diğer su örneklerinden daha yüksek olması ise, kaynağın beslendiği bazaltlardaki K⁺ zenginleşmesi sonucu olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 7. Erzin (Yeşilkent) Ovası su örneklerinin, **SO₄/Cl** oranları, trityum değerleri ve **mineral** doygunluk endeksleri.

Table 7. The values of **SO₄/Cl** ratio, tritium and mineral saturation index of the water samples.,

No	Su Noktasının Adı	Örnekleme Tarihi	SO ₄ /Cl	Cl/HCO ₃	Cl/SO ₄	Tritiyum (T.U)	*S _c	*S _d	*S _h	*S _j	*S _m	log P _{CO2} atm.	log P _{CO2} / * log P _{CO2}
1	Ceyhan Nehri Sol Sahil	21.10.1996	2.00	0.06	0.50	9.5	+0.49	+1.18	-8.90	-2.61	+0.38	-3.07	2.8
2	Ceyhan Nehri Sağ Sahil	"	2.30	0.07	0.43	9.2	+0.23	+0.52	-8.94	-2.48	-0.02	-2.79	5.4
3	Hamiş Çayı	"	2.98	0.09	0.34	10.2	+0.75	+1.86	-8.45	-2.11	+0.80	-2.90	4.2
4	48879 Nolu Kuyu	17.10.1996	0.20	0.07	5.00	12.7	+0.55	+2.09	-8.50	-3.70	+1.20	-2.87	4.5
5	10447 Nolu Kuyu	"	0.61	0.11	1.64	11.9	+0.37	+1.44	-7.76	-2.62	+0.77	-2.16	22.9
6	10457 Nolu Kuyu	"	0.80	0.11	1.25	10.0	+0.30	+1.44	-8.00	-2.67	+0.83	-2.31	16.2
7	10438 Nolu Kuyu	"	2.08	0.11	0.48	0.3	+0.17	+1.24	-7.83	-2.14	+0.76	-1.93	38.9
8	10435 Nolu Kuyu	"	0.06	1.24	15.96	6.6	+0.33	+1.32	-6.14	-2.55	+0.67	-2.15	23.4
9	10434 Nolu Kuyu	"	0.02	3.16	54.48	2.0	+0.15	+0.85	-5.57	-2.74	+0.40	-2.07	28.2
10	11225 Nolu Kuyu	"	0.25	0.18	4.00	4.4	+0.26	+1.42	-7.54	-2.95	+0.85	-2.16	22.9
11	10432 Nolu Kuyu	"	0.44	0.39	2.26	1.5	+0.69	+2.13	-7.07	-2.21	+1.12	-2.50	10.5
12	46814 Nolu Kuyu	21.10.1996	1.28	0.13	0.78	0.0	-0.01	+0.89	-7.79	-2.55	+0.60	-1.83	49.0
13	8192 Nolu Kuyu	17.10.1996	0.36	0.14	2.81	0.0	+0.05	+0.86	-7.80	-3.12	+0.60	-2.27	17.8
14	Burnaz Kaynağı	"	0.40	0.28	2.50	12.4	+0.19	+0.57	-7.57	-2.75	+0.08	-2.86	4.6
15	Deniz suyu	"	0.10	138.30	9.77								

*S_c : Kalsit doyma endeksi. *S_d : Dolomit doyma endeksi. *S_h : Halit doyma endeksi. *S_j : Jips doyma endeksi. *S_m : Magnefit doyma endeksi.

*log P_{CO2} = 10^{-3.52} atm. dir.

Tritiyum

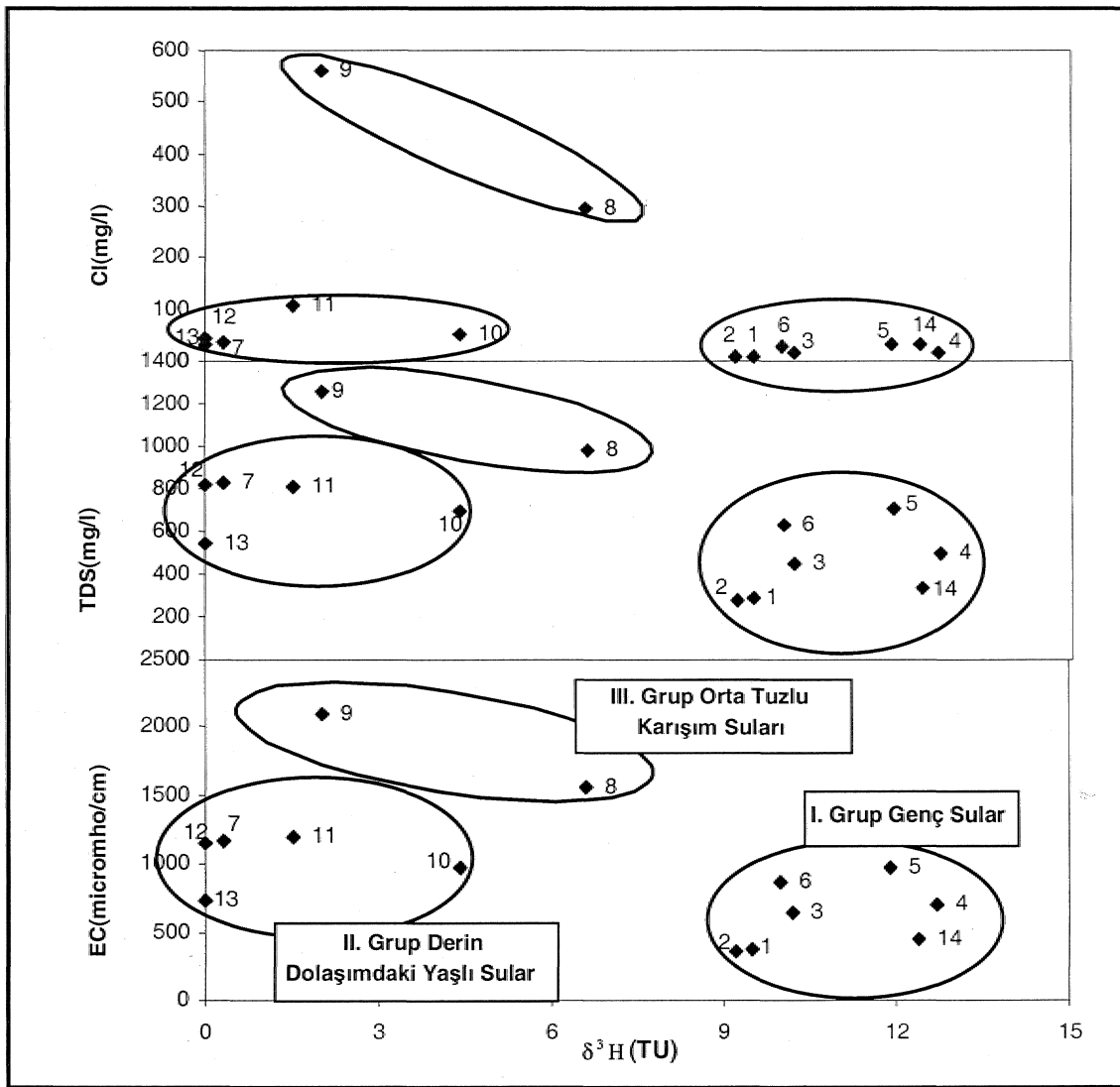
Su analizlerine ek olarak, ³H, ¹⁸O ve ²H analizlerinin yapılması amacıyla alınan izotop örneklerinde, DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığının izotop laboratuvarında yalnızca ³H analizlerinin yapılması mümkün olmuştur. Tritiyum analiz sonuçları Çizelge 7'de verilmektedir.

