

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BURDUR FAY ZONUNDA DEPREM ERKEN UYARI
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Ziya ÖNCÜ

Danışman: Prof. Dr. Nevzat ÖZGÜR

**DOKTORA TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2007**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI' nda
oybirliği ile DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Nevzat ÖZGÜR
SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Üye : Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU
SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Üye : Prof. Dr. Tevfik İSMAİLOV
SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Üye : Prof. Dr. Coşkun SARI
Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Jeofizik Mühendisliği Bölümü

Üye : Prof. Dr. Ergün TÜRKER
SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeofizik Mühendisliği Bölümü

ONAY

Bu tez 17 / 08 / 2007 tarihinde yapılan tez savunması sonucunda, yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

... / / 2007

Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Depremlerin Önceden Tahmini	2
2. KAYNAK ÖZETLERİ	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Çalışma Alanı	16
3.1.1. Jeoloji ve Tektonik	19
3.1.2. Bölgeye Ait Deprem Katalog Bilgileri	29
3.1.3. Burdur Gölü ve Çevresinin Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası	34
3.1.3.1. Hidrojeoloji	34
3.1.3.2. Hidrojeokimya	37
3.1.3.3. İzotop Jeokimyası	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	41
4.1. Şifa İstasyonu	42
4.2. Bağlar İstasyonu	50
4.3. Yassıgüme İstasyonu	71
4.4. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi ve Korelasyonu	85
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	92
6. KAYNAKLAR	96
EKLER	101
ÖZGEÇMİŞ	110

ÖZET

Doktora Tezi

BURDUR FAY ZONUNDA DEPREM ERKEN UYARI SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Ziya ÖNCÜ

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri: Prof.Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Prof.Dr. Tevfik İSMAİLOV
Prof.Dr. Coşkun SARI
Prof.Dr. A.Ergün TÜRKER
Prof.Dr. Nevzat ÖZGÜR (danışman)

Bu çalışma çerçevesinde, hidrojeokimyasal parametreler yardımı ile Burdur fay zonunda deprem erken uyarı sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, doğrultu atımlı Burdur Fayı ve onun uzantısındaki bölgede bulunan soğuk ve mineralli su kaynaklarında ve sondaj kuyularında hidrojeokimyasal parametreler (su sıcaklığı, pH, Eh, elektriksel iletkenlik, suda erimiş oksijen miktarı, suda erimiş CO₂ miktarı ve radon değeri) deprem öncesi, deprem anı ve sonrasında ölçülmüş ve sismik verilerle karşılaştırılmıştır. Burada elde edilen verilere dayanılarak bir deprem erken uyarı sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2000 – 2005 yılları arsında yapılan bu çalışmada umut verici bulgular elde edilmiştir: Proje kapsamında kurulmuş üç istasyondan biri olan Bağlar istasyonunun ölçümleri, 3 Şubat 2002'deki Sultandağı (Afyon) depreminden kısa bir süre önce 60-80 cm dolayında bir yeraltısuyu seviyesi yükselmesi göstermiştir. Bu bulgu, Şifa Maden Suyu kaynağında görülen aşırı debi artışı ile uyumludur. Benzer şekilde, aynı deprem öncesi Yassıgüme istasyonunda ölçülen hidrojeokimyasal parametrelerde de ani değişimler, pH değerinin 7.8'den 10.5'e çıkması, Eh değerinin +200'den -200'e düşmesi, gözlenmiştir.

Çalışma süresince büyüklüğü M=5 ve M=6.1 arasında meydana gelen 3 adet depremde, özellikle Eh değerlerinde önemli değişimler gözlenmiştir. Büyüklüğü M=2.8 ve M=4.1 arasında meydana gelen depremlerden 2 ile 7 gün öncesinde de Eh, pH, su sıcaklığı ve su seviyesinde değişimler gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Depremlerin önceden kestirimi, jeokimyasal veriler, Burdur fay zonu

2007, 110 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

Ziya ÖNCÜ

DEVELOPMENT OF AN EARTHQUAKE PREDICTION SYSTEM AT BURDUR FAULT ZONE

Süleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Geological Engineering

Thesis Committee: Prof.Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Prof.Dr. Tevfik İSMAİLOV
Prof.Dr. Coşkun SARI
Prof.Dr. A.Ergün TÜRKER
Prof.Dr. Nevzat ÖZGÜR (Supervisor)

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, dissolved CO₂ contents, radon value, etc.) in the springs, mineral waters and groundwaters of Burdur fault will be measured before, during and after earthquakes. These measured parameter values will be analyzed and possible relationships between these parameters and seismic data will be sought.

This work coverage between 2000 and 2005. Some encouraging results was obtained during the work. 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 February 2002. This rise in conformity with discharge increase in Sifa Maden Suyu spring. 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.

This project is conceived as an extension of the works for EPS 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.

Key words : Earthquake prediction system, geochemical measurements, Burdur fault zone

2007 , 110 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının yapılmasında beni yönlendiren, gerekli altyapıyı ve araştırma olanaklarını sağlayan Sayın Prof.Dr. Nevzat ÖZGÜR’ e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde yürütülen, “Burdur fay zonunda deprem erken uyarı sisteminin geliştirilmesi” adlı SDÜ BAP-467 numaralı araştırma projesi ile, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından parasal desteklenmiştir.

Bu araştırma projesinde kullanılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenen, “Eğirdir ve Burdur Göllerinin oluşumu, hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal karşılaştırılması” ve “Isparta ve çevresinde jeotermal enerji olanaklarının araştırılması” adlı projeler kapsamında elde edilmiştir.

Tezin konusunu oluşturan bu araştırma projesi aynı zamanda Burdur Valiliği tarafından 2000 yılından başlamak üzere üç yıl süreyle parasal desteklenmiştir. Bu yüzden Burdur Valiliği’ne desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde çalışan Arş. Gör. Dr. Dilek Yaman ve Öğr. Gör. Selma Altinkale bu çalışmanın her aşamasında büyük özveri ile görev almış ve destek sağlamışlardır. Bu yüzden kendilerine teşekkür ederim.

Çalışmanın her aşamasında maddi ve manevi katkıları ve anlayışları ile bana destek olan aileme teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Deprem parametrelerinin gösterimi	6
Şekil 1.2 Sismik dalgaların hareketi	8
Şekil 3.1. Çalışma bölgesinde bulunan ölçü noktalarını gösteren yer bulduru haritası	18
Şekil 3.2 Isparta Büklümü yapısal haritası	19
Şekil 3.3 Isparta Büklümü oluşum şeması	20
Şekil 3.4 Araştırma alanı ve yakın çevresinin tektonik konumuna bağlı olarak Burdur transform fayı	22
Şekil 3.5 Isparta Büklümü kuzey kesiminin yalınlaştırılmış yeni tektonik haritası	27
Şekli 3.6 Burdur Gölü'nün güneyinde yer alan segmentlerin konumu	31
Şekil 3.7 Burdur ve çevresinde 2000-2005 yılları arasında meydana gelen depremler ve büyüklükleri	33
Şekil 3.8 Burdur ve çevresinin hidrojeoloji haritası	35
Şekil 3.9 Burdur Gölü ve çevresinden alınan su örneklerine ait Scholler diyagramı	37
Şekil 3.10 Çalışma alanındaki yeraltısuyu, maden suyu, sıcak sular, kar suyu ve göl sularının δD ve $\delta^{18}O$ ilişkisi	40
Şekil 4.1 20.10.2000-25.11.2000 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	43
Şekil 4.2. 20.11.2000-25.12.2000 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	44
Şekil 4.3. (a) 15.01.2002-28.01.2002, (b) 15.01.2002-28.02.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	45
Şekil 4.4. 15.05.2003-30.08.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	46

Şekil 4.5. 10.09.2003-20.09.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	47
Şekil 4.6. 25.09.2003-25.10.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	48
Şekil 4.7. 15.11.2003-01.12.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	49
Şekil 4.8. 05.02.2004-16.02.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri	50
Şekil 4.9. 10.12.2000-30.12.2000 tarihleri arasında zamana bağlı, su seviyesi, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler	51
Şekil 4.10. 11.05.2002-16.05.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	51
Şekil 4.11. 15.05.2002-30.05.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	53
Şekil 4.12. 01.07.2002-10.07.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri	54
Şekil 4.13. 10.11.2002-30.11.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	55
Şekil 4.14. 01.12.2002-15.01.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	56
Şekil 4.15. 15.05.2003-15.06.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	57
Şekil 4.16. 01.09.2003-30.09.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	58
Şekil 4.17. 05.10.2003-20.10.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	59
Şekil 4.18. 15.11.2003-30.11.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	60
Şekil 4.19. 01.01.2004-15.01.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	61
Şekil 4.20. 25.01.2004-29.02.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	62

Şekil 4.21. 10.04.2004-10.05.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	63
Şekil 4.22. 10.05.2004-31.05.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	64
Şekil 4.23. 01.07.2004-31.07.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	65
Şekil 4.24. 01.09.2004-15.09.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri	66
Şekil 4.25. 15.09.2004-30.09.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik değişimleri	67
Şekil 4.26. 01.10.2004-30.10.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	68
Şekil 4.27. 01.01.2005-31.01.2005 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	69
Şekil 4.28. 15.02.2005-15.03.2005 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler	70
Şekil 4.29. 01.01.2002-28.02.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	71
Şekil 4.30. 28.02.2002-23.03.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, elektriksel iletkenlik değişimleri ve meteorolojik veriler	72
Şekil 4.31. 15.03.2002-15.04.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri	73
Şekil 4.32. 15.04.2002-11.05.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	74
Şekil 4.33. 10.08.2002-10.09.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler	75
Şekil 4.34. 11.03.2003-18.03.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, elektriksel iletkenlik ve meteorolojik verilerin değişimi	76
Şekil 4.35. 01.05.2003-14.06.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	77
Şekil 4.36. 17.12.2003-17.01.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	78

Şekil 4.37. 17.01.2004-17.02.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	79
Şekil 4.38. 05.05.2004-30.05.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	80
Şekil 4.39. 30.06.2004-30.07.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	81
Şekil 4.40. 21.09.2004-27.09.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	82
Şekil 4.41. 01.11.2004-30.11.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	83
Şekil 4.42. 23.02.2005-23.03.2005 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler	84
Şekil 4.43. 2000 – 2005 yılları arasında, çalışma bölgesi ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin büyüklüklerinin frekans dağılımı	86
Şekil 4.44. Şifa istasyonuna ait: (A) Eh, (B) pH, (C) su sıcaklığı, (D) EC parametrelerinin frekans dağılımı	87
Şekil 4.45. Bağlar istasyonuna ait: (A) Eh, (B) pH, (C) su sıcaklığı, (D) yeraltısuyu seviye değişimi parametrelerinin frekans dağılımı	87
Şekil 4.46. Yassıgüme istasyonuna ait: (A) Eh, (B) pH, (C) su sıcaklığı, (D) EC parametrelerinin frekans dağılımı	88
Şekil 4.47. (A) Şifa ve Yassıgüme, (B) Şifa ve Bağlar, (C) Bağlar ve Yassıgüme istasyonlarında ölçülen EC verilerinin kros-korelasyon fonksiyonları	89
Şekil 4.48. (A) Şifa ve Bağlar, (B) Şifa ve Yassıgüme, (C) Bağlar ve Yassıgüme istasyonlarında ölçülen Eh verilerinin kros-korelasyon fonksiyonları	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Deprem ölçeklerinin karşılaştırmalı tablosu	7
Çizelge 3.1. 2000 – 2005 yılları arasında ölçüm yapılan tarih aralıkları	16
Çizelge 3.2. Gözlem noktalarının yerleşim yerleri.....	17
Çizelge 4.1. Hidrojeokimyasal verilere ait temel istatistik değerler	85

1. GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız yeryüzünü oluşturan taşkürenin hareketli özelliğinin bir sonucu olarak gelişen aktif tektonik deformasyonlar, deprem gibi engellenmesi mümkün olmayan doğal afetlere neden olmaktadır. Deprem, levha sınırları veya aktif sismik bölgelerde, kilometrelerce derinliklerde meydana gelen, karmaşık bir olaydır. Levha sınırları olarak adlandırılan kıtasal ve okyanusal kabukların birbirlerine göre hareketleri sonucunda meydana gelen depremlerin büyüklüğü Richter ölçeği ile ifade edilmektedir (Richter, 1935). Bu ölçeğe göre, büyüklüğü 5' e kadar olan depremlerde can kaybı hemen hemen olmamaktadır, ancak büyüklüğü 5 den büyük depremlerde can ve mal kayıpları büyük olmaktadır.

Bu tür felaketlere neden olan depremlerin şimdiye kadar yapılan çalışmalara göre önceden tahmini bilimsel olarak mümkün olmamıştır ve depremleri önceden tahmin edebilecek bir yöntem de kesin olarak kanıtlanmış değildir. Günümüze kadar yapılan bilimsel deprem tahmin çalışmalarında, sıcak ve soğuk su kuyularında su seviyesi değişimleri, elektrik alan değişimlerinin izlenmesi, jeotermal alanlarda yapılan sıcaklık değişimi ölçümleri, mikro ve makro sismik çalışmalar, GPS ile yapılan hassas yer değiştirme ölçümleri kullanılmıştır.

Sıcak ve mineralli su kaynakları genellikle derin dolaşimleri nedeniyle oluşabilecek bir depremin önceden belirlenmesi için diğer verilerle birlikte dikkate alınması gerekli önemli parametrelerden biridir. Deprem kuşağındaki Çin ve Japonya gibi birçok ülkede bu kaynaklardaki değişimler yakından takip edilmektedir. Sıcak ve mineralli su kaynakları ve kuyularda çıkan sularda deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında değişiklikler oluşabilmektedir. Bu değişiklikler bulanıklık, koku, renk, tat, sıcaklık, debi değişimleri, yeni kaynak oluşumları ve kimyasal olarak iyon ve gaz değişimleri şeklinde görülebilmektedir.

Yeraltısuyu bileşimlerindeki fiziksel ve kimyasal değişimlerin deprem öncesinde oluşan ilk sarsıntılarla başladığı ve enerji boşalımı ile maksimum değerine ulaştığı, sonra zamanla normale döndükleri görülmektedir. Deprem öncesi, depremle birlikte

ve deprem sonrası yeni kaynak oluşumları veya mevcut kaynakların kaybolması da gözlenmektedir.

Bu çalışmanın esasını oluşturan veriler, Burdur fay zonunda ve çevresinde yapılan hidrojeokimyasal ölçümlerden elde edilmiştir. Bu ölçümlerden elde edilen, sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC), pH, karbondioksit miktarı, erimiş oksijen değeri ve elektrik potansiyel (Eh) değerleri, çalışma bölgesine ait deprem kayıtları ile karşılaştırılmıştır.

1.1 Çalışmanın Amacı

Planlanan bu çalışma çerçevesinde, hidrojeokimyasal parametreler vasıtası ile bir deprem erken uyarı sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, doğrultu atımlı Burdur fayı ve onun uzantısındaki bölgede bulunan soğuk ve sıcak su kaynaklarında ve sondaj kuyularında hidrojeokimyasal parametreler (su sıcaklığı, pH, Eh, elektriksel iletkenlik, suda erimiş oksijen miktarı, suda erimiş CO₂ miktarı ve radon değeri) deprem öncesi, anı ve sonrası ölçülmüş ve bu değerler, sismik verilerle karşılaştırılarak deprem öncesi meydana gelen değişimler değerlendirilerek yorumlanmaya çalışılmıştır. Uygun bağıntıların bulunduğu anlaşılırsa, bunlara dayanılarak bir erken uyarı sistemi geliştirilmek istenmektedir. Bu konu ile ilgili olarak doğrudan Yassıgüme, Bağlar ve Şifa Maden Suyu istasyonlarında “on line” olarak hidrojeokimyasal parametreler ölçülmüştür. Buna uygun olarak: (1) Periyodik olarak yeraltısularının ve yerüstü sularının davranışlarının deprem öncesi, anı ve sonrasında hidrojeokimyasal parametrelerle ölçülmesi, (2) Ölçülen değerlerin, sismik veriler eşliğinde hidrojeokimyasal olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

1.2 Depremlerin Önceden Tahmini

Depremlerin önceden belirlenme araştırmalarının amacı, geleceğin depremlerinin, nerelerde, ne büyüklüklerde ve ne zaman oluşabilecekleri hakkında yaklaşımlar sağlamaktır. Bu araştırmalar, haberci olgu olarak adlandırılan ve depremlerin oluşundan önce meydana gelen değişimlerin, yerbilimlerinin güncel yöntemleri ile

saptanmasına dayanmaktadır (Işıkara,1985).

