

Zonguldak ve Çevresindeki Yeraltısularının İzotop Hidrolojisi İncelemesi Isotop Hydrology Investigation of Zonguldak and Province Groundwaters

Barbaros ERDURAN*, Koray TÖRK", Gfirkan ÖKTÜ*

MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi 06520, Ankara

*MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi 06520, Ankara

ÖZ-

Zonguldak, ve çevresinde Türkiye'nin en önemli taşkömürü yatakları yer almaktadır. Westfaliyen (Karbonifer) de oluşmuş bu kömürlü seviyeler, altta Viziyen (Karbonifer) yaşlı karsifk kireçtaşlan, üste ise yine karstik özellikte olan Apsiyen - Barremiyen (Kretase) yaşlı .kireçtaşlan ile çevrilidir,

Bölgede yürütölen karst hidrojeolojisine yönelik çalışmanın bir parçası olan izotop hidrolojisi,, Zonguldak kömür madeni sahalarında kömürlü birimlerle jeolojik olarak dokanak halinde bulunan karstik kireçtaşlanının yeraltısuyu açısından ilişkilerinin araştırılmasına yönelik yapılmıştır.

Yüzey ve yeraltısularından 1994-1995 yıllarında izotop analizi amacıyla örnekleme çalışmaları yürütölmüştür. Toplanan örneklerde Döteryum (^2H), Oksijen -18 (**18O**) ve Tritiyum (^3H) analizleri yapılmıştır..

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile beslenme kotu-alani, suların kökeni ve sistemdeki geçiş süreleri konularında saptamalar yapılmıştır. Suların denizel kökenli yağışlardan beslendiği, beslenmenin 400-500 metre kot aralığından olduğu ve ayrıca suların sığ ve derin dolaşım olmak üzere iki farklı dolaşım, sistemine sahip oldukları belirlenmiştir. Kömür madeni galerilerine gelen yeraltısularının geçiş süresinin kısa olduğu ve mevsimsel yağışlardan beslendiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: İzotop, Zonguldak, Yeraltısuyu, Taş kömürü

ABSTRACT

The most important coal area of Turkey is situated in Zonguldak and province. The coal series occurred during Westfalien (Carboniferous) are lower-bounded by Visean aged karstic limestones and upper-bounded by Aptian-Barremian aged karstic limestones..

The isotope hydrology, which consists one of the studies dealt with karst hydrogeology, was held to determine the groundwater relations between the karstic limestones adjacent to the coal layers located in the Zonguldak coal mine areas.

Environmental isotope samples were collected in the basin during 1994 - 1995 period, from the surface and groundwaters. Deuterium (^2H), Oxigene -18. (^{18}O) and Tritium (^3H) analysis were carried out on the samples,.

Recharge elevation, water origin and transit time of the groundwater system were determined with the evaluation of the analysis results. Waters encountered in the area are of marine originated rainfall, recharging at an elevation of 400-500 meters and consisting of shallow and deep circulation systems. Groundwater intruding the coal mine galleries, have a short flow period and are recharged from recent precipitations.

Key words: Isotope, Zonguldak Groundwater,, Hardcoal

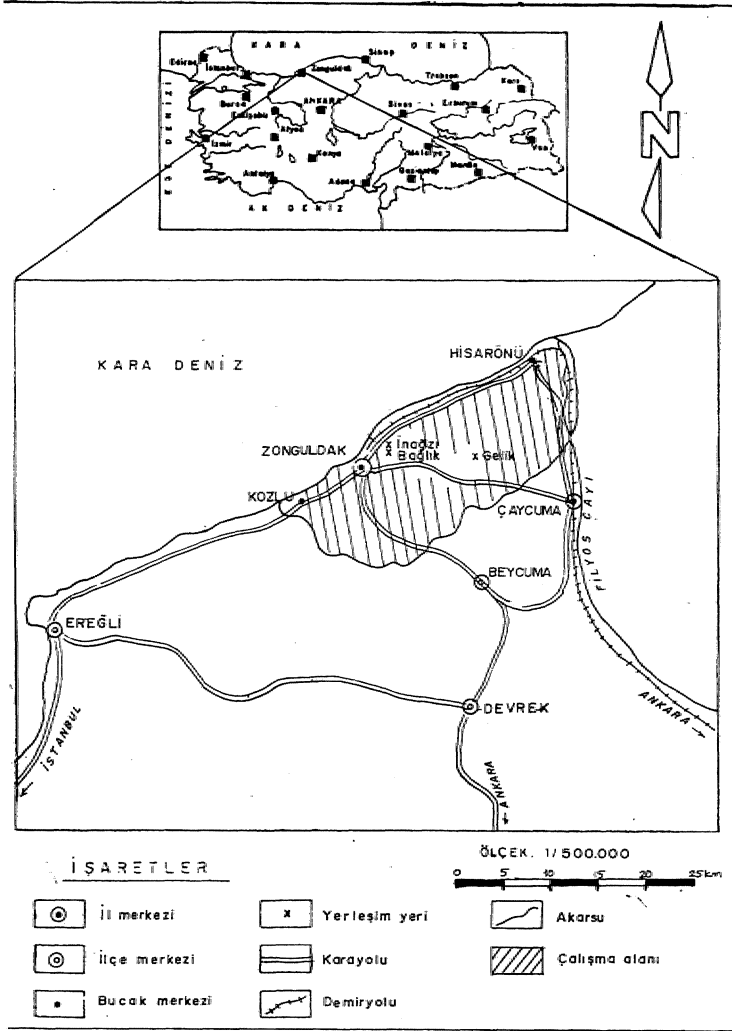
GİRİŞ

Zonguldak ve çevresinde Türkiye'nin en önemli taşkömürü, yatakları yer almaktadır. Karbonifer'in Westfaliyen, katında oluşmuş bu kömürlü seviyelerin altında yine Karbonifer'in Viziyen katında oluşmuş dolomitik kireçtaşları ile, üzerinde Kretase'nin Apsiyen ve Barramiyen katlarında oluşmuş karstik kireçtaşları bulunmaktadır. Bu karstik kireç-

taşlarının içerdiği yeraltısularının kömür işletmeleri sırasında açılacak, galerilere gelme olasılıkları bulunmaktadır. Dolayısıyla yer altı işletmeciliğini bu şekilde tehdit eden hidrojeolojik olayların önceden bilinmesi ve soruna uygun çözüm yollarının bulunması ve kömür üretiminin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesine katkıda bulunmak, çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Sahaya Ait Genel Bilgiler

İnceleme alanı coğrafik olarak Türkiye'nin kuzeyinde Batı Karadeniz bölgesinde yer alır.