Şekil 14 ile sunulan ³H (TU)-Cl" (mg/l), ³H (TU)-TDS (mg/l) ve ³H (TU)-EC grafiklerinde de, su kimyası analizleri ile benzer gruplaşmalar görülmektedir. I. grup alanda yüksek trityum (9.2-12,7 TU) ve düşük klorür, EC, TDS değerleri içeren, 14 (Burnaz kaynağı), 1 ve 2 (Ceyhan nehri), 3 (Hamiş çayı) ile 4 (**48879**), 5 (10447) ve 6 (10457) nolu sular, yıllık yağışların etkisinde kalan genç sular karakterize etmektedir. II. grupta trityum değerleri 2-6.6 TU arasında değişen, derinlerden gelen yaşlı ve yüksek klorürlü, yüksek TDS ve EC'li sularla kar-

şını özelliği gösteren 9 (10434) ve 8 (10435) nolu sular yer almaktadır. Bu gruptaki suların sıcaklıkları da diğer sulara, oranla daha yüksektir; III. grupta yer alan 12 (46814), 13 (8192), 10 (**11225**), 7 (10438) ve 11 (10432) nolu sular, düşük trityum (**0.0-4.4** TU) ve III. grup sulara, oranla daha yüksek klorür, TDS ve EC değerlerine sahip, ancak II. gruba oranla derinlerdeki tuzlu ortam ile daha az ilişkide olan yaşlı suları temsil etmektedir. Tritiyum, değeri yüksek 4(48879), 5 (10447) ve 6 (10457) nolu sular havza beslenme alanındaki yıllık yağışların etkisi altındadır. Yağışlardaki trityum değerinin kot yüksekliği nedeniyle (ort. 200 m) Adana yağışlarından daha büyük **değerlerde** olması olağandır (73 m kotandaki Adana istasyonu 1996 yılına ait **tritium** değerleri yağışlı dönem için **9-10** TU, kurak dönem için 5-6 TU arasında değişmektedir) (isoMs.iaea.org). Yağışlar sonucu geçirgenliği ve iletkenliği yüksek bazaltlara süzülme ile oluşan beslenimin, nispeten sığ dolaşım olduğu çevresine oranla düşük EC ve yüksek

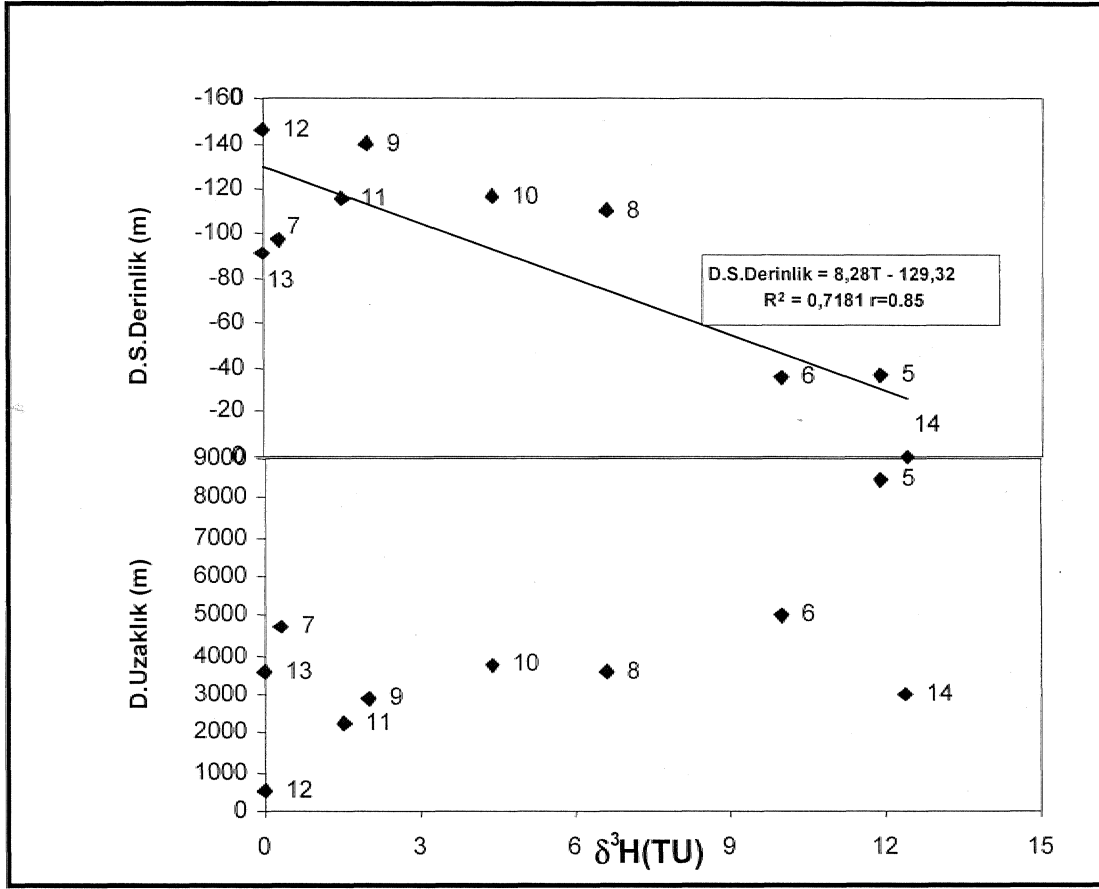
trityum değerlerinden anlaşılmaktadır. Sığ dolaşimli bu suyun, Burnaz kaynağı civarında açılan derin kuyulardaki düşük trityum konsantrasyonunu karışım oranı nispetinde yükselttiği, yüksek EC değerlerini de seyrelterek düşüren bir etkileşim oluşturduğu 8 (10435), 9 (10434), 10' (11225) ve -H (10432) nolu kuyularda gözlenen farklı trityum ve EC değerlerinden anlaşılmaktadır. Şekil 15'de trityum değerlerinin denizden uzaklık ve deniz seviyesinden derinlik ile değişimleri verilmektedir. Söz konusu şekiller Balthazar (1991) * den geli ş f iri lerek düzenlenin iştir.

Deniz seviyesinden yaklaşık eşit uzaklık ve derinliğe sahip kuyulardaki trityum değerleri derinlerden gelen karışım oranına bağlı olarak trityum değerlerinde azalma (5, 6, 8, 9, 10, 11 ve 12 nolu kuyularda olduğu gibi $r = 0.65$ düzeyinde ilişki bulunmuştur) görülmesine karşın, bu ilişki yeraltı suyu beslenim, sahası ve yersel karışım koşullarının bulunduğu (4., 7, ve 13 nolu kuyular) alanlarda görülmemektedir. Bu alanlardaki trityum değerleri yüzeyden gelen beslenimin oranı ile farklılık göstermektedir.



Şekil 14.. Erzin-Yeşilkent ovası izotop örneklerinin ^3H -Cl, TDS, EC değişim, grafiği..

Figure 14. Graph of ^3H versus Cl concentrations' and TDS,, EC vaines of water samples.



Şekil 15. Erzincan (Yeşilkent) ovası boşalım sahasındaki kuyuların trityum değerlerinin, denizden uzaklıkla ve derinlikle değişimleri.