Yer içerisinde birikmiş gerilme enerjisinin aniden boşalması ile oluşan depremlerin anlaşılması açısından yerkürenin iç yapısının bilinmesi önemlidir. Güneşin çevresinde ve kendi ekseninde dönerek sürekli bir hareketlilik sergileyen yerküre, kendi içinde de devingendir. Astenosfer içerisindeki konveksiyon akımları, üstteki litosferin farklı yönlerde sürüklenmesine neden olur. Bu hareket sonucunda litosfer, birbirine göre hareket eden çeşitli boyutlardaki parçalara ayrılır. Bu litosfer parçaları Levha olarak adlandırılmaktadır. Yerkürede yedi tane büyük, çok sayıda da küçük levha bulunur. Bunlar her yıl birbirlerine göre 1 ile 10 santimetre arasında hareket etmektedirler. Levhalar birbirlerine göre üç şekilde hareket ederler. Levhaların birbirlerinden uzaklaştıkları yerlere uzaklaşan (diverjan) levha sınırları, birbirlerine yaklaştıkları yerlere yakınlaşan (konverjan) levha sınırları, levhaların birbirlerine göre yanal olarak hareket ettikleri yerlere de kayan (transform) levha sınırları adı verilir (Ketin, 1993).

Uzaklaşan levha sınırları, okyanus ortası sırtlarda görülen ve yeni okyanusal kabuğun sürekli olduğu levha sınırlarıdır. Buralarda kabuk kalınlığı oldukça incedir. Yüksek ısı akısı değerlerinin görülmesine neden olan, alttan gelen sıcak ve akışkan manto malzemesi yüzeye çıkarak sırtın her iki tarafına yayılır.

Yakınlaşan levha sınırları, iki levhanın birbirlerine yaklaşarak çarpıştıkları levha sınırlarıdır. Yer kabuğundaki en büyük deformasyonlar bu tip sınırlarda görülür. Kıtasal ve okyanusal levhaların birbirleriyle çarpışması sonucu kıta-okyanus, okyanus-okyanus, kıta-kıta sınırları oluşur. Astenosfer üzerinde yüzmekte olan kıtasal litosfer düşük yoğunluklu kayalardan olduğu için ağır okyanusal litosfer gibi astenosfere dalamaz. Bu nedenle iki kıtasal litosferin birbirine yaklaştığı yerlerde bunların çarpışması sonucunda büyük dağ sıraları oluşur (Ketin, 1993).

Kayan levha sınırları, iki levhanın bir kırık boyunca yanal hareketi ile oluşurlar. Levhalar birbirlerine teğettirler ve aralarında bir dalma-batma zonu bulunmaz. Transform fayların büyük bir kısmı okyanus tabanı içerisinde bulunur. Bunlar

okyanus ortası sırtları biçerek birbirine bağlarlar. Transform faylar doğrultu atımlı faylardan farklı olarak sadece levha sınırları arasında uzanırlar. Bunun yanı sıra kıta içlerinde de büyük transform faylar bulunmaktadır. San Andreas ve Kuzey Anadolu fayları kıtalar üzerinde yer alan büyük transform faylardır (Ketin 1993; Taymaz,1999).

Yukarıda kısaca açıklanan, levha hareketleri nedeniyle kayaçlar, yavaş ama sürekli bir değişim içindedirler. Bu devingenlik ve değişim yeryüzünü kaplayan yerkabuğunda deformasyonlar, gerilme birikimleri ve dolayısıyla kırılmalar oluşturmaktadır ve bu kırılmalar da depremlerin oluşmasını sağlamaktadırlar (Ketin, 1993).

Fayların ve bunlarla ilişkili büyük depremlerin oluşumu Reid(1911) tarafından elastik kırılma teorisi ile açıklanmıştır. Bu teoriye göre, kırılma oluşumundan önce, kırılma doğrultusunun her iki yanında meydana gelen elastik deformasyon nedeni ile kayaç kütlesi içinde deformasyon enerjisi birikmektedir. Bu enerji, kayaç kütlesinin elastik kırılma direncini aştığında kırılma veya eskiden var olan bir kırık boyunca kayma meydana gelmektedir. Bu hareket sırasında ortaya çıkan elastik deformasyon enerjisi sismik dalgalar şeklinde yayılarak depremi oluşturmaktadırlar (Ketin, 1993).

Yerkürede oluşan yıkıcı depremlerin büyük kısmı faylarla ilişkilidir. Bu nedenle faylar depremlerin anlaşılması açısından en önemli unsurlardan biridir. Eğer bir kırığın iki tarafındaki kayaçlar birbirlerine göre gözle görülür miktarda hareket etmişlerse bu kırığa fay adı verilir. Fayların boyutları birkaç santimetreden birkaç bin kilometreye, atım miktarları ise birkaç santimetreden onlarca hatta bazen yüzlerce kilometreye kadar değişmektedir. Fayların boyu depremin büyüklüğü ile logaritmik olarak oranlıdır. Büyük ve sığ depremlerde yeryüzünde gözlenen fayın boyu yüzlerce kilometreye erişebilmektedir. Örneğin 1939 Erzincan depreminde oluşan fayın boyu 360 km olup üzerindeki en büyük yer değiştirme ise 750 cm olmuştur (Ketin, 1993; Taymaz, 2000).

Yerkabuğu içinde oluşan faylanmalar kırılma geometrilerine göre sınıflanırlar. Bunlar sırasıyla eğim atımlı, verev ve doğrultu atımlı faylardır. Faylar sıkışma,

gerilme ya da makaslama kuvvetlerinin etkisi ile gelişir, kendilerini oluşturan kuvvete bağlı olarak farklı şekiller alırlar. Kırılan yer kabuğu bloklarının hareket yönlerine göre eğim atımlı faylar ters ve normal faylar, doğrultu atımlı faylar ise sağ ve sol yönlü faylar olarak gruplara ayrılırlar. Fay düzlemi boyunca kayaçların birbirinden uzaklaşma miktarına atım veya ötelenme denir. Bir fay düzleminin iki tarafında yeralan ve fay tarafından birbirine göre ötelenen kayaçlar fay bloklarını oluştururlar. Fay düzlemi düşey ise bu bloklar hareket ettikleri yöne bağlı olarak alçalın veya yükselen blok adı ile bilinirler. Eğer fay düzlemi eğimli ise fay düzleminin eğimi yönündeki bloğa tavan bloğu, tersi yönündeki bloğa da taban bloğu adı verilir. Faylar, fay bloklarının fay düzlemine göre hareket ettikleri yön dikkate alınarak adlandırılırlar.

Çok sayıda eğim atımlı fayların geliştiği, birarada bulunduğu bölgelerde graben ve horst adı verilen özel yapı şekilleri meydana gelir. Graben, iki normal fay arasında aşağı doğru çöken kısımdır. İki graben arasında kalan yüksek kısım ise horst olarak adlandırılır. Graben ve horstlar komşu yapılardır, mekanik olarak birbirlerini tamamlarlar. Göller bölgesi bu tür horst-graben yapıları için iyi bir örnektir (Ketin, 1993).

Birçok fiziksel olguda olduğu gibi depremi tanımlamak için de bazı parametreler vardır. Deprem parametreleri geleneksel anlamda dört tanedir. Bunlar sırasıyla, depremin oluş zamanı, episantır (üst merkez) koordinatı, hiposantır (odak, iç merkez) derinliği ve büyüklük (magnitüd) olarak tanımlanır.

Depremin oluş zamanı: Fiziksel anlamda oluş zamanı fay üzerinde ilk kırılmanın olduğu andır. Depremle ilgili araştırmalarda depremlerin tarih ve GMT (Greenwich Saati) ye göre oluş zamanının belirlenmesi istenir. Bu, hem arşivlemede hem de fiziksel ve istatistik araştırmalarda gerekli olmaktadır. Depremin yerinin ve oluş zamanının doğru olarak saptanması için deprem istasyonlarında kullanılan saatlerin çok duyarlı olması (0-10 milisaniye/gün) gereklidir.

Odak noktası: Depremi oluşturan ilk kırılmanın başladığı yeraltı noktasına, depremin

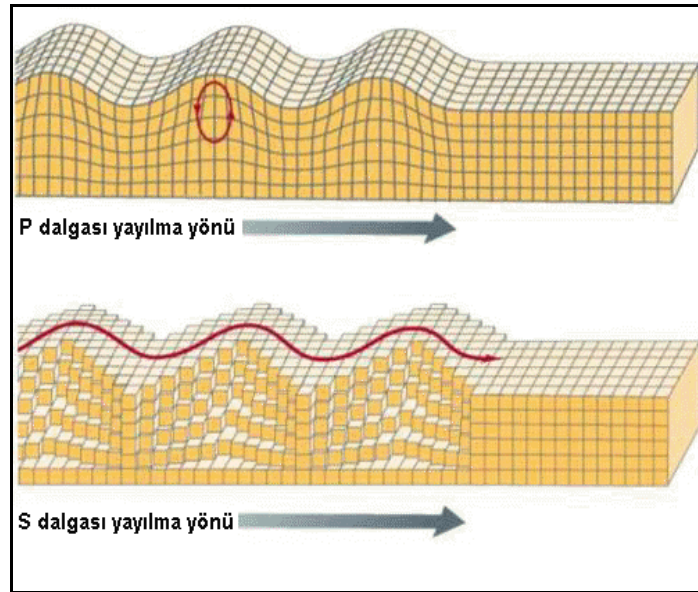
geliştirmiştir. Bu ölçeğin yararı, depremin ölçüsünü bulunduğumuz konumdan bağımsız olarak saptayabilmeyi olanaklı kılmaktır. Gutenberg ve Richter (1956)'ın geliştirdikleri cisim ve yüzey dalgası büyüklükleri (Mb ve Ms) her türlü depreme uygulanabilmekte ve bu büyüklükler birbirleri cinsinden tanımlanabilmekteydi. Ancak, sismolojik çalışmalar, çok büyük depremler için bu büyüklük ölçeklerinin yeterli olmadığını göstermiştir. Aki (1967) yaptığı çalışmalar sonucu kuramsal temeli daha sağlam olan ve Mo simgesiyle verilen Sismik Moment adlı yeni bir ölçek geliştirmiştir. Sismik Moment deprem kaynağındaki kuvvetlerin mekanik momentinin karşılığıdır ve birimi newton.metre ya da dyne.cm'dir. Bugün büyüklük ölçekleri ile sismik moment ilişkilendirilmiş olarak kullanılabilir. Sismik moment kökenli büyüklüğe Moment Magnitüd denir ve Mw ile gösterilir (Taymaz, 1999).

Deprem şiddeti: Sismografların olmadığı dönemlerde, depremin gücünü belirleme amacıyla depremlerin canlılar, yapılar ve toprak üzerindeki etkileri sınıflanmış ve “şiddet” adı verilen ölçek ortaya çıkmıştır. Çok çeşitli deprem şiddet ölçekleri önerilmiş ve kullanılmıştır. Örneğin Rossi-Forel (RF), Mercalli-Sieberg (MS), Omori-Cancani (OC), Mercalli-Cancani (MC), Değiştirilmiş Mercalli (MM), Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK) ve Japon (JM) ölçekleri en çok kullanılan ölçeklerdir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ölçekler MSK, MM ve JM'dir. (Taymaz, 1999).

Çizelge 1.1. Deprem ölçeklerinin karşılaştırmalı tablosu (Taymaz, 1999)

MM - MSK	Rossi-Forel	Japon
I	I	0
II	II	1
III	III	2
IV	IV	2-3
V	V-VI	3
VI	VII	4
VII	VIII	4-5
VIII	IX	5
IX	X	6
X	X	6
XI	X	7
XII	X	7

Yerkabuğunun kırılğan bölümlerinde oluşğan depremlerden ortamın esneklik parametrelerine bağımlı olacak biçimde dalgalar yayılır. Bu dalgalara sismik dalgalar denir. Bu dalgaların oluşturduğu sarsıntıların sesi işitilebilecek kadar yüksek frekanslı olabildiği gibi birkaç saniye ya da dakika uzunluğunda olabilir. Büyük depremler yerküreyi birkaç kez dolaşan ya da yerin bir kalp gibi atmasına neden olan sismik dalgalar üretebilirler. Depremi oluşturan faylanma ile birlikte kaynaktan çeşitli türde sismik dalgalar yayılır. Bunlar boyuna dalgalar, enine dalgalar ve yüzey dalgalarıdır. Boyuna dalgalara P dalgası da denmektedir. P dalgaları yayılma doğrultusuna koşut yönde parçacık hareketi oluştururlar. S dalgası olarak adlandırılan enine dalgalar, yayılım doğrultularına dik yönde parçacık hareketine neden olurlar ve sıvı ve gaz ortamda yayılamazlar. Yapılarda en fazla hasara S dalgaları neden olurlar. S dalgalarının hızı P dalgalarından 1.7 kez daha yavaştır. Yüzey dalgaları, yeryüzünde en büyük genlikle oluşurlar ve derinlikle azalır. S dalgalarından sonra gelen bu dalgalar yakın depremlerde S dalgaları gibi yıkıcı özelliktedir. Oluşturdukları parçacık hareketleri yayılma doğrultusuna diktir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Sismik dalgaların hareketi (Press ve Siever 1999)

Bir depremin önceden bilinmesi, deprem parametrelerinin (depremin oluş zamanı, yeri ve büyüklüğü) önceden bilinmesi anlamına gelir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalara göre önceden tahmini bilimsel olarak mümkün olmamıştır ve depremleri

önceden tahmin edebilecek bir yöntem de kesin olarak kanıtlanmış değildir. Bu tahmin çalışmaları:

- Uzun süreli deprem tahmini (birkaç on yıl – birkaç yıl)
- Orta süreli deprem tahmini (birkaç yıl – birkaç ay)
- Kısa süreli deprem tahmini (birkaç ay – birkaç hafta)
- Çok kısa süreli deprem tahmini (birkaç hafta – birkaç gün)

şeklinde 4 kısımda incelenmektedir. Bilim adamları, depremin oluş zamanı ve büyüklüğü arasında aşağıda gösterilen bağıntıları öne sürmüşlerdir ancak kesin bir tanım yapılamamıştır. Bu yaklaşımlarda T: Zaman, M :magnitüd ifade etmektedir (Rikitake, 1976).

$$\text{Log}_{10}T = 0.52M - 0.24$$

$$\text{Log}_{10}T = 0.76M - 1.83$$

$$\text{Log}_{10}T = 0.60M - 1.01$$

$$\text{Log}_{10}T = 0.77M - 1.65$$

Deprem tahmin çalışmalarında en çok kullanılan parametreler şunlardır :

- Sismik hızlarda (P dalgası ve S dalgası hızları),
- yerkabuğundaki şekil değiştirmeleri (zemin yükselmesi ve yamulma),
- küçük depremlerin oluş sayısı,
- manyetik alandaki değişimler,
- elektrik alandaki değişimler,
- jeokimyasal ve hidrojeokimyasal değişimler,
- kuyularda radon gazı çıkışları,
- kayalarda meydana gelen elektrik özdirenç değişimleri,

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Aktif fay bölgeleri, karbondioksit ve radon gazlarının çıkışlarının görüldüğü yerlerdir (King vd., 2006). Deprem kökenli bir çok hidrolojik ve jeokimyasal değişimler fay düzlemleri boyunca 1960'lı yıllardan beri kaydedilmektedir. Bu değişimler, Japonya, Rusya ve Çin'de 1980'li yıllarda etkin olarak kayıt altına alınmış ve incelenmişlerdir (King, 1980; Thomas, 1988; Igarashi ve Wakita, 1995).