Çalışmalar Zonguldak ve yakın dolayım kapsayacak şekilde toplam 312 .km² İrk bir alanda yürütülmüştür (Şekil. 1). Bölgenin en önemli yükselteleri Asartepe (847m), Kızılıkkıran Tepe (845 m), Yayla Tepe (676 m), Kurtkapanı Tepe (704 m) ve Göldağ (771 m) du.

İnceleme alanında karst kaynaklarından beslenen dereler dışında sürekli akıma sahip akarsu bulunmamaktadır. Bölgede Karadeniz'e özgü bol yağışlı iklim tipi hüküm sürer. Zonguldak meteoroloji istasyonunda ölçülen yıllık ortalama yağış 1220 mm dolayındadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.4 °C dir. Aylık ortalamalar, soğuk aylarda (Ocak ve Şubat) 6 °C, sıcak aylarda (Temmuz ve Ağustos) 21.6°C dolayında bulunmaktadır. Hakim rüzgar yönü kuzey-kuzey batı olup en yüksek hız 2,3 m/s dir.,

Şekil 1. İnceleme alanının yer buldurular haritası

Figure 1. Site location map for the exploration area.

JEOLOJİ

İnceleme alanında Paleozoyik-Kuvaterner yaş aralığında değişik litoloji birimleri yer almaktadır (Şekil 2). Bunlardan aşağıda kısaca bahsedilecektir.

Paleozoyik

Hamzafakih, Kokaksu, Alacağzı, Kozlu ve Karadon Formasyonları ile temsil edilir. Hamzafakih Formasyonu kuvarsit ve mikro konglomera litolojisi ile havzanın temelini oluşturur. Üzerine kalınlığı 1000 metreyi geçen dolomitik kireçtaşlarından oluşan Kokaksu Formasyonu gelir., Ortamda karasalaşına sürecinin ilk belirtilerini gösteren kumlaşı, kiltası, silttaşı araldanmasmdan oluşan istif Alacağzı Formasyonu olarak adlandırılır. Zonguldak taşkömürü havzasının işletilebilir nitelikte 20 adet kömür daman içeren, kiltası, silttaşı, kumtaşı, konglomera,, kömür araldanmasmdan oluşan Kozlu Formasyonunun kalınlığı 800-850 m arasında değişmektedir... Fasiyes özellikleri bakımından Kozlu Formasyonunun devamı niteliğindeki istif havzada Karadon formasyonu adı verilmektedir (Yergök vd., 1987a)...

Mesozoyik

inceleme alanındaki Mesozoyik* Alt-Üst Kretase ile temsil edilmiştir., Alt Kretase'deki kireçtaşı filiş çökelimini,, Üst Kretase'deki volkanizmanm ürünü kayalar Özerler. Zonguldak Formasyonu Karboniferi diskordan olarak örten karstik kireçtaşlarından oluşur. Formasyon karstik özellikler gösteren mağaralar dolinler ve su yutanlardan oluşur. Bunun üzerine kiltası, kumlu ve killi kireçtaşı litolojisi ile İncüvez Formasyonu gelir. Kapuz formasyonu yine karstik kireçtaşları ile temsil edilir ve ileri derecede karstlaşmıştır. Bu birim üzerine

filiş çökelimini karakterize eden kayalarla birlikte Üst Kretasede volkanizmanm ürünü kayalar örter (Yergök vd., 1987a),

Senozoyik

Yahyalar Formasyonu ve alüvyon ile temsil edilir. Yahyalar Formasyonu'nda hakim litoloji killi kireçtaşıdır. Alüvyon genelde çökme için uygun koşulların olduğu düzlüklerde silt boyutundan çakıl boyutuna kadar olan malzemenin depolanmasıyla oluşur (Yergök vd., 1987b).

Yapısal Jeoloji ve Paleocoğrafik Evrim

Zonguldak taşkömürü havzası günümüze kadar Hersiniyen ve Alpin olmak üzere başlıca iki büyük, orojenezin etkisi altında kalmıştır. Paleozoyik formasyonlarda birincil deformasyonu, Kretase öncesinin en büyük orojenik hareketi olan Hersiniyen orojenezini oluşturmuştur. Kretase oluşumlarının çökeli minden sonra ise Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı formasyonlar, Alpin orojenezinin etkisiyle ikinci bir deformasyona uğramışlar¹ ve güncel görünümümüz kazanmışlardır, İnceleme alanında jeolojik zaman içerisinde meydana gelen bu orojenik hareketler kayaçların kıvrılmalanna ve kırılmalarına neden olmuş,, genellikle Karadeniz'in kıyı çizgisine paralel doğu-bah doğrultulu tektonik yapılar oluşmuştur (Şengör vd., 1981).