Figure 15, Changes of tritium values with distance from the sea, and depth in the wells on the discharge area of Erzincan (Yeşilkent) plain.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

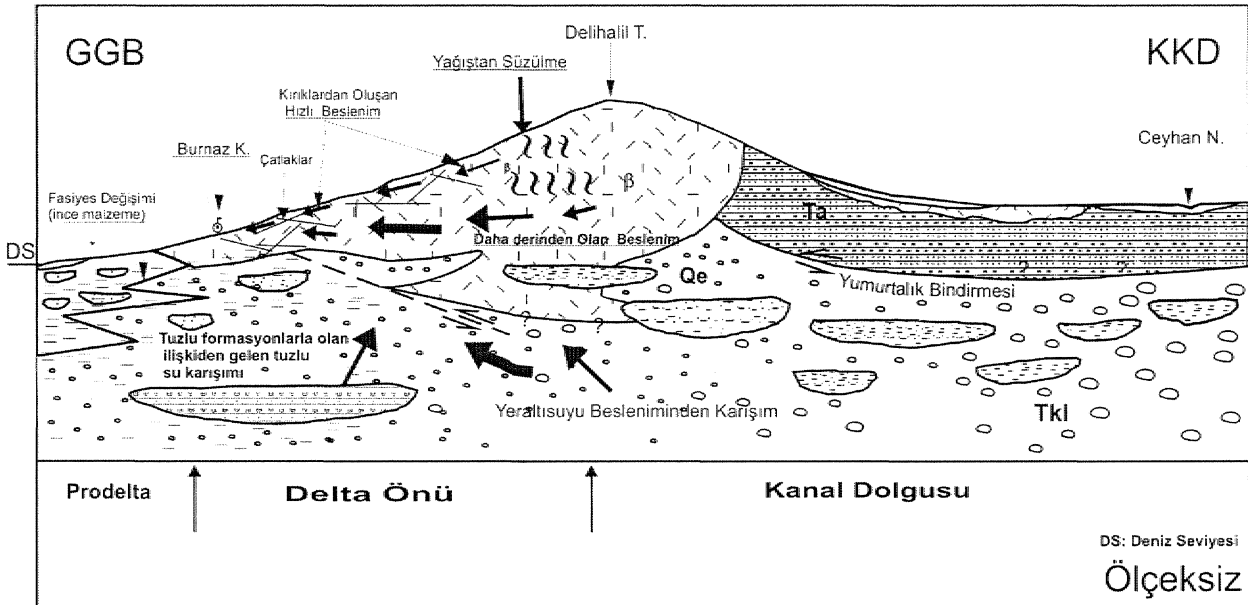
Burnaz kaynağı, Pliyokuvaterner yaşlı etkin gözenekliliği yüksek bazaltlardan, tektonik hatlar ile ilişkili olarak alüvyonun geçirimsiz bölümleri boyunca birbirine oldukça yakın iki ana noktadan boşalan ve bu biçimi ile dokanak kaynağı olarak nitelendirilebilen grup kaynağı özelliğindedir.

Kaynağın beslenme alanında açılmış bulunan (yalnızca bazalt akiferinden su çekan) kuyu adedi yaklaşık 40 olup, yıllık toplamı $30 \cdot 10^6$ m³ su çekilmektedir. Çekimin, yaklaşık $20 \cdot 10^6$ m³ kısmı Nisan/Mayıs, ile Ekim/Kasım ayları arasındaki kurak dönem, boyunca yapılmaktadır. Buna karşın, bazalt

akiferinde açılan kuyulardaki düşüm değeri 1-3 m arasında değişmekte ve kaynak veriminde ise önemli bir azalma olmamaktadır (0:950 m³/s değerinde sabit kalmaktadır). Bu durum farklı iki beslenme modeli dikkate alınarak incelenmiştir. Birincisi, kaynağın drenaj alanı içerisindeki alandan yeterince beslendiği ve kısa sürede yenilendi, ikincisi ise kaynağın, drenaj alanı dışındaki bir havzadan beslenmesidir. Çalışmanın önceki evrelerinde düşünülen ikinci seçenek, havzanın fiziksel yapısı ve su-trityum analiz sonuçlarının yeniden değerlendirilmesi son ucu mümkün görülmemiştir. Kaynağın $54.4 \cdot 10^6$ m³/s olarak hesaplanan yeraltı suyu beslenimi, yaklaşık 90 km²'lik alanda yüzey ile en bazalt akiferinden yağışın yaklaşık % 65'ini yeraltına süzülerek söz konusu, beslenimi oluşturabileceği, sahadaki bazaltın etkin.

gözenekliliğinin, geçirgenliğinin ve iletimliliğinin yüksek olması nedeniyle mümkündür. Kaynak, alüvyonun killi seviyelerinin oluşturduğu geçirimsizlik boyunca boşalan, aynı zamanda Yumurtalık Bindirmesine paralel olarak gelişen gömülü fayların (TPAO tarafından sismik yöntemler ile belirlenen) kontrolünde olan dokanak kaynağı özelliğine sahiptir. Kaynaktan denize doğru ve kıyı boyunca yapılan jeofizik rezistivite çalışmalarında yer yer killi seviyelerin bulunduğu bildirilmiştir (Aydın., 1995). Buna göre hazırlanan, Burnaz kaynağı boşalımının ölçeksiz şematik kesiti Şekil 16'da verilmiştir. Kaynak,

büyük oranda beslenme alanının orta kesimlerinde yer alan, gözenekliliği ve geçirgenliği yüksek özellikteki bazaltlara düşen yağışlardan beslenmekte ve kırıklar boyunca oluşan nispeten hızlı bir akış sonucu boşalmaktadır. Kaynağın beslenme alanının daha üst kesimlerinde yer alan daha düşük iletimlilik ve daha yüksek depolama kapasitesine sahip volkanitlerden (farklı özellikteki bazaltlardan) yavaş süzülme ile oluşan beslenme bileşeninin de olabileceği, yılın kurak dönemlerindeki kaynak akımlarında belirlenen sabitleşme ($0.950 \text{ m}^3/\text{s}$) ile ilişkilendirilerek düşünülmüştür;