Deprem tahmin çalışmalarında, hayvan davranışlarının incelenmesi yüzyıllar öncesinden beri devam etmektedir. Rikitake (1976), bu konuda Japon literatürüne ait örnekler vermektedir. Özellikle suda yaşayan canlılara ait olan bu örneklerde, depremlerden birkaç gün veya birkaç saat önce, beklenmeyen balık göçleri, derinde yaşayan balıkların sığ derinliklerde dolaşması olayları görülmüştür.

1980'li yıllardan sonra yapılan ölçümlerde, sürekli ve eş zamanlı kayıt yapabilen hassas cihazlar kullanılmaya başlanmış, iklim değişimleri, atmosfer ve meteorolojik etmenler de göz önüne alınarak ölçümler yapılmıştır (Silver ve Vallette, 1992).

Daha üst kabukta yer alan deprem zonları daha derinlerde bulunan katmanlardan daha fazla sıvı geçirirliliğine sahiptirler. Fay zonlarının sahip olduğu kırıklı yapı poroziteyi artırdığı için, sıvı geçirgenliği bu bölgelerde daha yüksektir. Bu geçirgenlik ve su hareketleri nedeniyle elektrik ve manyetik alan değişimleri bu bölgelerde sıkışma ve gerilmeye bağlı olarak değişebilmektedir (Madden ve Mackie, 1996).

Smith vd. (1990), 17 Kasım 1999 Loma Prieta depreminden önce çok düşük frekans bantında (ULF) manyetik alan değişimleri gözlemişlerdir. Bu değişimler, depremden bir ay önce başlamış, beş gün öncesinde 0.5-2.0 hertz değerlerinde izlenmiş ve depremden birkaç saat öncesinde sinyal uzunluğu hızlı bir şekilde artmıştır.

Elektrik alan değişimlerinin deprem tahmin çalışmalarında kullanılabileceği üzerinde bir diğer yöntem de sismik elektrik sinyalleri (SES) kullanarak deprem öncesi

elektrik alan değişimleri ve doğal potansiyel değerlerinin ölçülmesi esasına dayanan, Varotros, Alexopoulos ve Nagao tarafından geliştirilen VAN metodudur (Varotros ve Alexopoulos, 1984).

Aktif fay zonlarında bulunan akışkanların jeokimyasal değişimlerinin izlenmesi tahmin çalışmalarında kullanılan bir diğer yöntemdir. Tektonik hareketler sonucu fay zonlarındaki basınç değişimi ortamda bulunan gözenekli ve kırıklı yapının içerdii suyun hareketini etkileyecektir. Bu su hareketleri, radon, karbondioksit, hidrojen gibi gaz çıkışlarına neden olacaktır (King, 1986).

Poitrasson vd. (1999), Jeokimyasal değişimler ve izotop oranlarının deprem etkinliği ile ilişkili olabileceği konusunda çalışmışlardır. Bu çalışmalarında, 1996 Fransa depreminin meydana geldiği bölgede oluşan su çıkışlarında element ve izotop analizleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde, depremden 4 gün önce önemli değişimler izlenmiştir.

Grecksh vd. (1999), 1992 yılında meydana gelen $M=5.4$ büyüklüğündeki Roermond/Hollanda depreminde izlenen yeraltısuyu seviye değişimlerinin, akifer içindeki boşluk basıncında oluşan dengesizliğin sismik dalgaların geçişi sırasında dengeye ulaşmaya çalışmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

Deprem öncesi ve sonrasında, su kuyularında gözlenen, seviye, renk ve koku değişimlerinin izlenmesi uzun yıllardan beri yapılmaktadır ancak bu ölçümler 1960 lı yıllara kadar verimli olarak ölçülememiştir. 1980 li yıllarda, Çin başta olmak üzere Japonya, Rusya ve ABD’de, su kuyularında meydana gelen deprem öncesi haberciler bilimsel tekniklerle izlenmeye başlanmıştır. Sığ kuyularda; su seviyesi, su sıcaklığı ve elektriksel iletkenlik değişimi, çeşitli iyonların ve çözünmüş gazların konsantrasyonlarının ölçümleri yapılmıştır. Fay düzlemleri boyunca ve fayların kesişme noktalarında yapılan bu ölçümlerde, deprem öncesi ve sonrasında bazı anomaliler elde edilmiştir (King vd., 2006).

Japonya’da deprem tahmin çalışmalarına ait ilk program 1962 yılında, jeodezi ve sismik çalışmalar ile başlatılmıştır. Jeokimyasal ölçümler 1978 yılında tahmin çalışmalarının 3. aşaması olarak başlatılmıştır. 17 Ocak 1995 Kobe depremi öncesinde yer altı sularında seviye ve ısı değişimleri gözlenmiştir. Bu çalışmalarda, 5 Haziran 1993 ile 13 Ocak 1995 tarihleri arasında su kuyularından alınan örneklerde Cl^- iyon ölçümleri yapılmış ve Cl^- iyon konsantrasyonu Haziran 1993 ile Temmuz 1994 tarihleri arasında sabit değerde iken Ağustos 1994’ de artmaya başlamış ve depremden 4 gün öncesinde, 13 Ocak 1995, en yüksek değerine ulaşmıştır (Wakita, 1996).

Deprem tahmin çalışmalarında en sık kaydedilen öncü işaretçiler sismik modelden elde edilen bilgilerdir. Büyük depremlerden sonra oluşan artçı şoklar bir süre sonra sona erer ve sismik sessizlik aylarca bazen yıllarca devam eder. Bu durum bilimsel literatürde “sismik boşluk” olarak adlandırılır. Bu sessizlik sismik hareket ile sona erer. Bu sismik harekette ana şok öncesinde bir takım sismik hareketler oluşabilir, bunlar da “öncü şok” olarak adlandırılır (Mogi, 1962; 1989). Bu öncü şoklar da depremlerin önceden tahmininde kullanılabilir. Bunun en iyi örneği, 1975 Haicheng depreminde Çinli araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Rikitake, 1976).

Sismik dalgaların yayılma hızları bir diğer öncü işaret olarak kullanılmaktadır. Laboratuvar ölçümlerinde V_p/V_s oranının %10-20 arasında azaldığı saptanmıştır. Bu konuda ilk çalışma Semyenov (1969) tarafından yapılmıştır.

Kishimoto (2000) tarafından Japonya’ nın GB bölgesinde yer alan Yamasaki fayı üzerinde 1977 – 1980 yılları arasında yapılan çalışmalarda, yer altı suyu seviyesi ve klorür içeriği ölçülmüş ve büyüklüğü $M=3.4$ ile $M=4.9$ arasında değişen depremler öncesinde yeraltısuyu parametrelerinde değişimler olabileceği saptanmıştır.

Sismik hareketlilik ile jeokimyasal belirteçler üzerine bir çok çalışma yayınlanmış olmasına rağmen bu çalışmaların çok azı sismik hareketlilik ile jeokimyasal belirteçler arasında bir ilişki tanımlayabilmektedir. Bu çalışmalarda sismojeokimyasal algoritmalar, teorik ve deneysel olarak tanımlanmıştır. Bu

algoritmalar; depremin büyüklüğü, episantır uzaklığı gibi deprem parametreleri ile jeokimyasal veriler arasında nicel bir bağıntı geliştirilmesini amaçlamaktadır (Etiope vd., 1997).

Nishizawa vd. (1998) tarafından, Japonya Izu yarımadasının doğu kıyılarında 1995 yılında meydana gelen deprem fırtınası sırasında, bölgede bulunan sıcak su kaynaklarında meydana gelen radon, sülfat ve klorür değişimleri saptanmıştır.

Dobrovolsky vd. (1979), yer kabuğunda meydana gelen fiziksel etkiler ile açığa çıkan jeokimyasal değişimler arasında teorik olarak ;

$$R = 10 \cdot \exp(0.43 \cdot M)$$

bağıntısını geliştirmiştir. Bu bağıntıda R, gözlem noktası ile episantır arasındaki uzaklığı, M ise beklenen depremin büyüklüğünü tanımlamaktadır.

Fleischer (1981) ise benzer teorik bağıntıyı ;

$$R = (10 \cdot \exp(0.813 \cdot M)) / 1.66 \quad M < 3$$

$$R = (10 \cdot \exp(0.48 \cdot M)) / 1.66 \quad M > 3$$

olarak tanımlamıştır. Bu yaklaşımlarda, jeokimyasal anomalinin görüldüğü noktadan olası bir depremin episantır noktasının tahmininde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Deneyisel algoritmalar ise, Sardarov (1981), Barsukov vd. (1985) ve Rikitake(1987) tarafından tanımlanmışlardır.

Sardarov (1981), Japonya ve Rusya bölgesinde bulunan 535 adet gözlem noktasından elde ettiği jeokimyasal verilerden aşağıdaki deneyisel bağıntıyı tanımlamıştır ;

$$a = k \cdot \exp(M / R)$$

burada a, izlenen jeokimyasal parametrenin gösterdiği en yüksek değeri, k ise geometrik faktörü (km) ifade etmektedir. Rikitake(1987) , jeokimyasal veriler ile

sismik veriler arsında aşıağıda gösterilen algoritmayı tanımlamıştır.

$$A, Fa, ta, tp = f (M,R)$$

bu algoritmada ;

Jeokimyasal veriler	Sismik veriler
A : anomali genliğı	M: ana şok büyüklüğü
Fa: anomali frekansı	R : gözlem noktası ile episantr arasındaki mesafe
ta: anomali zamanı	olarak ifade edilmektedir.

Yang vd. (2006), Eylül 2001 – Eylül 2002 tarihleri arasında sürekli olarak CO₂, CH₄, N₂ ve H₂O ölçümleri yapmış ve büyüklüğü M=2 ile M=4 arasında değişen depremlerden birkaç hafta öncesinde önemli değişimler gözlemiştir.

Wang vd. (2004), tarafından Ermenistan - Kajaran bölgesinde, 1996 – 1999 yılları arasında, 4 yıl boyunca, bir su kuyusunda yapılan elektrik iletkenlik ve su seviyesi değişim ölçümleri yapılmış ve sismik hareketlilik öncesinde önemli değişimler gözlenmiştir. Özellikle, çalışma bölgesine 1400 km uzaklıkta bulunan İzmit’ de meydana gelen 17 Ağustos 1999 depremi öncesinde su seviyesinde % 25 artış ve elektriksel iletkenlik değerinde % 6 azalma kaydedilmiştir.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi bünyesinde 1984 yılında başlanılan “Türk – Alman deprem araştırma projesi” kapsamında, Kuzey Anadolu fay zonunun batı kısmında yer alan Mudurnu bölgesinde çok parametrelili gözlem istasyonları ile deformasyon, jeokimyasal değişimler, mikro sismik aktiviteler, yeraltısuyu seviye değişimleri, sismik hız değişimleri ve gravite değişimi gibi parametreler gözlenmiştir. Bu araştırmalarda, Mudurnu fayının doğu ve batı parçaları arasında gözlenen sismisite, gravite ve radon değişiminde, özellikle Taşkesti yakınlarında, önemli farklılıklar saptanmıştır. Bu farklılıkların fayın tekrar aktif hale gelecek olmasından kaynaklanabileceğı belirtilmiştir (Ergünay ve Zschau, 1989).

Woith (1996), Türk – Alman deprem araştırma projesi kapsamında, Mudurnu-Taşkesti ve Kuzuluk bölgesinde 1987 -1991 yılları arasındaki toprak, hava ve yer altı

sularındaki radon değişimlerini, çoklu parametre gözlem istasyonları ile sürekli olarak izlemiştir. Bu çalışma sonucunda toprak ve havadaki radon değişiminin %95 oranında meteorolojik değişimlerden etkilendiği, yeraltısularında gözlenen radon değişiminin ise sismik hareketlilik öncesi meydana geldiğini saptamıştır (Woith, 1996).

Yerkabuğunun ve üst mantonun araştırılmasında, büyük ölçekli tektonik problemlerin çözümünde, derin sedimanter havzaların araştırılmasında kullanılan bir diğer yöntem de manyetotellürik (MT) yöntemidir. Bu yöntem, depremlerin önceden tahmini için, Türk – Alman deprem araştırma projesi kapsamında Bolu – Adapazarı arasında uygulanmıştır. Bu çalışmada amaç, deprem etkinliği ile manyetotellürik parametrelerdeki değişimler arasında bulunabilecek ilişkiyi ortaya çıkarmaktır. Ancak yapılan ölçümler sonucunda, bölgede meydana gelen sismik hareketlere rağmen manyetotellürik verilerde bir değişim gözlenememiştir (Dikmen, 1999).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Göller Bölgesi'nde yer alan Burdur fay zonunu kapsamaktadır. Fethiye Körfezi açıklarında Hellenik ve Kıbrıs yitim zonlarını birbirinden ayıran Burdur fayı, Fethiye üzerinden geçerek Burdur Gölü'nde KD ve GB olmak üzere segment faylar olarak ayrılmakta ve gölü sınırlamaktadır.

Burdur Fay Zonu'nda yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırmalar sonucu: (1)Yassıgüme, (2)Bağlar, (3)Şifa Maden Suyu lokasyonları ölçüm istasyonları olarak belirlenmişlerdir. Bu istasyonlarda yukarıda belirtilen yöntemlerden biri olan hidrojeokimyasal parametreler; 8 adet sensör bağlanabilen, Ahlborn Almemo® 3290-8 model data logger cihazı ile 10 saniye aralıklarda ölçülmüştür. Bu ölçü değerleri, modem ve kiralık veri hattı yoluyla Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan bilgisayarlara aktarılmıştır. Bu veriler, çalışma sonunda, 1 dakikalık ortalamaları alınarak veritabanına aktarılmıştır. Veritabanına aktarılması ve önceki aşamalarda verilere herhangi bir işlem uygulanmamış, ham veriler kullanılmıştır. Ancak, 2000 – 2005 yılları arasında, verilerin toplanmasında bir takım problemler nedeniyle kesintiler olmuştur. Çalışma yılları süresince istasyonlara göre ölçüm yapılan tarihler Çizelge 3.1 'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. 2000 – 2005 yılları arasında ölçüm yapılan tarih aralıkları

Şifa	Bağlar	Yassıgüme
20.10.2000 – 15.12.2000	04.11.2000 – 18.12.2000	15.11.2000 – 30.12.2000
--	01.11.2001 – 15.12.2001	01.11.2001 – 31.12.2001
01.01.2002 – 07.04.2002	10.05.2002 – 31.12.2002	12.01.2002 – 31.12.2002
04.03.2003 – 25.12.2003	01.01.2003 – 31.12.2003	01.01.2003 – 31.12.2003
06.01.2004 – 31.12.2004	01.01.2004 – 31.12.2004	01.01.2004 – 31.12.2004
-	01.01.2005 – 22.03.2005	23.02.2005 – 23.03.2005

Veriler, bilgisayarlarda eş zamanlı olarak okunmuş, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü ile Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi'nden alınan deprem verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu gözlem noktalarının isimleri ve koordinat bilgileri aşağıdaki çizelgede (Çizelge 3.2) ve yer bulduru haritasında (Şekil 3.1) yer almaktadır.