Havzada Viziyen sonunda, deniz çekilmeye başlamış, sığlaşma karasal ortama uygun hale gelmiştir., Namuriyen'de karasal çökelim sonucu bitkiler bollaşmış, kömür damarları olunmuştur., Delta ortamını karakterize eden.. akarsu sistemlerinin ege men olduğu ve bu akarsuların taşkın evrelerinde gelişen bataklıklarda bitki gelişimi sonucu yine kömür damarları meydana gelmiştir. Bu sırada kömür damarları içeren Kozlu

ve Karadon Formasyonları çökelmiştir. Westfaliyen sonlarına doğru havzanın batısı yükselerek kara haline gelmiş ve aşınma dönemi başlamıştır. Bölge Alt Kretase'den itibaren deniz istilasına uğramış bu deniz bir-

kaç kez geri çekilip ilerlemesini sürdürmüştür., Üst Kretase üzerine gelen Paleosen yaşlı Yahyalar Formasyonu, güney alanlarındaki Neotetisin kapanması sırasında meydana gelen ara havzaların ürünüdür.,

| ZAMAN | DEVİR | KAT | KALINLIK (m) | SİMGE | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR | | | |
|-----------|---------------------|----------------|--------------|--------------|----------|---------------|---|--|---|
| SENZOYİK | TEREY KUVAYER TERR. | | 10-60 | QAl | | ALÜVYON | | | |
| MESOZOYİK | KRETASE | PALEOSEN | 50-180 | Ty | | YAHYALAR FM | Killi kireçtaşı | | |
| | | MEASRİCH-TİYEN | 100-160 | Kra | | ALAPLI FM | Marn, kiltası, silttaşı, killi kç. | | |
| | | TURONİYEN | KAMPANİYEN | 100-160 | Krkz | | KAZPINAR FM | Andezit, tüf, marn | |
| | | | | 100-200 | Kri | | İKSE FM | Killi kireçtaşı, kumtaşı, marn, tüfit | |
| | | | | 100-200 | Krd | | DİNLENCE FM | Aglomera, tüf, marn, kumtaşı | |
| | | | | 350 | Krb | | BAŞKÖY FM | Marn, killi kç., kumtaşı | |
| | | | | 0-500 | Krg | | GÖKÇETEPE FM | Eksfoliasyonlu kumtaşı, kiltası, mikrokonglomera | |
| | | | | 250 | Krc | | CEMALLER FM | Kumtaşı, kiltası, silttaşı, konglomera | |
| | | SENOMANI-YEN | 0-400 | Krt | | TASMACA FM | Marn, kumtaşı, kiltası | | |
| | | ALBİYEN | 500 | Krs | | SAPCA FM | Glokonili kumtaşı, kiltası, marn | | |
| | | | 70 | Krh | | HİMMETOĞLU FM | Kumtaşı, kiltası | | |
| | | APSIYEN | 250 | Krv | | VELİBEY FM | Kumtaşı | | |
| | | | 700 | Krk | | KIRIMSA FM | Kumtaşı, karbonatlı kumtaşı, kiltası, killi kç. | | |
| | | | 250-375 | JKrk | | KAPUZ FM | Kireçtaşı | | |
| | | | 50-150 | JKri | | İNCÜVEZ FM | Kumtaşı, konglomera, kiltası, kumlu kireçtaşı | | |
| | | BARREMİYEN | 350 | JKrz | | ZONGULDAK FM | Kireçtaşı, kumtaşı, kiltası, kumlu kireçtaşı | | |
| | | PALEOZOYİK | KARBONİFER | WESTFALI-YEN | 350-350 | Kka | | KARADON FM | Konglomera, kumtaşı, kiltası, silttaşı, kömür |
| | | | | | 100-200 | Kk | | KOZLU FM | Konglomera, kumtaşı, kiltası, silttaşı, kömür |
| NAMURİYEN | 300/04700- | | | Ka | | ALACAAĞZI FM | Kumtaşı, kiltası, silttaşı, kömür | | |
| VİZİYEN | 1500 | | | Dkk | | KOKAKSU FM | Dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı | | |
| SİLÜR | | | | Sh | | HAMZAFAKILI | Kuarsit, mikrokonglomera | | |

Şekil 2. İnceleme alanındaki stratigrafi dikme kesiti (Özler vd., 1992)

Figure 2. Stratigraphical section of the exploration area (Özler et al., 1992)

HİDROJEOLOJİ

İnceleme alanında bulunan birimler su taşıma özelliklerine göre geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere sınıflandırılmışlardır (Öktü, vd., 1996).

Geçirimsiz Birimler

Çalışma sahasının orta kesimlerinde geniş bir alanda yüzeylenen Paleozoyik yaşlı killi siltli kömürlü birimler geçirimsizdir. Bunun Ayanında Üst Barremiyen-Alt Apsiyen yaşlı İncüvez Formasyonu da geçirimsiz özelliktedir., Üst Kretase yaşlı Fliş karakterinde kumtaşı, kiltası, marn, silttaşı şeklinde çökelen birimlerinde yapılan saha gözlemleri ile geçirimsiz özellikte olduğu, saptanmıştır.,

Geçirimli Birimler

İnceleme: alanında karstlaşmış üç birim bulunmaktadır., Bunlar;

- Viziyen yaşlı dolomitik kireçtaşları,
- Barremiyen yaşlı alt seviyeleri dolomitik kireçtaşları,
- Apsiyen yaşlı kireçtaşlarıdır.

Yukarda bahsedilen her üç birimde inceleme alanının geçirimli ve aynı zamanda akifer özellikteki birimleridir. Bu kayaçların karşılaşmasına neden olan olayların başında tektonizma ve litolojik yapı gelmektedir., Bu birimlerde görülen karstik yapılar genellikle fay ve kırıkların kesiştikleri ve litolojinin değiştiği noktalarda gelişmiştir. Aşağıda bu birimler hakkında kısaca bilgi verilecektir (Erduran, 1997).

- Viziyen yaşlı dolomitik kireçtaşları

İnceleme alanının güneyinde doğu-batı yönünde uzanım gösteren sparitik ve

dolomitik dokudaki kireçtaşları iyi derecede karstlaşmış durumdadır. Tektonik hatlara ve dokusal özelliklere bağlı olarak karstlaşmanın geliştiği Viziyen kireçtaşlarından, ortalama verdileri 50 l/s olan kaynak boşalıkları belirlenmiştir. Birim yüzeyinde önemli karstik yapılar gelişmiştir. Kokaksu Formasyonunda paleokarstlaşma oldukça önemlidir. Viziyen sonunda başlayan karstlaşma süreci ile oluşan paleokarstik çukurluklarda boksit oluşumlarının gözlenmesi bunun göstergesidir.