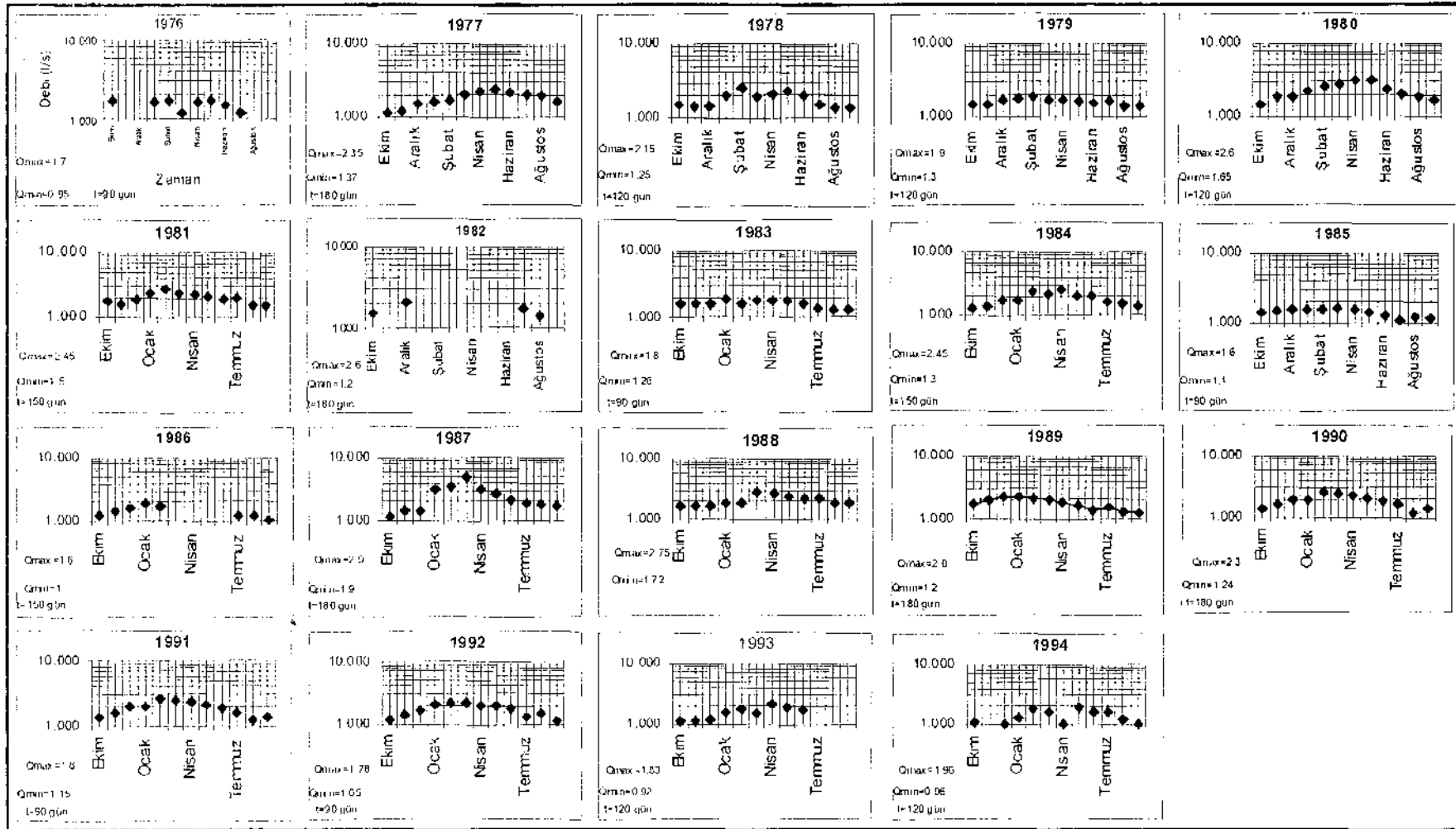


Şekil 16. Burnaz kaynağının boşalımının şematik gösterimi.

Figure 16. Schematic illustration of the discharge mechanism of Burnaz, spring.

Çalışma alanında gerçekleştirilen hidrojeolojik ortamı ve hidrojeokimyasal değerlendirmelerin sonucuna göre, Burnaz kaynağının kendi beslenme alanında yer alan bazaltlardan beslendiği, günümüzde örtülü bulunan faylarla ilişkili kırıkları izleyerek havzanın güneyindeki geçirimsizlik boyunca boşalan dokanak kaynağı özelliğinde olduğu, saptanmıştır. Kaynağın boşalımında yıllık yağışların etkisinin yanı sıra, bazalt akiferinin daha derindeki uzun dolaşımından gelen beslenme, bileşeninin de olabileceği, kaynak hidrograflarının kurak dönemlerinde görülen azalım, eğrilerindeki birden fazla kırılma (Şekil 17'de

1978, 1980, 1984 ve 1987 yılları) ve sabitleşen kaynak akımları bulunması sonucunda elde edilen bir bulgu olup, daha sık aralıklar ile kaynak boşalımından alınacak su ve izotop analizleri sonucunda konunun daha ayrıntılı araştırılabileceği düşünülmektedir. Kaynağın boşaldığı bazalt akiferi üçüncü tip akifer olup, yıllık yağışların etkisi altındadır. Kaynak boşalım katsayısı. Mailet kaynak azalım, hidrografi yardımı ile $a = 4.21 \cdot 10^{-3} \text{ gün}^{-1}$, debi değişim yüzdesi 0.42 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 17. Burnaz kaynağının 1976-1994 yılları arası Mailet kaynak azalım eğrisi grafikleri

Figure 17. Graphics of Mailet recession curves of Burnaz spring between 1976 and 1994

KATKI BELİRTME

Söz konusu çalışmalar sırasında yardımlarını gördüğüm DSİ 6. Bölge Müdürlüğü yetkililerine,, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Projesinden destek sağlaya» Sayın Prof. Dr. Cavit DEMİRKOL ve Sayın Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ'a, saha ile ilgili jeolojik bilgilerinden yararlandığım Sayın Dr. Hüseyin KOZLU' ya (TPAO' Araştırma Grubu) teşekkür ederim. Yazı metnini gözden geçirip düzeltme ve fikir önerilerinde bulunan Sayın Doç., Dr. Mehmet EKMEKÇİ'ye (H.O.) teşekkür ederim...

KAYMAKLAR

- Aydın, R.K., 1995.. Dörtüyl-Erzin Kıyı Şeridinin Jeofizik Rezistivite Etüdü.. DSİ Raporu,, No: JF-61, Adana.
- Balthazar, T. V., Mebus, A. G., Klaus F., and Klaus W., 1991. Isotope Hydrological Methods For The Quantitative Evaluation of Groundwater Resources In Arid. And Semi-arid Areas (Development of Methodology). Research Reports of The Federal Ministry For Economic Cooperation Of The Federal Republic Of Germany, Karl-Marx Straße 4-6, D-5300 Bonn 1.
- Çetin, M., 199 L Dörtüyl-Erzin Ovası 1 Yeraltısulunun Mevcut Durumu ve Geliştirme Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana .
- Atuk, N., 1970., Türkiye Hidrojeolojik Harita İşaretleri., DSİ yayını, Ankara.
- Doyuran, V., 1980. Erzin-Dörtüyl Ovalarının Hidrojeolojisi ve Yeraltısuyu İşletme Çalışmaları. ODTÜ Doçentlik Tezi,, No: 88, Ankara..
- Günay, .G., Tekiner, Y., Gözpmar, G., ve Türkmen, G., 1965.. Dörtüyl-Erzin Ovası Rezerv Raporu., DSİ Raporu,, No: 1904/3,, Ankara.
- Karahanoğlu^N., Yazıcıgil, H., Dooyuran, V., Emekli, R, ve Hallaji K., 1995, Kıyı Akiferlerindeki Tatlı su-Tuzlu su Girişiminin Sonlu Elemanlar Benzetim Yöntemi. İle Modellenmesi. Tübitak Projesi, No: YBAG-0074, ODTÜ, Ankara.
- Kaya, M., 1996.. Hidrojeolojik Etüdlere Kuyu Rasatlarından Faydalanarak Çekim Miktarının Belirlenmesi, DSİ Hidroloji ve Jeofizik Semineri, Adana, s. 33-58.,
- Korkmaz, R, 198-9. Akiferlerin Boşalım Katsayılarına Göre Gruplandırılması Üzerine Bir Araştırma., DSİ Teknik. Bülteni, Sayı: 69, Ankara, s: 51-63.,
- Korkmaz,, M., 1992.. Kaynak Hidrograflarından Faydalanılarak Yeraltısuyu Bilançosu Hazırlanma Metodu. DSİ Teknik Bülteni, Sayı: 75, Ankara,, s, 41-53.
- Kozlu, H., 1987., Misis-And irin Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi., Türkiye 7"ne i Petrol Kongresi,, Ankara, s. 104-113.
- Kozlu, H., 1997, Doğu Akdeniz Bölgesinde Yer Alan Neojen Basenlerinin (İskenderun, Misis-Andırın) Tektono-Stratigrafi Birimleri ve Bunların Tektonik Gelişimi.. ÇÜ Doktora Tezi, Adana.
- Kuran, İL, 1964., Dörtüyl-Erzin Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu.. DSİ Raporu, No: 1904/1, Ankara..
- Mülazımoğlu, N., 1978. Ceyhan Nehri ve Kısıq Boğazının Jeomorfolojik Evrimi., MTA Raporu, No: 6242, Ankara, (Doktora Tezi), s. 312.
- Payne, B. R., and Zojer, H.,, 1991. IAEA, Workshop Isotope Hydrology in the Middle East, Sözlü Görüşme, Ankara.,
- Pelen, N., 1995. Osmaniye-Dörtüyl-Erzin Yöresi Kuvaterner Bazaltların Jeolojisi, Petrografisi. • ve Hidrojeolojik Özellikleri., Yüksek Lisans Tezi,, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, s. 138.
- Postrna, T. A., 1992. Geochemistry, Groundwater and Pollution. Consulted" der Aardwetenschappen, Amsterdam,, chapter 8, p. 8-10.
- Şahinci, A., 1991. Karst.. Reform Matbaası, 848 Sk. No.37/4 II. Beyler, İzmir, s 131 -140.
- Türkmen, G., Turkman, M., ve Ertürk, A.,, 1974. Dörtüyl-Erzin Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu. DSİ Raporu,, No: 25, Ankara, s.42.
- Türkmen, G., Tuncel, E., ve Oldaç, Y., 1975. Osmaniye Ovası. Hidrojeolojik Etüt Raporu,, DSİ Raporu.. DSİ Raporu, No: 35, Ankara, s.39.