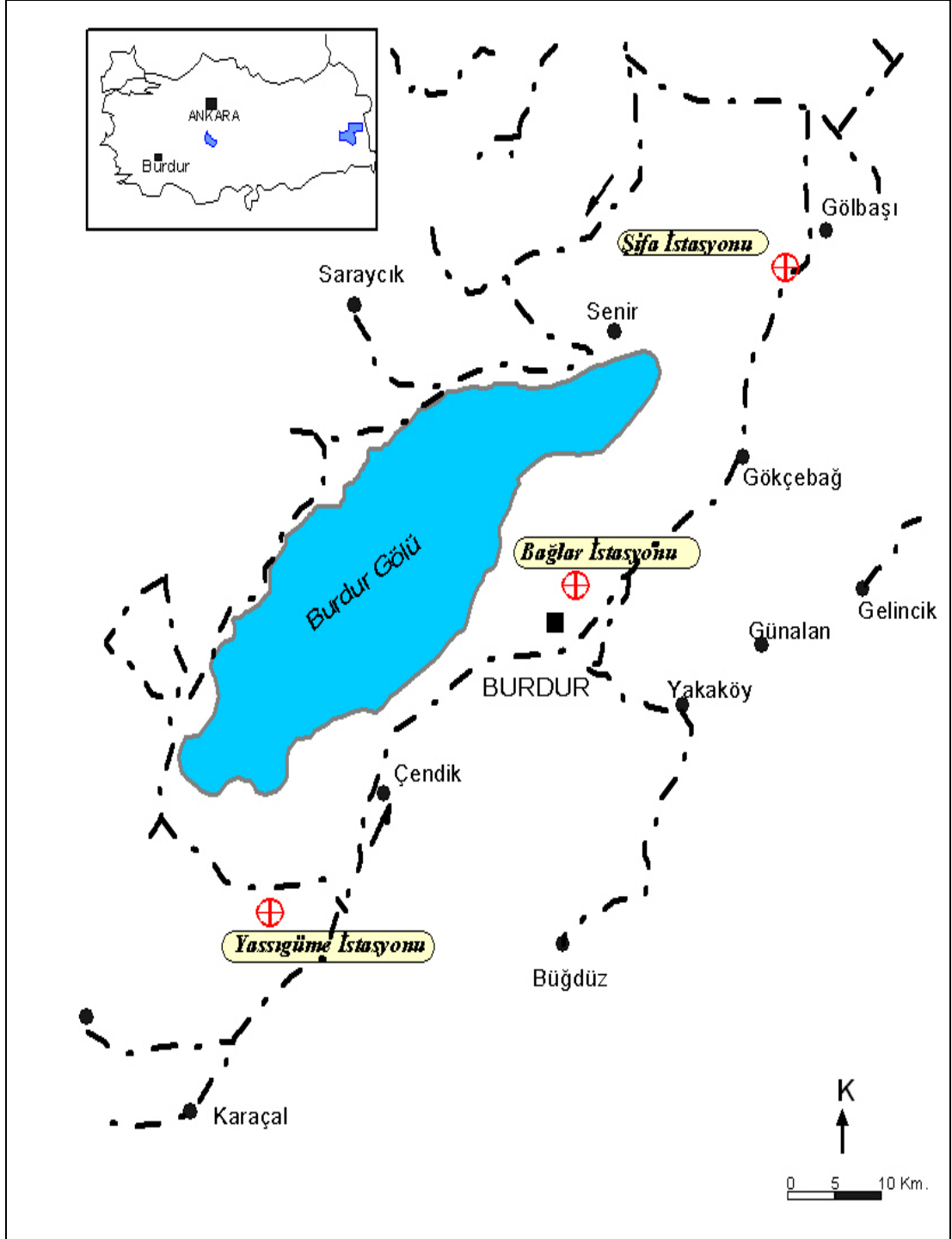
Yassıgüme ölçüm istasyonu, Burdur ilinin GB kesiminde KD-GB yönlü gidişli Burdur fayı üzerinde bulunmaktadır. İki metre derinde bulunan kaynak üzerine ölçüm istasyonu kurulmuştur. Bu ölçüm istasyonunda; hava sıcaklığı, su sıcaklığı, pH, Eh, çözülmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür.

Burdur il merkezinde doğrudan fay üzerinde bulunan Bağlar istasyonu, bir yeraltısuyu sondaj kuyusundan oluşmaktadır ve derinliği 80 m civarındadır. Bu sondaj kuyusunda su derinliği 45 m olup burada hava sıcaklığı, hava nemliliği, su sıcaklığı, pH, Eh, çözülmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenlik yanında önemli bir parametre olarak yeraltısuyu seviyesi ölçülmüştür.

Şifa maden suyu istasyonu, Burdur fay zonunun KB kesiminde bulunmaktadır. Bu istasyonda hava sıcaklığı, hava nemliliği, su sıcaklığı, pH, Eh, çözülmüş oksijen miktarı, elektriksel iletkenlik ve radon gazı değerleri ölçülmüştür.

Çizelge 3.2. Gözlem noktalarının yerleşim yerleri

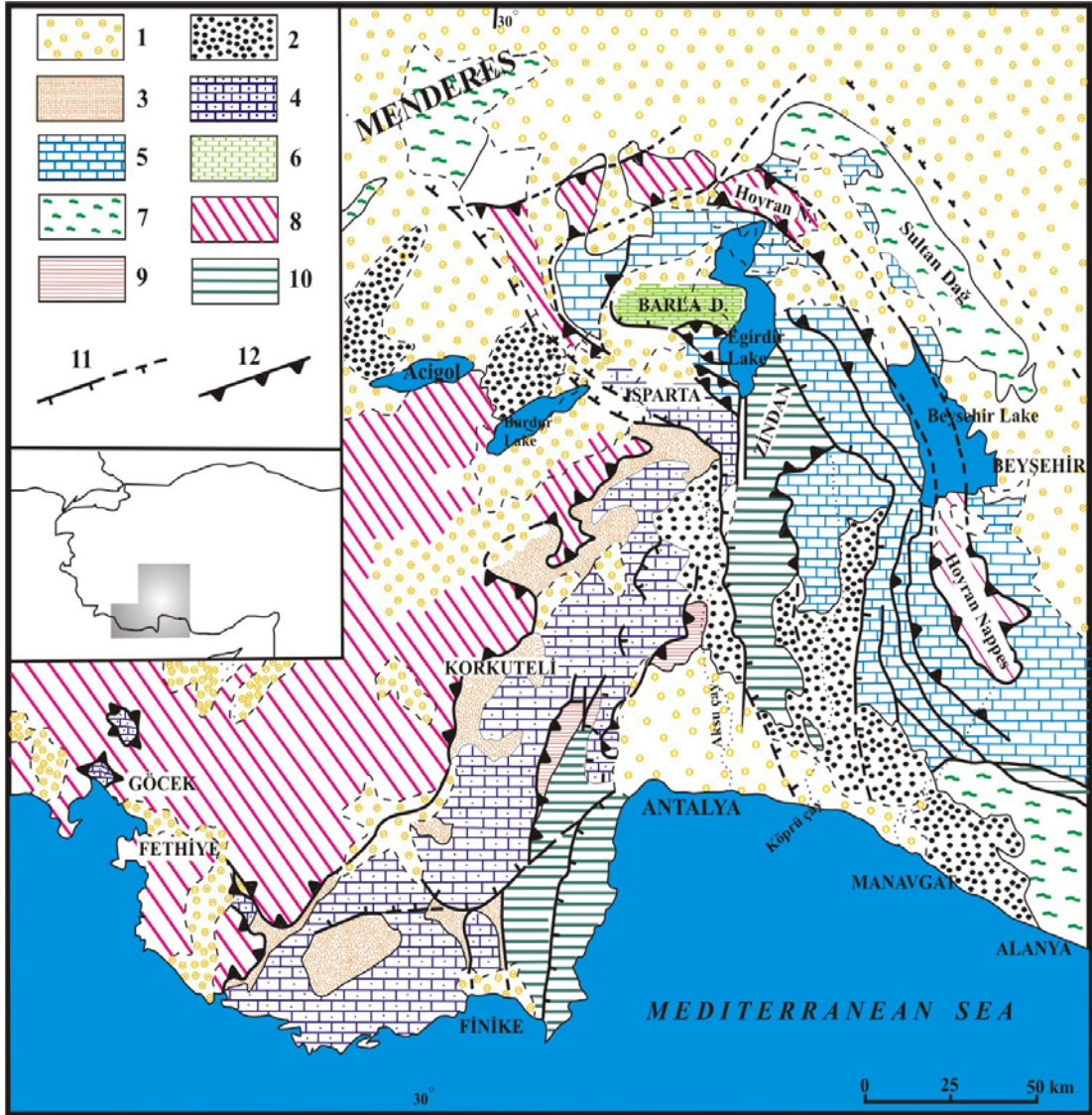
İstasyon adı	Bulunduğu yer	Koordinatları
Şifa istasyonu	Burdur – Gökçebağ Köyü	37.48' K, 30.23' D
Bağlar istasyonu	Burdur – Bağlar Mahallesi	37.43' K, 30.17' D
Yassıgüme istasyonu	Burdur - Yassıgüme Mevkii	37.36' K, 30.07' D



Şekil 3.1. Çalışma bölgesinde bulunan ölçü noktalarını gösteren yer bulduru haritası (Ertunç vd., 2001)

3.1.1 Jeoloji ve Tektonik

Göller Bölgesi'nde bulunan çalışma alanı, Batı ve Orta Toroslar'ın birleşim yerinde yer alır. 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 kazandığı belirtilmektedir.



Şekil 3.2. Isparta Büklümü yapısal haritası (Poisson vd.,1984)

(1) Denizel Sedimanlar, (2) Antalya Formasyonu, (3) Beydağları Masifi, (4) Beydağları Platformu, (5) Karbonat Platform, (6) Barla Dağ ve Zindan Masifi, (7) Metamorfik Seri, (8) Likya ve Beyşehir-Hoyran Napları, (9, 10) Antalya Napları, (11, 12) Bindirme Fayı

Fethiye-Burdur fay zone ile sınırlanan ve Isparta Açısı (Isparta Bükümü) ile özdeşleşen GB-Anadolu, Ege bölgesinin aksine, günümüzde daha çok GB-KD yönlü sıkışma rejiminin etkisi altında bulunmaktadır. Fethiye-Burdur fay zone bu nedenle Batı Anadolu’da iki farklı tektonik bölgeyi birbirinden ayıran çok önemli bir yapısal çizgiyi oluşturmaktadır. Isparta Açısını batıdan sınırlayan Fethiye-Burdur fay zone, ana çizgilerde KD yönünde basamaklı yapıda uzanım gösteren sol oblik atımlı bir faydır. Fethiye-Burdur fay zone daha çok birbirine paralel ve yarı paralel olan kesikli uzanımına sahip ve basamaklı bir yapı özelliği gösteren fay sistemlerinden yapıldır. Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasında yaklaşık 300 km’lik bir uzanım gösteren bu fay zoneunun genişliği çoğu yerde 3 ile 10 km arasında değişir. Topoğrafyada gözlenen kayma eşikleri, breşlenme zonları, kuvaterner yaşlı genç tortullarda yer alan biçim değiştirme yapıları ile yersel gözlenen H₂S çıkışları ve çöküntü alanları (örn; Burdur Gölü), Fethiye-Burdur fay zone boyunca gözlenen olağan yapılardır. Diğer taraftan özellikle Burdur Gölünün güney bölümünde fay boyunca yersel olarak gözlenen çamur daykları, koluviyal oluşuklar ile, topoğrafik eşikler ve olasılıkla 1914 depremine ait olabilecek yarık dolgu oluşukları, tipik aktif fay verileri olarak değerlendirilebilecek yapılardır (Yağmurlu ve Şentürk, 2005).



Şekil 3.3. Isparta Bükümü oluşum şeması (Yağmurlu vd., 2000)

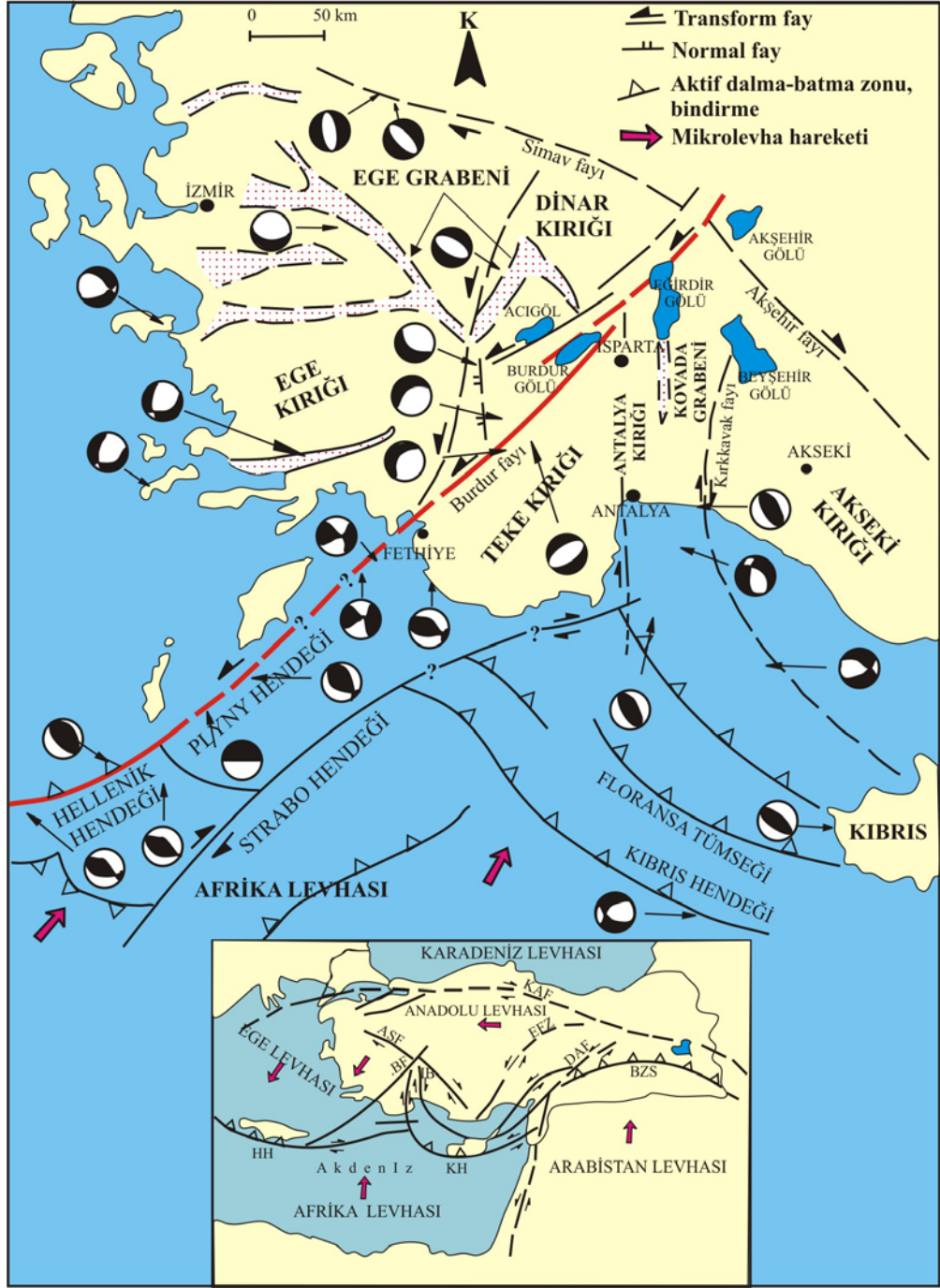
(1) Ege Bölgesi'nin genişleme rejimine bağlı olarak saat yönünün tersi yönde dönmesi, (2) Anadolu plakasının batıya doğru olan hareketine bağlı olarak saat yönünde dönmesi, (3) K-G sıkışma bölgesi

Antalya Körfezi kuzeyinde, Toros kuşağının 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 ve 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, Seydişehir, 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 3.4). Bunlar; Batıda Burdur fayı ve doğuda bulunan Antalya fayı ile sınırlanan Teke Kırığı, K-G yönlü Antalya ve Kırkkavak faylarıyla sınırlanan ve Kovada grabenini de içine alan Antalya kırığı ve Kırkkavak ve Akşehir fayları arasında kalan Akseki kırığıdır. Bölgede, KD ve KB yönlü çekimli fay sistemleri, Eğirdir Gölü kuzeyinde kesişir. Tektonik olarak kuzey yönlü Eğirdir-Kovada grabeni, Isparta Büklümü'nü ikiye ayırır. Bu eksenin batısındaki tektonik çizgiler KD gidişli, doğusundaki tektonik çizgiler ise KB gidişlidir (Yağmurlu vd., 1997; 2000).

