

T. C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARASTIRMA PROJELERİ YÖNETİM BİRİMİ
ARASTIRMA PROJESİ RAPORU
(Proje numarası: 467)

Burdur fay zonunda deprem erken uyarı sistemi geliştirilmesi

Proje Yöneticisi
Prof. Dr. Nevzat Özgür
Yardımcı Araştırmacı
Uzm. Ziya Öncü

Süleyman Demirel Üniversitesi
Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi

Isparta, Ekim 2005

ÖNSÖZ

“Burdur fay zonunda deprem erken uyarı sistemi geliştirilmesi” adlı 467 numaralı araştırma projesi Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Komisyonu Başkanlığı tarafından parasal desteklenmiştir.

Bu araştırma projesinde kullanılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları SDÜAPYB tarafından desteklenen (1) “Egirdir ve Burdur Göllerinin oluşumu, hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal karşılaştırılması” ve (2) “Isparta ve çevresinde jeotermal enerji olanaklarının araştırılması” adlı projeler kapsamında elde edilmiştir.

Araştırma projesi ayrıca Burdur Valiliği tarafından 2000 yılından başlamak üzere üç yıl süreyle parasal desteklenmiştir. Bu yüzden Burdur Valiliği’ne mütesekkirimiz.

Araştırma merkezimiz bünyesinde çalışan Ars. Gör. Dr. Dilek Yaman ve Öğr. Gör. Selma Altinkale bu projenin her aşamasında büyük özveri ile görev almış bulunmaktadırlar. Bu yüzden kendilerine tesekkür ederiz.

Proje Yöneticisi ve Yardımcı Araştırmacı

ÖZET

Planlanan bu çalışma çerçevesinde hidrojeokimyasal parametreler vasitasi ile bir DEPREM ERKEN UYARI sistemi geliştirmek amaçlanmıştır. Bu çalışmada, doğrultu atimli Burdur Fayı ve onun uzantisindeki bölgede bulunan soguk ve sıcak su kaynaklarında ve sondaj kuyularında hidrojeokimyasal parametreler (su sıcaklığı, pH, Eh, elektriksel iletkenlik, suda erimis oksijen miktarı, suda erimis CO₂ miktarı ve radon değeri) deprem öncesi, ani ve sonrası ölçülecek ve bunlar sismik verilerle karşılaştırılarak istatistiksel olarak değerlendirilip yorumlanmaya çalışılmıştır. Uygun bağintıların bulunduğu anlaşırsa, bunlara dayanılarak bir erken uyarı sistemi geliştirilmek istenmektedir. Bu konu ile ilgili olarak doğrudan Yassigüme, Bağlar ve Sifa Maden Suyu istasyonlarında “on line” olarak hidrojeokimyasal parametreler ölçülmektedir.

Bu amaçla (1) yörede şimdiye değin yapılan lokal ve bölgesel jeolojik bulgularla tektonik çalışmaların gözden geçirilmesi ve bir jeotektonik model geliştirilmesi, (2) araştırılan alanda yüzey ve yeraltıları lokasyonlarını belirten hidrojeoloji haritasının yapılması, (3) Burdur fayında bulunan sularda in-situ ölçümlerinin ve bunlarda hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analizlerin yapılması, (4) periyodik olarak yeraltılarının ve yerüstü sularının davranışlarının deprem öncesi, ani ve sonrasında hidrojeokimyasal parametrelerle ölçülmesi, (5) ölçülen değerlerin sismik verilerin esliğinde istatistiksel ve hidrojeokimyasal olarak değerlendirilmesi amaçlanmış bulunmaktadır.

Bu çalışma, 2000 yılında Burdur Fay Zonu’nda başlatılmış olan deprem erken uyarı sistemi çalışmalarının bir devamı olup, eski çalışmanın veri ve bulgularının tutarlı ve anlaşılır biçimde detaylandırılmasını sağlamaktadır.

Kısıtlı ekonomik koşullar altında yürütülen bu çalışmada bazı umut verici bulgular elde edilmiştir.

Söyle ki:

- (1) Proje kapsamında kurulmuş üç istasyondan biri olan Bağlar istasyonunun ölçümleri, 3 Subat 2002’deki Sultandag (Afyon) depreminden kısa bir süre önce 60-80 cm dolayında bir yeraltısı seviyesi yükselmesi göstermiştir. Bu bulgu, Sifa Maden Suyu kaynağında görülen asiri debi artışı ile uyumludur.

(2) Buna paralel olarak, yine bu deprem öncesi Yassigüme/Burdur istasyonunda ölçülen hidrojeokimyasal parametrelerde de ani değişiklikler (pH değerinin 7.8'den 10.5'e çıkması; elektriksel iletkenlikte anormal artış; Eh değerinin +200'den -200'e düşmesi) gözlenmiştir.

Bu çalışmalar ileride bir deprem olacağı varsayılarak devam ettirilmekte ve böylece güncel ölçümler yapılabileceği düşünülmektedir.

ABSTRACT

This project intends to develop an EARTHQUAKE PREDICTION SYSTEM (EPS) by using hydrogeochemical parameters. Within this project, the hydrogeochemical parameters (i.e. water temperature, pH, Eh, EC, DOC, dissolved CO₂ content, radon value, etc.) in the springs, thermal waters and groundwaters of Burdur fault will be measured before, during and after earthquake. These measured parameter values will be statistically analyzed, and possible relationships between these parameters and seismic data will be sought. If suitable correlations can be found, then these will be used to develop an EPS based upon hydrogeochemical monitoring.

To accomplish this end, following steps has to be followed: (1) to develop a geotectonic model of the region by reviewing the available information, (2) to prepare a hydrogeological map of the region that also shows the location of the sampling points, (3) to make in-situ measurements and hydrogeochemical and isotope geochemical analyzes for selecting sites of three permanent stations, (4) to measure hydrogeochemical before, during and after earthquake and (5) to analyze these data statistically and try to establish relationships between seismic and hydrogeochemical data. This project is conceived as an extension of the works for EPS started in 2000 in Burdur fault zone, and better understanding and more consistent interpretation of the data obtained by these works will be facilitated by the additional data and analysis that will be carried out during this project. Some encouraging results was obtained during the previous work carried out under very limited budget:

(1) Baglar station, which is one of the three stations established, shows a 60 cm rise in water level shortly before Sultandag (Afyon) earthquake at 3 Feb. 2002. This rise in conformity with discharge increase in Sifa Maden Suyu spring.

(2) Parallel changes in hydrogeochemical values (i.e. a pH rise from 7.8 to 10.5 ; an abnormal increase in electrical conductivity, a sharp drop in Eh from +200 to -200) were also observed.

1. GIRIS

Depremler yerküremizin tektonik olarak aktif olduğu alanlarda meydana gelmektedir. Bunlar baska bir deyimle kitasal ve okyanusal kabukların (a) birbirinden uzaklaşması, (b) birbirine yaklaşması ve (c) bir transform fay boyunca birbirini yalayarak hareket etmesi şeklinde olmaktadır. Depremlerin şiddeti Richter ölçeğine göre 0 ile 12 arasında değişmektedir. Bu ölçeğe göre şiddeti 5'e kadar olan alanlarda can kaybı hemen hemen olmamaktadır. Ancak deprem şiddeti 5 ile 8 arasında olan alanlarda can ve mal kaybı deprem şiddeti ölçüsünde büyük olmaktadır. Şiddeti 8'den fazla olduğu zaman felaket depremleri söz konusu olmakta ve her şey yerle bir olmaktadır.

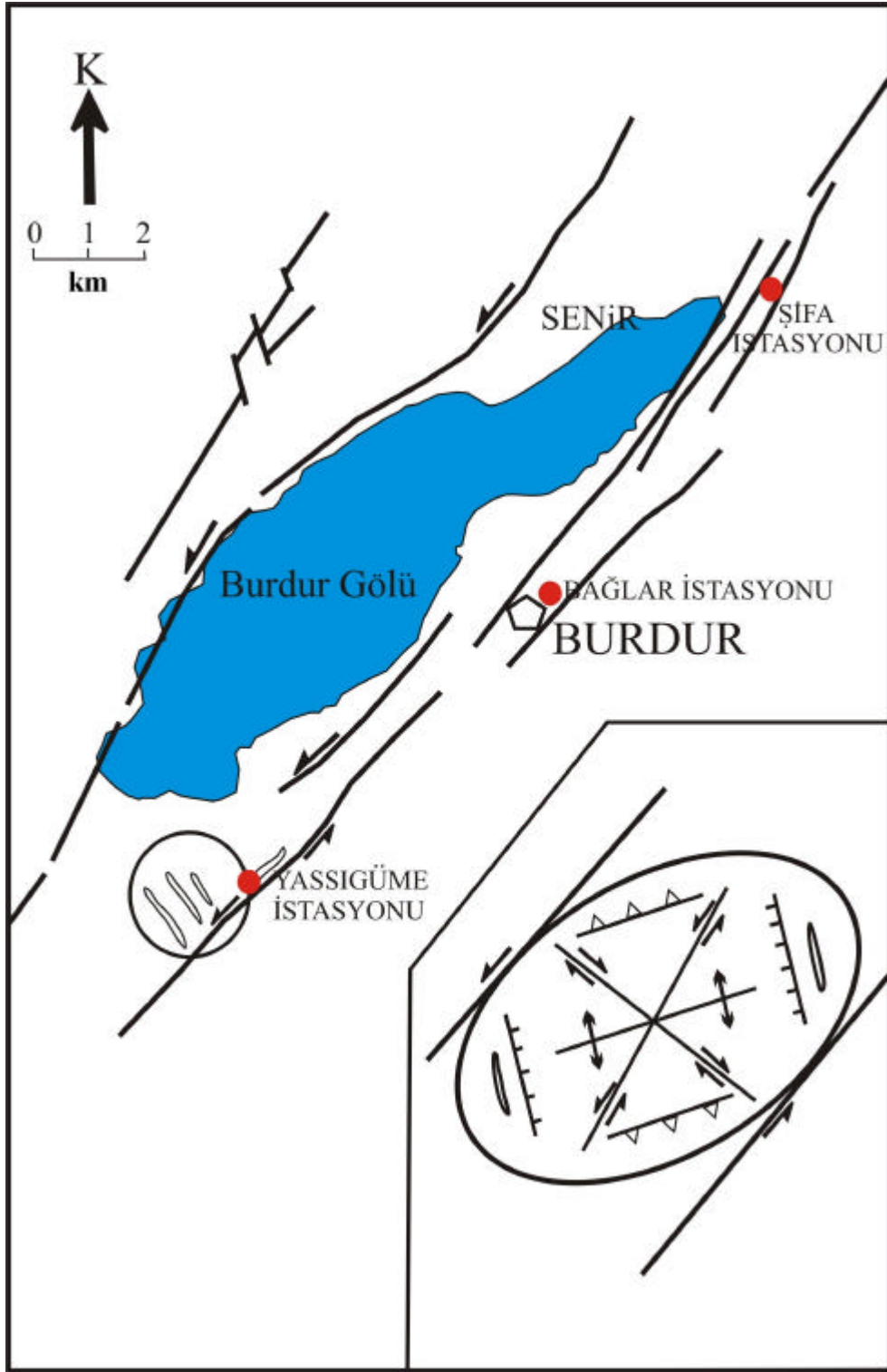
Bu tür felaketlere neden olan depremlerin şimdiye değin yapılan çalışmalara göre önceden tahmini bilimsel olarak mümkün olmamıştır ve depremleri önceden tahmin edebilecek bir yöntem de kesin olarak kanıtlanmış değildir. Yörenin jeolojik olarak sismotektonik özellikleri bilgisi ve orada kurulmuş sismik ağı ürettiği ölçüm verileri bulunması koşuluyla (1) kuvars ve turmalin gibi piezoelektrik etki verebilecek kristallerin bulunduğu alanlarda piezoelektrik yöntem kullanmak, (2) manyetotellürik yöntemi devreye sokmak, (3) hidrojeokimyasal parametreleri (sıcaklık, pH, Eh, elektriksel iletkenlik, erimis oksijen değeri, yeraltı suyu seviyesi, karbondioksit miktarı, vs.) kullanarak bunların eşliğinde yeraltı sularının davranışlarını incelemek ve (4) özellikle metamorfik alanlarda ve metamorfik alanlara uzak olmayan bölgelerde radon gazı değişimini incelemek depremleri önceden tahmin edebilmek için en mantıklı olasılıklar olarak görülmektedir.

17 Ağustos 1999 yılında vuku bulan İzmit, Adapazarı ve Bolu depremleri sonrasında Burdur Valiliği ve SDÜ Rektörlüğü öncülüğünde Deprem Erken Uyarı Sistemi çalışmaları için ilk araştırmalar 2000 yılında Burdur Fay Zonu'nda başlamıştır. Bu fay zonu Yunanistan'dan gelerek Fethiye üzerinden geçmekte ve Burdur Gölü'nde kuzeydoğu ve güneybatı olmak üzere segment faylar olarak ikiye ayrılmakta ve gölü sınırlamaktadır (Şekil 1 ve 2). Burdur Fay Zonu'nda yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırmalar sonucu (a) Yassigüme, (b) Bağlar ve (c) Sıfı Maden Suyu lokasyonları ölçüm istasyonları olarak belirlenmişlerdir. Bu istasyonlarda yukarıda belirtilen yöntemlerden biri olan hidrojeokimyasal parametreler ölçülmekte, ölçü değerleri modem ve kiralık veri hattı yoluyla SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltı suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne gönderilmektedir. Burada veriler bilgisayarlarda on-line olarak okunmakta ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden alınan sismik verilerle karşılaştırılmaktadır. Aynı zamanda Sıfı Maden Suyu istasyonunda

hidrojeokimyasal parametrelere ilave olarak radon degerleri on-line olarak ölçülmekte ve degerlendirilmektedir. Radon yukarida belirtildigi gibi genellikle metamorfik kayalarda bulunan uranyumun bozusmasi ile olusmakta ve yerkürenin zayif zonlari (fay ve çatlaklar vs.) boyunca difüzyon yoluyla yüzeye çıkmaktadır.



Sekil 1. Arastirma alanı ve yakın çevresinin tektonik konumuna bağlı olarak Burdur transform fayı (McKenzie, 1978; Dilek ve diğ., 1990 ve Anastakis ve Kelling, 1991).



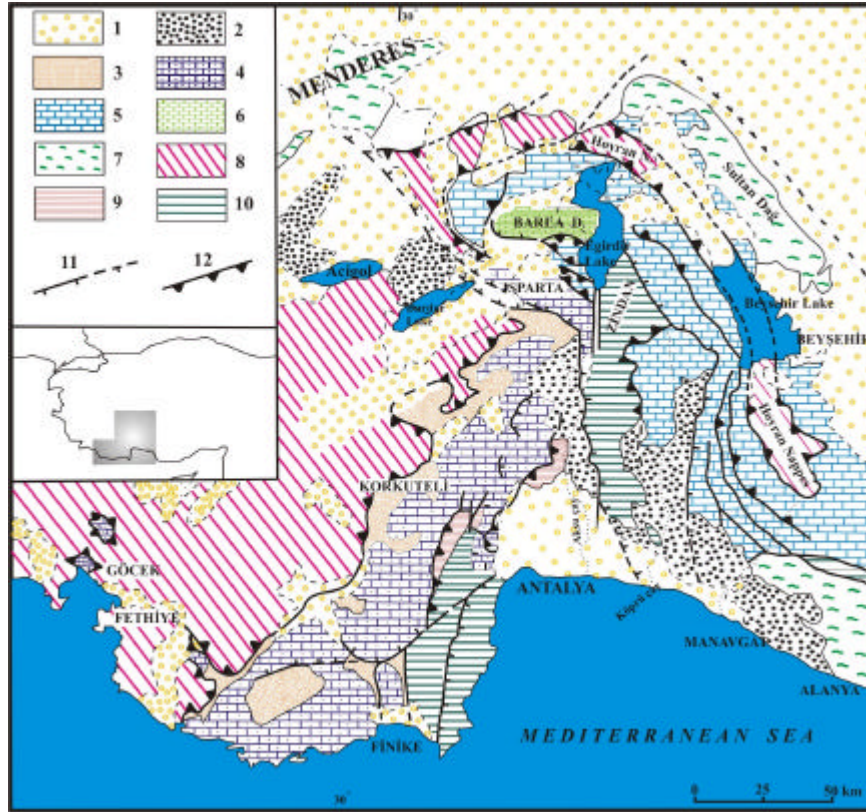
Sekil 2. Burdur Fay Zonu ve Deprem Erken Uyarı Sistemi Ölçüm İstasyonları
(Yassigüme, Bağlar ve Sifa)

Bu arastirmanın amacı sismik verilere bagli olarak hidrojeokimyasal parametreler ve radon degerlerinin deprem öncesi, deprem ani ve deprem sonrası davranislarini izlemek, mümkün oldugunca deprem öncesi deprem olacagina dair sinyaller almaktır. Bu sinyallerle çalışarak bir Deprem Erken Uyarı Sistemi geliştirmektedir.