Hammadde, Kaynak, Cevher ve Rezerv Gibi Bazı Terimlerin Tanımlarına Bir Yaklaşım: Hasaңcelebi Demir Yatağı Örneği

An Approach to Definition of Some Terms Like Natural Raw Materials, Resource, Ore And Reserve: Hasaңcelebi Case

Salih YÜKSEK, Birol ELEVLİ, Ahmet DEMİRCİ

C.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 58140', SİVAS

ÖZ

Yerbilimlerinde kullanılan kaynak, rezerv, maden, mineral, cevher gibi çoğu kelime, terini ve kavramlar ile bunların anlamları işletmedeki veya arazideki mühendisten,, üniversitedeki akademisyene ve hatta politikacılar tarafından çok farklı bir şekilde ifade edilmekte ve tariflenmektedir. Bu durum, çoğu zaman yanlış anlamalara sebep olmaktadır. Bu yazıda,, hammadde, doğal kaynak, maden, kaynağı, maden rezervi, jeolojik rezerv, üretilebilir rezerv ve satılabilir rezerv gibi terimlerin tanımlama kriterleri ile maden,, mineral, cevher, endüstriyel mineral ve süs taşları gibi kavramların tanımlamaları örnek verilerek tarif edilmiştir.

Makalenin son bölümünde ise,, Hasaңcelebi demir yatağı için sözkonusu tanımlamaların,, farklı gruplar tarafından nasıl, kullanıldığı ve ifade edildiği verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hammadde, Kaynak, Rezerv, Cevher, Süs taşı

ABSTRACT

The meaning and definition of terms like resource,, reserve, mine rai, ore etc. Used in earth sciences differ from engineer to academician and even politician.. This difference results In some sort of confusion and misunderstanding. In this paper, the definition criteria of some terms like raw material, natural resource,, mineral resource, mineral reserve,, mineable reserve and saleable reserve have been defined with examples..

The last part of the paper includes Hasaңcelebi iron ore deposit as a case study..

Key words: Raw material. Resource, Reserve,, Ore,, Gemstone.

Giriş

Teknolojik gelişmeler sonucu, madencilik endüstrisinde ve yerbilimlerinde kullanılan *hammadde,, doğal kaynak, maden, mineral, endüstriyel mineral, enerji madenleri veya mineralleri, sustası, cevher; kaynak, rezerv, jeolojik rezerv, üretilebilir rezerv ve satılabilir rezerv* gibi kavramların yeniden anlamlandırılması ve tanımlamalarının yapılması, gerekmektedir. Bu konuda uluslararası, düzeyde birçok çalışma ve yayın yapılmış, komite veya gruplar

kurulmuştur. Ancak ülkemizde bu konuda fazla bir çalışma mevcut değildir, Caner (1983) yapmış olduğu çalışmada kaynak, rezerv gibi kavramlara açıklık getirmeye çalışmıştır. Jeostatistiksel olarak da bu terimler Tercan ve Saraç (1998)'da tartışılmaktadır. Yüksek ve Elefli" (1998) kaynak/rezerv sınıflandırmaları ve standartizasyonu üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu nedenle de yukarıda belirtilen terini veya kavramların tanımlamaları: bu çalışına kapsamında tartışılmıştır.

Madencilik Endüstrisinde **Kullanılan** Bazı Terim Ve Kavramlar

Hammaddeler ve Doğal Kaynaklar

İnsanoğlu ile diğer canlılar arasındaki en önemli fark, hammaddelerden bir şeyler üretebilme kabiliyetidir. İnsanlar tarafından farklı amaçlar için, kullanılan yer kabuğunun, ulaşılabilen yerlerinde veya içinde bulunan her şey *hammadeler* olarak adlandırılmaktadır. Mamul olarak kullanılan hammaddeler, *biyolojik hammaddeler* ve *jeolojik hammaddeler* olarak iki gruba ayrılabilir.

Herhangi bir şekilde etkilenmemiş biyolojik hammaddeler hariç, diğer tüm hammadde ler "jeolojik hammaddeler" olarak sınıflandırılabilir. Bu durumda, Jeolojik hammaddeler aşağıdaki faktörler gözönüne alınarak sınırlandırılabilir.

a - atmosfer, hidrosfer ve litosferin içinde olması,

b - ulaşılabilir bir yerde bulunması.

c - jeolojik orjinli veya jeolojik olaylarla değişmiş olması.

Webster's Third New International Dictionary (Webster's, 1986) sözlüğünde "resource" yani *kaynak*, bir maddenin kökeni,, *keken* "source" ise o şeyin alındığı yerdir.. Bu tarife göre, birisi "kaynak" kelimesinden söz ediyorsa,, bir lokasyonu söylemektedir. Herhangi bir hammaddenin kaynak olarak, ifade edilebilmesi için iki temel özellik vardır. Birincisi, sözkonusu o maddeye bir talep olmasıdır. Yani o madde marjinal bir değere sahip olmalıdır.. İkinci özellik ise; o hammaddenin kabul edilebilir bir konsantrasyonda veya birikimde olmasıdır. Bu durumda bahsedilen hammadde bu iki koşulu sağlıyorsa o zaman *doğal kaynaklar* olarak adlandırılır..

Bu makale *jeolojik hammadde* tanımı ile kendini sınırlamaktadır.. Belirlenmiş sınırlara bağlı olarak jeolojik hammadde kavramı farklı terimlerle ifade edilebilecektir, Madencilik projelerinde kullanılan jeolojik hammadde ile ilgili terimler ve her bir terim arasındaki ilişkiler Çizelge 1 'de verilmiştir.. Çizelge 1 'de verilen her bir terimin detaylı açıklamasına geçmeden Önce mineral ve cevher kavramları aşağıda tartışılmıştır..