Isparta Büklümü'ndeki kaya birimleri, platformdan okyanusal alana kadar uzanan farklı ortam koşullarında gelişmiş olup bir kısmı otokton, bir kısmı ise allokton konumludur (Şenel, 1997).

Otokton birimler, Antalya Körfezi batısında Beydağları platformu, doğusunda ise Anamas-Akseki platformlarını içeren iki Mesozoyik karbonat platformudur (Yağmurlu vd., 1997). Bu platformlar ayrılmışlardır ve tektonik olarak güneydeki Antalya napları tarafından üstlenirler (Poisson vd., 1984; Dilek ve Moores, 1990; Dilek ve Rowland, 1993).



Şekil 3.4. Araştırma alanı ve yakın çevresinin tektonik konumuna bağlı olarak Burdur transform fayının bölgesel yapı içindeki konumu ve depremlere ait odak mekanizması çözümleri (McKenzie, 1978; Dilek vd., 1990; Anastakis ve Kelling, 1991)

Bölgedeki alloktan birimler ise, Isparta Büklümü'nün batı tarafında yer alan Likya napları ve doğusunda yer alan Beyşehir-Hoyran naplarıdır. Antalya ofiyolitik napları ise güney kesimde yer alır (Yağmurlu vd., 1997).

Isparta Büklümü'ne Likya napları batı yönde, Beyşehir-Hoyran ofiyolitik napları ise doğu yönde bindirir. Önceki çalışmalar, Likya ve Beyşehir-Hoyran naplarının her ikisinin de, Orta Tersiyer boyunca Mesozoyik karbonat istifine (Beydağları ve Anamas-Akseki platformları) kuzeyden güneye yerleştiğini ortaya koymaktadır (Hayward ve Robertson 1982; Dilek ve Moores, 1990).

Batı Toroslarda Isparta Büklümünü kapsayan alanda, irili ufaklı normal faylarla kesilmiş naplı yapılar egemendir. Beydağları otoktonu, Batı 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 çökelleri kapsar. Alloktan konumlu olan Antalya ve Likya napları ise, okyanusal kabuk, havza, yamaç ve platform tipi kaya birimlerini kapsamaktadır. Alanın kuzeydoğu kesiminde dar bir alanda izlenen Beyşehir-Hadım-Hoyran napları, bölgedeki diğer alloktan konumlu kaya birimleridir. Bölgede, Likya napları üzerinde paraallokton konumlu Paleosen-Alt Miyosen yaşlı kayaçlar, Antalya napları üzerinde, Orta Eosen yaşlı kayaçlar ile Orta Miyosen-Kuvaterner yaşlı neotokton örtü birimleri izlenir (Şenel, 1997). Isparta Büklümü, Kretase yaşlı ofiyolit kompleksin alloktan nap sistemleri serilerini içermektedir (Yağmurlu vd., 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 Eski Tektonik Dönem (Paleotektonik), Geçiş Dönemi ve Yeni Tektonik Dönem (Neotektonik) olmak üzere üç tektonizma dönemine ayrılmıştır (Koçyiğit, 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

Lütesiye sonuna kadar 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 çökelmeye başlamış ve deniz ilerlemesiyle yaşıt, 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 siltleri oluşturmuştur (Acar ve Biliyul, 1974; Koçyiğit, 1980).

Hoyran karbonat platformu, Liyas başında geçirdiği bu kısa süreli çekme tektoniği rejiminden sonra, çok sığ ve duraylı bir deniz olma özelliğini, Üst Liyas'tan Maestrihtiyen'e kadar korumuştur. Maestrihtiyen'den başlayarak çekme tektoniğinin yeniden etkinlik kazandığı görülür. Bu durum, sığ platform tortullarının yanısıra çörtlü, planktonik fosilli kireçtaşı, radyolarit ve denizaltı akma ve kaymalarının egemen olduğu olistostromal-türbiditik özellikli flišlerle temsil edilen derin deniz fasiyesinin gelişimiyle kanıtlanır. Özellikle pelajik tortullar arasındaki sığ karbonat breşlerinden oluşan olistostromlar, tortullaşmayla yaşıt çekme tektoniğinin en iyi belirtecidir. Maestrihtiyen-Paleosen ve Alt Eosen boyunca sığ ve derin deniz fasiyesleri, çekme tektoniği denetiminde, birlikte oluşumlarını sürdürmüştür. Lütesiye'de ise ortam tümüyle derin deniz özelliğine bürünmüştür. Üst Lütesiye ise, duraysızlığın ve çekme tektoniğinin doruk noktasına eriştiği andır. Ayrıca fliš içinde ofiyolitli karışıktan türeyen bileşenlerin artması, ilerlemekte olan ofiyolitli karışık napının iyice yaklaştığının bir belirtecidir. Üst Lütesiye sonunda mekanik bakımdan en büyük gerilim eksenini, düşey konumdan yatay konuma değiştirirken, 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 (Koçyiğit, 1983).

Geç Kretase sırasında, Anatolid 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 (Şengör, 1980).

Bu yitim kuşağı, yaklaşık Orta Miyosen sonunda, Anatolid-Torid platformunun, Pontid adayayı 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 (Koçyiğit, 1984).

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 kadar süregelen olay, yapı ve bunlara bağlı oluşukları kapsayan dönemdir. Akarsu yatağı, delta ve göl ortamlarında oluşmuş tortullar, bunlarla yanal-düşey geçişli ve eş yaşlı alkalen volkanizma ürünleriyle, bunları denetleyen blok-faylanma türündeki tektonik rejim, bu dönemin önemli öğeleridir. Orta Miyosen sonunda, Bitlis-Zagros kenet kusağı boyunca okyanus kapanıp kıta-kıta çarpışması gerçekleşmiş olmasına karşın, daha güneyde Kızıldeniz- Aden körfezi açılması nedeniyle (Le Pichon ve Angelier, 1979), Arap levhasının kuzey-kuzeydoğuya doğru devinimi, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarının oluşumuyla karşılanmış ve bu olay Türkiye'de Yeni Tektonik Dönemin başlangıcı olmuştur (Koçyiğit, 1984).

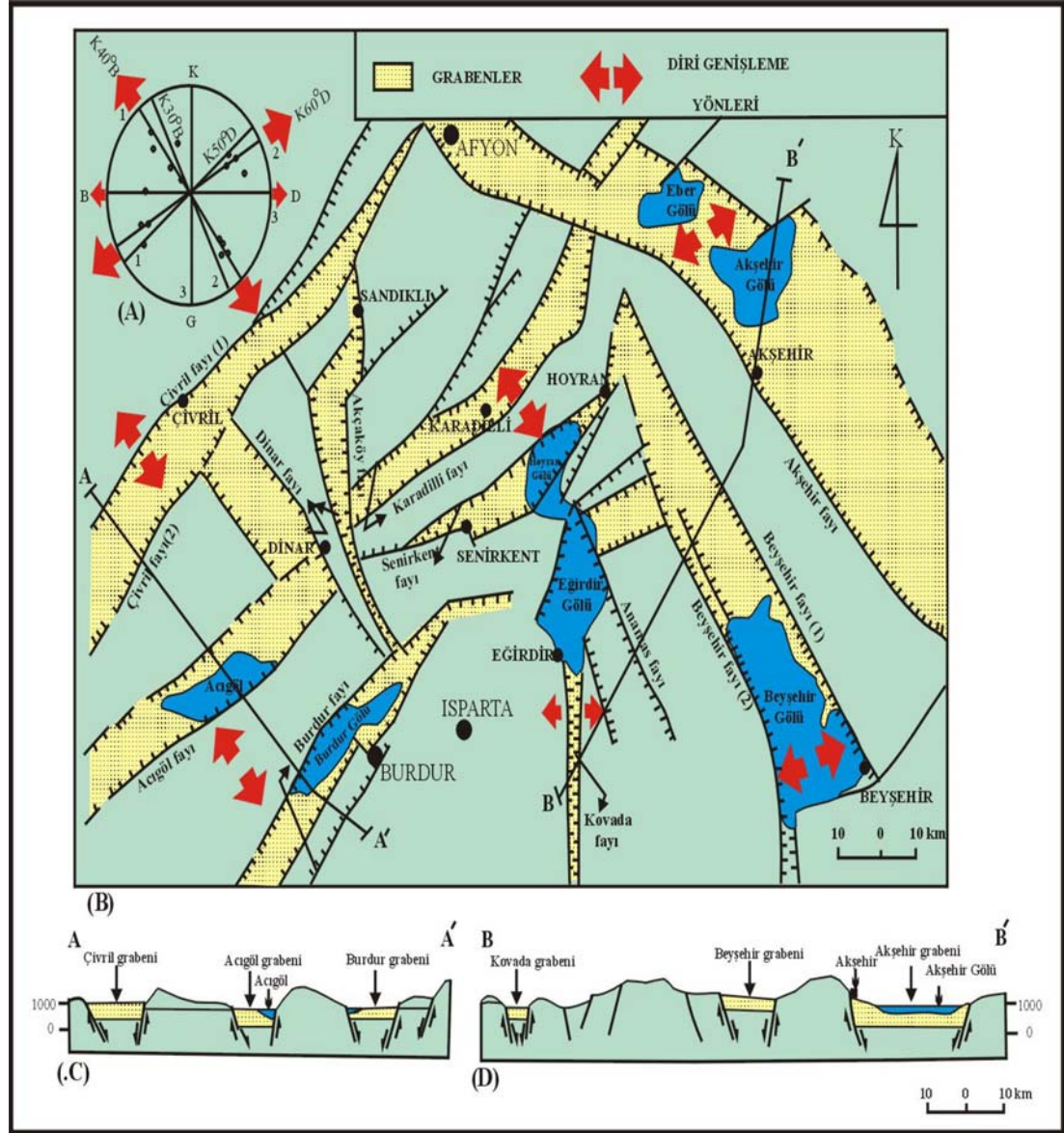
Orta Oligosen sonundan başlayarak hemen tümüyle çekme geriliminin denetimine giren alan, yükselme ve çökmelerle birtakım çöküntü alanlarına bölünmüştür. Böylece, Isparta Büklümü'nün kuzey iç kenarındaki riftleşme olayının bölgesel kabarma- faylanma evresi başlamıştır. Hızlı yükselme-çökme ve aşınım sürerken, Isparta Büklümü'nün batı yarısı (Teke Torosları 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 Stiriyen dağ oluşumudur. Büklümün kuzey kesimi, bölgesel olarak KD-GB, KB-GD ve K-G gidişli 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 etkinlik 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 sonucunda, eş yaşlı fakat birbiriyle kesişebilen fay takımları gelişmiştir. Nitekim, Batı Anadolu ve Isparta Büklümü'nde çok sayıda, eş yaşlı ve kesişen fay takımları gelişmiştir (Koçyiğit, 1981; 1983).

Blok faylanmanın en iyi gözlemlendiği alanlardan biri olan Isparta Büklümü kuzey kesiminin fay haritasında (Şekil 3.5), önemli normal faylar (Çivril, Acıgöl, Burdur, Dinar, Akçaköy, Karadilli, Senirkent, Kovada, Anamas, Beyşehir, Akşehir fayları) ile bunlar arasında kalan çöküntü ve yükselti alanlarının (Çivril, Acıgöl, Burdur, Kovada, Beyşehir, Akşehir, Karadilli ve Hoyran çöküntüleri) ilişkisi görülmektedir. Çöküntü alanlarının içi Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal tortullar ve alüvyonlarla doldurulmuştur (Şekil 3.5). Hemen hemen tüm önemli faylar ve bunlar tarafından sınırlanan çöküntü alanı içinde akmakta olan dereler, düşey yükselmenin bir kanıtı olarak, yataklarını derine kazmış olup, günümüzde diri faylar, doğrudan doğruya, alüvyonlarla daha yaşlı birimleri dokanağa getirmiştir. Yine, çöküntü alanı içinde yer alan göller, (Acıgöl, Burdur Gölü, Beyşehir Gölü, Hoyran-Eğirdir Gölleri) diri faylanmanın bir diğer kanıtı olarak, birer kenarlarını doğrudan fay düzlemine yaslamışlardır. Türkiye ve yakın dolayında Yeni Tektonik Dönemi denetleyen önemli yapı unsurları Ege Hendeği, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Ege Graben sistemidir (Koçyiğit, 1984).

Isparta Büklümü, Orta Tersiyer'den günümüze kadar geçirdiği sıkışma ve genişleme tektonik olaylarıyla biçim kazanmıştır. Ege plakasında grabenlerin oluşumu ve Kuzey Anadolu Fayı'nın şekillenmesi sırasında plakalar, güneybatıya doğru harekete geçmiş ve büklümün şekillenmesinde etkili olmuştur. Bunun yanında, Likya, Beyşehir-Hoyran ve Antalya naplarının, Toros Karbonat Platformu üzerine yerleşmesiyle, Kıbrıs ve Helenik yayları şekillenmiş ve bu yaylar boyunca Afrika ve Avrasya plakaları birbirine yaklaşarak, Isparta Büklümü bölgesinde K-G doğrultulu sıkışma tektoniğinin oluşmasıyla sonuçlanmıştır. Ege plakasının güneybatı yönde

genişlemesi ve Anadolu plakasının batıya doğru olan hareketi, Isparta Büklümü batısındaki Likya bloğunun Burdur fayı boyunca GB doğrultuda saat yönünün tersi yönde dönmesiyle, büklümün doğu kanadının ise saat yönünde dönmesiyle sonuçlanmıştır (Kissel vd, 1993; Yağmurlu vd., 2000).



Şekil 3.5. Isparta Büklümü Kuzey Kesiminin Yalınlaştırılmış Yeni Tektonik Haritası (A: Faylar için nokta diyagramı, B: Fay Haritası, C ve D: Enine kesitler) (Koçyiğit, 1984)

Dilek ve Rowland (1993), Erken Triyas-Jura süresince Beydağları ve Anamas-Akseki platformları arasındaki KD yönlü rift zonu gelişimini, rift birikimleri ve okyanusal kabuğun üçgen şekilli rift zonu oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu okyanus, Geç Maestrihtiyen boyunca D-B sıkışma kuvvetleriyle kapanmaya başlar. Rift sedimanları ve ofiyolitler batıda Beydağları, doğuda Anamas-Akseki platformları üzerine bindirmiştir. Aynı çalışmacılara göre, Beyşehir-Hoyran, Hadim ve Likya napları, Orta-Geç Tersiyer boyunca karbonat platformları üzerine yerleşmiştir. Isparta Büklümü'nü sınırlayan Burdur ve Akşehir oblik fayları bu yüzden, Geç Maestrihtiyen boyunca suture zonlarına paralel gelişmiş ve Neotektonik lineasyon tekrar aktif olmaya başlamıştır (Yağmurlu vd., 1997).

Burdur fayı Fethiye Körfezi ile Keçiözü arasında yaklaşık 300 km boyunca KD yönünde uzanım gösteren ve sol oblik atım bileşeni olan normal bir faydır. Burdur fayı çoğu yerde tek bir yapısal çizgi halinde olmayıp, birbirine paralel gelişmiş kesikli uzanımına sahip segmentlerden oluşur. Bu segmentler KD doğrultusunda uzanım gösteren ve genişliği 3-10 km arasında değişen bir zon içinde yer alır. Burdur fay zonu içinde yer alan fayların büyük bölümü aynı zamanda bölgedeki Neojen havzalarını sınırlayan büyüme fayları özelliği taşımaktadır. Burdur fay zonu içinde yer alan KD uzanımlı segmentler büyük bölümüyle K ve KB doğrultusunda gelişmiş normal ve doğrultu atımlı genç faylarla sınırlandırılmıştır. Burdur fayının bölgesel jeolojik yapı içindeki konumu Şekil 3.5.'de verilmiştir. Bu haritada görüldüğü gibi Kıbrıs ve Hellenik yitim zonları Fethiye Körfezi açıklarında önemli bir dirsek oluşturur. Bu dirseğin oluşumu Burdur fayının sol yönlü atımına uyumlu bir geometrik ilişki gösterir. Burdur fayı, Senirkent ve Hoyran Gölünü KD yönünde takip ederek Afyon-Çay yöresinde Akşehir-Simav fayı ile kesişir (Koçyiğit, 1983; Taymaz ve Price, 1992).