- Barremiyen yaşlı alt seviyeleri dolomitik kireçtaşları

Dolomitik ve kumlu kireçtaşı şeklinde arazide gözlenen bu birim Karbonifer yaşlı kömürlü birimlerle sınır oluşturması açısından oldukça önemlidir.. Arazide orta derecede karstlaşmış olarak gözlemlenen bu birimin yüzeyde boşalımı gözlenmez., Galerilere gelen suyun büyük bir bölümünde bu birim içerisinden gelmektedir. Sondaj! kuyularından alman jeofizik loglarında Barremiyen kireçtaşlarından Karbonifer'e giriş zonlarında önemli boşluk ve çatlak anomalileri elde edilmiştir.

- Apsiyen yaşlı kireçtaşları

Yer yer masif görünümlü yer yer de tabakalı olarak gözlenen birim havzada bulunan kireçtaşları arasında en yoğun karstlaşmayı göstermektedir., Bunun en önemli nedeni kireçtaşlarının oldukça saf bir dokuya sahip olmasıdır. Kızılelma mağarası-Cumayanı karst "kaynağı sistemi bu birimde gelişmiş en önemli karstik yapıdır.,

Yukarda bahsedilen bu üç birim dışında, bu çalışmanın amacı açısından bir öneme sahip olmayan alüvyon da hidrojeolojik açıdan geçirimli sayılabilecek birimlerdenidir.

Su Kimyası Çalışmaları

İnceleme alanında karstik akiferlerin hidrojeokimyasal karakterlerinin incelenmesi amacıyla su noktalarını tümünde yerinde ölçüm yapılmış, analiz için örnekler alınmış, suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 1) r örneklerde oluşabilecek kimyasal reaksiyonların durdurulabilmesi amacıyla Standart methods'da belirtilen koruyucu maddeler kullanılmıştır (APHA-AWWA-WPCF, 1981). İnceleme

alanında bulunan suların kalsiyum-magnezyumlu, karbonat-bikarbonatlı tipik karst suları oldukları görülür. Karstik kireçtaşlarından boşalan suların büyük çoğunluğunun kalsiyum-magnezyum karbonatlı olması doğaldır. GeIik-260 ve Çatalağzı-360 kotlarından alınan örneklerdeki magnezyum içeriğinin farklı değerlerde olması derinlik ile ilgilidir. Bunun yamsıra Apsiyen yaşlı kireçtaşlarından çıkan sularda oldukça düşük magnezyum değeri görülmektedir.

Çizelge 1. İnceleme alanında 1994 yılı yağışlı dönem, alınan su örneklerindeki laboratuvar analizleri (değerler mg/l cinsindedir)

Table L Hydrochemical analysis of samples collected during the imi season, 1994, in the study area.

| Lokasyon No | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Na ⁺² | K ⁺¹ | HCO ₃ ⁻¹ | CO ₃ ⁻² | SO ₄ ⁻² | Cl ⁻¹ | pH | EC (µs/cm) |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-----|------------|
| 2 | 65 | 8 | 3 | 0,5 | 195 | 9 | 9 | 8 | 7,5 | 212 |
| 6 | 80 | 5 | 6 | 0,8 | 214 | 9 | 20 | 10 | 7,8 | 259 |
| 7 | 63 | 3 | 6 | 0,8 | 177 | 9 | 14 | 15 | 7,8 | 219 |
| 8 | 110 | 6 | 13 | | 207 | 9 | 38 | 22 | 8,1 | 309 |
| 15 | 85 | 5 | 8 | 0,6 | 244 | 9 | 11 | 11 | 7,7 | 261 |
| 24 | 68 | 8 | 5 | 0,6 | 195 | 9 | 9 | 9 | 8,1 | 210 |
| 27 | 56 | 3 | 5 | 0,8 | 159 | 9 | 9 | 9 | 8,1 | 195 |
| 32 | 350 | 100 | 9 | 2 | 176 | 9 | 1200 | 10 | 7,6 | 1315 |
| 33 | 98 | 20 | 4 | 0,8 | 195 | 9 | 125 | 9 | 7,8 | 376 |
| 51a | 95 | 36 | 85 | 2,4 | 305 | 9 | 50 | 166 | 7,7 | 907 |
| 51b | 92 | 35 | 82 | 2,5 | 299 | 9 | 114 | 147 | 7,8 | 703 |
| 52 | 78 | 26 | 30 | 2,4 | 281 | 9 | 120 | 10 | 7,9 | 434 |
| 53 | 2 | 1 | 550 | 2,3 | 1318 | 30 | 4 | 1,4 | 8,6 | 1371 |

Karstik Taban Aldfer (KTA)

Viziyeo yaşlı karstik karbonatlı kayaçlarla oluşturduğu. KTA'yı boşaltan başlıca kaynaklar Büyük mağara dere ve Kokaksu kaynağıdır. Kaynak başında yapılan sıcaklık ölçümlerinde değerin 15,3 °C dolayında olduğu ve yıl içinde fazla bir değişim göster-

mediği saptanmıştır. Küçük hazneli akiferleri boşaltan kaynak sularının sıcaklık değerlerinin, yağışın hızla iletilmesinden dolayı daha düzensiz bir değişim gösterdikleri bilinmektedir.

Çözünmüş madde miktarının bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik değeri ortala-

ma 400 ps/cm olarak ölçülmüştür. Yağışlı dönemlerde yağışın katkısıyla 370 ps/cm'ye kadar düşen elektriksel iletgenlik değeri kurak dönem sonlarında en yüksek değeri 410 jjs/cm'ye ulaşmaktadır. Bu durum kurak dönemlerde yağışın kesilmesi, öte yandan, buharlaşmanın artmasıyla ilgilidir. Beslenme alanında sodyum ve potasyum kaynağı olabilecek litolojiler olmadığından sudaki sodyum ve potasyum içeriği oldukça düşüktür.