2. BÖLGESEL JEOLoji VE TEKTONİK

Toros kusagi üzerinde Göller Bölgesinde yeralan çalışma alanı Batı ve Orta Torosların birleşim yerinde yeralır. Anadolu'yu Akdeniz'e bağlayan geçit alanı konumundaki alanda dağlar batıda KD-GB, doğuda ise KB-GD yönünde uzanırlar. İnceleme alanı, Ketin (1966) tarafından Toridler olarak tanımlanır ve bugünkü yapısını Alpin orojenezi ile kazanmıştır. Antalya Körfezi kuzeyinde, Toros kusagının kuzeye doğru yönelmiş yaklaşık ters "V" biçimli olan bu kesimi Blumenthal (1963) tarafından "**Isparta Büklümü**" olarak adlandırılmıştır. Yapısal kökenli bu deformasyon, bölgedeki tektonizma etkinliğinin en önemli göstergesidir. Günümüzde tektonik yönden aktif olan Isparta, Burdur, eski jeolojik devirlerde de yapısal gerilmelerin etkisi altında kalmış ve değişik tür kıvrımlı, kırıklı, bindirmeli ve faylı yapılar kazanmıştır (Karaman, 1994). Kuzey kesimi " Göller Bölgesi " olarak da anılan Isparta Büklümü, kabaca Denizli, Fethiye, Alanya, Antalya, Akseki, Ahirli, Seydisehir, Beyşehir, Akşehir, Çay, Afyon, Sandıklı ve Çivril ile sınırlanır (Koçyigit, 1983).

K-G yönde yaklaşık 180 km, D-B yönde 100 km genişliğinde üçgen şekilli olan Isparta Büklümü, KD yönlü Burdur fayı ve KB yönlü Akşehir-Simav fayı arasında yer alır ve üç kırıkla karakterize edilir (Şekil 1). Bunlar, (i) Batıda Burdur fayı ve doğuda bulunan Antalya fayı ile sınırlanan Teke Kırığı, (ii) K-G yönlü Antalya ve Kırkkavak faylarıyla sınırlanan ve Kovada grabenini de içine alan Antalya Kırığı ve (iii) Kırkkavak ve Akşehir fayları arasında kalan Akseki Kırığı'dır. Bölgede, KD ve KB yönlü çekimli fay sistemleri, Egirdir Gölü kuzeyinde kesilir. Tektonik olarak kuzey yönlü Egirdir-Kovada grabeni, Isparta Büklümü'nü ikiye ayırır. Bu eksenin batısındaki tektonik çizgiler KD gidisli, doğusundaki tektonik çizgiler ise KB gidislidir (Yagmurlu ve diğ., 1997, 2000).



Sekil 3: Isparta Büklümü Yapısal Haritasi (Poisson ve dig., 1984)

(1) Denizel Sedimanlar, (2) Antalya Formasyonu, (3) Beydaglari Masifi, (4) Beydaglari Platformu, (5) Karbonat Platform, (6) Barla Dag ve Zindan Masifi, (7) Metamorfik Seri, (8) Likya ve Beysehir-Hoyran Naplari, (9, 10) Antalya Naplari, (11, 12) Bindirme Fayi

Isparta Büklümü'ndeki kaya birimleri, platformdan okyanusal alana kadar uzanan farklı ortam koşullarında gelişmiş olup bir kısmı otokton, bir kısmı ise allokton konumundadır (Senel, 1997). Otokton birimler, Antalya Körfezi batısında Beydaglari platformu, doğusunda ise Anamas-Akseki platformlarını içeren iki Mesozoyik karbonat platformudur (Yagmurlu ve dig., 1997). Bu platformlar ayrılmışlardır ve tektonik olarak güneydeki Antalya napları tarafından üstlenirler (Sekil 3; Poisson ve dig., 1984; Dilek ve Moores, 1990; Dilek ve Rowland, 1993). Bölgedeki allokton birimler ise, Isparta Büklümü'nün batı tarafında yer alan Likya napları ve doğusunda yer alan Beysehir-Hoyran naplarıdır. Antalya ofiyolitik napları ise güney kesimde yer alır (Yagmurlu ve dig., 1997).

Isparta Büklümü'ne Likya napları batı yönde, Beysehir-Hoyran ofiyolitik napları ise doğu yönde bindirir. Önceki çalışmalar, Likya ve Beysehir-Hoyran naplarının her ikisinin de, Orta Tersiyer boyunca Mesozoyik karbonat istifine (Beydaglari ve Anamas-Akseki platformları) kuzeyden güneye yerleştiğini ortaya koymaktadır (Hayward ve Robertson 1982; Dilek ve

Moore, 1990). Antalya ofiyolitik naplari ise, Geç Kretase ve Erken Paleosen boyunca Mesozoyik platformlar üzerine güneyden kuzeye yerleşmişlerdir (Yagmurlu ve diğ., 1997).

Bati Toroslarda Isparta Büklümünü kapsayan alanda, irili ufakli normal faylarla kesilmiş napli yapılar egemendir. Beydaglari otoktonu, Bati Toroslar'ın otokton kaya birimlerini temsil eder ve genelde platform tipi karbonatlardan oluşur. Anamas-Akseki otoktonu, Orta Toroslar'ın otokton kaya birimlerini temsil eder ve genelde platform tipi çökeller kapsar. Allohton konumlu olan Antalya ve Likya naplari ise, okyanusal kabuk, havza, yamaç ve platform tipi kaya birimlerini kapsamaktadır. Alanın kuzeydoğu kesiminde dar bir alanda izlenen Beyşehir-Hadim-Hoyran naplari, bölgedeki diğer allohton konumlu kaya birimleridir. Bölgede, Likya naplari üzerinde paraallohton konumlu Paleosen-Alt Miyosen yaşlı kayaçlar, Antalya naplari üzerinde, Orta Eosen yaşlı kayaçlar ile Orta Miyosen-Kuvaterner yaşlı neotokton örtü birimleri izlenir (Senel, 1997). Isparta Büklümü esasen Kretase yaşlı ofiyolit kompleksinin allohton nap sistemleri serilerini içermektedir (Yagmurlu ve diğ., 1997).

Isparta Büklümü bölgesi, Orta ve Üst Alpin devinimlerinden etkilenmiş olup, ortamı etkileyen egemen gerilim türü ve onların neden olduğu yapısal ve sedimanter oluşumlara göre (i) Eski Tektonik Dönem (Paleotektonik), (ii) Geçiş Dönemi ve (iii) Yeni Tektonik Dönem (Neotektonik) olmak üzere üç tektonizma dönemi ayırtlanmıştır (Koçyigit, 1983). Eski Tektonik Dönem, Hoyran Karbonat Platformu'nun (Toros Karbonat platformunun Isparta Büklümü kuzeyinde kalan kesimi) gelişmeye başladığı Liyas'dan, ilksel konumsuz ofiyolit naplarının platform üzerine yerleştiği Üst Lütasiyen sonuna değin olan süre içinde, ortama egemen olan çekme ve sıkışma tektoniği olay ve yapılarını kapsayan dönemdir. Hoyran grubu, G-GB'dan K-KD'ya doğru aşamalı bir deniz ilerlemesiyle çökmeye başlamış ve deniz ilerlemesiyle yasit, yaklaşık D-B doğrultulu bir çekim fayının oluşumuyla da Hoyran karbonat platformu belirginleşmiştir. Çekme tektoniğinin neden olduğu bu kırık boyunca çıkan bazik akıntılar (diyabaz), platform tortullarının alt düzeylerinde siller oluşturmıştır (Haude, 1968; Desprairies ve Gutnic, 1970; Gutnic, 1977; Acar ve Biliyul, 1974; Monod, 1977; Demirkol ve diğ., 1977; Koçyigit, 1980; Öztürk, 1981). Hoyran karbonat platformu, Liyas başında geçirdiği bu kısa süreli çekme tektoniği rejiminden sonra, çok sig ve duraylı bir deniz olma özelliğini, Üst Liyas'tan Maestrihtiyen'e değin korumuştur. Maestrihtiyen'den başlayarak çekme tektoniğinin yeniden etkinlik kazandığı görülür. Bu durum, sig platform tortullarının yanı sıra çörtlü, planktonik fosilli kireçtaşı, radyolarit ve denizaltı akma ve kaymalarının egemen olduğu olistostromal-türbiditik özellikli flislerle temsil edilen derin deniz fasiyesinin gelişimiyle kanıtlanır. Özellikle pelajik tortullar arasındaki sig karbonat breslerinden oluşan olistostromlar, tortullasmayla yasit çekme tektoniğinin en iyi belirtecidir. Blok faylanma

başlangıcı olarak nitelenebilecek olan bu yegın çekme tektoniğinin, Maestrihtiyen’de birdenbire ortaya çıkması bir rastlantı olmayıp, bölgesel tektonizma ile yakından ilgilidir (Koçyigit, 1983).

Maestrihtiyen-Paleosen ve Alt Eosen boyunca sig ve derin deniz fasiyesleri, çekme tektoniği denetiminde, birlikte oluşumlarını sürdürmüş, Lütésiyen’de ise ortam tümüyle derin deniz özelliğine bürünmüştür (Koçyigit, 1983). Üst Lütésiyen ise, duraysızlığın ve çekme tektoniğinin doruk noktasına eriştiği andır. Ayrıca flis içinde ofiyolitli karışık türeyen bileşenlerin artması, ilerlemekte olan ofiyolitli karışık napinin iyice yaklaştığının bir belirticidir. Üst Lütésiyen sonunda mekanik bakımdan en büyük gerilim eksenini, düşey konumdan yatay konuma değişirken, ortam tümüyle sıkışma tektoniğinin denetimine girmiş ve bunun sonucunda, K-KD’dan G-GB’ya doğru ilerlemekte olan ilksel konumsuz birimler, platform üzerine yaklaşık bugünkü konumunda yerleşmiştir (Koçyigit, 1983).

Geç Kretase sırasında, Anadolu ve Toridler, birlikte Yeni Tetis okyanusunun güney ve kuzey kollarını birbirinden ayıran bir karbonat platformu oluştururken, Pontidler de, kuzeye dalımlı bir yitim kuşağı üzerinde, güneye bakan, Pasifik türü diri bir kıta kenarı oluşturmaktaydı (Sengör, 1980). Bu yitim kuşağı, yaklaşık Orta Miyosen sonunda, Anadolu-Torid platformunun, Pontid adayı ile çarpışarak, Kuzey Tetis kolunun kapanmasını sağlamıştır. Afrika-Arap levhalarının kuzeyinde, yaklaşık doğu-batı doğrultusunda uzanan Güney Tetis kolu, en doğuda Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca yaklaşık Orta Miyosen sonundaki kıta-kıta çarpışmasıyla kapanmış olup, günümüz Doğu Akdenizi bu okyanusun kalıntısıdır ve kapanma batıda bugün bile tamamlanamamıştır (Koçyigit, 1984).

Bölgedeki kaya birimleri Kaledoniyen, Alpin orta yapısal katin alt ve üst askatı ve Üst Alpin devinimlerinden etkilenerek kıvrılmıştır. Egemen kıvrılma eksenini doğrultusu, bölgenin genel yapısına uygun olarak KB-GD gidislidir. Ortalama kıvrım eksenini gidislerine göre, Mesozoyik-Alt Tersiyer (Oligosen öncesi) yaşlı Hoyran platformu kayalarının, Üst Lütésiyen sonundaki sıkışma tektoniği sırasında, yaklaşık K 20° B ile K 16° D arasında değişen yatay bir sıkışma geriliminin etkisiyle kıvrıldığı sonucuna varılır. Bu değer ise, Üst Lütésiyen sonunda, yaklaşık K-G bir sıkışmanın varlığını kanıtlamaktadır (Koçyigit, 1983).

Aynı yazara göre Geçiş Dönemi, sıkışma tektoniğinin yeginliğini yitirdiği Üst Lütésiyen sonundan, Yeni Tektonizma Döneminin başladığı Orta Oligosen sonuna değin olan ve baslıca yükselme-asınım ve molas oluşum olaylarını kapsayan süreçtir. Lütésiyen yaşlı birimlerin çökelimini izleyen zamanda (Üst Lütésiyen sonu), Pireneen Dagolusum evresine bağlı olarak, sıkıştırma geriliminin denetimine giren havzaya bir taraftan ilksel konumsuz birimler

yerlesirken, diger taraftan Liyas'tan Üst Lütésiyen'e degin Hoyran havzasi olarak çökelişini kesintisiz sürdürmüş olan Hoyran grubu kıvrımlanarak yer yer su üstüne çıkmıştır. Hoyran karbonat platformu KKD'dan kıvrımlanıp yükselirken, deniz de GGB'ya doğru (Isparta-Burdur-Denizli yöreleri) gerilemeye başlamıştır. Su üstüne çıkan kesimler, Priaboniyen boyunca asinima uğramış ve türeyen gereçler, Oligosen'den başlayarak, düşey devinimlerle denetlenen dağönü çukurluklarında yığılarak, sıkışma tektoniği rejiminden çekme tektoniği rejimine geçişi temsil eden, bir dağoluşum sonu molası (post orojenik molas) oluşumunu başlatmıştır (Penck, 1918; Parejas, 1942; Gutnic, 1977; Poisson, 1977; Koçyigit, 1980; Koçyigit, 1981; Öztürk, 1982; Koçyigit, 1983). Lütésiyen sonunda bükümün doğu kanadı ile batı kanadının güney kesimleri (Beydağları- Fethiye dolayları) su üstüne çıkarak asinirken, bükümün yalnızca batı kanadının kuzey kenarında (Keçiborlu-Dinar'dan Denizli batisına degin olan kısım) gerileyen sig bir denizde, Alt-Orta Oligosen boyunca molas oluşumu sürmüştür (Parejas, 1942; Blumenthal, 1960; Graciansky, 1968; Brunn ve dig., 1971; Poisson, 1977; Koçyigit, 1980; Öztürk, 1982). Alt-Orta Oligosen boyunca çekme gerilimine kosut olarak düşey devinimler başlamıştır. Bu zamandaki çökme ve yükselmeler, Orta Oligosen sonunda, Saviyen Dağoluşum evresine bağlı olarak, kısa bir süre için, ortamın sıkışma geriliminin denetimine girmesiyle nitelik değıstirmiş ve birimler kıvrımlanarak bölge karasallasmıştır (Koçyigit, 1981). Yazar, Orta Oligosen sonuna doğru, Isparta Bükümünü kuzey kesimi, Üst Lütésiyen sonundakine oranla, daha az yeginlikte, ikinci bir sıkışma tektoniğinin denetimine girdiğini belirtmektedir. Bunun sonucu olarak molaslar kıvrımlanmış ve bölge yükselerek su üstünde olmuştur. Üst Lütésiyen sonundaki sıkışma gerilimi KKD doğrultusunda gelişirken, Orta Oligosen sonundaki sıkışma gerilimi KB doğrultusunda gelişmiştir. Orta Oligosen sonu, Torosların doğuda Karaman'dan batıda Milas (Mugla) dolayına degin olan kuzey kenarında, Üst Lütésiyen'den sonra ikinci önemli yükselme ve asimin evresidir. Torosların kuzey kenarının bölgesel yükselmesine karsın, güney kenarında, Orta Oligosen sonundan başlayarak çökme-alçalma olayları da başlamış ve Alt Miyosen'de, güneyden kuzeye doğru bir deniz ilerlemesinin (transgresyonun) tetiğini çekmiştir (Graciansky, 1968; Brunn ve dig., 1971; Poisson, 1977; Gökten, 1976; Koçyigit, 1976; Akbulut, 1977; Gedik ve dig., 1979). Deniz ilerlemesi Alt-Orta Miyosen boyunca sürmüş ve erisebildiği en kuzey çizgi, Isparta Bükümünü kuzey kesiminin güneyinde kalmıştır. Orta Oligosen sonundaki sıkışma tektoniğinin en belirgin izi, molasların asiri kıvrımlanması ve yer yer Liyas-Üst Lütésiyen yaslı Hoyran grubu kayalarının molaslar üzerine bindirmiş olmasıdır. Isparta Bükümünü, bugünkü geometrik biçiminin büyük bir bölümünü, DB yönlü sıkışma-yaklaşma olayı sonucu kazanmıştır (Koçyigit, 1983).

Yazara göre Yeni Tektonik Dönem ise, yerel olarak, Isparta Büklümü kuzey kesiminde Orta Oligosen sonunda, tüm Orta ve Batı Anadolu’da ise Üst Miyosen sonu-Pliyosen başında ortaya çıkan ve çekme tektoniği denetiminde günümüze değin süregelen olay, yapı ve bunlara bağlı oluşukları kapsayan dönemdir. Akarsu yatağı, delta ve göl ortamlarında oluşmuş tortullar, bunlarla yanar-düsey geçişli ve es yaslı alkali volkanizma ürünleriyle, bunları denetleyen blok-faylanma türündeki tektonik rejim, bu dönemin önemli öğeleridir.

Orta Miyosen sonunda, Bitlis-Zagros kenet kusagı boyunca okyanus kapanıp kıta-kıta çarpışması gerçekleşmiş olmasına karşın, daha güneyde Kızıldeniz-Aden körfezi açılması nedeniyle (Le Pichon ve Angelier, 1979), Arap levhasının kuzey-kuzeydoguya doğru devinimi, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarının oluşumuyla karşılanmış ve bu olay Türkiye’de Yeni Tektonik Dönemin başlangıcı olmuştur (Koçyigit, 1984).