Burdur fayı ile Akşehir-Simav fayları aynı zamanda Isparta büklümü olarak bilinen bölgesel jeolojik yapıyı sınırlayan kırık hatlarını oluşturur. Fethiye Körfezi açıklarında Hellenik ve Kıbrıs yitim zonlarını birbirinden ayıran Burdur fayı bu yönüyle bir transform fayı özelliğine sahip olup, aynı zamanda Ege levhasının güney sınırını oluşturur (Şekil 3.4). Diğer taraftan Burdur fayı aynı zamanda genişleme tektoniğinin egemen olduğu Ege levhasını Batı Toroslar Bölgesinden ayıran önemli bir yapısal

çizgidir. Batı Toroslar bindirme fayları ve nap sistemlerinin yaygın olarak geliştiği ve sıkışma rejiminin etkili olduğu farklı tektonik rejim özelliklerini gösteren bir bölgedir (Barka vd.,1995; Yağmurlu vd.,1997).

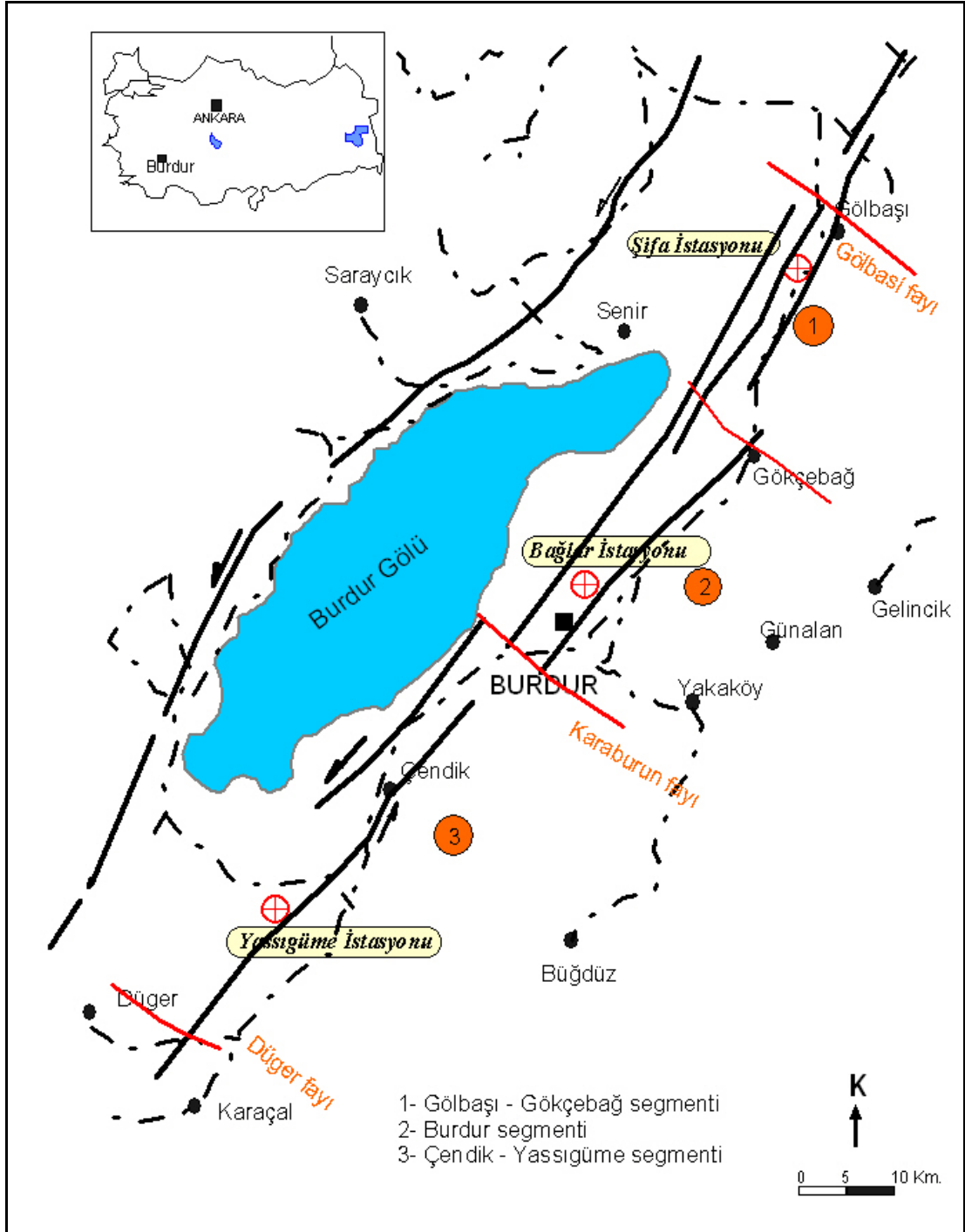
3.1.2 Bölgeye Ait Deprem Katalog Bilgileri

Rodos-Burdur arasındaki Burdur fay zonu üzerinde, son yüzyıl içinde büyüklükleri $M=5.0$ ile $M=7.0$ arasında değişen yedi önemli deprem kaydedilmiştir. Bunların içinde özellikle Burdur'u etkileyen 1914 ($M_a=7.0$) ve 1971 ($M_a=6.2$) depremleri önemlidir. 1914 Burdur depremi, Burdur kenti ve yakın çevresinde büyük hasar yaptığı gibi, Burdur'un güneyinde topoğrafyada yer yer izlenebilen kayma eşikleri oluşturmuştur. 1914 depremi, Burdur fayının kuzey bölümünde Gölbaşı-Gökçebağ segmenti üzerinde meydana gelmiş en önemli sismik olaylardan biridir. Bundan sonraki dönemde 1922-1963 yılları arasında meydana gelen depremler daha çok Burdur fay zonunun güney bölümünde etkili olmuştur. Bu dönemde oluşan depremler 1922'de Karpothas'ta ($M_a=6.7$) başlamış olup, zaman içinde KD yönünde ilerleyerek 1926'da Rodos, 1957'de Fethiye, 1963'de Tefenni ve 1971'de tekrar Burdur yöresini etkilemiştir (Taymaz ve Price, 1992).

1922-1971 yılları arasında 50 yıllık periyot içinde oluşan Karpothas, Rodos, Fethiye, Tefenni ve Burdur depremleri, güneyden kuzeye doğru bariz bir kırık ilerlemesini göstermesi bakımından önemlidir. Bu ilerleme, Burdur fay zonu içindeki fay segmentlerinin birbirlerini tetiklediğini ve gerilim aktardığını gösterir. $M=6.2$ büyüklüğündeki 1971 Burdur depreminden sonra Burdur fay zonu üzerinde herhangi bir önemli sismik aktivite gözlenmemiştir. Sismik kayıtlar 1971-Burdur depreminin KB gidişli Düğer fayı üzerinde meydana geldiğini gösterir. Bunun yanısıra 02.02.2001 tarihinde meydana gelen $M=4.2$ büyüklüğündeki deprem, Süleyman Demirel Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi verilerine göre, Burdur fayının Çendik Yassıgüme segmenti üzerinde oluşmuştur. Diğer taraftan 01.10.1995 tarihinde oluşan $M=5.9$ büyüklüğündeki Dinar depremi ile 17.08.1999 ve 12.11.1999 tarihlerinde meydana gelen $M=7.4$ ve $M=7.2$ büyüklüğündeki Kocaeli ve Düzce depremleri Burdur fayı üzerinde gerilimi arttıran bir etki yaratmıştır. 17 Ağustos 1999 Kocaeli

depreminden sonra Burdur fayının güneyinde Yassıgüme çevresinde oluşan K45B gidişli tansiyon kırıkları, fayın bu bölümünde gerilimin arttığını ve deformasyonun başladığını göstermesi bakımından önemlidir. Burdur fay zone tek bir çizgi halinde olmayıp, birbirine paralel gelişmiş sol oblik atımlı faylardan oluşmaktadır. Bunun yanı sıra Burdur fay zonunu değişik kesimlerde kesen KKB ve K gidişli faylar, Burdur fay zone üzerinde farklı uzunlukta fay segmentlerinin oluşumuna neden olmuşlardır. Burdur fayı, Burdur Gölünün güney kenarı boyunca başlıca üç farklı segmente bölünebilir (Şekil 3.6). Bunlar kuzeydoğudan güneybatıya doğru, Gölbaşı-Gökçebağ segmenti, Gökçebağ-Burdur segmenti, ve Çendik-Yassıgüme segmentinden yapıldır.

Gölbaşı-Gökçebağ Segmenti, kuzeybatı uzanımlı Kayıköy-Koçtepe normal fayı tarafından sınırlandırılmıştır. Yaklaşık 12 km uzunluğunda ve KD gidişli olan Gölbaşı-Gökçebağ segmenti; güneyden kuzeybatı uzanımlı Boğazdere fayı ile sınırlandırılmıştır. Gölbaşı fay segmenti birbirine paralel gelişmiş basamak şekilli iki fay sisteminden yapıldır olup daha çok Eosen yaşlı Kayıköy formasyonuna ait fliş tortullarını ve ofiyolit karmaşığına ait kayaları sınırlar. 3 Ekim 1914 tarihinde meydana gelen $M=7.1$ büyüklüğündeki Burdur depremi, sismik kayıtlara göre, Gölbaşı-Gökçebağ segmenti üzerinde oluşmuştur. Bu segment boyunca maden suyu çıkışları, breşik zonlar ve yüksek eğimli birikinti konileri olağan biçimde görülür. Gölbaşı-Gökçebağ segmentini kuzeyden sınırlayan Kayıköy-Koçtepe fayı egemen olarak KKB gidişli olup, büyük bölümüyle Kayıköy formasyonu içinde gelişmiş kuzeydoğuya eğimli normal bir faydır. Bu fay günümüzde halen aktif konumlu olup, son yıllarda Isparta'yı etkileyen sığ odaklı depremlere neden olmuştur. Fay boyunca topografyada açık olarak gözlenebilen kayma eşikleri yanı sıra, ezilme zonları, bazalt bileşimli volkanik çıkış merkezleri ve katmanlarda aşırı biçim değiştirmeleri olağandır. Gölbaşı-Gökçebağ segmentini güneyden sınırlayan KB uzanımlı Boğazdere fayı Pliosen yaşlı Burdur formasyonunu Kayıköy formasyonundan ayıran güneye doğru eğimli normal bir faydır. Bu fay aynı zamanda güneydoğu istikametinde ofiyolit karmaşığı ile Kayıköy formasyonu arasındaki tektonik dokanağı karşılar. Burdur formasyonuna ait genç katmanların aşırı eğimlenmesi, katman doğrultularının aniden kesilmesi fayı belirleyen en önemli verilerdir (Ertunç vd., 2001).



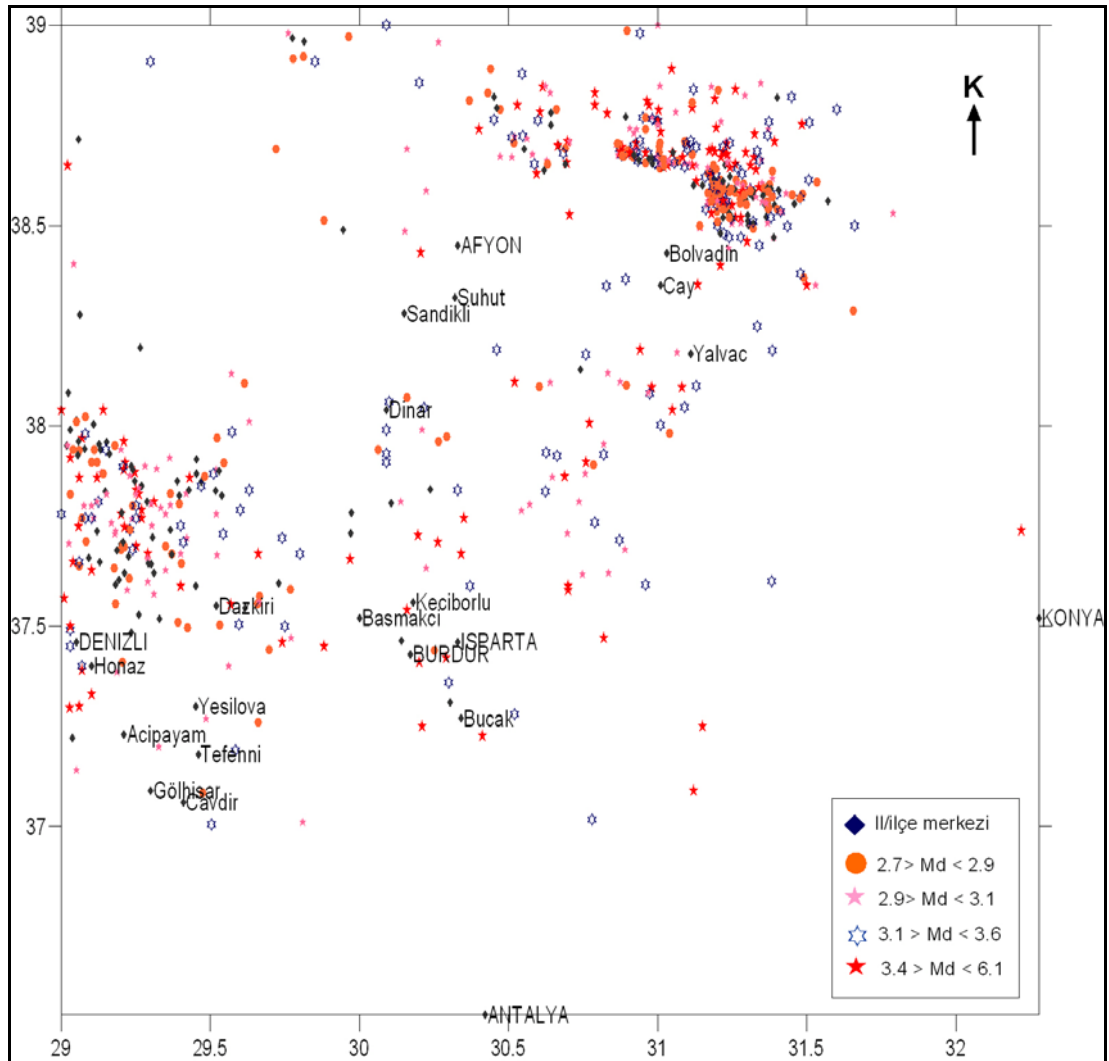
Şekli 3.6. Burdur Gölü'nün güneyinde yer alan segmentlerin konumu (Ertunç vd., 2001).

Gökçebağ-Burdur Segmenti, yaklaşık 14 km uzunluğa sahip olan bu segment, Gökçebağ ile Karaburun mevki arasındaki bölümü oluşturur. Burdur fay zone bu segment boyunca birbirine paralel gelişmiş olan kuzeybatıya eğimli ve basamaklı yapı oluşturan oblik fay sistemlerinden yapıdır. Burdur segmenti, güneyden kuzeybatı

uzanımlı Karaburun fayı ile sınırlıdır. Karaburun fayı ofiyolit karmaşığına ait kayaları Pliyokuvaterner yaşı genç tortullardan ayıran kuzeye eğimli normal bir faydır. Bu fay boyunca Kuvaterner yaşı plaj ortamına ait tutturulmamış genç tortullar kuzeye doğru eğimlenmişlerdir. Diğer taraftan bu segment içinde yer alan faylar, Burdur şehir merkezi ve yakın çevresinde Kuvaterner yaşı alüvyonları ve yamaç molozlarını keserek bu birimler içinde yer yer basamaklı bir topografik yapının meydana gelmesine neden olmuştur. Burdur fay zonunun Gökçebağ-Burdur segmentini oluşturan bölümü Burdur şehir merkezi ve yakın çevresinde başlıca KD uzanımlı olan birbirine paralel gelişmiş 4 farklı faydan yapıldır (Ertunç vd., 2001).