Karstik Alt Akifer (KAA)

Paleozoyik kömürlü birimlerinin hemen üzerinde yer alan ve galerilere gelebilecek potansiyel su miktarı açısından büyük önemi olan Barremiyen yaşlı karstik kireçtaşlarının yüzeyden boşalımı gözlenmektedir. Gelik -260 ve Çatalağzı -360 lokasyonlarında yapılan, ölçümlerde kurak ve yağışlı dönemlerde, Gelik-260 için 14°C, Çatalağzı-360 için 20°C dolayında değişmeyen sıcaklık değerlerinin saptanması,, aynı birim içerisinden çıkan her iki boşalımın nisbeten büyük bir akiferi temsil ettiğinin göstergesidir. Yine her iki lokasyonda yapılan elektriksel iletgenlik ölçümlerinde Gelik -260 için 830 ps/cm, Çatalağzı için 1200 jjs/cm yağışlı ve kurak, dönemlerde değişmeyen değerler aldığı görülmüştür.

Karstik Üst Akifer (KÜA)

Apsiyen yaşlı karstik kireçtaşlarını boşaltan Cumayanı karst kaynağının çıkışında yapılan ölçümlerde,, kurak ve yağışlı dönemlerdeki sıcaklık değerinin 8 C ile 14 C arasında değişim göstermesi birimin nispeten daha küçük hazneli akiferden beslendi-

ğini doğrulamaktadır. Elektriksel iletgenlik 210-360 Mıs/cm arasında değişmektedir... Kaynağın doğal olarak kalsiyum ve magnezyum içeriği yüksektir.,

ÇEVRESEL İZOTOP ANALİZLERİ

Hidrodinamik yapının aydınlatılması amacıyla yüzey ve yer altında belirlenen 15 lokasyondan izotop örneği alınmıştır. Yağışlı ve kurak, dönem alınan su örneklerinde tiryum, oksijen-18 ve döteryum analizleri yapılmıştır. Analizler DSİ Ankara Esenboğa'da bulunan izotop laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasından alınan su örneklerinde izotop değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

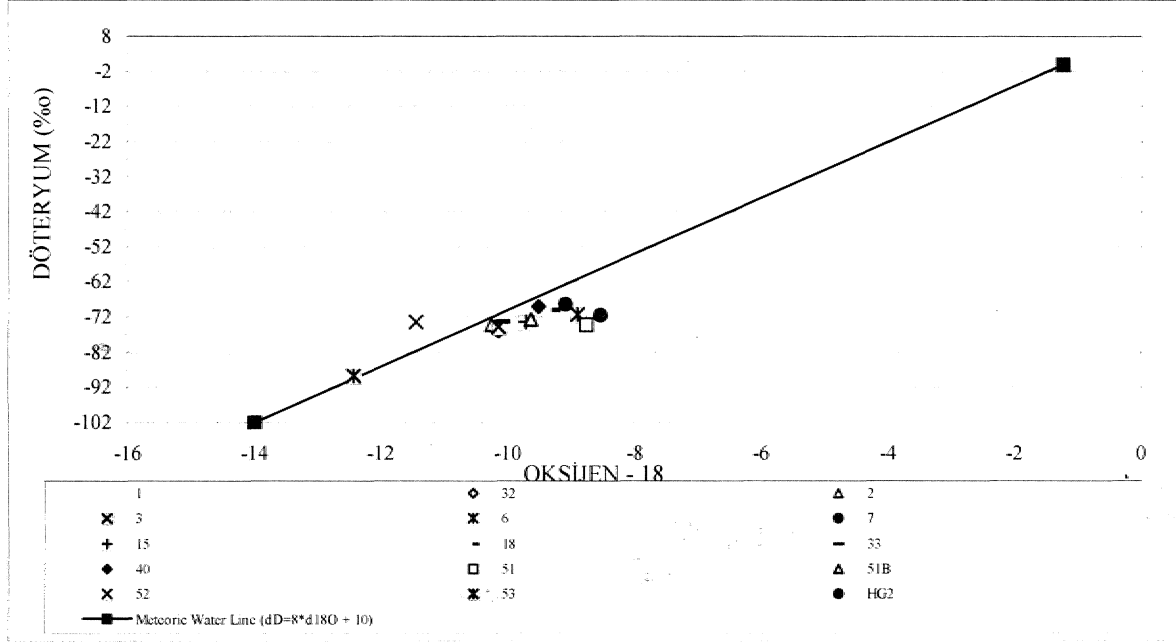
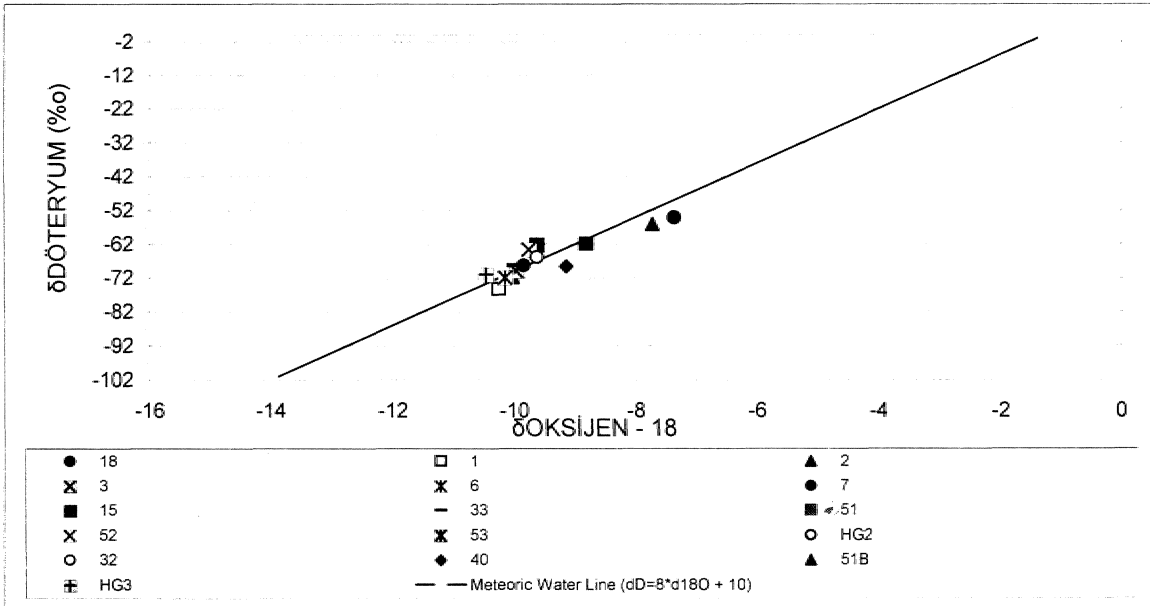
Duraylı izotoplardan döteryum ve oksijen-18 den suların olası beslenme yüksekliklerinin saptanmasında, tiryum'dan ise bağıl yaş ve geçiş sürelerinin belirlenmesi amacıyla yararlanılmıştır.