Orta Oligosen sonundan başlayarak hemen tümüyle çekme geriliminin denetimine giren alan, yükselme ve çökmelerle birtakım çöküntü alanlarına bölünmüştür. Böylece, Isparta Büklümü’nün kuzey iç kenarındaki riftleşme olayının bölgesel kabarma-faylanma evresi başlamıştır. Hızlı yükselme-çökme ve asinim sürerken, Isparta Büklümü’nün batı yarısı (Teke Toroslari ve batı kesimleri) farklı biçimde önemli yapısal değişikliklere neden olan yeni bir sıkışma geriliminin denetimine girmiştir. Bu olay, Burdigaliyen sonunda gelişen ve ofiyolitli karışığın Toros Karbonat Platformu üzerine yerleşim evresini simgeleyen Stiriye Dağ oluşumu’dur. Büklümün kuzey kesimi, bölgesel olarak KD-GB, KB-GD ve K-G gidisli çekim fayları arasında kalan değişik boyutlu çok sayıda bloktan oluşur. Bunlardan bazıları çöküntü, diğer bazıları ise yükselti alanlarını temsil eder. Üst Miyosen sonu-Alt Pliyosen, Pliyosen sonu ve Pleyistosen sonunda olmak üzere, başlıca üç evrede yegitlik kazanan blok-faylanma ile, alan çok sayıda bloğa bölünmüştür. Blokları sınırlayan faylar çoğunlukla verrev atımlıdır. Gerek inceleme alanı, gerekse tüm Orta-Batı Anadolu’da, Üst Miyosen-günümüz aralığında egemen olan blok-faylanma neticesinde, es yaslı fakat birbirleriyle kesisebilen fay takımları gelişmiştir. Nitekim, Batı Anadolu ve Isparta Büklümü’nde çok sayıda, es yaslı ve kesilen fay takımları gelişmiştir (Koçyigit, 1981, 1983).

Üst Miyosen-Pliyosen başlangıcında yoğunluk kazanan normal blok faylanması türündeki devinimlerle topografya keskinleşmiş, incelen kabukta derinleşen kırıklar boyunca ilk yarık püskürmeleri başlamıştır (Koçyigit, 1981). Böylece Üst Lütisiyen sonunda sıkışmaya bağlı yükselme ile başlayıp, Oligosen ve Miyosen boyunca süren bölgesel kabarma, faylanma ve volkanizma şeklindeki riftleşme olayının üç aşaması gerçekleşmiştir (Koçyigit, 1983).

Pliyosen sonlarına doğru Rodaniyen evresine bağlı olarak yeni bir etkinlik kazanan düsey devinimlerle, bir taraftan yeni faylar oluşurken, diğer taraftan eski faylar gençleşmiş ve

deformasyona uğrayan birimler kıvrımlanmış ve tüm alan bir kez daha yükselmiştir. Yeni yükselmelerle blok faylanması iyice belirginleşmiş ve yeniden yeggin bir asinim başlamıştır. Yükselme ve asinim günümüze değin sürerken, graben ve horstlar oluşmuş; asinim ürünleri çöküntü alanlarında yığılarak alüvyonları oluşturmıştır. Grabenleri sınırlayan faylar boyunca, daha yaşlı formasyonlarla alüvyonların dokanaga gelmiş olması ve eski alüvyonların yer yer faylara asili olarak kalması, bir taraftan düşey devinimlerin günümüzde de sürdüğünü, diğer taraftan da bölgenin çekme gerilimi tektonisinin denetiminde olduğunu göstermektedir (Koçyigit, 1981).

Eski Tektonik Dönem ve Geçiş Döneminden arta kalan ve özellikle Orta Anadolu ile Güneybatı Türkiye'deki çöküntü çukurlarında (Sivas, Çankiri, Tuzgölü, Uşak, Konya, Beyşehir, Burdur, Denizli, Muğla kapalı havzaları) oluşan göllerde, blok faylanmanın denetiminde önemli karasal çökeller gelişmiştir. Bunlar, birbirleriyle yanall ve düşey geçişli, fay sarplığı, akarsu yatağı, delta ve göl ortamlarında tortullasmış çakıltısı, kumtası, kil, marn, jips ve kireçtaşlarıdır. Bu birimler aynı zamanda, tortullasmayla yasit levha içi volkanizma ürünleri olan tüf, tüffit, aglomera ve bazaltik, andezitik ve trakitik özellikli lavlarla da yanall-düşey geçişlidir (Koçyigit, 1984).

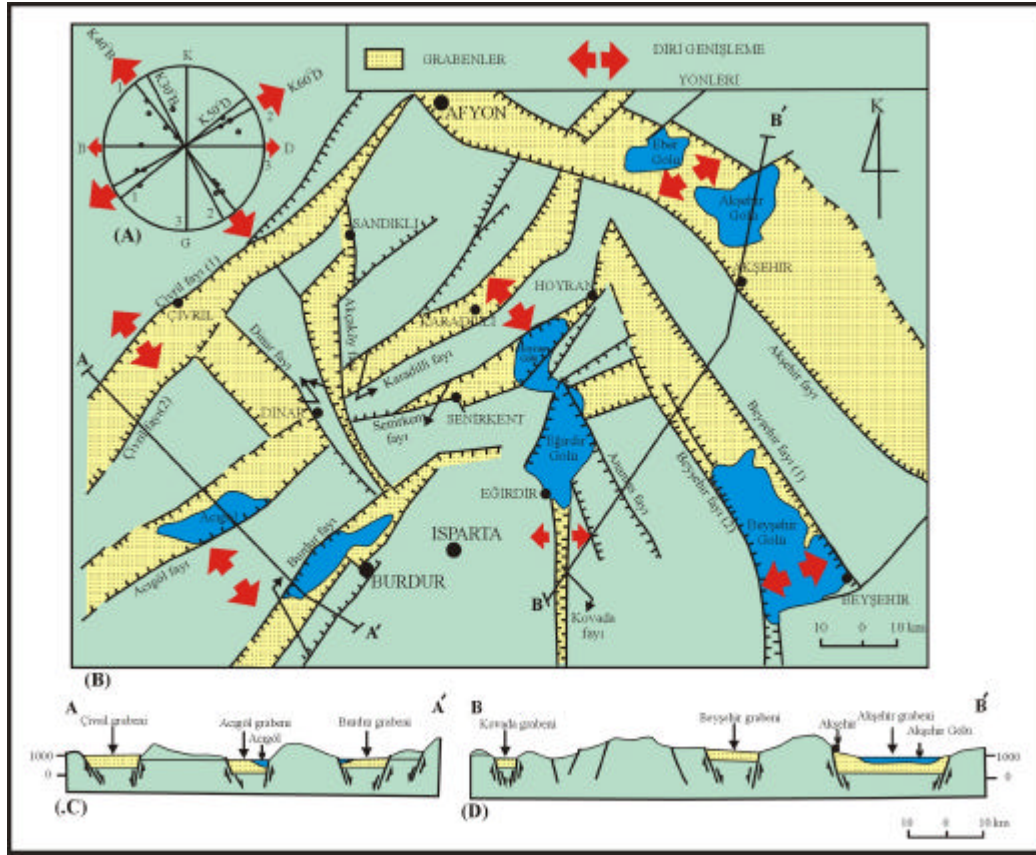
Yeni Tektonik Dönemde, karasal tortullasmayla yasit volkanizma olayları da etkin olmuştur. Bu volkanizma ürünleri çoğunlukla yüksek alüminyum içeren bazalt-andezit-dasit-riyolit bileşiminde kalkalkalen lavlarla, daha az olarak da potasyumca zengin trakibazalt, trakiandezit, trakit, lösitit gibi sasonitik volkanitler ya da alkali riyolit ve bazaltlarla temsil edilir (Koçyigit, 1984).

Blok faylanmanın en iyi gözlemlendiği alanlardan biri olan Isparta Büklümü kuzey kesiminin fay haritasında (Şekil 4), önemli normal faylar (Çivril, Acigöl, Burdur, Dinar, Akçaköy, Karadilli, Senirkent, Kovada, Anamas, Beyşehir, Akşehir fayları) ile bunlar arasında kalan çöküntü ve yükselti alanlarının (Çivril, Acigöl, Burdur, Kovada, Beyşehir, Akşehir, Karadilli ve Hoyran çöküntüleri) ilişkisi görülmektedir. Çöküntü alanlarının içi Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal tortullar ve alüvyonlarla doldurulmuştur (Şekil 4). Hemen hemen tüm önemli faylar ve bunlar tarafından sınırlanan çöküntü alanı içinde akmakta olan dereler, düşey yükselmenin bir kaniti olarak, yataklarını derine kazmış olup, günümüzde diri faylar, doğrudan doğruya, alüvyonlarla daha yaşlı birimleri dokanaga getirmiştir. Yine, çöküntü alanı içinde yer alan göller, diri faylanmanın bir diğer kaniti olarak, birer kenarlarını doğrudan fay düzlemine yaslamışlardır. Örneğin Acigöl, Burdur Gölü, Beyşehir Gölü, Hoyran-Egirdir Gölleri gibi (Şekil 4). Türkiye ve yakın dolayında Yeni Tektonik Dönemi denetleyen önemli yapı

unsurlari Ege Hendegi, Kuzey Anadolu Fayi, Dogu Anadolu Fayi ve Ege Graben sistemidir (Koçyigit, 1984).

Isparta Büklümü, Orta Tersiyer'den günümüze kadar geçirdigi sıkisma ve genişleme tektonik olaylariyla biçim kazanmistir. Ege plakasında grabenlerin olusumu ve Kuzey Anadolu Fayi'nin sekillenmesi esnasında plakalar, güneybatıya doğru harekete geçmiş ve büklümün sekillenmesinde etkili olmuştur. Bunun yanında, Likya, Beyşehir-Hoyran ve Antalya naplarının, Toros Karbonat Platformu üzerine yerlesmesiyle, Kıbrıs ve Helenik yaylari sekillenmiş ve bu yaylar boyunca Afrika ve Avrasya plakalari birbirine yaklasarak, Isparta Büklümü bölgesinde K-G doğrultulu sıkisma tektoniginin olusmasiyla sonuçlanmıştır. Ege plakasının güneybatı yönde genişlemesi ve Anadolu plakasının batıya doğru olan hareketi, Isparta Büklümü batısındaki Likya bloğunun Burdur fayi boyunca GB doğrultuda saat yönünün tersi yönde dönmesiyle, büklümün dogu kanadının ise saat yönünde dönmesiyle sonuçlanmıştır (Şekil 5; Kissel ve diğ, 1993; Yagmurlu ve diğ., 2000).

Dilek ve Rowland (1993), Erken Triyas-Jura süresince Beydaglari ve Anamas-Akseki platformlari arasındaki KD yönlü rift zonu gelişimini, rift birikimleri ve okyanusal kabuğun üçgen sekilli rift zonu olusturduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu okyanus, Geç Maestrihtiyen boyunca D-B sıkisma kuvvetleriyle kapanmaya başlar. Rift sedimanlari ve ofiyolitler batıda Beydaglari, doğuda Anamas-Akseki platformlari üzerine bindirmiştir. Aynı çalışmacılara göre, Beyşehir-Hoyran, Hadım ve Likya naplari, Orta-Geç Tersiyer boyunca karbonat platformlari üzerine yerleşmiştir. Isparta Büklümü'nü sınırlayan Burdur ve Akşehir oblik faylari bu yüzden, Geç Maestrihtiyen boyunca suture zonlarına paralel gelişmiş ve Neotektonik lineasyon tekrar aktif olmaya başlamıştır (Yagmurlu ve diğ., 1997).



Sekil 4: Isparta Büklümü Kuzey Kesiminin Yalınlastirilmis Yeni Tektonik Haritasi (A: Faylar için nokta diyagrami, B: Fay Haritasi, C ve D: Enine kesitler; Koçyigit, 1984)



Sekil 5: Isparta Büklümü oluşum semasi (Yagmurlu ve dig., 2000). (1) Ege Bölgesi'nin genişleme rejimine bağlı olarak saat yönünün tersi yönde dönmesi, (2) Anadolu plakasının batıya doğru olan hareketine bağlı olarak saat yönünde dönmesi, (3) K-G sıkışma bölgesi.

3. HIDROJEOLOJİ VE HIDROJEOKİMYA

Göller Bölgesinde bulunan Egirdir Gölü yarı kapalı havza özelliğinde olup beslenme havzası sınırları belirlenmiştir (Karagüzel ve diğ., 1995). Burdur Gölü ise tam kapalı havzadır. Disaridan beslenimi oldukça az olup disariya akisi da bulunmaz. İki göl arasında ise, Atabey ovası bulunmaktadır. Atabey Ovası'nın Egirdir Gölü'ne komşu olan doğu kesiminde serit halinde uzanan ofiyolitli karmasık bindirmesinin Atabey Ovası ile Egirdir Gölü arasında doğal geçirimsiz bariyer oluşturduğu görülmektedir. Atabey Ovası ile Burdur Gölü arasında ise flis özelliğinde birimler ve ofiyolitli karmasık bulunmaktadır. Bu birimlerin de Atabey Ovası ile Burdur Gölü arasında geçirimsiz bariyer oluşturduğu kabul edilmektedir. Bundan dolayı, Egirdir ve Burdur Gölleri'nin birbirleriyle irtibatı olmadığı ve göller arasında yer alan Atabey Ovası'nın da göller ile hidrolojik bir bağlantısının bulunmadığı sonucuna varılmıştır (İrleyici, 1998).

Egirdir Gölü havzasında önemli akiferler, batıda Uluborlu-Senirkent ovası, kuzeydoguda Hoyran, Gelendost ve Yalvaç ovaları alüvyon akiferleri şeklinde bulunmaktadır. Bölgedeki karstik kireçtaşları da çatlak ve erime boşluklarında yeraltısu bulundurması bakımından büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Buradaki akiferlerde yeraltısu akım yönünün Egirdir Gölü'ne doğru olduğu düşünülmektedir (Mutlutürk ve diğ., 1991; Karagüzel ve diğ., 1995). Egirdir Gölü'nün beslenme parametreleri (i) Göl yüzeyine düşen yağış, (ii) Yüzeysel akis, iç kaynaklar ve (iv) Yılanlı derivasyonu olarak adlandırılır.

Gölü besleyen en önemli dereler, batıda Kapıdağı ve Gelincik Tepe'den doğan Pupa çayı, kuzeydoguda kaynağı Sultandagları olan Gelendost çayı, Hoyran ovasından gelen Hoyran çayı ve güneyden gelen Çaydere'dir. Bu dereler yaz aylarında sulamada kullanıldıklarından tamamen kururlar (Karagüzel ve diğ., 1995).

Egirdir Gölü'nün bosalım parametreleri ise (i) Doğal bosalım (buharlaşma, düden kayıpları ve dolu savak) ve (ii) yapay bosalım (enerji, sulama, içme suyu) olarak sıralanabilir (Karagüzel ve diğ., 1995).

Burdur Gölü'ne dökülen önemli akarsular yoktur buna karşın, az da olsa Bozçay, Uludere, Bügdüz, Çerçin, Keçiborlu dereleri gibi dereler ve göl altındaki birkaç kaynak gölün beslenme parametrelerini oluşturmaktadır (Merter ve diğ., 1986). Burdur Gölü suları, kötü kalitede olması nedeniyle herhangi bir amaçla kullanılmamaktadır. Bu nedenle, bu göl ile ilgili olarak çok fazla çalışma yapılmamaktadır.

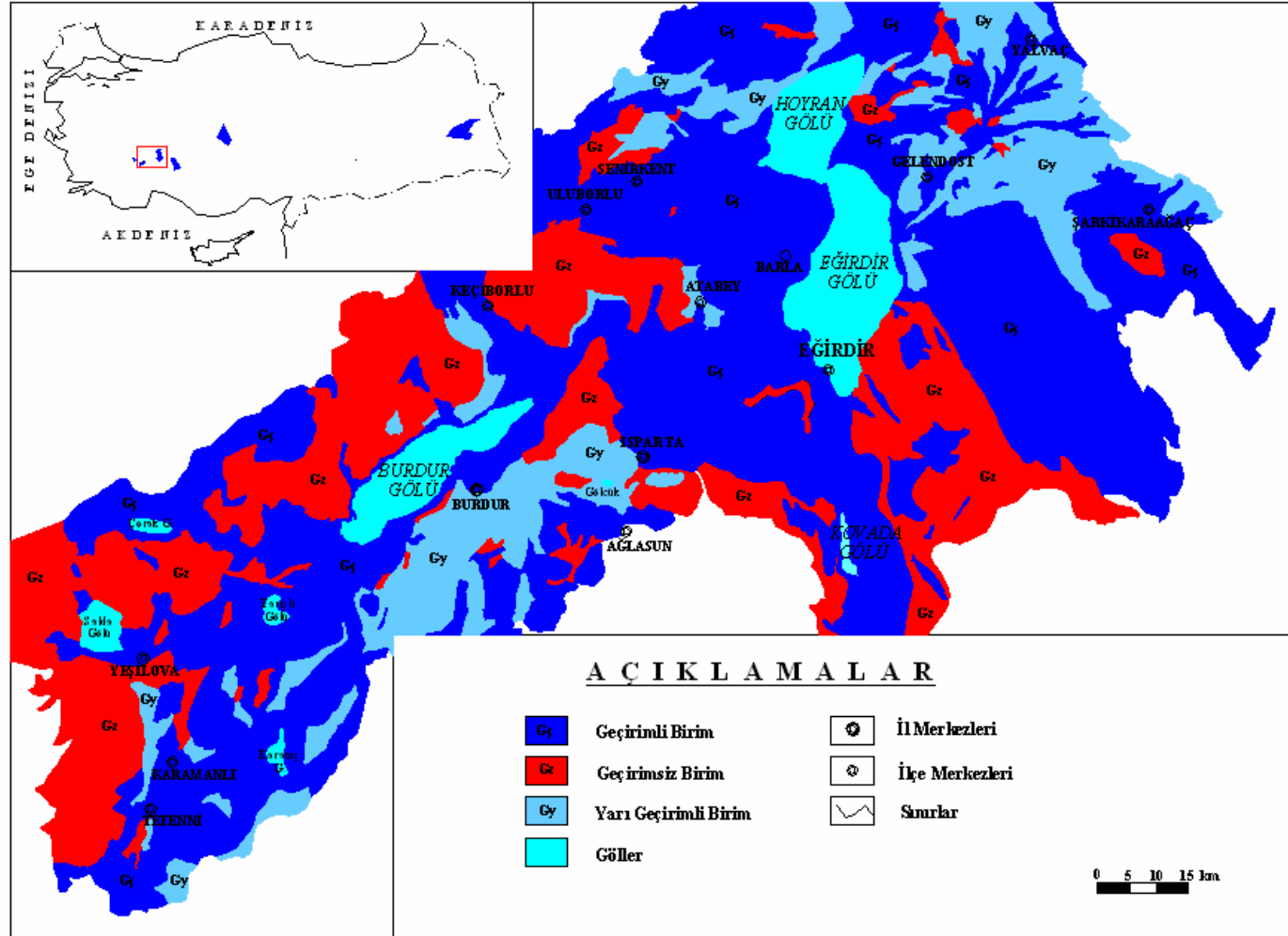
Çalışma alanındaki jeolojik birimler hidrojeolojik özellikleri göz önünde bulundurularak geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olarak gruplara ayrılmıştır. Permien Kireçtaşı,

Triyas-Jura Kireçtasi, Kretase Kireçtasi ve Alüvyon geçirimli birimleri oluşturmaktadır. Paleojen Flis-Konglomera ve Ofiyolitik Karmasik geçirimsiz birimlerdir. Neojen serisi ise yarı geçirimli birim olarak ayırtlanmıştır. Hidrojeoloji haritasında (Sekil 6) bu birimler gösterilmiştir.