Mineral ve Cevher

Webster (1986) % uluslararası sözlüğüne göre, *mineral*, homojen veya homojen görünümlü doğal olarak değişik şekillerde oluşmuş ve insanoğlunun

kullanımı için yer kabuğundan elde edilen ve genellikle katı olan maddelerdir., Bu tarife göre yeryuvarından çıkarılan herhangi bir ürün mineral olarak tanımlanabilir.. Mineral tanımlarında fazla bir farklılık yoktur. Fakat,, cevher tanımlarında çok sayıda farklı tanım vardır.. USBM (1967)'nin tanımı: "Cevher; madenci açısından kârlı bir şekilde çıkarılabilen veya metalürjist açısından kârlı bir şekilde işleme tabii tutulabilen az veya çok gang mineralleri ile karışık metalik mineral veya metalik mineraller topluluğudur." Bu ve benzer tanımlar, cevherin metal eldesinde kullanılan bir malzeme olduğunu vurgulamaktadır. Böylece bu tanımlara göre yer kabuğundan çıkarılan, malzeme cevher minerali, veya endüstriyel mineral olarak belirmektedir.. *Endüstriyel mineral*, herhangi bir kay aç, mineral veya doğal olarak oluşmuş ekonomik değere sahip maddelerdir.. Ancak, metalik cevherler, mineral yakıtlar ve süs taşları bu tanımın dışındadır (Evans, 1988). Bu tanıma göre mineral yakıtları ve süs taşları endüstriyel mineral tanımına dahil edilmemesine rağmen madencilik faaliyetleri ile üretilmektedir.. Bu da yukarıdaki tanımlarda bir eksiklik olduğunu gösterir. IMM (1995) cevheri, "doğal olarak oluşmuş,, içerisinde bir veya birkaç mineralin zenginleştirme işlemi sonucu ekonomik değer taşıyan mineraller topluluğunun oluşturduğu bir kafi" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, cevher mineralleri ve endüstriyel mineralleri kapsamaktadır., Fakat mineral yakıtlar ve süs taşlarını kapsamamaktadır. Wober ve Morgan (1993) ,, cevheri aşağıdaki gibi tanımlarlar; "Belirli bir yer ve zamanda yasal olarak çıkarılabilen ve ondan satılabilir ürünün ayrıt edilebildiği ve belli bir kârda satılabilen doğal, bir veya daha fazla mineraller topluluğudur." Bu tanım diğer tanımlara benzerlikle birlikte iki önemli faktör,, *zctman* ve *kâr* ifadelerini içermektedir.. Ayrıca bu tanım, ürünün ne olduğundan (demir, bakır, kum, kömür,, sustası vb.) çok onun satılabilir olması gerektiğini vurgulamaktadır. Bütün bu tanımlar *cevheri*, bir veya daha fazla minerallerden oluşan birikim olarak tanımlamaktadır..

Madencilik endüstrisinde endüstriyel minerallerin payı ve öneminin artmasıyla cevher teriminin kullanımını azalmıştır., Çünkü insanların çoğu endüstriyel mineraller hakkında konuşmaya başlamışlardır. Cevher terimi daha çok metal içeren mineralleri diğer minerallerden ayırmak için kullanılmıştır. Son zamanlarda cevher terimi mineral kavramı, ile yer değiştirmiş, özellikle rezerv tanımlarında cevher rezervi ya da mineral rezervi terimi kullanılmaktadır., Bu makalenin yazarları bu terimleri onların içeriklerine göre Çizelge 2'deki gibi düzenlemişlerdir..

Çizelge 1. Madencilik projelerinde kullanılan terimler arasındaki ilişki

Table 1. Relation among terms used in mining projects.

Tanımlama Kriteri	Terimler (Ana Kütle)	Çıkartılmış Kütle (Ana kütlede artı kalan kütle)
Etkilenmemiş Biyolojik ham maddeler hariç yerkürenin içinde ve üzerindeki kütle	Jeolojik veya jeolojik etkilenmiş hammaddeler	Klark sayısından düşük ve marjinal bir değeri olmayan kütle
Çıkarılabilir (işletilebilir) ve işlenebilir olma		
Kullanmak için teknolojinin mevcut olması çıkarmak (işletmek) için resmi engelin olmaması	Mineral (veya maden) kaynağı	Ekonomik olmayan kütle
Belli ekonomik parametreler altında mineral kaynağın kar edilebilir kısmı	Mineral (veya maden) rezervi	Limit tenörünün altındaki kısım
Kârlı satılabilme	İşletilebilir (üretilebilir) rezerv	Üretim kayıpları
Müşteriye nakledilebilme	Satılabilir rezerv	

Mineral veya Maden Kaynağı

Mineral kaynağı terimi,- mineral veya minerallerin çıkarılabileceği bir yer olarak tanımlanır, ancak yerkabuğu bir mineral kaynağı olarak kabul edilmez.. Jeolojik hammaddelerin bir mineral kaynağı olabilmesi için iki temel gereksinim vardır,

Birincisi o malzeme için talep **olmasıdır**, ikinci gereksinim ise, o malzemenin kabul edilebilir bir konsantrasyonda birikmiş olması gerekir. Geçerli bir konsantrasyon, için kabul edilebilir kriter Klark sayıdır. Geçerli konsantrasyonun varlığı kanıtlanırsa, jeolojik hammaddenin mineral kaynağı olabilmesi için diğer faktörler gözönüne alınmalıdır.

Bu faktörler;

- 1 - Jeolojik bir hammadde olmalı,
- 2 - Keşfedilmesi, çıkarılması ve işlenebilmesi, teknolojik olarak mümkün olmalı,
- 3 - Teknolojik olarak kullanılabilmeli,
- 4 - Çıkarılmasında/işletilmesinde yasal bir engel olmamalı,,
- 5 - Yeter miktar ve kalitede olmalıdır.

Bu faktörlerden birisi sağlanmazsa o hammadde mineral kaynağı olarak tanımlanamaz. Yukarıdaki parametrelerin çatısı altında, kabul edilebilir kalite ve miktardaki mineral konsantrasyonu mineral veya maden kaynağı olarak tanımlatır.

Mineral veya Maden Rezervi ve Üretilebilir Rezerv

Rezerv kavramının sözlük anlamı,, ilerikî bir zamanda veya özel bir kullanımı için bir şeyi (hammadde, para vb.) muhafaza etmektir. Bu tanım herhangi bir nesnenin rezerv olabilmesi için, o nesnenin miktarının ve kalitesinin bilinmesi gerektiğini vurgulamaktadır. *Maden/Mineral rezervi*, mineral kaynağının ekonomik olabilecek kısmıdır., Bundan dolayı maden rezervini belirleyebilmek için kaynağı tanımlayan faktörlere aşağıdaki faktörlerin eklenmesi gereklidir;

1 - Maden rezervi maden kaynağının bir parçası olmalıdır ve

2 - Belirli ekonomik faktörler altında kârlı şekilde üretilebilir.