Yağışlardan alınan su örneklerinde duraylı izotoplardan oksijen-18 ve döteryum içerikleri arasında dünya yağışlarını temsil eden ilişkinin $\hat{O}D = 8 \times 8^{18}O + 10$ olduğu bilinmektedir (Yurtsever, 1978). Zonguldak ve dolayında gerçekleşen yağışların duraylı izotop içerikleri ile Dünya Meteorik Doğru J(DMD) arasındaki ilişki şekil 3 ve şekil 4 de gösterilmiştir. Duraylı izotop içeriklerinin, bağıl konumları kurak dönem için $SD = 8 \times 8^{18}O + 5$ doğrusu üzerine düşüklerini göstermektedir. Yağışlı dönem, izotop içeriklerinin bağıl konumları ise DMD üzerinde yer almaktadır.,

Çizelge 2., İnceleme alanındaki so. noktalarından alınan örneklerdeki izotop analizi sonuçları

Table 2. Isotope analysis *resuhs of the samples collected from the study area*

| KURAK DÖNEM | | | | |
|----------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Lokasyon No | Lokasyon Adı | Oksijen-18 | Döteryum | Tritiyum |
| 1 | Alman Pınarı 660m | -10,48 | -79,2 | 14,4 |
| 2 | Büyük Mağara Pınarı 320m | -10,26 | -74,18 | 17,2 |
| 3 | Aydındere 248m | -10,15 | -74,72 | 20,6 |
| 6 | Cumayanı Mağara P 32m | -8,9 | -71,33 | 17,1 |
| 7 | Cumayanı Pınarı 20 m | -9,09 | -68,33 | 17,6 |
| 15 | Kurtköy Kuyu Ağızı | -9,72 | -73,53 | 16,9 |
| 18 | Yukarı Dere 120m | -9,29 | -69,89 | 20,4 |
| 32 | Kokasu Ilıca 50m | -10,15 | -76,1 | 2,4 |
| 33 | Kokaksu 50m | -10,09 | -73,35 | 12,4 |
| 40 | Kılıçmahalle 110m | -9,52 | -69,12 | 17,9 |
| 51 | Çatalağızı -360 | -8,76 | -74,26 | 15,6 |
| 51B | Çatalağızı sıfır pas -360m | -9,64 | -72,68 | 15,5 |
| 52 | Gelik -260m | -11,45 | -73,51 | 17,9 |
| 53 | Yeni Gelik Kuyu -620m | -12,44 | -88,73 | 1,8 |
| HG2 | Kuyu 300m | -8,54 | -71,51 | 15 |
| HG3 | Kuyu 199m | | | |
| | Yağış(Zonguldak) 136m | | | |
| YAĞIŞLI DÖNEM | | | | |
| Lokasyon No | Lokasyon Adı | Oksijen-18 | Döteryum | Tritiyum |
| 1 | Alman Pınarı 660m | -10,25 | -75,09 | 14,2 |
| 2 | Büyük Mağara Pınarı 320m | -10,02 | -71,54 | 15,2 |
| 3 | Aydındere 248m | -9,97 | -69,65 | 13,2 |
| 6 | Cumayanı Mağara P 32m | -10,15 | -71,71 | 11,4 |
| 7 | Cumayanı Pınarı 20 m | -9,84 | -68,21 | 14 |
| 15 | Kurtköy Kuyu Ağızı | -9,63 | -62,01 | 18,8 |
| 18 | Yukarı Dere 120m | -7,36 | -54 | 17 |
| 32 | Kokasu Ilıca 50m | -9,62 | -65,64 | 1,7 |
| 33 | Kokaksu 50m | -10 | -68,19 | 9,7 |
| 40 | Kılıçmahalle 110m | -9,14 | -68,39 | 12,8 |
| 51 | Çatalağızı -360 | -8,81 | -61,8 | 10,6 |
| 51B | Çatalağızı sıfır pas -360m | -7,72 | -55,83 | 11 |
| 52 | Gelik -260m | -9,76 | -63,45 | 13,6 |
| 53 | Yeni Gelik Kuyu -620m | | | |
| HG2 | Kuyu 300m | | | |
| HG3 | Kuyu 199m | -10,46 | -70,81 | 10,1 |
| | Yağış(Zonguldak) 136m | | -56,18 | 12,5 |

Şekil 3. Kurak dönem $\delta^{18}\text{O}$ - δD ilişkisiFigure 3. Dry Season $\delta^{18}\text{O}$ - δD graph.Şekil 4. Yağışlı dönem $\delta^{18}\text{O}$ - δD ilişkisiFigure 4. Wet Season $\delta^{18}\text{O}$ - δD graph.