Çalışma alanında bulunan yeraltisuları, sıcak sular, maden suları ve yüzey sularının analizlerinin kullanılabilirliği SOLMINEQ.88 (Kharaka ve dig., 1988) adlı “software” programı ile yeniden hesaplamalar yapılarak kontrol edilmiştir. Bunun yanında “manuel” hesaplamalar ile iyon bilançosu diyagramı hazırlanmıştır (Çizelge 1). Suların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, alınan örneklerin analiz sonuçları (Çizelge 2) Scholler (Sekil 7 ve 8) ve Piper (Sekil 9) diyagramlarında değerlendirilmiştir.

Egirdir Gölü ve çevresinde yeralan çalışma alanından alınan su örnekleri, yeraltisuyu, sıcak su, yüzey suları ve Yalvaç Deri Organize Sanayiinin atık sularından (atik sular Egirdir Gölü’ne verilmektedir) alınan suların tipleri belirlenmiştir (Sekil 7). Bu tanımlamada Egirdir yöresindeki yeraltisuları birbirleriyle oldukça yakın özellikler göstermektedir ve içilebilir kalitededir. Bölgedeki yeraltisuları Ca-HCO_3 tipi sular olarak sınıflandırılabilir. Egirdir Gölü suları da yöredeki yeraltisuları ile yakın özelliklere sahip olup, Ca-Mg-HCO_3 tipi sular olarak tanımlanabilir. Egirdir Gölü suları 630 mg/l ’ye kadar olan iyon konsantrasyonu nedeni ile iyi kalitede, içilebilir sular sınıfına girmektedir.

Burdur Gölü kapalı bir havzadır, yani gölün dışarıya akışı yoktur ve gölü besleyen önemli bir akarsu da bulunmaz. Bu nedenle Burdur Gölü suları yüksek buharlaşma oranı dolayısıyla çok yüksek miktarda çözünmüş iyon konsantrasyonuna sahiptir. Burdur Gölü suları içilemez kalitede sular sınıfına girmektedir ve $\text{Na-Mg-(Cl)-SO}_4\text{-HCO}_3$ tipi sulardır (Sekil 8). Burdur Gölü çevresindeki yeraltisuları ise yine Egirdir Gölü yeraltisuları ile benzerlik göstermekte olup Ca-HCO_3 tipi sulardır.



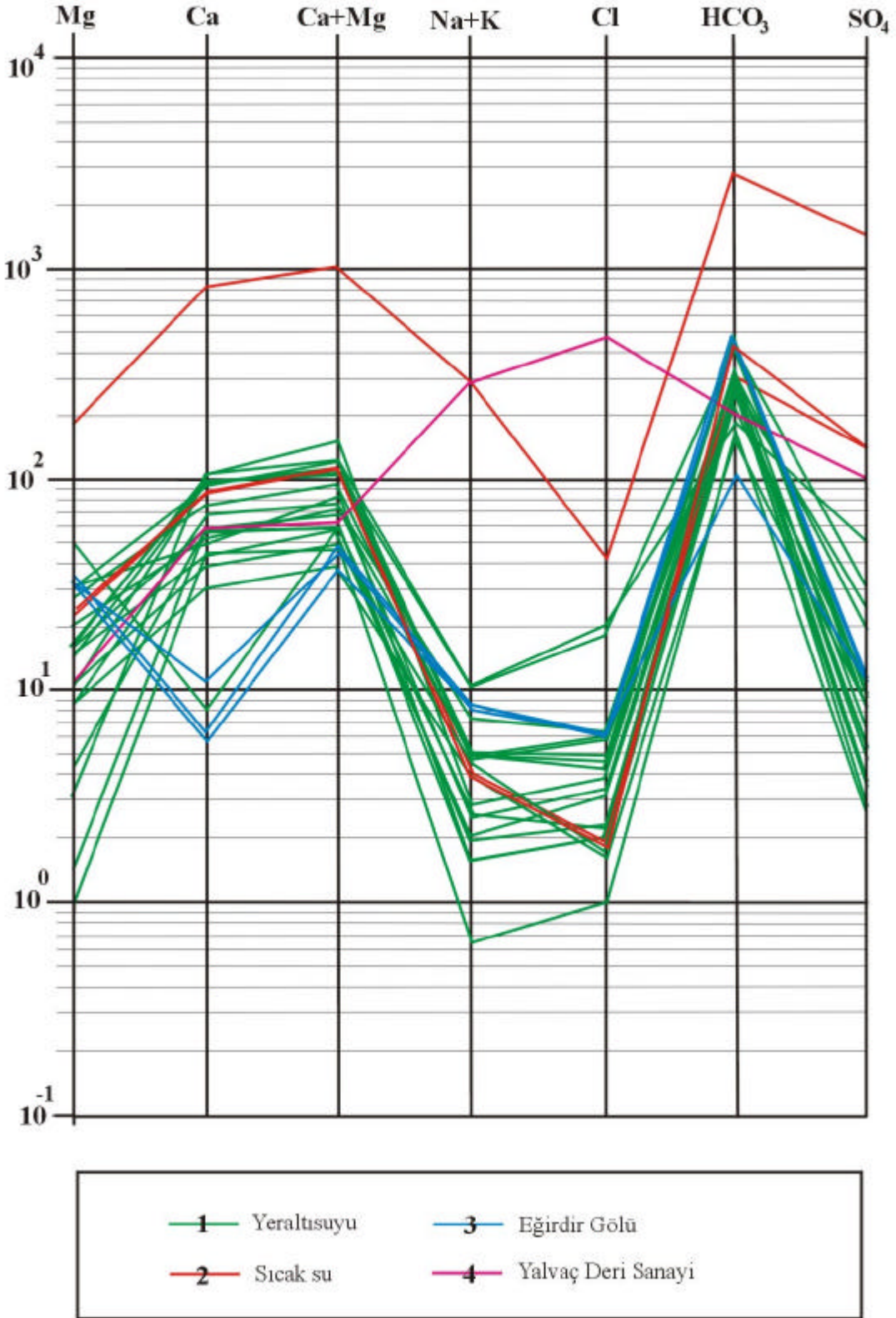
Sekil 6: Egirdir ve Burdur Gölleri Arasinin ve Çevresinin Hidrojeoloji Haritası

Çizelge 1: Çalışma alanındaki suların in-situ ölçüm değerleri ve iyon bilançosu

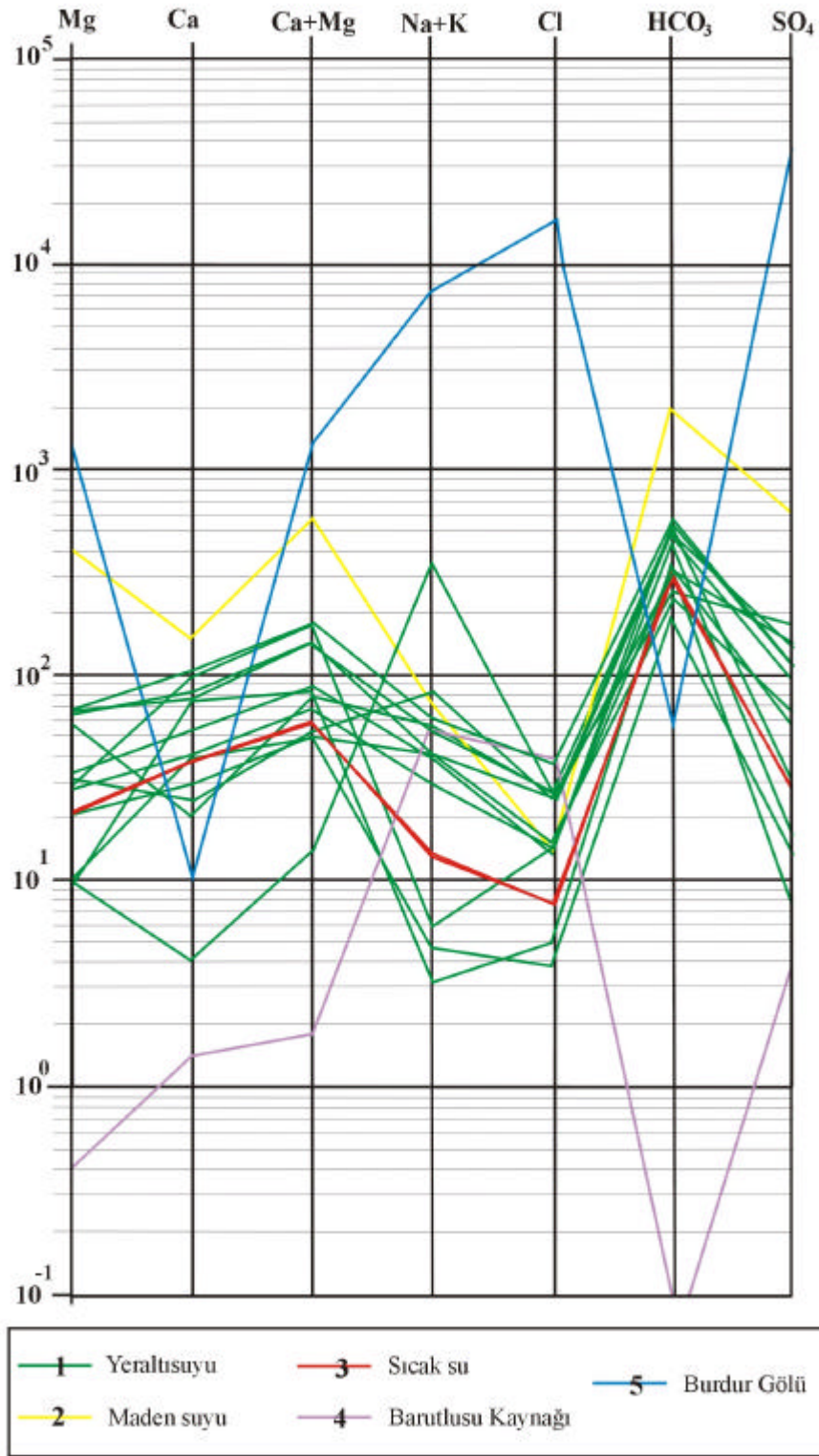
Sıra No	Örnek No	T (°C)	pH	Eh (mV)	EC (mS/cm)	Tip	TDS (mg/l)	S Katyonlar (mmol(eg)/l)	S Anyonlar (mmol(eg)/l)	Fark (mmol(eg)/l)	Hata oranı (%)
1	B-1	18,0	8,06	280	828,0	Ca-HCO ₃	781,01	5,60	10,07	4,47	0,57
2	B-4	20,0	7,79	240	702,0	Ca-HCO ₃	748	4,50	9,84	5,34	0,74
3	B-5	20,3	6,33	77	3280,0	Ca-HCO ₃	3424,88	24,69	38,46	13,78	0,43
4	B-8	20,1	8,20	227	750,0	Ca-HCO ₃	612,18	4,39	7,27	2,97	0,51
5	B-13	23,0	8,13	209	360,0	Ca-HCO ₃	283,4	1,67	3,54	1,86	0,71
6	B-14	18,0	7,10	263	689,0	Ca-HCO ₃	628,08	3,57	8,05	4,48	0,77
7	B-15	17,0	7,45	253	489,0	Ca-HCO ₃	461,24	2,43	5,96	3,53	0,84
8	B-17	23,0	7,93	258	583,0	Ca-HCO ₃	522,04	3,59	6,47	2,88	0,57
9	B-18	19,0	7,83	217	529,0	Ca-HCO ₃	428,89	3,41	5,18	1,78	0,41
10	B-20	27,0	7,68	222	475,0	Ca-HCO ₃	424,82	2,57	5,40	2,83	0,71
11	B-21	19,0	10,16	124	290,0	Ca-HCO ₃	120,69	2,80	1,16	1,64	0,82
12	B-23	27,0	7,62	219	470,0	Ca-HCO ₃	443,79	4,94	6,35	1,41	0,25
13	B-24	29,0	9,00	123	29400,0	Na-Mg-(Cl)-(SO ₄)-HCO ₃	51542,32	369,28	669,36	300,08	0,57
14	B-25	13,0	7,41	267	1052,0	Ca-HCO ₃	928,82	7,24	11,00	3,76	0,41
15	B-26	15,0	7,27	288	1213,0	Ca-HCO ₃	1074,88	7,89	11,88	4,00	0,40
16	B-27	15,0	7,46	70	1027,0	Ca-HCO ₃	903,54	6,86	10,40	3,54	0,41
17	B-28	15,0	9,33	-278	1970,0	Ca-HCO ₃	990,81	16,52	8,67	7,83	0,62
18	E-1	25,0	9,00	163,0	337,0	Mg-Ca-HCO ₃	379,03	1,80	8,38	6,58	1,29
19	E-2	16,0	7,20	203,0	636,0	Ca-HCO ₃	603,22	3,29	7,65	4,35	0,79
20	E-3	21,0	7,68	203	689,0	Ca-HCO ₃	637,7	3,87	7,95	4,07	0,69
21	E-4	15,0	8,14	212	263,0	Ca-HCO ₃	226,28	1,33	2,82	1,49	0,71
22	E-5	25,0	8,27	189	482,0	Ca-HCO ₃	444,12	2,62	5,53	2,90	0,71
23	E-6	13,0	7,85	198	443,0	Ca-HCO ₃	413,84	2,26	5,40	3,13	0,81
24	E-7	15,0	7,51	206	518,0	Ca-HCO ₃	444,55	2,49	5,67	3,17	0,77
25	E-8	23,0	9,14	170	332,0	Mg-Ca-HCO ₃	321,34	1,93	7,93	6,00	1,21
26	E-9	19,0	7,85	203	391,0	Ca-HCO ₃	366,94	1,93	4,79	2,85	0,85
27	E-10	19,0	7,69	192	409,0	Ca-HCO ₃	367,6	1,70	5,42	3,71	1,04
28	E-11	18,0	8,05	185	263,0	Ca-HCO ₃	279,56	1,67	3,47	1,80	0,70
29	E-12	15,0	7,34	197	721,0	Ca-HCO ₃	587,2	3,29	7,19	3,90	0,74
30	E-13	20,0	8,39	171	430,0	Ca-HCO ₃	389,29	2,50	4,83	2,32	0,63
31	E-14	23,0	7,25	183	682,0	Ca-HCO ₃	601,1	3,48	6,86	3,37	0,65
32	E-15	23,0	7,26	192	691,0	Ca-HCO ₃	590,9	3,44	6,71	3,27	0,64
33	E-16	22,0	8,22	173	253,0	Ca-HCO ₃	225,64	1,43	2,73	1,30	0,62
34	E-17	22,0	6,96	58	5280,0	Ca-HCO ₃	5922,92	37,68	63,74	26,05	0,51
35	E-18	15,0	7,42	158	755,0	Ca-HCO ₃	630,81	4,15	7,79	3,64	0,61
36	E-19	26,0	9,12	139	345,0	Mg-Ca-HCO ₃	207,12	1,99	2,20	2,05	0,09
37	E-20	14,0	7,52	176	509,0	Ca-HCO ₃	448,96	2,90	5,37	2,47	0,59
38	E-21	15,0	7,67	157	518,0	Ca-HCO ₃	468,91	3,26	5,57	2,31	0,52
39	E-22	14,0	7,67	168	524,0	Ca-HCO ₃	442,91	3,04	5,29	2,25	0,54
40	E-23	15,0	7,45	160	397,0	Ca-HCO ₃	361,09	2,33	4,49	2,15	0,63
41	E-24	15,0	7,76	185	388,0	Ca-HCO ₃	328,63	1,91	4,08	2,16	0,72
42	YD-1	19,0	7,61	-128	1356,0		1148,21	14,35	17,73	3,38	0,21