Bu durumda maden rezervi, ekonomik,, teknik ve yasal olarak üretilebilirse o zaman *üretilebilir rezerv* olarak tanımlanır. Maden endüstrisinde mineral veya maden rezervi, cevher rezervi ve üretilebilir veya işletilebilir rezerv gibi farklı terimler kullanılmaktadır. Bir maden yatağının ekonomik değerlendirilme-

si, verilen ekonomik ve teknik faktörler altında üretilebilir kaynağın kalite ve miktarına göre yapılır. Üretilebilir kaynağın kalitesi ve miktarı da maden rezervi veya üretilebilir rezerv olarak tanımlanır, Bu makalenin yazarları, ekonomik değerlendirme noktasında, üretilebilir rezerv terimini tercih etmektedirler.,

Maden işletmeciliğinde gelir veya kâr, teknik ve yasal faktörlerle sık sık değişebilen üretim maliyetleri, ve satış fiyatlarının bir fonksiyonu olarak, tanımlanır. Bunun sonucu olarak da üretilebilir rezerv miktarı da dinamik bir yapı sunar. Bundan dolayı ekonomik (kârlı) bir maden yatağı zaman içerisinde ekonomik olmayan hale veya ekonomik olmayan bir maden yatağı ekonomik bir hale gelebilir. Genel olarak,, jeolojik hammadde, maden kaynağı,, maden rezervi ve üretilebilir rezerv arasında aşağıdaki şekilde kütleli olarak ilişki vardır.

$$R_m > M_s > |V| > Q_m$$

R_m : Jeolojik hammadde

M_s : Maden kaynağı

M_r : Maden rezervi

Q_m : Üretilebilir rezerv

Çizelge 2. Farklı mineral tanımları

Table 2. Different terms for mineral

Terim	Tanımlama	Örnek
Cevher	Metal içeren mineraller	Kalkopirit, galen, manyetit, vb.
Endüstriyel Mineral	Süstaşları ve yakıt mineralleri hariç metal içermeyen mineraller	Barit, stronsiyum, asbest, talk, kum, çakıl, perlit, vb.
Süs taşları	Süs ve ziynet eşyası olarak kullanılan mineraller	Agat, beril (firuze, zümrüt vs.) elmas vb.
Enerji mineralleri	Biyolojik kökenli ve jeolojik etkiye maruz kalmış mineraller	Kömür, ham petrol, vb.

Satılabilir Rezerv

Üretilbilir tanımından sonra *satılabilir rezerv*? terimi de **tanımlanmalıdır**. Çünkü herhangi bir madenden elde edilir. Satılabilir rezerv miktarı üretim kayıpları yüzünden üretilbilir rezervden her zaman daha küçüktür. Bu nedenle, aşağıdaki ifade ile satılabilir rezerv tanımlanabilir.

$$Q_s = Q_m - L_p$$

Q_s : Satılabilir rezerv

Q_m : Üretilbilir rezerv

L_p : Üretim, kayıpları

Hasançelebi Demir Yatağı Rezerv Sınıflaması

Yukarıda, söylenen rezerv ve kaynak tanımlamalarına Hasançelebi demir yatağı çok iyi bir örnek oluşturmaktadır. Hasançelebi bölgesinde ilk arama çalışmaları 1961 'de başlamış ve 1974Me tamamlan-

mış. Bu çalışmalarda 147 karotlu sondaj yapılmış ve toplamı 46321 m. delinmiştir. Karot verimi %79,9 olarak kabul edilmiştir (MTA, 1975). Bütün karot örneklerinin manyetit analizleri "Davis tüpü" ile yapılmıştır. Arama çalışmalarını takiben farklı uzman grupları farklı zamanlarda cevher yatağının kalitesini ve miktarını hesaplamışlardır. MTA uzmanları hesaplamalarını 1975'de tamamlamış, eski Sovyetler Birliği uzmanları 1980'de benzer hesaplamaları tekrar yapmışlardır (Anonymous 1980). En son olarak demir cevherinin kalite ve miktarı 1999'da yeniden değerlendirme çalışması kapsamında hesaplanmıştır (Önal ve diğ., 1999). Bu hesaplamalardan elde edilen sonuçlar alt bölümler olarak sunulmaktadır.

MTA sonuçları

MTA uzmanları bölgedeki demir cevherinin kalite ve miktarını üç farklı yöntem (zonal, kesif ve istatistiksel yöntem) kullanarak hesaplamaları. Hasançelebi demir cevheri rezervi olarak rapor edilen bu hesaplama sonuçları Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Zonal yöntem rezerv hesaplama sonuçları

Table 3. Results of zone method reserve calculation

REZERV	ZONLAR			
	A	B	C	D
Tonaj	258.960.000	342.843.000	420.951.000	392.060.000
Ort.Tenör (%Fe ₃ O ₄)	31,54	18,89	9,29	2,91
Kümülatif Tonaj	258.960.000	601.802.000	1.072.753.000	1.414.813.000
Ort.Tenör (%Fe ₃ O ₄)	31,54	24,34	18,15	13,92

Zonal yöntemle rezervi hesaplamak için cevherli alan dört bölgeye bölünmüş. Her bir bölge için kesitler çizilmiş, her bir bölgenin alanları ve ortalama tenörleri hesaplanmış ve sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Poligon ve istatistiksel yöntem sonuçları üç farklı limit tenör için verilmiştir (Çizelge 4). Bu ölç-

yöntem, arasında İstatistiksel yöntemin sonuçları en büyük tonajı ve en yüksek ortalama tenör değerini vermiştir. Bütün bu hesaplamalarda ekonomik ve teknolojik faktörler gözönüne alınmamış, sadece bölgede mevcut olan manyetit minerali dikkate alınmıştır.

Çizelge 4. Poligon ve istatistiksel yöntem sonuçları

Table 4. Results of polygon and statistical methods

Yöntem.	Limit Tenöy		Limit Tenör		limit Tenor	
	%0		%5		%10	
	Tonaj	(%Fe ₃ O ₄)	Tonaj	(%Fe ₃ O ₄)'	Tonaj	(%Fe ₃ O ₄)
Poligon	1.404.170.000	13,84	1.009.382.000	18,53	737.617.000	22,60
İstatistiksel	1423.292.000	15,21	1.071.935.000	19,38	798.825.000	23,44

Eski Sovyetler Birliği sonuçları

Eski Sovyetler Birliği uzmanları cevher kütlesinin plan kesitlerini hazırlamışlar v eher bir plan. üzerinde tenör haritası çizmişler,. Her bir konturun alanı planimetre kullanılarak tespit edilmiş. Rezervler, Sovyet Rezerv sınıflama sistemine göre C1 ve C2 olarak iki grupta sınıflandırılmıştır. C1, 1080 in..

kotunun üzerindeki rezervi temsil ederken, C2, 1080 ile 8üünü. kofları arasındaki rezervi temsil etmektedir. Daha sonra örtü-kazı oranı 10:1 kabul edilerek kesitler üzerinde açık işletme nihai sınırları çizilmiş, ocak içinde ve dışındaki cevher miktarları ve ortalama tenörler Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Eski Sovyetler Birliği ekibinin rezerv hesaplaması

Table 5, Resent calculation of USSR team

	Açık işletme sınırı içinde			Açık işletme sınırı dışında	
	Limit Tenör	Miktar (Ton)	Tenör (%Fe ₃ O ₄)	Miktar (Ton)	Tenör (%Fe ₃ O ₄)
C1	%5	937.906.000	16,4	430.689.000	14,5
	%10	702.016.000	19,4	279.532.000	18,2
C2	%5	983351	15,9	243	2,5
	%10	712920	19,1	-	-
TOPLAM		(Jeolojik rezerv) 2.352.189.000		15,84	
		(Üretilbilir rezerv) 1.921.297.000		16,14	

Çizelge 5'te görüldüğü gibi, %5 limit tenör baz alınarak ortalama % 15,84 Fe₃O₄ manyetit tenörlü 2,352,189,000 ton cevher varlığı saptanmıştır.