Duraylı izotoplardan döteryum ve oksijen-18 arasındaki ilişki belli yağış rejimleri için zaman içinde değişmez. BE nedenle, örneklerdeki döteryum fazlası değerleri kullanılarak farklı yağış rejimlerinin etkisi belirlenebilir. Döteryum fazlası, $D_f = 8D - 8x8^{18}O$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Çizelge 3'de Eylül-Ekim 1994 ve Nisan 1995 döteryum fazlası değerleri verilmiştir. Döteryum fazlasının yüksek değerler aldığı noktalarda denizel, kökenli yağışların görülmesine karşılık düşük değerler daha çok karasal kökenli yağışları temsil etmektedir (Kehinde, 1993). Ortalama değerler ise her iki kökenli yağışlardan beslenme ile ilgili olduğunu göstermektedir,

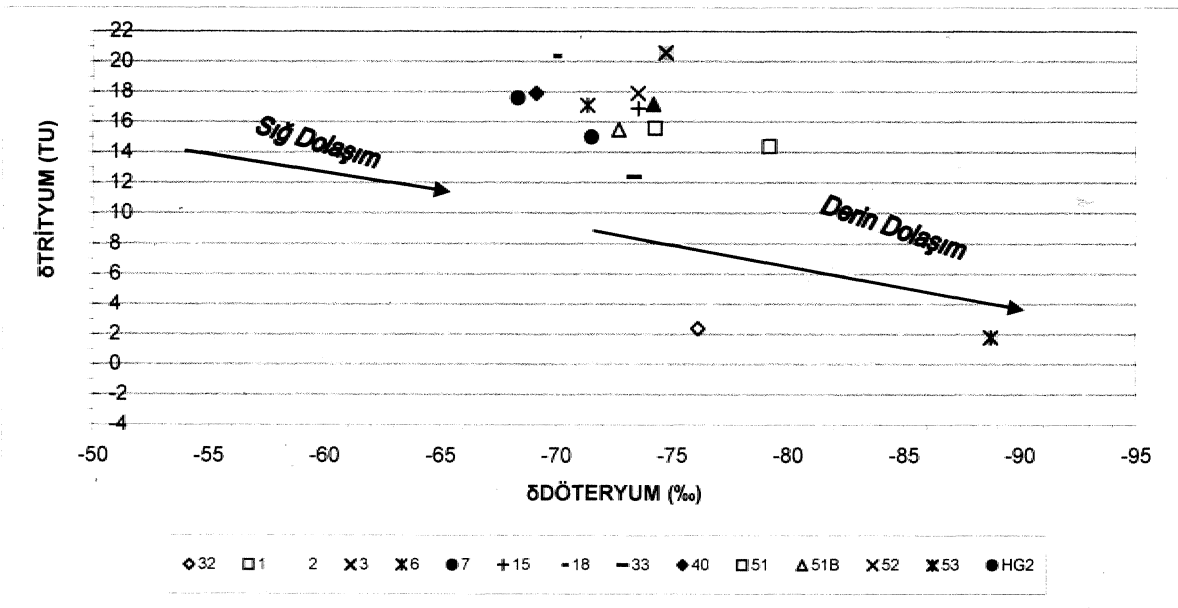
Oksijen-18 ve döteryum içerikleri, alındığında inceleme alanında bulunan suların ortalama beslenme yüksekliklerinin 400-500 metre arasında değiştiği söylenebilir.

Çizelge 3. İnceleme alanındaki döteryum fazlası değerleri

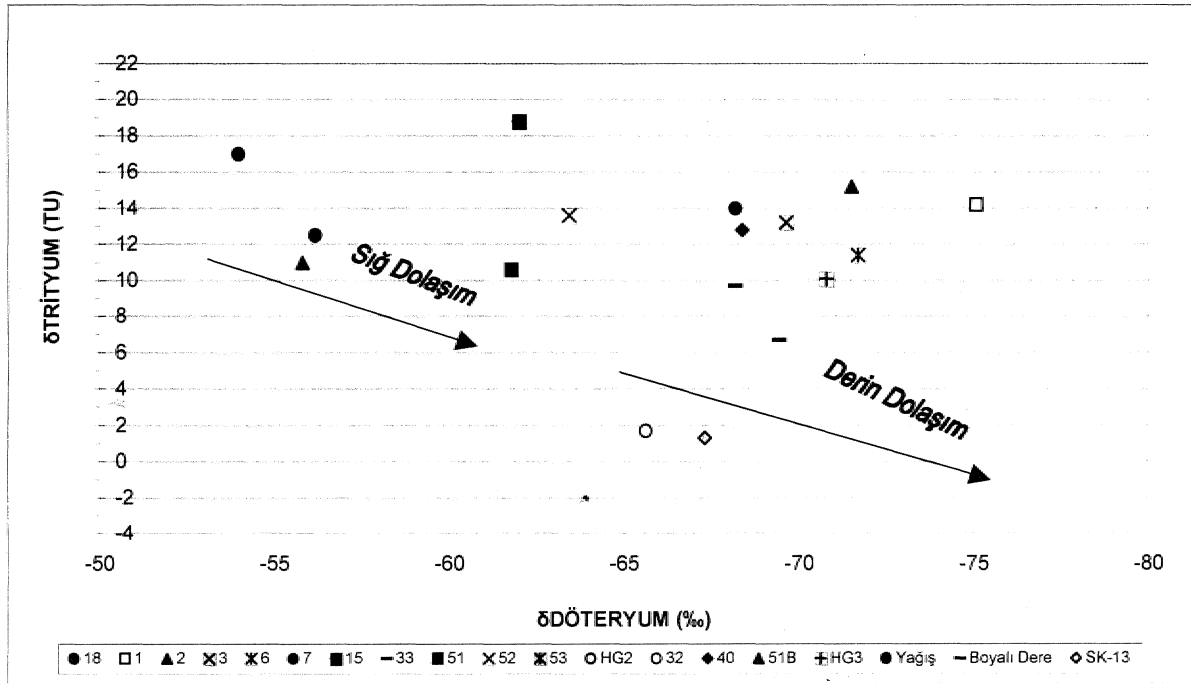
Table i. Deuterium excess in the study area

| Eylül – Ekim 1994 | D_f | Nisan 1995 | D_f |
|-------------------|-------|------------|-------|
| 1 | 4,6 | 1 | 6,91 |
| 2 | 7,9 | 2 | 8,62 |
| 3 | 6,48 | 3 | 10,11 |
| 6 | -0,13 | 6 | 9,49 |
| 7 | 4,39 | 7 | 10,51 |
| 15 | 4,23 | 15 | 15,03 |
| 18 | 4,43 | 18 | 5,12 |
| 32 | 5,1 | 32 | 11,32 |
| 33 | 7,37 | 33 | 11,81 |
| 40 | 7,04 | 40 | 4,73 |
| 51 | -4,81 | 51 | 8,68 |
| 51B | -4,44 | 51B | 5,93 |
| 52 | 18,09 | 52 | 14,87 |
| 53 | 10,79 | HG3 | 12,87 |
| HG2 | 3,19 | YAĞIŞ | 10,7 |