Çizelge 2: Egirdir ve Burdur Gölleri çevresinden alınan örneklerin in-situ ölçümleri, anyon-kasyon ve eser element analizleri sonuçları

Sıra No	Örnek No	Lokasyon	T(°C)	pH	Eh (mV)	EC (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	HS ⁻ (mg/l)	Li ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Si ⁴⁺ (mg/l)	Ba ²⁺ (mg/l)	Mn ²⁺ (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)	Al ³⁺ (mg/l)	Si ⁴⁺ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	H ₂ CO ₃ ^{*/} (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
1	B-1	Gölbasi	18.0	8.06	290	628.0	6.1	<0.02	<0.06	52.90	3.00	58.30	20.60	0.44	<0.06	<0.05	<0.06	<0.10	6.44		0.37	28.89	6.66	65.88		26.38	512.568	497.7	0	1.157	781.01
2	B-4	Gölbasi	20.0	7.79	240	702.0	6.0	<0.02	<0.06	37.20	1.80	33.60	62.30	0.72	<0.06	0.51	0.61	<0.10	3.64		0.34	13.38	20.06	31.07		87.73	549.18	636.9	0	0.41	748
3	B-5	Sifli Maden Suyu	20.3	6.33	77	3280.0	1.0	<0.02	<0.06	67.40	7.10	412.60	160.00	0.78	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	23.67		0.25	14.22	<0.50	614.46		1762	2106.19	1931	0	0.32	3424.88
4	B-8	Candık	20.1	8.20	227	760.0	6.8	<0.02	<0.06	77.80	4.80	31.20	24.00	0.12	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	3.79		0.43	20.83	27.14	155.25		8.73	292.386	265.3	0	0.63	612.16
5	B-13	Kayasuvi Çeşmesi	23.0	8.13	209	360.0	6.3	<0.02	<0.06	4.10	0.60	10.00	38.60	0.12	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	1.04		0.11	3.89	11.66	19.89		3.05	196.204	187.4	0	1.36	283.4
6	B-14	Koyak Çeşmesi	18.0	7.10	263	688.0	6.5	<0.02	<0.06	4.80	1.20	16.90	66.70	0.11	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	2.85		0.10	14.34	34.28	16.73		75.75	433.242	421.9	0	0.28	628.06
7	B-15	İlyas	17.0	7.45	253	488.0	7.3	<0.02	<0.06	2.70	0.50	9.10	74.20	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	1.62		0.11	4.05	8.67	7.84		28.34	347.814	339.9	0	0.48	481.24
8	B-17	Sanır	23.0	7.93	256	553.0	6.5	<0.02	<0.06	28.00	1.40	26.00	41.30	0.24	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	3.89		0.38	14.64	8.36	65.46		8.13	335.01	323.1	0	1.59	522.04
9	B-18	Kokak Çeşmesi	19.0	7.83	217	529.0	4.7	<0.02	<0.06	39.10	1.10	20.80	28.30	0.14	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	2.45		0.30	15.13	16.07	64.01		7.82	237.978	232	0	0.81	428.89
10	B-20	Pınarbaşı	27.0	7.68	222	475.0	4.0	<0.02	<0.06	12.40	0.80	21.20	36.80	0.24	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	6.61		0.70	7.68	4.82	28.32		12.34	296.996	290.7	0	0.87	424.82
11	B-21	Bardutlu	19.0	10.16	124	290.0	7.2	<0.02	<0.06	55.50	<0.1	0.40	1.40	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	8.16		0.17	39.28	<0.50	3.75		0.4x10 ⁻²	0	25x10 ⁻⁴	<0.2	0.18x10 ⁻¹	120.89
12	B-23	Pınarbaşı	27.0	7.62	219	470.0	3.6	n.d.	<0.06	12.30	0.80	20.80	37.90	0.21	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	5.62		0.71	7.70	6.10	28.15		28.67	317.304	310.6	0	0.44	449.70
13	B-24	Burdur Gölü	28.0	9.00	123	29400.0	5.4	<0.02	<0.06	7210.00	40.80	1321.00	19.80	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	0.16	0.27		<0.06	12454	<0.60	30470.00		1.28	0	59.83	34.8	0.67	61542.32
14	B-26	Döl-34987	13.0	7.41	267	1062.0	4.7	<0.02	<0.06	46.60	7.40	65.70	78.50	2.02	<0.06	<0.06	<0.06	0.30	12.46		0.76	27.12	38.10	102.11		87.12	536.978	620.1	0	0.34	928.82
15	B-26	Döl-34984	15.0	7.27	288	1213.0	5.2	<0.02	<0.06	46.70	9.50	66.40	104.20	1.30	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	12.27		0.69	37.42	66.31	100.66		72.98	610.2	587.4	0	0.69	1074.88
16	B-27	Döl-43226	15.0	7.46	70	1027.0	9.0	<0.02	<0.06	37.10	4.60	60.40	82.20	0.87	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	16.13		0.53	26.04	6.26	138.16		40.36	612.568	494.7	0	0.76	903.64
17	B-28	Sarı Renkli Su	16.0	9.33	273	1970.0	1.4	>0.25	<0.06	355.00	3.40	10.00	4.00	0.10	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	13.13		0.98	24.94	34.48	142.07		0.34	372.222	310.9	16	35.12	960.81
18	E-1	Bağcı Köyü	25.0	9.00	183.0	337.0	5.4	n.d.	<0.06	6.93	1.63	31.74	5.67	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	<0.10	<0.75	0.22	6.20	<0.75	11.40	<0.50	0.85	85.428	450.1	228	28.9	379.03
19	E-2	Bağcı Köyü	16.0	7.70	203.0	636.0	4.7	n.d.	<0.06	3.67	1.32	10.81	99.03	0.32	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	5.24	<0.75	0.21	4.60	3.90	8.80	<0.50	73.91	457.650	447	0	0.32	603.22
20	E-3	Bağcı Köyü	21.0	7.66	203	688.0	4.8	n.d.	<0.06	3.12	1.92	16.37	106.23	0.39	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	5.98	<0.75	0.22	4.90	6.50	8.90	<0.50	127.3	475.956	463.6	0	0.21	637.7
21	E-4	Bağcı	16.0	8.14	212	283.0	5.6	n.d.	<0.06	0.62	0.16	1.00	45.82	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	1.40	<0.75	0.08	1.00	6.40	2.70	<0.80	6.45	164.754	182.1	0	0.34	226.26
22	E-5	Akköy Köyü	25.0	8.27	189	492.0	4.5	n.d.	<0.06	0.96	0.56	30.62	49.79	<0.06	<0.06	<0.06	0.06	<0.10	1.87	<0.75	0.09	2.00	<0.75	6.80	<0.50	3.61	347.614	323.2	0	3.92	444.12
23	E-6	Kavaklı Köyü	13.0	7.85	198	443.0	5.8	n.d.	<0.06	1.77	0.78	20.01	50.55	0.09	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	2.08	<0.75	0.08	3.40	10.90	3.70	<0.50	11.02	317.304	308.4	0	0.67	413.84
24	E-7	Büyükdöğüş Köyü	15.0	7.61	206	518.0	5.0	n.d.	<0.06	4.98	2.46	8.85	67.91	0.30	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	4.00	0.20	0.18	6.40	11.10	9.60	<0.50	24.09	323.406	316.0	0	0.48	444.55
25	E-8	S.Demirli villası	23.0	9.14	170	332.0	5.1	n.d.	<0.06	6.94	1.69	34.42	6.46	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	<0.10	<0.75	0.22	6.10	<0.75	11.20	<0.50	9.68	36.612	490.7	216	2.72	321.34
26	E-9	Aşağıkavaklı Köyü	19.0	7.85	203	391.0	5.4	n.d.	<0.06	1.66	0.32	15.10	43.24	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	4.18	<0.75	0.08	2.30	2.30	6.40	<0.50	23.68	286.794	281.3	0	0.39	366.04
27	E-10	Yukarıkavaklı Köyü	19.0	7.69	192	408.0	4.9	n.d.	<0.06	1.77	0.86	4.38	55.42	0.07	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	4.96	<0.75	0.10	2.20	6.00	4.70	<0.50	30	280.692	275.9	0	29.08	367.6
28	E-11	Kurumcu Köyü	18.0	8.05	195	263.0	5.3	n.d.	<0.06	1.31	0.22	1.40	57.62	0.13	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	2.94	<0.75	0.13	2.00	18.10	2.50	<0.50	3.62	189.162	182.6	0	0.99	279.56
29	E-12	Yakutlar Köyü	15.0	7.34	197	721.0	3.9	n.d.	<0.06	10.07	0.17	14.31	66.31	0.72	0.14	<0.06	0.05	<0.10	5.38	0.20	0.30	20.00	28.00	51.00	<0.50	38.73	353.916	345.1	0	0.36	587.2
30	E-13	Madenli Köyü çıkışı	20.0	8.39	171	430.0	5.6	n.d.	<0.06	1.82	0.35	50.45	5.01	0.13	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	9.31	0.20	0.21	3.10	8.60	2.80	<0.50	2.53	292.896	273.6	0	3.5	389.20
31	E-14	Akdeniz Köyü	23.0	7.25	183	682.0	2.7	n.d.	<0.06	3.38	0.52	24.93	86.50	0.61	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	3.62	<0.75	0.45	1.80	2.10	143.00	<0.50	38.15	329.508	320.5	0	0.34	601.1
32	E-15	İlçere-A doğmuş çıkışı	23.0	7.26	192	691.0	3.3	n.d.	<0.06	3.38	0.50	24.79	84.80	0.65	<0.06	<0.06	0.05	<0.10	3.66	<0.75	0.45	1.80	2.50	146.00	<0.50	36.19	317.304	308.8	0	0.33	599.9
33	E-16	A doğmuş Köy Çeşmesi	22.0	8.22	173	253.0	5.3	n.d.	<0.06	3.78	0.12	8.63	30.02	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	4.43	<0.75	0.12	1.80	4.00	6.40	<0.50	2.04	156.652	152.2	0	1.32	225.64
34	E-17	Kemaler Köyü	22.0	6.96	68	5280.0	6.0	n.d.	0.28	197.00	32.65	181.20	824.00	3.72	<0.06	0.85	1.55	<0.10	4.03	0.30	0.41	42.00	<0.75	1450.00	<0.60	610	3179.142	2991	0	2.18	5922.92
35	E-18	Gelenek-Bağlı Anarı	15.0	7.42	198	795.0	5.4	n.d.	<0.06	7.38	3.57	30.61	91.62	<0.06	0.09	<0.06	<0.06	<0.10	5.20	0.20	0.18	18.40	16.80	32.20	<0.50	38.89	414.596	402.5	0	0.52	630.81
36	E-19	Egirdir Gölü	26.0	9.12	139	345.0	5.9	n.d.	<0.06	7.01	1.69	32.78	11.85	<0.06	0.09	<0.06	0.07	<0.10	<0.10	<0.75	0.20	6.40	<0.75	11.40	<0.50	0.17	134.244	103.6	96	7.6	207.12
37	E-20	Mahmutlar Köyü	14.0	7.52	176	509.0	5.4	n.d.	<0.06	2.27	0.81	3.12	102.70	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.10	2.52	<0.75	0.11	3.80	7.50	6.30	<0.50	23.48	317.304	309.1	0	0.47	448.30
38	E-21	Boğucak Su Pomp-Kanarak	15.0	7.67	157	519.0	6.2	n.d.	<0.06	3.81	1.07	16.97	90.12	0.15	0.06	<0.06	0.11	<0.10	3.06	<0.75	0.13	6.00	6.40	19.60	<0.50	50.96	317.304	309.7	0	0.22	468.81
39	E-22	Boğucak Su Sendeği	14.0	7.67	158	524.0	4.2	n.d.	<0.06	3.69	1.15	20.77	76.03	0.18	0.07	<0.06	<0.06	&													

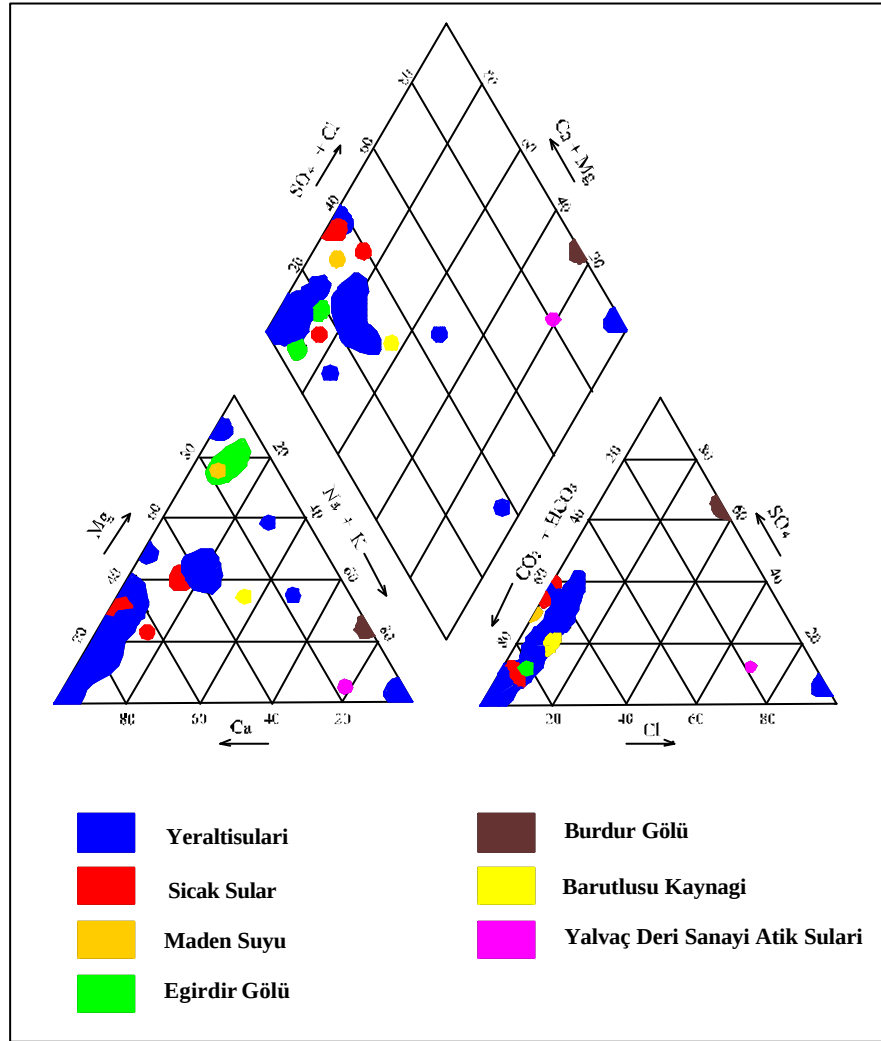


Sekil 7: Egirdir Gölü ve çevresinden alınan su örneklerine ait Scholler diyagramı



Sekil 8: Burdur Gölü ve çevresinden alınan su örneklerine ait Scholler diyagramı

Çalışma alanında bulunan çeşitli sular PIPER diyagramı yardımıyla tanımlanmıştır (Şekil 9). Burdur ve Egirdir Gölleri arasında bulunan alanda yer alan yeraltisuları ve sıcak sular Ca-HCO_3 tipi sular olarak tanımlanabilir. Bunun yanında Sıfı Maden Suyu Ca-HCO_3 tipi göstermesine karşın İçmeler Kaynağı yüksek Mg^{2+} değeri ile kendini belli etmektedir. Egirdir Gölü suları Ca-Mg-HCO_3 tipi sular olarak sınıflandırılabilir. Burdur Gölü suları da $\text{Na-Mg-Cl-(SO}_4\text{)-HCO}_3$ tipi sular olarak sınıflandırılırlar ve içilemez kalitededir.



Şekil 9: Çalışma alanındaki yeraltisuları, maden suyu, sıcak sular ve yüzey sularının Piper diyagramı

İnceleme alanında bulunan çeşitli kökenlere sahip suların anyon ve katyonlarına ait minimum ve maksimum değerleri Şekil 10'da görülmektedir. Bu şekilde, “manuel” olarak hesaplanan

esik (background) degerleri de verilmistir. Önemli elementlere ait özellikler asagidaki gibi tanimlanmislerdir:

Sodyum (Na^+): Inceleme alanindaki yeraltisularinin Na^+ degeri 0,52 ile 355 mg/l arasinda bulunmaktadir (esik deger: 3,86 mg/l). Bunun yaninda sicak sularin Na^+ degeri yeraltisularindaki degerlerle karsilastirildiginda daha yüksek görülmektedir (deger araligi: 3,38 ile 197 mg/l; esik deger: 12,30 mg/l). Egirdir Gölü sulari ise Na^+ içeriği bakımından 6,93 ile 7,01 mg/l arasinda degisen degerlere sahiptir. Buna karsin Burdur Gölü sularinin Na^+ degeri oldukça yüksektir (7210 mg/l).