Çendik-Yassıgüme Segmenti, yaklaşık 22 km uzunluğa sahip olan bu segment büyük bölümüyle ofiyolit karmaşığı ile genç alüvyonlar arasında ve kısmen de Burdur formasyonu ile alüvyonlar arasında gelişmiştir. Çendik-Yassıgüme segmenti güneyden Karaçal civarından geçen KB uzanımlı Düger fayı ile sınırlanmaktadır. Düger fayı aktif bir fay olup, Kuvaterner yaşı genç alüvyonları Likya naplarına ait ofiyolitik serilerden ayırır. Tarihsel deprem kayıtları incelendiğinde 12 Mayıs 1971 Burdur depreminin bu fay üzerinde olduğu vurgulanmaktadır. KD uzanımlı bu segment boyunca topografyadaki ani yükselimler ve breşlenme kuşakları yer yer belirgin biçimde gözlenebilir. Yassıgüme ve Çendik çevresinde yersel olarak faya ait kayma yüzeyleri açık olarak gözlenir. Bu yüzeylerde sol oblik atımı yansıtan kayma çizikleri çok belirgindir. Çendik-Yassıgüme segmenti, Çendik-Kuruçay yöresinde birbirine paralel gelişmiş ve basamaklı yapı özelliğı gösteren normal fay sistemlerinden yapıldır. Yüksek eğimli birikinti konileri, fay boyunca dizilmiş su kaynakları ve yakın zamanlardaki depremlerde oluşmuş alüvyonlar içinde gelişmiş kayma eşikleri bu segment içinde gözlenen en önemli yapısal özelliklerdir. 17 Ağustos 1999 da yaşanan Kocaeli depreminden hemen sonra Yassıgüme' nin batısındaki ovada alüvyonlar içerisinde K45B gidişli yaklaşık 500 m boyunca takip edilebilen tansiyon kırıkları oluşmuştur. Bu tansiyon kırıklarının oluşumu Çendik-Yassıgüme segmenti üzerinde güncel deformasyonun geliştiğini göstermesi bakımından önemlidir. 02.02.2001 tarihinde Yassıgüme'nin yaklaşık 5 km kuzeydoğusunda Akyaka köyü çevresinde M=4.2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Kandilli Rasathanesi verilerine göre bu deprem Kuruçay-Yassıgüme arasında uzanım gösteren fay üzerinde meydana

gelmiş olup, odak derinliği yaklaşık 10 km'dir. 17 Ağustos 1999 Kocaeli'nde meydana gelen depremden sonra Yassıgüme yöresinde oluşan tansiyon kırıkları üzerinde yapılan incelemelerde Burdur fayının bu bölümünde stresin arttığı ve buna bağlı olarak güncel deformasyonların geliştiği sonucuna ulaşılmıştır. Nitekim, 02.02.2001 tarihinde bu bölgede oluşan M=4.2 büyüklüğündeki deprem bu varsayımı destekler yönde değerlendirilebilir (Ertunç vd., 2001).



Şekil 3.7. Burdur ve çevresinde 2000-2005 yılları arasında meydana gelen depremler ve büyüklükleri (veriler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi'nden alınmıştır)

3.1.3 Burdur Gölü ve Çevresinin Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası

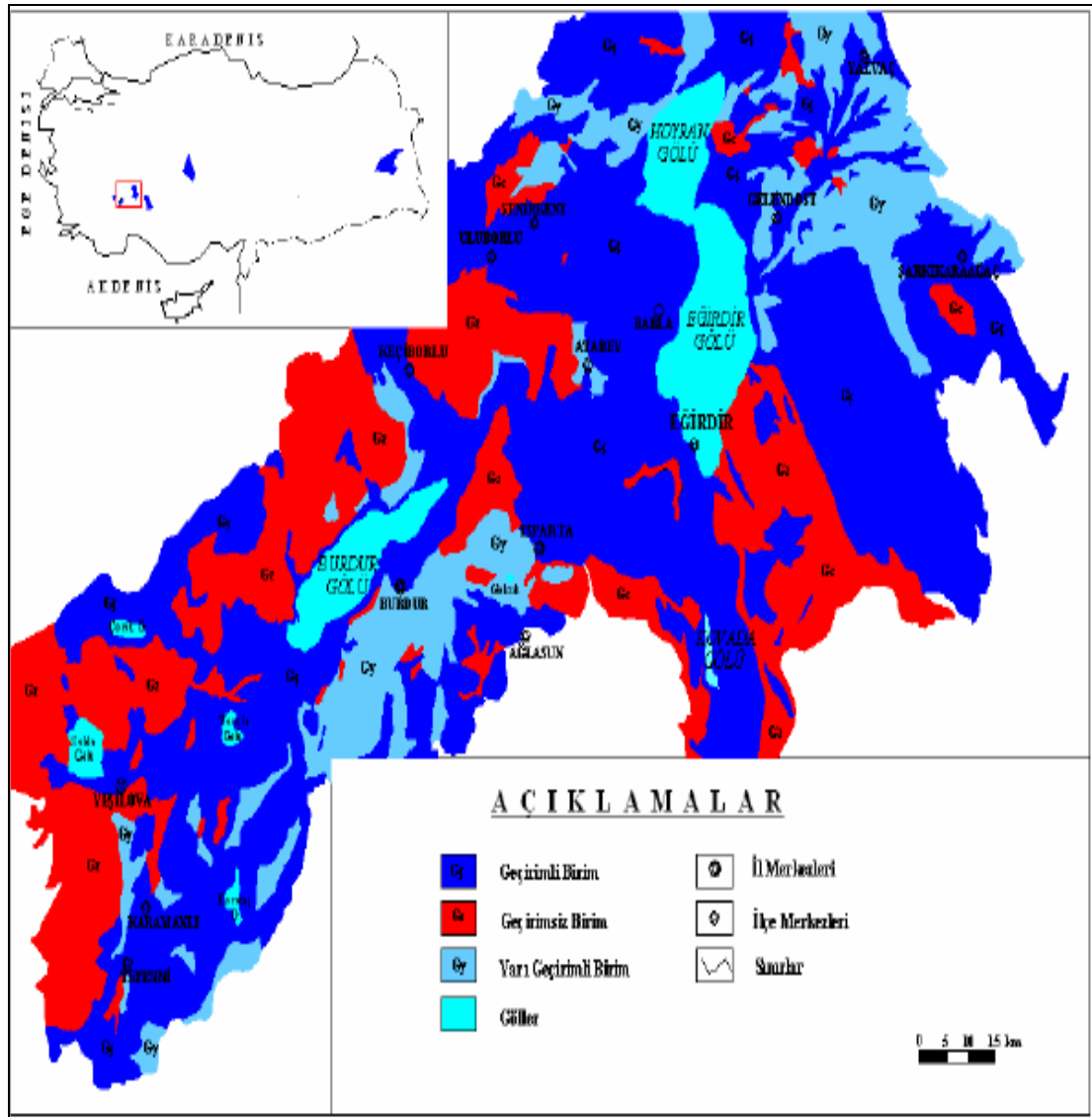
3.1.3.1 Hidrojeoloji

Göller Bölgesi'nde bulunan Eğirdir Gölü yarı kapalı havza özelliğinde olup beslenme havzası sınırları belirlenmiştir (Karagüzel vd., 1995). Burdur Gölü ise tam kapalı havzadır ve dışarıdan beslenimi oldukça az olup dışarıya akışı da bulunmaz. İki göl arasında ise, Atabey ovası bulunmaktadır. Atabey Ovası'nın Eğirdir Gölü'ne komşu olan doğu kesiminde şerit halinde uzanan ofiyolitli karmaşık bindirmesinin Atabey Ovası ile Eğirdir Gölü arasında doğal geçirimsiz bariyer oluşturduğu görülmektedir. Atabey Ovası ile Burdur Gölü arasında ise filiş özelliğinde birimler ve ofiyolitli karmaşık bulunmaktadır. Bu birimlerin de Atabey Ovası ile Burdur Gölü arasında geçirimsiz bariyer oluşturduğu kabul edilmektedir. Bundan dolayı, Eğirdir ve Burdur Gölleri'nin birbirleriyle irtibatı olmadığı ve göller arasında yer alan Atabey Ovası'nın da göller ile hidrolojik bir bağlantısının bulunmadığı belirtilmektedir (İrleyici, 1998).

Eğirdir Gölü havzasında önemli akiferler, batıda Uluborlu-Senirkent Ovası, kuzeydoğuda, Hoyran, Gelendost ve Yalvaç ovaları alüvyon akiferleri şeklinde bulunmaktadır. Bölgedeki karstik kireçtaşları da çatlak ve erime boşluklarında yeraltısuyu bulundurması bakımından büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Buradaki akiferlerde yeraltısuyu akım yönünün Eğirdir Gölü'ne doğru olduğu düşünülmektedir (Mutlutürk vd., 1991; Karagüzel vd., 1995).

Eğirdir Gölü'nün beslenme parametreleri; Göl yüzeyine düşen yağış, yüzeysel akış, iç kaynaklar ve Yılanlı derivasyonu olarak adlandırılmaktadır. Gölü besleyen en önemli dereler, batıda Kapıdağı ve Gelincik Tepe'den doğan Pupa çayı, kuzeydoğuda kaynağı Sultandağları olan Gelendost çayı, Hoyran ovasından gelen Hoyran çayı ve güneyden gelen Çaydere'dir. Bu dereler yaz aylarında sulamada kullanıldıklarından tamamen kurumaktadırlar (Karagüzel vd., 1995). Burdur Gölü'ne dökülen önemli akarsular yoktur buna karşın, az da olsa Bozçay, Uludere, Büğdüz, Çerçin, Keçiborlu dereleri gibi dereler ve göl altındaki birkaç kaynak, gölün beslenme parametrelerini

oluşturmaktadır (Merter vd., 1986). Burdur Gölü suları, kötü kalitede olması nedeniyle herhangi bir amaçla kullanılamamaktadır. Çalışma alanındaki jeolojik birimler hidrojeolojik özellikleri göz önünde bulundurularak geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olarak gruplara ayrılmıştır; Permien Kireçtaşı, Triyas-Jura Kireçtaşı, Kretase Kireçtaşı ve Alüvyon geçirimli birimleri oluşturmaktadır. Paleojen Flis-Konglomera ve Ofiyolitik Karmaşık geçirimsiz birimlerdir. Neojen serisi ise yarı geçirimli birim olarak belirtilmiştir (Şekil 3.8, Altınkale, 2001).



Şekil 3.8. Burdur ve çevresinin hidrojeoloji haritası (Altınkale, 2001)

Burdur gölünün kuzeydoğu, doğu ve güneydoğusunda geniş bir alanda geçirimli gözenekli akifer ortamı temsil eden alüvyon ve yamaç molozu gibi birimler gözlenmektedir. Gölün güney ve güneydoğusu boyunca geniş alanlarda geçirimsiz özellikte filiş fasiyesindeki birimler yaygın olarak bulunmaktadır. Kuzey ve kuzeybatısında ise, yarı geçirimli konglomera birimleri ile geçirimsiz özellikteki ofiyolit türü kayalar ve filişler bulunmaktadır. Gölden su kaçaklarını oluşturabilecek karstik akiferler olan kireçtaşları ise, gölün doğusunda, göl kıyısından oldukça uzak bölgelerde ve küçük alanlarda yüzeylemektedir. Bu açıklamalara göre, bölgede göl alanından su kaçaklarına yol açabilecek hidrojeolojik bir unsur gözlenmemektedir (Şener vd., 2005).

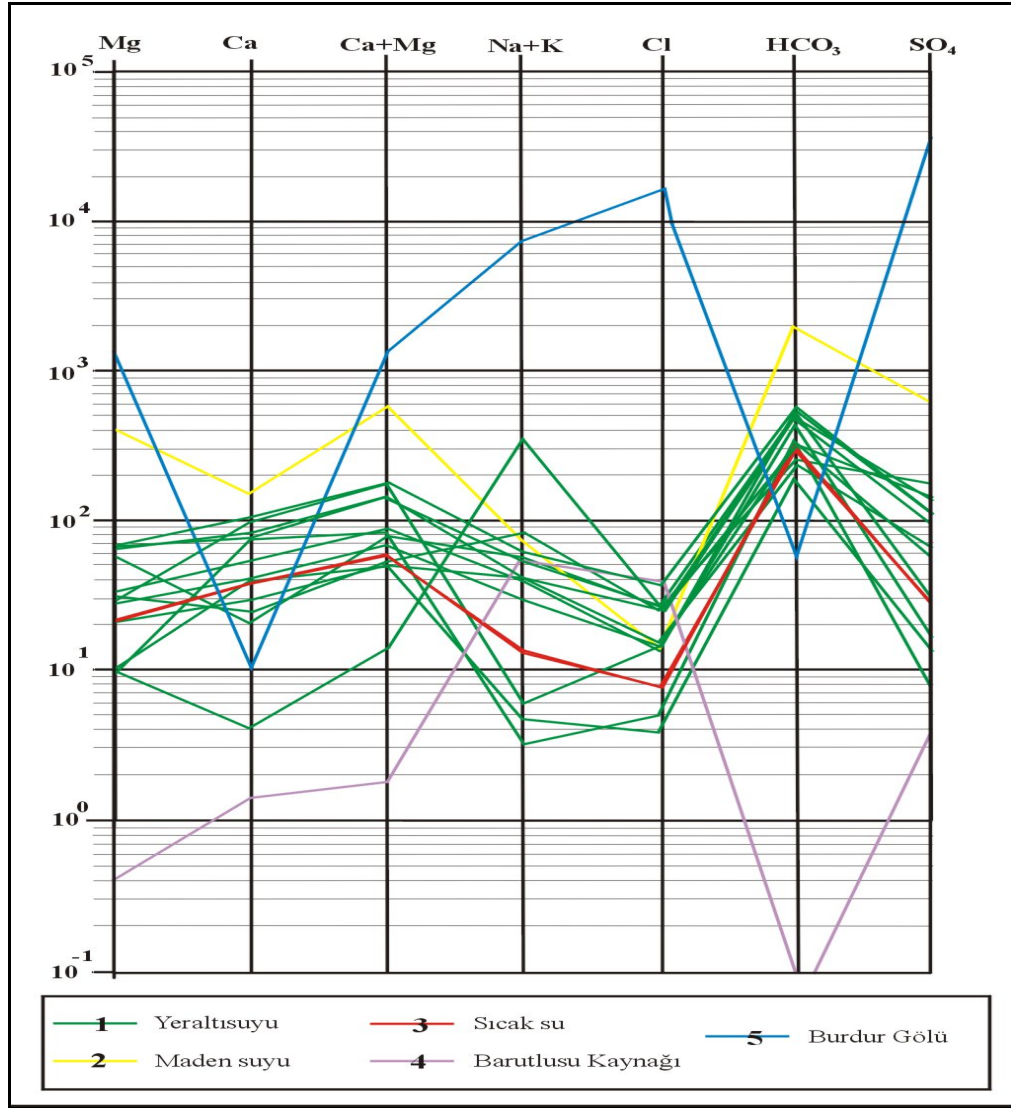
Konglomeralar karstik boşluk ve çatlaklarında su bulundurabilirler. Ancak konglomeralar yörede geniş bir yayılıma sahip olmadığı için akifer özelliği taşımamaktadır (Ertunç vd., 2001; Davraz vd., 2003).

Marn, kilitaşı, çamurtaşı aralanmasından oluşan birimler arasında çapraz tabakalı, zayıf çimentolu kumtaşı düzeyleri ve üzerlerinde tuf seviyeleri gözlenmektedir. Marn, kilitaşı ve çamurtaşı akifer özelliği taşımamaktadır. Kumtaşı ve tuf seviyeleri kalınlıkları ve yayılımlarının artışına bağlı olarak az miktarda su bulundurabilir (Ertunç vd., 2001; Davraz vd., 2003).