Sovyet uzmanlarının iki sonucu vardır. Birincisi, yeraltındaki manyetit varlığına bağlı rezerv., ikincisi; örtü-kazı oranının 10:1 kabulüyle işletme nihai

sınırına göre hesaplanmış rezerv. Ancak burada da ekonomik ve teknolojik kriterler çok fazla göz önüne alınmamıştır.

1999'da Yapılan Hesaplama Sonuçları

Daha önce, kalite ve miktar hesaplamaları çoğunlukla klasik, el yöntemleriyle yapılmıştır.. El yön-

temlerinin eksikliği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle Hasacelebi demir yatağının kalite ve miktarını hesaplamak için bilgisayar yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla bölgenin bir blok modeli oluşturulmuş, daha sonra, her bir bloğa, poligon, mesafenin tersi ve jeoistatistiksel yöntemler uygulanarak manyetit tenru atanmıştır. Bundan

sonra, herbir bloğun tonajı hesaplanmış, sonuçlar tenör gruplarına göre sınıflandırılarak izelge 6'daki gibi hazırlanmıştır. Burada jeolojik rezerv, mineral kaynağı kavramı ile aynı anlamı ifade etmektedir.,

Çizelge 6, Demir cevherinin tonaj ve ortalama tenör tablosu

Table 6, Tabulated iron ore tonnages and average grades

Tenör Grupları (%Fe ₃ O ₄)	Y  n t e m					
	Poligon		Mesafenin Tersi		Jeoistatistik	
	Ton	%Fe ₃ O ₄	Ton	%Fe ₃ O ₄	Ton	%Fe ₃ O ₄
40<	56,127,970	47.25	21,544,060	44.68	6,339,100	44.81
35<	106,075,000	42.66	60,350,760	40.17	38,853,000	38.66
30<	188,811,560	37.94	120,883,240	36.08	100,799,700	34.53
25<	358,089,580	32.85	270,167,120	31.15	294,178,800	29.62
20<	622,547,380	28.42	550,246,080	26.62	685,243,700	25.32
15<	941,646,410	24.74	953,749,850	22.73	1,323,870,700	21.48
10<	1,377,020,360	20.88	1,493,883,450	19.03	2,178,958,000	17.95
5<	2,580,836,000	13.43	2,606,362,000	13.19	3,236,674,000	14.18

Çizelge 6'da grldğu gibi, her bir yöntemin sonuçları birbirinden farklıdır., Jeolojik, rezervin hesaplanmasından sonra, ekonomik faktörler gözönüne alınarak, limit tenor hesaplanmıştır. Bu limit tenor temeline dayanarak ve teknik faktörler dikkate alınarak, Lerchs-Grossman (1965) Graf yöntemi kullanılarak açık ocak nihai sınır analizi yapılmıştır. Bu analizlerin sonucu göstermiştir ki; güncel ekonomik, teknolojik ve belli kabuller altında belli bir krla bölgede retilabilir rezerv miktarı ortalama %23.19 Fe₃O₄ tenörlü 94 milyon ton manyetit cevheri olduğu hesaplanmıştır. Bu rakam, jeolojik rezerv miktarından çok kktr.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu alışma çerçevesinde yerbilimlerinde kullanılan, hammadde., doğal kaynak., maden, mineral., endüstriyel mineral, enerji madenleri veya mineralleri, sustası, cevher, kaynak., rezerv, jeolojik rezerv., üretilbilir rezerv ve satılabilir rezerv gibi kavramların bazı kriterlere göre tanımları örnekler verilerek yapılmıştır. Yukarıda belirtilen, kavramların tanımlamalarının daha yaygın ve ulusal olabilmesi için değişik disiplinlerden uzmanların oluşturduğu bir komite ve grubun oluşturulması bu yazının yazarları tarafından önerilmektedir. Yukarıda sözü edilen

kavramlara Hasacelebi demir yatağı iyi bir örnek teŐkil etmektedir.

Hasacelebi demir yatağı, Türkiye'nin çok Şey beklediği bir demir kaynağıdır.. Bölge, 1961 yılından beri araŐtırılmaktadır ve maden yatağının arama ve değerlendirmesini içeren bir çok çalışma yapılmıştır. Arama safhasından sonra, demir cevherinin, kalite ve miktarı, hesaplanmış ve farklı tarihlerde rapor edilmiŐtır.. Genel olarak her bir rapor farklı sonuç göstermiŐ, fakat hepsi de cevher rezervi terimi kullanmıŐtır. Bu hesaplama sonuçlarının rakamları çok yüksek olmasına rağmen, maden yatağı Őu ana kadar fizibil olarak gözönüne alınmamıştır. 1999'da yapılan çalışmada, "jeolojik rezerv" ve "işletilebilir rezerv" adlı iki farklı terim kullanılmıştır. Jeolojik rezerv,, blok modeldeki demir mineralinin kalitesini ve miktarını temsil ederken,, işletilebilir rezerv, nihai sınır içerisinde kalan ekonomik, teknik ve yasal faktörler gözönüne alınarak kârlı bir Şekilde çıkarılabilecek cevherin kalite ve miktarını temsil etmektedir..

Yapılan son çalışma aynı zamanda Hasacelebi maden yatağının veya bir kısmının farklı zaman dönemlerinde kârlı olabileceğini göstermiştir. Bu durum, zaman ve cevher arasındaki ilişki hakkında Grimley (1993)'in ortaya koyduğu durum ile uyum gösterdiği anlaŐılmıŐtır..

Kaynaklar

- Anonymous, 1980, Ore mining and processing complex, at Hasacelebi (Turkey) feasibility study: volume 1,, economic on consruction and operation of the complex, USSR State Union Institute for Designing Mining Enterprises, Leningrad.
- Caner, G., 1983, Maden Ekonomisi, MTA Yayınları,, Eğitim Serisi, No:27, Ankara, 206s.
- Evans, A.M., 1988,, Ore geology and industrial pratctices, resources and reserves symposium,, AIMM, Sydney Branch,
- JMM, 1995,, Dfinition of terms for reporting assets-summary of the working party on the definitions of ore and reserve of the institution of mining and metallurgy. Mining Magazine» April.
- Lerchs, EL, and Grossman, IF., 1965, Optimum Design of Open Pit Mines; CIM Bulletin .58, January, 47-54.
- MTA, 1975,, Hasacelebi demir madeni maden işletme, zenginleştirme ve peletleme tesisleri n fizibilite etd, rezerv hesaplan, cilt 2, Ankara,
- nal, G., Demirci, A., Elevli, B. ve dig., 1999, Revaluation of Hasacelebi-Turkey iron ore deposit, final report, ITU development foundation Research and Development Office Istanbul.
- Tercan,, A.E., ve Sara, C, 1988, Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler, TMMOB Jeoloji Mh. Odası Yayını, No: 48, 137s.
- USBM, 1967, A dictionary of mining, mineral and related terms U.S. Department of the interior.
- Webster (Editorial staff) and Gove, P.B. (Ed.), 1986, Webster's Third Mew International Dictionary, The Marriam-Springfield, Massachusetts, U.S.A.
- Wober H.H. ve Morgan, P.J., 1993, Classification of ore reserves based on geostatistical and economic parameters,. CIM bulletin.
- Yüksek, S., ve Elevli, B., 1998,, Kaynak/Rezerv Sınıflandırmalarının karŐılaŐtırması ve standartizasyon için yaklaŐımlar, Yerbilimleri/Geosound, sayı: 33, 163-174,.