Potasyum (K^+): Bölgedeki yeraltisularinin K^+ degeri 0,12 ile 9,50 mg/l arasinda degismekte olup 1,08 mg/l esik degeri ile sicak sularla benzerlik göstermektedir. Egirdir Gölü sularindaki K^+ degeri ise 1,59 ile 1,69 mg/l arasinda degerler vermektedir. Burdur Gölü sularinin K^+ degeri ise 40,60 mg/l olarak yüksek bir konsantrasyona sahiptir.

Magnezyum (Mg^{2+}): Çalışma alanindaki sicak sularin Mg^{2+} degeri 20,80 ile 181,20 mg/l arasinda temsil edilirken (esik deger: 24,79 mg/l), yeraltisularinin Mg^{2+} degeri 1 ile 68,40 mg/l arasinda degerler vermektedir (esik deger: 16,67 mg/l). Burdur Gölü sulari 1321 mg/l olan yüksek Mg^{2+} degeri ile kendini göstermektedir. Egirdir Gölü sularinda ise Mg^{2+} degeri 31,74 ile 34,42 mg/l arasinda degismektedir.

Kalsiyum (Ca^{2+}): Yeraltisularinin Ca^{2+} degeri 4,00 ile 106,23 mg/l arasinda degisim göstermektedir (esik deger: 54,11 mg/l). Sicak sulardaki Ca^{2+} miktarı 36,80 ile 824 mg/l arasindadir (esik deger: 84,80 mg/l). Egirdir Gölü sularinin Ca^{2+} degeri 5,67- 11,55 mg/l olarak belirlenmistir. Burdur Gölü sularinda ise Ca^{2+} degeri 10,80 mg/l'dir.

Fluor (F^-): Çalışma alanindaki yeraltisularindaki F^- degerleri 0,08 ile 0,98 mg/l arasindadir (esik deger: 0,19 mg/l). Sicak sularin F^- degerleri ise 0,41 ile 0,71 mg/l arasinda degismektedir (esik deger: 0,45 mg/l). Ayni sekilde, Egirdir Gölü sularindaki F^- degerleri (deger araligi: 0,20 ile 0,22 mg/l) yeraltisulari ve sicak sularla benzerlik göstermektedir. Buna karsilik, Burdur Gölü sularindaki F^- degeri <0,05 mg/l'dir.

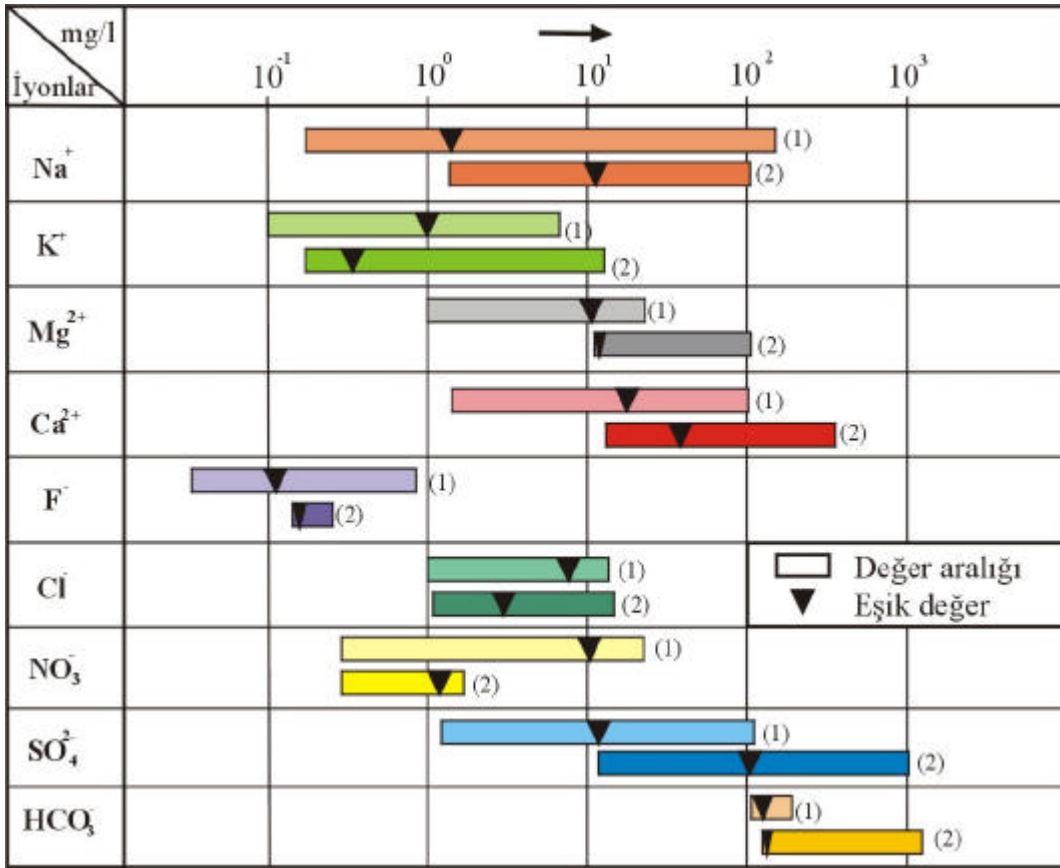
Klor (Cl^-): Inceleme alanindaki yeraltisulari 1,00-37,42 mg/l arasinda bulunmaktadir (esik deger: 9,64 mg/l). Sicak sulara Cl^- degerleri 1,80 ile 42 mg/l arasindadir. Egirdir Gölü sularinda Cl^- degeri 6,10 ile 6,40 mg/l arasinda degerlere sahiptir. Bölgedeki yeraltisulari,

sıcak sular ve Egirdir Gölü sularinin Cl^- degerleri hemen hemen benzerlik gösterirken, Burdur Gölü sulari 12454 mg/l Cl^- degeri ile oldukça yüksek bir konsantrasyon vermektedir.

Nitrat (NO_3^-): Inceleme alanindaki sıcak sularin NO_3^- degeri 0,75 ile 5,10 mg/l arasında degerlere sahip olup 2,50 mg/l esik degeri vermektedir. Yeraltisulari ise NO_3^- konsantrasyonu bakımından sıcak sulara oranla daha yüksek degerlere sahiptir (esik deger: 12,43 mg/l). Egirdir Gölü sularında NO_3^- degerinin <0,75 mg/l, Burdur Gölü sularında ise <0,50 mg/l olduğu görülmektedir.

Sülfat (SO_4^-): Egirdir Gölü sularında SO_4^- degeri 11,20 ile 11,40 mg/l arasındaki degerlerde gözlenirken, Burdur Gölü sularında SO_4^- degeri 30470 mg/l ile oldukça yüksek konsantrasyona sahiptir. Yeraltisularinin SO_4^- degerleri 2,50 ile 155,25 mg/l arasında degerlere sahipken (esik deger: 20,98 mg/l), sıcak sularin SO_4^- degerlerinin 28,15 ile 1450 mg/l aralığında olduğu belirlenmiştir (esik deger: 143 mg/l). Özellikle Burdur Gölü sulari (30470 mg/l) ve İçmeler Kaynagi (1450 mg/l) sularinin SO_4^- degeri oldukça yüksektir.

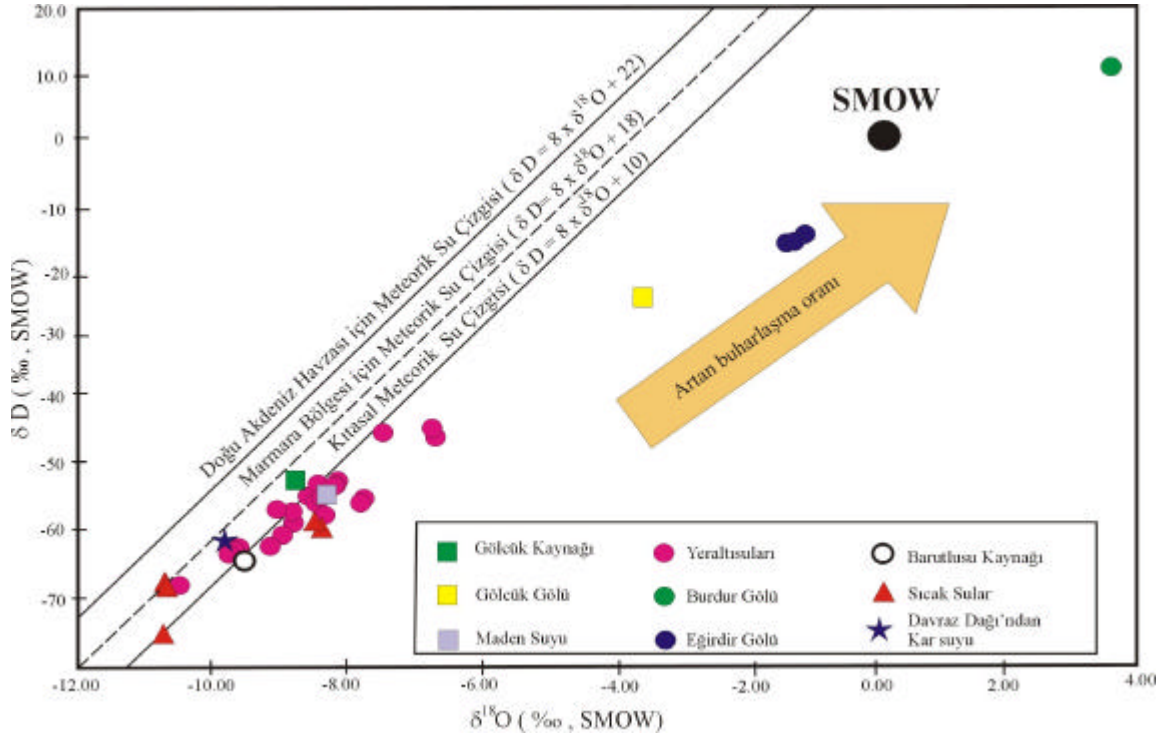
Bikarbonat (HCO_3^-): Inceleme alanındaki yeraltisularinin HCO_3^- degerleri 152,2 ile 587,4 mg/l arasında bulunmaktadır (esik deger: 310,3 mg/l). Bunun yanında sıcak sulardaki HCO_3^- degeri yeraltisularındaki degerlerle uyusmaktadır (esik deger: 310,6 mg/l). Buna karsın Egirdir Gölü sularında HCO_3^- degeri 103,6 ile 460,7 mg/l arasındaki degerleriyle hem yeraltisulari, hem de sıcak sularla benzerlik göstermektedir. Burdur Gölü sulari ise 59,83 mg/l HCO_3^- degeri vermektedir.



Sekil 10: Çalışma alanındaki sulara bulunan iyonların değer aralıkları ve eşik (background) değerleri (1: yeraltisuları; 2: sıcak sular).

Çalışma alanındaki yeraltisuyu, yüzey suyu, kaynak suyu, gölleri kapsayan noktalardan, ¹⁸O, ²H ve ³H izotoplarının analizi için 33 örnek alınmıştır. Bölgedeki suların d¹⁸O ve dD izotop oranları, genel olarak kitasal meteorik su çizgisi ile çakışmaktadır (Sekil 11). Buna karşılık, Egirdir ve Burdur Gölü suları meteorik su çizgisinden sapmalar göstermektedirler.

Burdur Gölü'nde anyon ve katyonlarda olduğu gibi, d¹⁸O izotopunda da asiri zenginleşme söz konusudur. d¹⁸O izotopundaki zenginleşmenin nedeni, Burdur Gölü'ndeki yoğun buharlaşmadır. İç beslenmenin çok az olması, oldukça yüksek ve hızlı bir buharlaşma oranına sahip olması nedeniyle Burdur Gölü suları, SMOW alanının altına düşmektedir. Bu sonuçları ³H izotopu verileri de desteklemektedir (Çizelge 3).



Sekil 11: Çalışma Alanındaki yeraltisuyu, maden suyu, sıcak sular, kar suyu ve göl sularının δD ve $\delta^{18}O$ ilişkisi .

Egirdir Gölü sularında da buharlaşma nedeniyle $\delta^{18}O$ zenginleşmesi görülmektedir. Ancak Egirdir Gölü'nün iç beslenmesi ve dışarıya boşalması olduğu için $\delta^{18}O$ miktarı Burdur Gölü'ndeki kadar fazla değildir. Egirdir Gölü'nün buharlaşma oranı, Burdur Gölü'ne göre daha düşük ve bölgedeki yeraltisularına göre daha yüksektir.

Alınan örneklerin 3H sonuçlarına göre, yöredeki yeraltisuları, Senir'de 1.0 (TU)'den Yalvaç yakınındaki Kumdanlı'da 18.0 (TU)'ya kadar değişen değerlere sahiptir. Buna göre yöredeki yeraltisularının genç sular oldukları anlaşılmaktadır. Burdur Gölü sularının 3H değeri 16.4 (TU) ve Egirdir Gölü sularının 3H değeri ise 6.7-7.2 (TU) arasındadır. Bu değerlerle Egirdir ve Burdur Gölü sularının, çalışma alanındaki yeraltisuları gibi genç sular olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 3: Egirdir ve Burdur Gölleri ve Çevresinden Alınan Örneklerin İzotop ($d^{18}O$, dD , 3H) Analizleri Sonuçları

Sıra No	Örnek No	Lokasyon	$d^{18}O$ (‰)	dD (‰)	Excess (‰)	3H (TU)	$2s$ (TU)
1	B-1	Gölbasi	-8,37	-57,4	9,5	2,0	0,7
2	B-4	Gölbasi	-9,03	-60,6	11,7	1,0	0,7
3	B-5	Sifa Maden Suyu	-8,23	-55,9	9,9	5,7	0,9
4	B-8	Çendik	-6,85	-44,3	10,6	5,9	0,7
5	B-13	Kayasuyu Çesmesi	-9,69	-62,4	15,1	9,8	0,8
6	B-14	Koyak Çesmesi	-9,78	-63,9	14,3	9,9	0,8
7	B-15	İlyas	-9,74	-64,3	13,6	9,5	0,7
8	B-17	Senir	-9,25	-62,9	11,1	<1,0	
9	B-18	Kokar Çesme	-8,29	-56,4	10,0	10,1	0,8
10	B-20	Pınarbasi	-8,36	-59,4	7,4	<0,7	
11	B-21	Barutlusu	-9,51	-64,1	12,0	<0,7	
12	B-23	Pınarbasi	-8,38	-57,7	9,3	<0,7	
13	B-24	Burdur Gölü	3,84	10,4	-20,3	16,4	1,1
14	B-25	DSI-34867	-8,16	-53,4	11,9	4,3	0,7
15	B-26	DSI-34864	-8,18	-54,1	11,4	8,3	0,7
16	B-28	Sari Renkli Su	-7,86	-56,5	6,3	0,9	0,7
17	E-1	Bedre Koyu	-1,45	-15,6	-4,0	6,7	0,7
18	E-2	Bedre Köyü	-8,83	-59,5	11,1	5,8	0,7
19	E-3	Bagören Köyü	-8,31	-55,2	11,2	9,7	0,7
20	E-6	Kayaagzi Kaynağı	-8,84	-58,5	12,2	9,4	0,7
21	E-8	S.Demirel villası	-1,48	-16,5	-4,7	6,7	0,7
22	E-11	Kumdanlı çıkışı	-8,46	-56,7	11,0	18,0	1,3
23	E-12	Yağcılar Köyü	-7,94	-54,6	8,9	9,1	0,7
24	E-14	Aslandogmus Köyü	-10,67	-69,1	16,3	5,6	0,7
25	E-15	İlidere-A.dogmus çıkışı	-10,68	-69	16,4	5,6	0,7
26	E-16	A.dogmus Köy Çesmesi	-10,46	-69	14,7	13,6	1,0
27	E-17	İçmeler Kaynağı	-10,83	-70,5	16,2	0,9	
28	E-18	Gelendost-Bagilli Arası	-6,73	-47,3	6,5	7,9	0,7
29	E-19	Egirdir Gölü	-1,38	-15,3	-4,3	7,2	0,7
30	E-20	Mahmatlar Köyü	-8,38	-52,9	14,2	8,0	0,7
31	E-22	Soğucak Su Sondajı	-7,49	-45,6	14,3	7,7	0,7
32	E-23	Kavaklı Kaynağı	-8,47	-55,1	12,7	3,7	0,7
33	E-24	Kavak Pınarı	-9,18	-58,3	15,1	6,9	0,7
34*	TR7	Gölcük Kaynağı	-8,92	-53,1		13,5	
35*	TR8	Gölcük Gölü	-3,29	-26,9		10,5	
36*	TR-10	Davraz Dağı Kar Suyu	-9,89	-62,6		5,2	

4. DEPREM ERKEN UYARI SİSTEMİ ÇALIŞMALARI

Depremler yerkürenin tektonik olarak aktif olduğu alanlarda oluşur ve yıkıcılığı en fazla olan kaçınılmaz bir doğa olayıdır. Bu yüzden onların etkilerini azaltmaya yönelik DEPREM ERKEN UYARI SİSTEMİ geliştirilmesi çalışmalarının yapılmasını önemli ve ivedi kılmaktadır. Depremlerin önceden kestirilmesi araştırılan alanın jeotektonik özelliklerinin iyi bilinmesi ve orada veri üretebilen bir sismik ağı bulunması koşuluyla (1) kuvars ve turmalin gibi piezoelektrik etki verebilecek kristallerin bulunduğu alanlarda piezoelektrik yöntemi kullanılması, (2) manyetotellürik yöntemin devreye sokulması, (3) hidrojeokimyasal parametreler (su sıcaklığı, pH, Eh, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen miktarı, yeraltı suyu seviyesi, vs.) ile yeraltı suyu davranışlarının deprem öncesi, ani ve sonrası incelenmesi (Amoruso ve diğ., 2000; Aydan ve Ulusay, 2000; Churikov ve diğ., 2000; Galloway ve diğ., 1994; Grecksh, 1999; Kirmizitas, 2000; Kishimoto, 2000; Mutlu ve Sarıöz, 2000; Nishizawa ve diğ., 1998; Roeloffs, 2000; Tezcan ve diğ., 2000; Umutlu, 2000; Ünlü, 1998, 2000) ve (4) özellikle metamorfik alanlarda radon gazı değişiminin gözetlenmesi (Aydan ve Ulusay, 2000; Woith ve diğ., 1998) ile mümkün olmaktadır. Bu çalışmalar baz alınarak Burdur transform fay zonunda Sifa Maden Suyu (maden suyu), Bağlar (sondaj kuyusu) ve Yassigüme (soğuk su kaynağı) istasyonları seçilerek bu istasyonlara yukarıda belirtilen hidrojeokimyasal parametreleri ve radon değerlerini ölçebilecek ölçüm cihazları yerleştirilmiştir. Bu parametrelere ek olarak Sifa istasyonunda bulunan radon sensörü ile radon gazı değerleri ölçülebilmektedir. Ölçülen değerler SDÜ’de bulunan Jeotermal Enerji, Yeraltı suyu ve mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezine gönderilmekte ve orada Bogaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü’nden sağlanan sismik verilerle karşılaştırılmakta ve istatistiksel değerlendirilerek bir Deprem Erken Uyarı Sistemi geliştirmek üzere arşivlenmektedir.