Şekil 5 ve Şekil 6'da döteryum-trityum ilişkisi görülmektedir. Bölgesel yeraltısuyu sistemi gözönüne alındığında 32 ve 53 numaralı lokasyonlardan alınan örnekler dışında kalan sular sığ dolaşımdan gelen sulardır, 32 ve 53 nolu örneklerdeki sular ise derin dolaşımdan gelen sulardır.



Şekil 5. Kurak dönem δD - T ilişkisi
Figure 5. Dry Season δD - T graph.



Şekil 6. Yağışlı dönem δD - T ilişkisi

Figure 6. Wet season δD - T graph

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma alanında Paleozoyik' ten Kuvaterner'e kadar değişen yaşlarda litolojik birimler mevcuttur, Bunlardan. Paleozoyik yaşlı kömürlü birimler,, Üst Barremiyen-Alt Apsiyen yaşlı İncüvez Formasyonu ve Üst Kretase yaşlı fliş geçirimsiz, Paleozoyik yaşlı dolomitik kireçtaşları, Barremiyen-Apsiyen yaşlı kireçtaşları ile Kuvaterner Alüvyon geçirimli özelliğindedir.

Viziyen yaşlı dolomitik kireçtaşları ile Apsiyen yaşlı kireçtaşları ileri derecede karsüaşmış, Barremiyen kireçtaşları ise orta derecede karstlaşmış durumdadır.

izotop analizleri ile bölgede bulunan sular bölgesel yer altı suyu sistemide göz önüne alınarak sığ ve derin dolaşım olarak ayırtlanmıştır. Sığ dolaşıma giren sular doğal

olarak, güncel sulardır. Buna göre 32 ve 53 nolu lokasyonlardaki sular havzanın derin dolaşımına giren sulardır,.

Aydındere 1 ve Gelik yeraltı lokasyonlarının izotopik kompozisyonları benzerlik göstermektedir. Cumayam mağara kaynağı ile Cumayam kaynağının izotopik kompozisyonları da aynı şekilde benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla bu noktaların hidrojeolojik olarak aynı sisteme dahil oldukları görülmektedir. Diğer noktaların izotopik kompozisyonları arasında belirgin bir benzerlik sajrılanmıştır.

Bölgesel meteorik su hattının belirlenmesi amacıyla değişik peryotlarda izotop örnekleri alınmalıdır. Bu olay bölgede bundan sonra yapılacak izotop çalışmalarında sağlıklı yorum yapma açısından oldukça gereklidir.

Değınlenen Belgeler

- Aydın, M., 1990, Zonguldak Ulus Sahaları MTA ve TPAO Kuyularından Geçen Jeolojik Kesitler, TPAO, Çıkara
- APH A-A W W A-WPCF, 1981, Standart: Methods For The Examination Of Water And Wastewater (15th ED.): American Public Health Association, Washington, USA, 1134 p.,
- Erduxan, B., 1997, Zonguldak — Bağlık - İnağzı - Göbü - Kazköy Kömür Sahalarının Karst Hidrojeolojisi İncelemesi., Yük. Müh. Tezi, H.Ü., Müh. Fak., Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara (yayınlanmamış)
- Kekinde., M .O., 1993., Preliminary Isotopic Studies In The Bida Basin, Central Nigeria, Environmental Geology, Volume 22, Washington, USA, 21.2 - 217 p.
- Oktu, G., Erduran, B., Kır, N., Alkılıç, Ç., Kök- lü, Z., Nazik, L., Bircan, A., Törk, K., Mengi, H., özel. E., Tunçperçinel, S., Tuncay, I., Erdoğan, R., 1996, Zonguldak - Bağlık - İnağzı - Göbü - Kazköy Kö- mür Sahalarının Hidrojeoloji Etüdü Final Raporu, MTA, Ankara (Yayınlanmamış)
- Özler, t., Yaver, Y., Kır, N., Canca, N., Tongal, O., Bakan, Z., 1992, Değirmenağzı ile Göbü Arasında Kalan Alanın Jeolojisi ve Kömür Varlığı, MTA, Derleme No:9599, Ankara (Yayınlanmamış)
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Ketin, t., 1981, Remnants Of A Pre-late Jurassic Ocean In Northern Turkey: Fragments Of Permian-Triassic Paleo-Thetys, Geological Society Of American Bulletin, Part I, Volume 99, 599 - 609 p.
- Yergök, Ä.F., Akman, İL, İplikçi, E., Karabalık, N., Keskin, İ., Mengi, H., Umut, M, Ar- mağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, M., Çetinkaya, A., 1987a., Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi I, MTA, Derleme No:8273, Ankara (Yayınlanmamış)
- Yergök, A.F., Akman, Ü., Tekin, F., Karabalık, M, Arbaş, A., Akat, U., Armağan, F., Er- doğan, K., Kaymakçı, H., 1987a, Batı Ka- radeniz Bölgesinin Jeolojisi II, MTA, Derleme No:8848, Ankara (Yayınlanma- mış)
- Yurtsever, Y., 1978, .Environmental Isotopes As A Tool In Hydrogeological Investigations Of Southern Karst Regions Of Turkey, Proceedings Of A International Seminar On Karst Hydrogeology, Antalya, Turkey