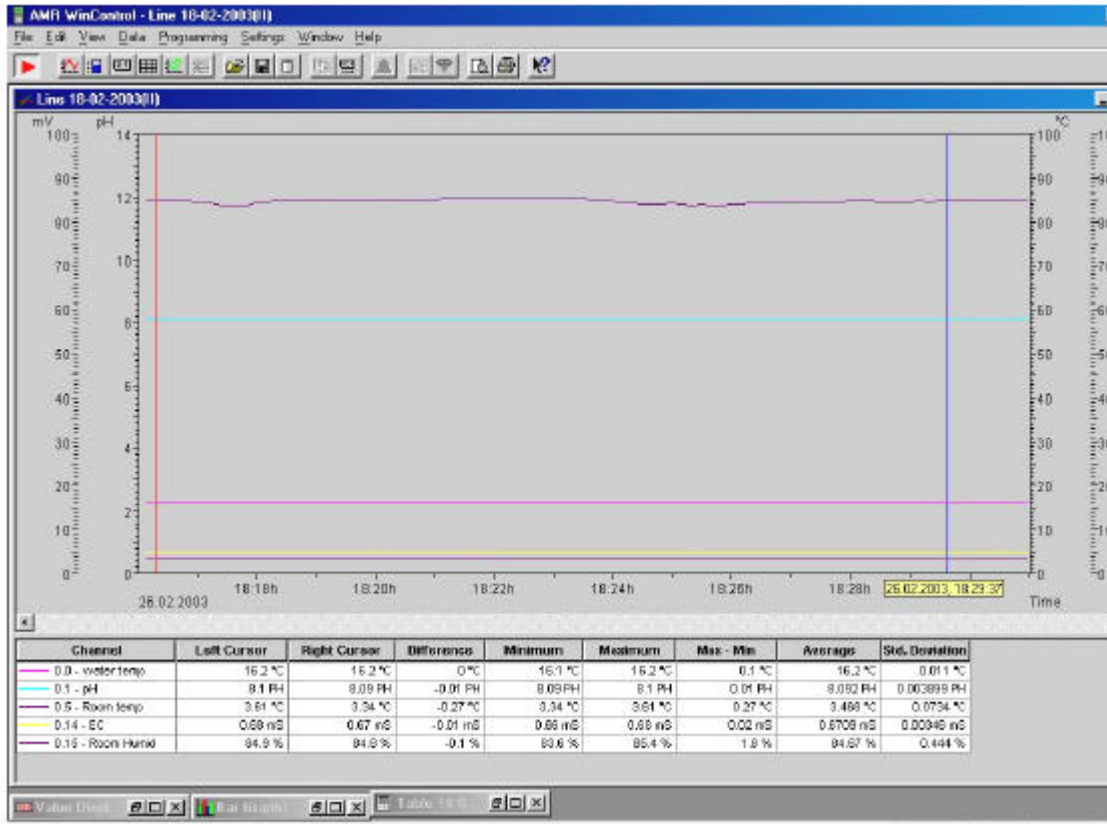
4.1 Yassigüme İstasyonu

Yassigüme ölçüm istasyonu Burdur ilinin GB kesiminde KD-GB yönlü gidişli Burdur fayı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 12). Bu fay doğrudan burada Kocar Su kaynağı ile karakterize etmektedir. İki metre derinde bulunan kaynak üzerine ölçüm istasyonu kurulmuş bulunmaktadır. Bu ölçüm istasyonunda yapılan ölçümler hava sıcaklığı, su sıcaklığı, pH, Eh, çözünmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenliktir (Şekil 13). Bu değerler Nisan 2002

yilinda meydana gelen ve siddeti 4.2 olan Burdur depremine bagli olarak anormal derecede degisimler göstermis bulunmaktadir. Bu degerlerin degisimi yeni meydana gelecek depremlere bagli kalinarak izlenmelidir.



Sekil 12. “Deprem Erken Uyarı Sistemi” Yassigüme (Burdur) ölçüm istasyonu.



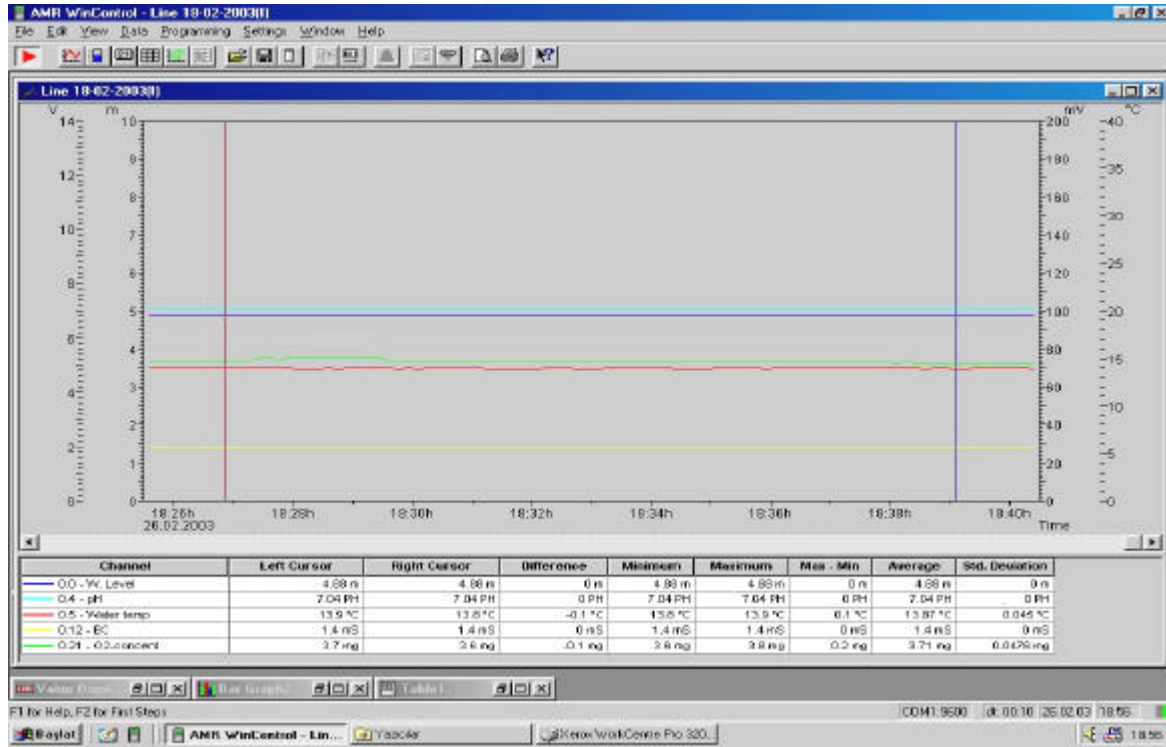
Sekil 13. Yassigüme İstasyonu’nda on-line olarak ölçülen hidrojeokimyasal ölçüm parametreleri

4.2 Baglar Istasyonu

Burdur il merkezinde dogrudan fay üzerinde bulunan Baglar istasyonu (Sekil 14) bir yeraltisuyu sondaj kuyusundan olusmaktadır ve derinligi 80 m civarindadir. Bu sondaj kuyusunda su derinligi 45 m olup burada hava sicakligi, hava nemliligi, su sicakligi, pH, Eh, çözünmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenlik yanında önemli parametre olarak yeraltisuyu seviyesi ölçülmektedir (Sekil 15). Yeraltisuyu seviyesi yine Nisan 2002 Burdur depremine bagimli olarak önemli derecede (yaklasik 1.00 metre) yükselme göstermis bulunmaktadır.



Sekil 14. “Deprem Erken Uyarı Sistemi” Baglar (Burdur) ölçüm istasyonu



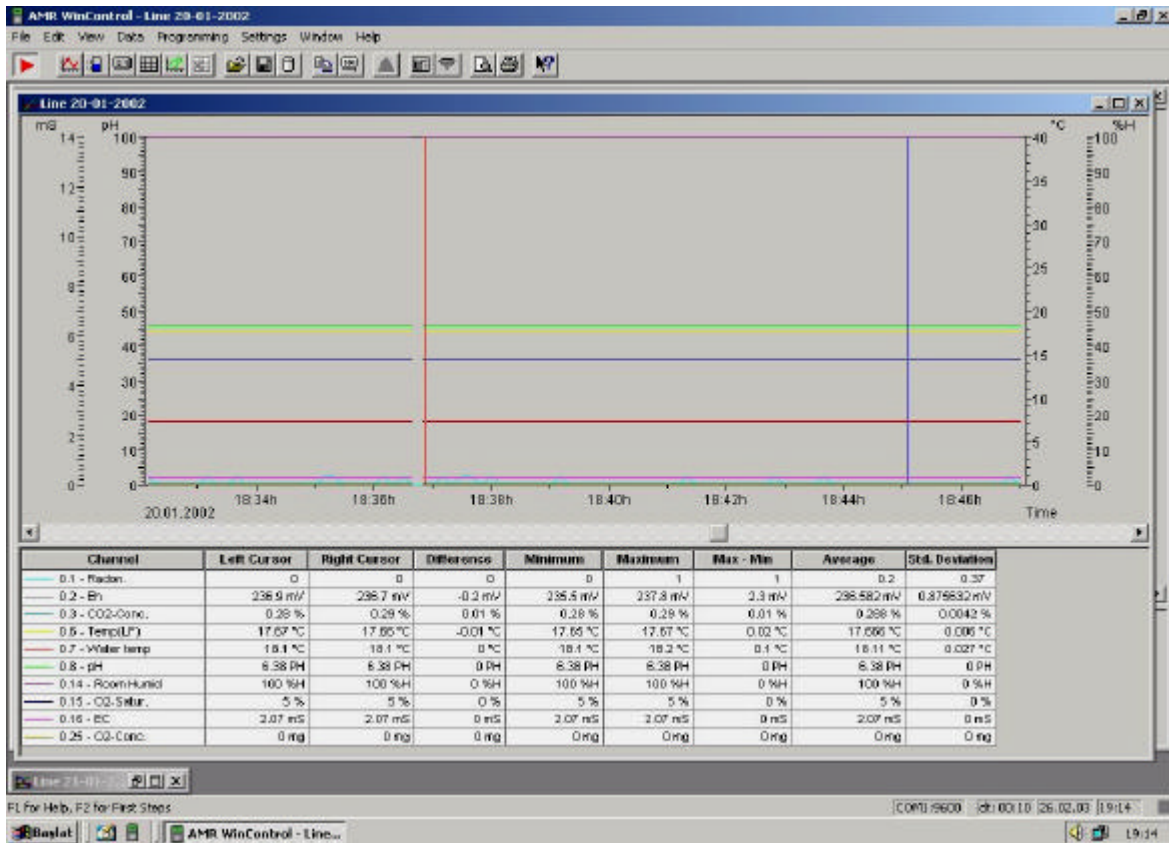
Sekil 15. Bağlar İstasyonu'nda on-line olarak ölçülen hidrojeokimyasal ölçüm parametreleri

4.3 Sıfı Maden Suyu İstasyonu

Sıfı maden suyu istasyonu Burdur fay zonunun KB kesiminde bulunmaktadır (Sekil 16). Bu istasyonda hava sıcaklığı, hava nemliliği, su sıcaklığı, pH, Eh, çözünmüş oksijen miktarı, elektriksel iletkenlik ve radon gazı değerleri ölçülmektedir (Sekil 17). Nisan 2002 Burdur depremine bağlı olarak burada sulara asiri debi artışı izlenmiş bulunmaktadır.



Sekil 16. “Deprem Erken Uyarı Sistemi” Sifa (Burdur) ölçüm istasyonu



Sekil 17. Sifa İstasyonu’nda on-line olarak ölçülen hidrojeokimyasal ölçüm parametreleri

5. TARTISMA VE SONUÇLAR

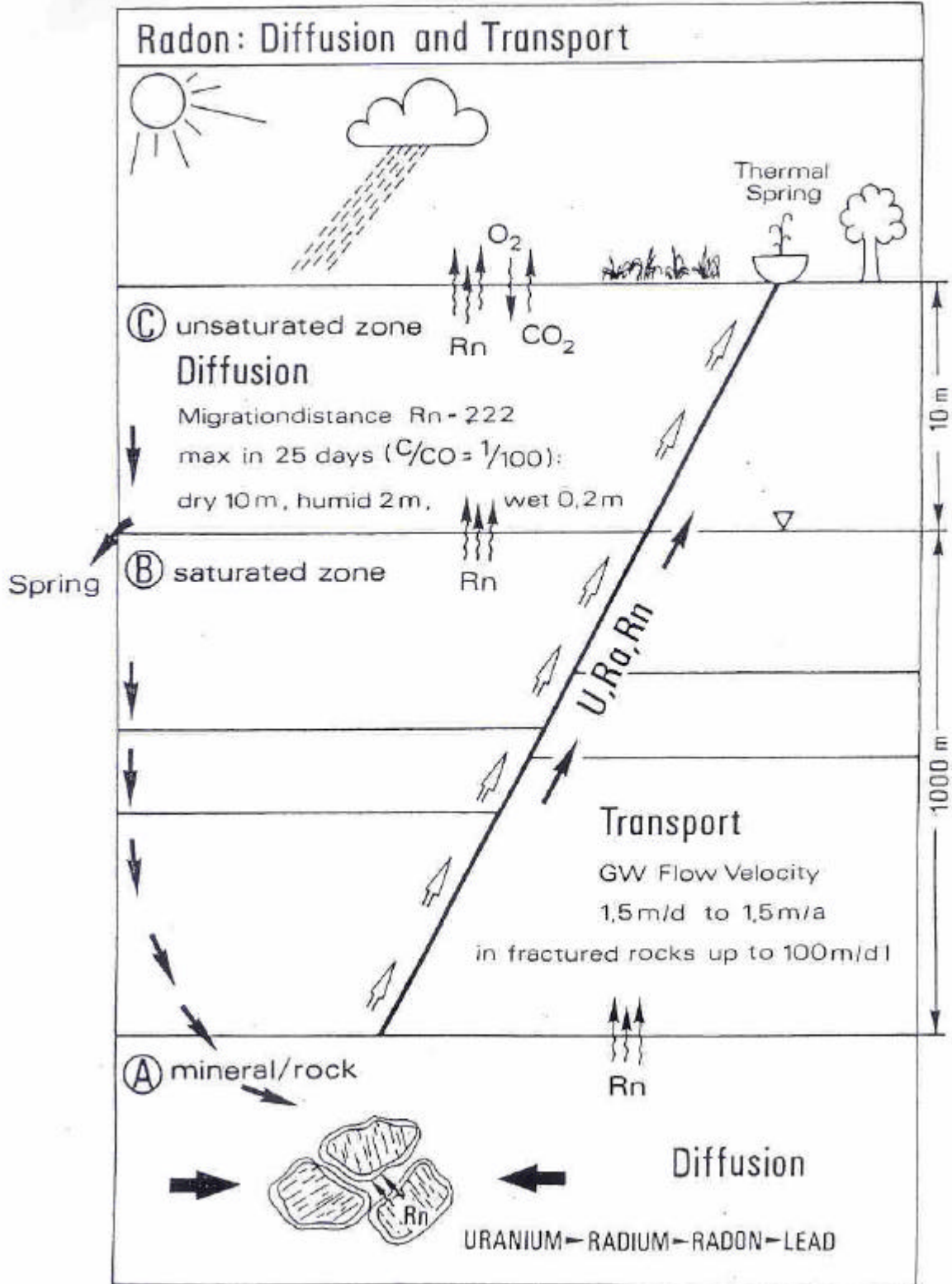
Depremler yerküremizin tektonik olarak aktif olduğu alanlarda meydana gelmektedir. Bunlar kıtasal ve okyanusal kabukların (a) birbirinden uzaklaşması, (b) birbirine yaklaşması ve (c) bir transform fay boyunca birbirini yalayarak hareket etmesi şeklinde olmaktadır. Depremlerin şiddeti Richter ölçeğine göre 0 ile 12 arasında değişmektedir. Bu ölçeğe göre şiddeti 5'e kadar olan alanlarda can kaybı hemen hemen olmamaktadır. Ancak deprem şiddeti 5 ile 8 arasında olan alanlarda can ve mal kaybı deprem şiddeti ölçüsünde büyük olmaktadır. Şiddeti 8 ve den fazla olduğu zaman felaket depremleri söz konusu olmakta ve herşey yerle bir olmaktadır.

Bu tür felaketlere neden olan depremlerin şimdiye değin yapılan çalışmalara göre önceden tahmini bilimsel olarak mümkün olmamıştır ve depremleri önceden tahmin edebilecek bir yöntem de kesin olarak kanıtlanmış değildir. Yörenin jeolojik olarak sismotektonik özellikleri bilgisi ve orada kurulmuş sismik ağı ürettiği ölçüm verileri bulunması koşuluyla (1) kuvars ve turmalin gibi piezoelektrik etki verebilecek kristallerin bulunduğu alanlarda piezoelektrik yöntem kullanmak, (2) manyetotellürik yöntemi devreye sokmak, (3) hidrojeokimyasal parametreleri (sıcaklık, pH, Eh, elektriksel iletkenlik, erimis oksijen değeri, yeraltı suyu seviyesi, karbondioksit miktarı, vs.) kullanarak bunların eşliğinde yeraltı sularının davranışlarını incelemek ve (4) özellikle metamorfik alanlarda ve metamorfik alanlara uzak olmayan bölgelerde radon gazı değişimini incelemek depremleri önceden tahmin edebilmek için en mantıklı olasılıklar olarak görülmektedir.

1999 yılında vuku bulan İzmit, Adapazarı ve Bolu depremleri arkasından Burdur Valiliği ve SDÜ Rektörlüğü öncülüğünde Deprem Erken Uyarı Sistemi çalışmaları için ilk araştırmalar 2000 yılında Burdur Fay Zonu'nda başlamıştır. Bu fay zonu Yunanistan'dan gelerek Fethiye üzerinden geçmekte ve Burdur Gölü'nde kuzeydoğu ve güneybatı olmak üzere segment faylar olarak ikiye ayrılmakta ve gölü sınırlamaktadır (Şekil 1 ve 2). Burdur Fay Zonu'nda yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırmalar sonucu (a) Yassigüme, (b) Bağlar ve (c) Sıfı Maden Suyu lokasyonları ölçüm istasyonları olarak belirlenmişlerdir. Bu istasyonlarda yukarıda belirtilen yöntemlerden hidrojeokimyasal parametreler ölçülmekte, ölçü değerleri modem ve kiralık veri hattı yoluyla SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltı suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne gönderilmektedir. Burada veriler

bilgisayarlarda on-line olarak okunmakta ve Bogaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Arastırma Enstitüsü'nden alınan sismik verilerle karsilastirilmaktadır (Sekil 12-17). Ayni zamanda Sifa Maden Suyu istasyonunda hidrojeokimyasal parametrelere ilave olarak radon degerleri on-line olarak ölçülmekte ve degerlendirilmektedir. Radon yukarida belirtildigi gibi genellikle metamorfik kayaçlarda bulunan uranyumun bozusmasi ile olusmakta ve yerkürenin zayıf zonlari (fay ve çatlaklar vs.) boyunca difüzyon yoluyla yüzeye çıkmaktadır (Sekil 18).

Bu ölçümler sonucu hidrojeokimyasal yöntemler özellikle 2002 yılında meydana gelen Afyon/Sultandag depremi (Subat 2002) ve Burdur depremi (Nisan 2002) yıllarında özellikle deprem öncesi önemli ölçüde degisiklikler göstermis bulunmaktadırlar. Bu degerler daha kesin sonuca varabilmek için ileride olması mümkün olan depremlerde de çok kez test edilmelidirler.



Sekil 18. Radon bozuması ve difüzyon yoluyla yüzeye ulaşması (J. Zschau ve O. Ergünay, 1989'dan alınmıştır)

6. KAYNAKLAR

- Acar, A. ve Biliyul, H., (1974). Jeofizik Anomalilere Göre Aksehir-Yalvaç Yörelerinde Kalker Altında Bazik Formasyonun (doleritin) Devamlılığının Takip İmkani ve Ondülasyonları. Türkiye Jeol. Kur. 28. Bilimsel ve Teknik Kongresi Teblig-Konferans özetleri, 7.
- Akbulut, A., (1977). Etude geologique d'une partie du Taurus Occidental au Sud d'Egirdir (Turquie). These 3eme cycle, Univ. de Paris Sud, Centre d'Orsay, 203s. (yayınlanmamış)
- Amoruso A., Crescentini, L., Marelli, A., Plastino, W., Bella, F., Scarpa, R., 2000. Strain Data, Groundwater, Geochemistry and Seismic Records During a Slow Earthquake Sequence in Central Italy in 1997. AGU-Fall Meeting, F. 892, San Francisco.
- Anastakis, G. ve Kelling, G. (1991). Tectonic connection of the Hellenic and Cyprus arcs and related geotectonic elements: Mar. Geol., v. 97, 261-277s.
- Aydan, O. ve Ulusay, R., 2000. Depremlerin Önceden Tahmini Mümkün mü? "Olagandisi Olaylar", Mavi Gezegen Yerbilimleri Dergisi, sayı:3, s.78-79, Ankara.
- Blumenthal, M., (1960). Le systeme structural de Taurus Sud Anatolien. Livre à la Mém. P. Fallot, 11, 611-662 s.
- Blumenthal, M., (1963). Le système structural du Taurus Sud-Anatolien: in Livre à la mémoire du Professeur P. Fallot. Mém. hs. sér. Soc. Géol. France, 2, 611-622 s., Paris.
- Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O. ve Poisson, A., (1971). Outline of the Geology of the Western Taurids, Campell, A.S., ed., Geology and History of Turkey de. Petroleum exploration Society of Libya, Tripoli, 225-255 s.
- Churikov, V. ve Hiroshi, I., 2000. Some Results of Tilt and Strain Observation by Borhole Instruments in Tono, Central Japan, AGU-Fall Meeting, F. 892, San Francisco.
- Desprairies, A. ve Gutnic, M., (1970). Les grés rouges au sommet du Paleozoïque du massif du Sultandag et les niveaux ferrallitiques de la couverture Mesozoïque (Nord-East du Taurus occidental, Turquie). Analyses chimiques et mineralogiques. Signification paleogeographhique. Bull. Soc. Géol., XII, 505-514 s, France.
- Demirkol, C., Sipahi, H. ve Çiçek, S., (1977). Sultandagının Stratigrafisi ve Jeoloji Evrimi. Maden Tetkik Arama Enst., Derleme Rap. No:6305, (yayınlanmamış).
- Dilek, Y., Thy, P., Moores, E. M. ve Ramsden, T. W., (1990). Tectonic evolution of the Troodos ophiolite within the Tethyan framework: Tectonics, v. 9, 811-823 s.

- Dilek, Y. ve Moores, E.M., (1990). Regional Tectonics of the Eastern Mediterranean Ophiolites, in Malpas, J.; Moores, E.M., et al., eds., Ophiolites, Oceanic crustal analogs. Proc. Sym. (Troodos, 1987), Geol. Survey Dept., 295-309 s., Nicosia/Cyprus.
- Dilek, Y. ve Rowland, J., (1993). Evolution of conjugate passive margin pairs in Mesozoic southern Turkey: Tectonics, 12, 954-970 s.
- Galloway, D., Lacniak, R., Roeloffs, E., 1994. Sustained Aquifer Fluid-Pressure Changes in ash Meadows, Nevada in Response to the Northridge Earthquake. AGU-Fallmeeting 1994, vol. 75, no: 44, USA.
- Gedik, A., Birgili, S., Yilmaz, H. ve Yoldas, R., (1979). Mut-Ermenek-Silifke Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları. Türkiye Jeoloji Kur. Bült., 22 (1), 7-26 s.
- Gökten, E., (1976). Silifke Yöresinin Temel Kaya Birimleri ve Miyosen Stratigrafisi. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22, 7-26 s.
- Graciansky, P.C. de., (1968). Teke Yarımadası (Likya) Toroslari'nin Üstüste Gelmiş Ünitelerinin Stratigrafisi ve Dinaro Toroslar'daki Yeri. Maden Tetkik Arama Enst. Derg., 71 , 73-92 s.
- Grecksh, G., 1999. Analyses and Interpretation of Well Level Changes Induced by the Roermond Earthquake of April, 1992. PhD Thesis, University of Bonn, Verlag. ISBN 3-8265-6117-1, p.132.
- Gutnic, M., (1977). Géologie du Taurus Pisidien au nord d'Isparta, Turquie. Principaux resultats extraits des notes de M. Gutnic entre 1964 et 1971 par O. Monod, Univ. de Paris-Sud Orsay, 130s.
- Haude, H., (1968). Zur Geologie des Mittleren Sultandag Südwestlich von Akşehir (Turkei). Dissertation Münster, 146s., (yayınlanmamış).
- Hayward, A.B. ve Robertson, A.H.F., (1982). Direction of ophiolite emplacement inferred from Cretaceous and Tertiary sediments of an adjacent autochthon, the Bey Dagları, southwest Turkey. Geol. Soc. America Bull., 93, 68-75 s.
- İrleyici, A., (1998). Eğirdir ve Burdur Gölleri Arasındaki Hidrojeoloji İncelemesi. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi (yayınlanmamış), 150s., Isparta.
- Karagözel, R., Tasdelen, S., Akyol, E., Tokgözlü, A., İrleyici, A. ve Özgül, S., (1995). Eğirdir Gölü Hidrolojisi (Ön Rapor), S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl. Uygulamalı Jeoloji ABD, 61 s., Isparta.

- Karaman , M.E., (1994). Isparta-Burdur Arasinin Jeolojisi ve Tektonik Özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, c.37, 2, 119-134 s.
- Kharaka, Y.K., Gunter, W.D., Aggarwal, P.K., Perkins, E.H. ve DeBaal, J.D., 1988, A computer program for geochemical modeling of water-rock interactions: U.S. Geol.Surv. Water-Resources Investigations Report 88-4227, 420 s.
- Kirmizitas, H., 2000. Depremlerin Yeraltisuyu Seviyelerinde Meydana Getirdigi Degisiklikler, 53. Türkiye Jeoloji Kurultayi, s. 116-117, Ankara.
- Kishimoto, Y., 2000. On Precursory Phenomena Observed at the Yamasaki Fault, Southwest Japan, as a Test Field for Earthquake Prediction. AGU-Earthquake Prediction an International Review, Maurice Ewing Senses, 4, p. 510-516, USA
- Kissel, C., Averbuch, O., Lamottle, D., Monod, O. ve Allerton, S., (1993). First Paleomagnetic Evidence for a post-Eocene clockwise rotation of the Western Taurus Belt east of the Isparta reentrand (SW-Turkey). Earth Planet. Sci. Lett. 117, 1-14 s.
- Koçyigit, A., (1976). Karaman-Ermenek (Konya) Bölgesinde Ofiyolitli Melanj ve Diger Olusuklar. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 103-115 s.
- Koçyigit, A., (1980). Hoyran Gölü Yöresinin (Afyon-Isparta) Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri. Ankara Üniv. Fen Fakültesi, Genel Jeol. Kürs., Doçentlik tezi (yayinlanmamis), 172 s., Ankara.
- Koçyigit, A., (1981). Isparta Büklümü'nde (Bati Toroslar) Toros Karbonat Platformunun Evrimi. Türkiye Jeol. Kur. Bült. 24, 15-23 s.
- Koçyigit, A., (1983). Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) Dolayinin Tektonigi. Türkiye Jeol. Kur. Bült. 26, 1-10 s.
- Koçyigit, A., (1984). Güneybati Türkiye ve Yakın Dolayinda Levha İçi Yeni Tektonik Gelisim. Türkiye Jeol. Kur. Bült. 27, 1-15 s.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J., (1979). The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area: Tectonophysics 60, 1-42 s.
- McKenzie, D., (1978). Active Tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions: Geophys. Jour. Royal Astro. Soc., v.55, 217-254 s.
- Merter, Ü., Genç, S.,Tunali, S. ve Göksu Z. L., (1986). Isparta ve Yöresindeki Göllerdeki Su Kalitesi, Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreler. TÜBİTAK, Deniz Bilimleri ve Çevre Arastirmalari Grubu, Proje no: ÇAG-45/G, Tarim-Orman ve Köyisleri Bakanligi, Koruma ve Kontrol Gn. Md., Ankara.
- Monod, O., (1977). Recherches geologiques dans le Taurus occidental an sud de Beysehir (Turquie). Thése d'etat., Univ. de Paris-Sud Orsay, 422 s., (yayinlanmamis).

- Mutlu, H. ve Sariiz, K., 2000. 17 Agustos 1999 Izmit Depremi Sonrasi Yöre Sicak Sularinin Kimtasal ve Fiziksel Özellikleri, ATAG-3 Toplantisi Makaleler, s. 1-5, Sivas.
- Mutlutürk, M., Karagüzel, K., Köseoglu, M., Oran, S., Oglakçi, M. ve Tasdelen, S., (1991). Egirdir Gölü ve Havzasi Kirletici Faktörlerinin Arastirilmesi. Göller Bölgesi Tatli Su Kaynaklarinin Korunmasi ve Çevre Sorunlari Sempozyumu. 479-488 s., Isparta.
- Nishizawa, S., Igarashi, G., Sano, Y., Shoto, E., Tasaka, S., Sasaki, Y., 1998. Radon, Cl⁻ and SO₄²⁻ Anomalies in Hot Spring Water Associated with the 1995 Earthquake Swarm off the East Coast of the IZU Peninsula, Central Japan, Applied Geochemistry, vol. 13, pp.89-94.
- Öztürk, A., (1981). Isikli (Çivril)-Akdağ Yöresinin Stratigrafisi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Arastirma Kurumu Matematik, Fizik ve Biyoloji Bilimler Arastirma Grubu, TBAG-272, 27s.
- Öztürk, A., (1982). Tectonics of Dinar-Sandikli-Isikli Region. Communications of Faculty of Science, Univ. of Ankara, C1, 25, 1-58 s.
- Parejas, E., (1942). Sandikli, Dinar, Burdur, Isparta ve Egirdir Bölgesinde yapılan Jeolojik Löveler Hakkinda Rapor. Maden Tetkik Arama Enst. Der. Rap. No. 1390, (yayinlanmamis).
- Penck, N., (1918). Die tektonischen Grundzüge westklimasiens. Engelhorn Nachf., Stuttgart.
- Poisson, A., (1977). Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquies). Thèse d'état., Univ. de Paris-Sud Orsay, 795s.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J.F. ve Uysal, S., (1984). The Isparta Angle: A Mesozoic Paleorift in the Western Taurides. Geology of the Taurus Belt (eds., Tekeli, O., and Göncüoglu, M.C.). International Symposium. 11-26 s., Ankara/Turkey.
- Roeloffs, E., 2000. The Parkfield, California Earthquake Experiment: An update in 2000. Current Science, vol. 79, no: 9, pp. 1226-1236, USA.
- Senel, M., (1997). 1:250 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritalari, Isparta paftasi. MTA yayinlari No:4, 47 s., Ankara.
- Sengör, A. M. C., (1980). Türkiye'nin neotektoniginin esaslari: Türkiye Jeol. Kur. Konferans dizisi, 40 s.
- Tezcan, L., Dogdu, N., ve Kirmizitas, H., 2000. Sismik Aktivitelere Bagli Yeraltisuyu Seviye Degisimleri, 53. Türkiye Jeoloji Kurultayi, 21-25 Subat 2000, Bildiri Özleri, s. 164-165.
- Umutlu, N., 2000. 17 Agustos 1999 Izmit Depremi Öncesi Tilt Çalışmalari. BAD Sempozyumu 2000, s. 293-303, Izmir.

- Ünlü, F., 1998. Adana-Osmaniye-Hatay Bölgeleri 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan (M=6.4) Depremi Sonrasi Su Kimyasi Çalışmaları, www.deprem.gov.tr (Yayınlanmamış).
- Ünlü, F., 2000. Türk-Alman İşbirliği Depremlerinin Önceden Kestirilmesi (Çoklu Parametre İstasyonları) 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrasi Sıcak ve Mineralli Sularda Yapılan Araştırmalar, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu, BIB, DAD, s. 79-85, Ankara.
- Woith, H., Enge, W., Gencoglu, S., Matthess, G., Pekdeger, A. and Zschau, J., 1989, On the feasibility on monitoring radon in soil, gas and groundwater as a precursor to earthquakes: in: Zschau, J. und Ergünay, O. (eds.): Turkish-German Earthquake Project, p. 112-129
- Yagmurlu, F., Savasçin, Y. ve Ergün, M., (1997). Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey. The Journal of Geology. 105, 717-728 s.
- Yagmurlu, F., Savasçin, Y. ve Bozcu, M., (2000). Neotectonic events within the SW-Turkey and importance of tectonic evolution of Isparta Angle. International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, Abstracts, 43 s, İzmir/Turkey.
- Zschau, J. ve Ergünay, O., 1989. Turkish-German Earthquake Research Project. Final report, 211 S.