Birikinti konisi, alüvyon yelpazesi, yamaç döküntülerinden oluşan tutturulmamış gevek yapılı tortullardan oluşan birimlerinde ise içerdikleri kum ve çakıl düzeylerine bağlı olarak su bulundurabileceklerinden ötürü iyi bir akifer özelliği gösterebilirler. Bölgedeki çok sayıda sondaj kuyusu buradaki gösel alüvyondan su almaktadır. Bu kuyuların debileri değişken olup, bu debiler alüvyonun kalınlığı ve çakıl seviyelerinin geçirgenliği ile orantılıdır. Ofiyolitik birim içindeki kireçtaşları akifer özelliği gösterir, ancak bu kireçtaşları bölgede geniş yayılıma sahip değildir. Bu nedenle bölgedeki ofiyolitik kayalar geçirimsiz birim olarak tanımlanmaktadır. (Ertunç vd., 2001; Davraz vd., 2003).

3.1.3.2 Hidrojeokimya

Burdur Gölü kapalı bir havza olduğundan gölün dışarıya akışı yoktur ve gölü besleyen önemli bir akarsu da bulunmaz. Bu nedenle Burdur Gölü suları yüksek buharlaşma oranına ve bu nedenle çok yüksek miktarda çözünmüş iyon konsantrasyonuna sahiptir. Burdur Gölü suları içilemez kalitede sular sınıfına girmektedir ve Na-Mg-(Cl)-SO₄-HCO₃ tipi sular olarak belirlenmiştir (Altınkale, 2001).



Şekil 3.9. Burdur Gölü ve çevresinden alınan su örneklerine ait Scholler diyagramı (Altınkale, 2001)

Altinkale (2001) tarafından bölgede bulunan sulara ait anyon ve katyon değerleri hesaplanmış ve önemli elementlere ait özellikler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır ;

Sodyum (Na^+): İnceleme alanındaki yeraltısularının Na^+ değeri 0,52 ile 355 mg/l arasında bulunmaktadır (eşik değeri: 3,86 mg/l). Bunun yanında sıcak suların Na^+ değeri yeraltısularındaki değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek görülmektedir (değer aralığı: 3,38 ile 197 mg/l; eşik değeri: 12,30 mg/l). Eğirdir Gölü suları ise Na^+ içeriği bakımından 6,93 ile 7,01 mg/l arasında değişen değerlere sahiptir. Buna karşın Burdur Gölü sularının Na^+ değeri oldukça yüksektir (7210 mg/l).

Potasyum (K^+): Bölgedeki yeraltısularının K^+ değeri 0,12 ile 9,50 mg/l arasında değişmekte olup 1,08 mg/l eşik değeri ile sıcak sularla benzerlik göstermektedir. Eğirdir Gölü sularındaki K^+ değeri ise 1,59 ile 1,69 mg/l arasında değerler vermektedir. Burdur Gölü sularının K^+ değeri ise 40,60 mg/l olarak yüksek bir konsantrasyona sahiptir.

Magnezyum (Mg^{2+}): Çalışma alanındaki sıcak suların Mg^{2+} değeri 20,80 ile 181,20 mg/l arasında temsil edilirken (eşik değeri: 24,79 mg/l), yeraltısularının Mg^{2+} değeri 1 ile 68,40 mg/l arasında değerler vermektedir (eşik değeri: 16,67 mg/l). Burdur Gölü suları 1321 mg/l olan yüksek Mg^{2+} değeri ile kendini göstermektedir. Eğirdir Gölü sularında ise Mg^{2+} değeri 31,74 ile 34,42 mg/l arasında değişmektedir.

Kalsiyum (Ca^{2+}): Yeraltısularının Ca^{2+} değeri 4,00 ile 106,23 mg/l arasında değişim göstermektedir (eşik değeri: 54,11 mg/l). Sıcak sulardaki Ca^{2+} miktarı 36,80 ile 824 mg/l arasındadır (eşik değeri: 84,80 mg/l). Eğirdir Gölü sularının Ca^{2+} değeri 5,67- 11,55 mg/l olarak belirlenmiştir. Burdur Gölü sularında ise Ca^{2+} değeri 10,80 mg/l'dir.

Fluor (F^-): Çalışma alanındaki yeraltısularındaki F^- değerleri 0,08 ile 0,98 mg/l arasındadır (eşik değeri: 0,19 mg/l). Sıcak suların F^- değerleri ise 0,41 ile 0,71 mg/l arasında değişmektedir (eşik değeri: 0,45 mg/l). Aynı şekilde, Eğirdir Gölü sularındaki F^- değerleri (değer aralığı: 0,20 ile 0,22 mg/l) yeraltısuları ve sıcak

sularla benzerlik göstermektedir. Buna karşılık, Burdur Gölü sularındaki F^- değeri $<0,05$ mg/l'dir.

Klor (Cl^-): İnceleme alanındaki yeraltısuları 1,00-37,42 mg/l arasında bulunmaktadır (eşik değer: 9,64 mg/l). Sıcak sularda Cl^- değerleri 1,80 ile 42 mg/l arasındadır. Eğirdir Gölü sularında Cl^- değeri 6,10 ile 6,40 mg/l arasında değerlere sahiptir. Bölgedeki yeraltısuları, sıcak sular ve Eğirdir Gölü sularının Cl^- değerleri hemen hemen benzerlik gösterirken, Burdur Gölü suları 12454 mg/l Cl^- değeri ile oldukça yüksek bir konsantrasyon vermektedir.

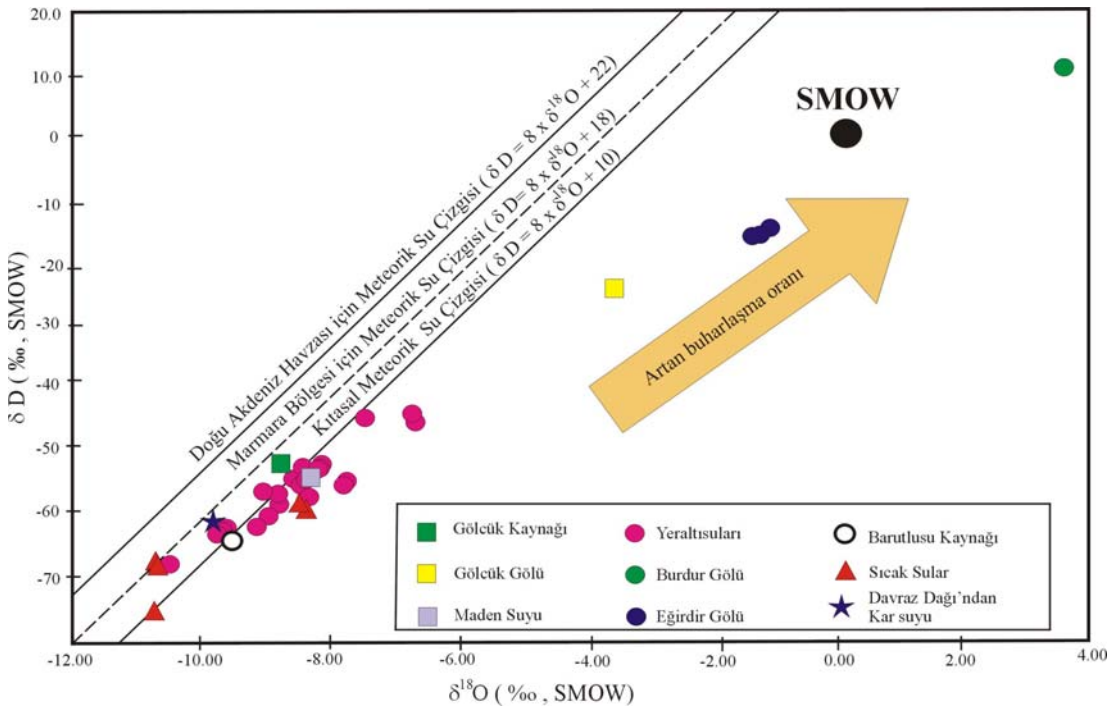
Nitrat (NO_3^-): İnceleme alanındaki sıcak suların NO_3^- değeri 0,75 ile 5,10 mg/l arasında değerlere sahip olup 2,50 mg/l eşik değeri vermektedir. Yeraltısuları ise NO_3^- konsantrasyonu bakımından sıcak sulara oranla daha yüksek değerlere sahiptir (eşik değer: 12,43 mg/l). Eğirdir Gölü sularında NO_3^- değerinin $<0,75$ mg/l, Burdur Gölü sularında ise $<0,50$ mg/l olduğu görülmektedir.

Sülfat (SO_4^-): Eğirdir Gölü sularında SO_4^- değeri 11,20 ile 11,40 mg/l arasındaki değerlerde gözlenirken, Burdur Gölü sularında SO_4^- değeri 30470 mg/l ile oldukça yüksek konsantrasyona sahiptir. Yeraltısularının SO_4^- değerleri 2,50 ile 155,25 mg/l arasında değerlere sahipken (eşik değer: 20,98 mg/l), sıcak suların SO_4^- değerlerinin 28,15 ile 1450 mg/l aralığında olduğu belirlenmiştir (eşik değer: 143 mg/l). Özellikle Burdur Gölü suları (30470 mg/l) ve İçmeler Kaynağı (1450 mg/l) sularının SO_4^- değeri oldukça yüksektir.

Bikarbonat (HCO_3^-): İnceleme alanındaki yeraltısularının HCO_3^- değerleri 152,2 ile 587,4 mg/l arasında bulunmaktadır (eşik değer: 310,3 mg/l). Bunun yanında sıcak sulardaki HCO_3^- değeri yeraltısularındaki değerlerle uyumaktadır (eşik değer: 310,6 mg/l). Buna karşın Eğirdir Gölü sularında HCO_3^- değeri 103,6 ile 460,7 mg/l arasındaki değerleriyle hem yeraltısuları, hem de sıcak sularla benzerlik göstermektedir. Burdur Gölü suları ise 59,83 mg/l HCO_3^- değeri vermektedir.

3.1.3.2 İzotop Jeokimyası

Burdur Gölü'nde anyon ve katyonlarda olduğu gibi, $\delta^{18}\text{O}$ izotopunda da aşırı zenginleşme söz konusudur. $\delta^{18}\text{O}$ 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 sağına düşmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Çalışma alanındaki yeraltısu, maden suyu, sıcak sular, kar suyu ve göl sularının δD ve $\delta^{18}\text{O}$ ilişkisi (Altınkale, 2001)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmanın başlangıcında, gerçekleştirilmesi planlanan aşamalar şu şekilde sıralanmıştır;

- Bölgeye ait jeotektonik model geliştirilmesi,
- Çalışma bölgesine ait hidrojeoloji haritasının yapılması,
- Burdur fay zone üzerinde bulunan sulara, yerinde ölçümler yapılarak bu sulara ait hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analizlerinin yapılması,
- Bölgede bulunan su kaynaklarında, sürekli olarak, deprem öncesi, deprem anı ve sonrasında hidrojeokimyasal ölçümler yapılması ,
- Elde edilen hidrojeokimyasal verilerin deprem verileri ile istatistiksel ve hidrojeokimyasal olarak karşılaştırılması.

Belirlenen üç adet gözlem noktasında, hidrojeokimyasal parametrelerle birlikte bölgesel sismik aktivitenin de ölçülebilmesi amacı ile sismometreler yerleştirilmesi planlanmıştır ancak çalışmanın ilerleyen aşamalarında meydana gelen bazı aksaklıklar nedeni ile gözlem noktalarına sismometreler yerleştirilememiştir. Bu nedenle, bölgeye ait jeotektonik model geliştirilememiştir.

Bu çalışmanın başlamasından sonra, aynı bölgede yürütülen başka bir proje kapsamında, Altinkale (2001) tarafından, bölgeye ait hidrojeoloji haritası hazırlanmış, hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Bu nedenle yeniden hidrojeoloji haritası hazırlanmamış, hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analizleri yapılmamış, Altinkale (2001) tarafından yapılan haritalar ve analizler kullanılmıştır.

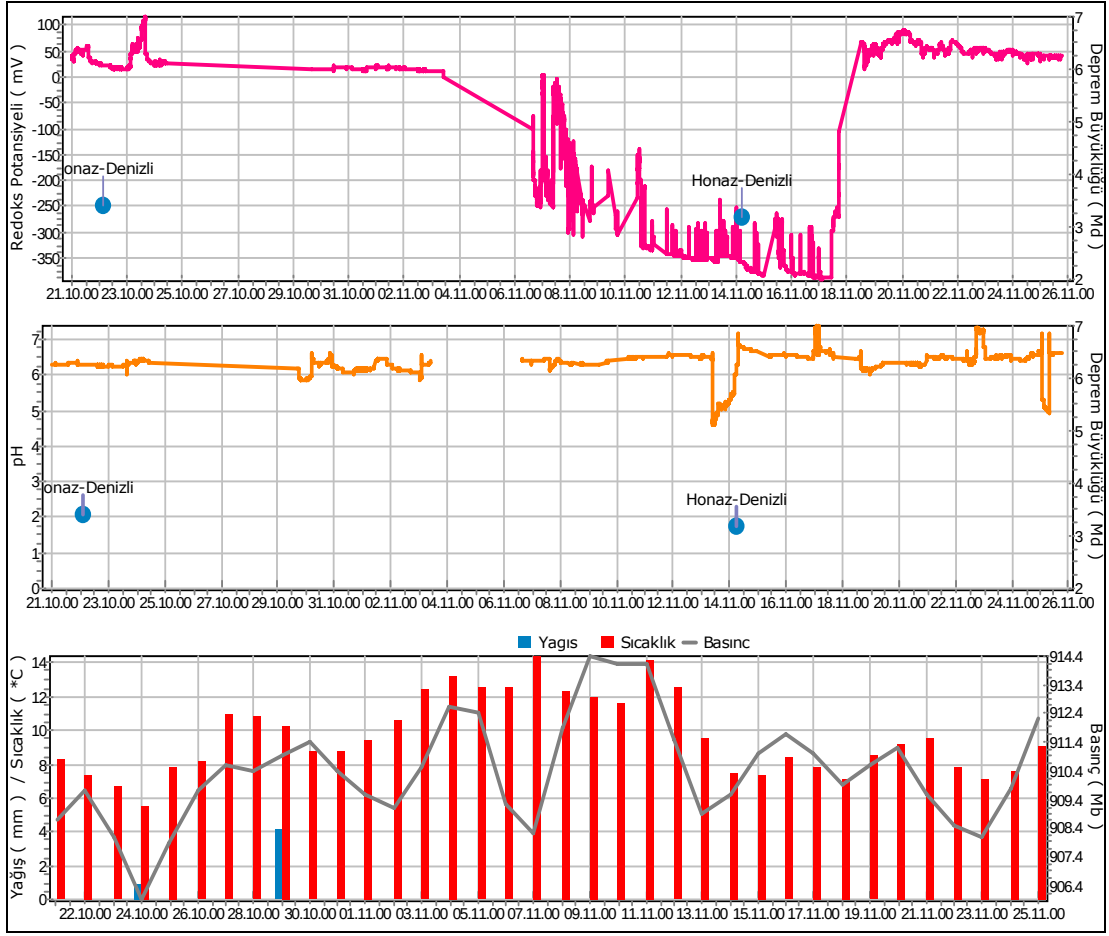
Bu çalışmada, belirlenen üç adet ölçüm noktasında, sürekli olarak, hidrojeokimyasal parametreler ölçülmüştür. Daha sonra, bu parametreler ile meydana gelen depremlerin hidrojeokimyasal ve istatistiksel olarak karşılaştırılması yapılarak yorumlanmıştır. Buna uygun olarak, Çizelge 3.1' de verilen tarih aralıklarında 3 istasyondan 10 saniye aralıklarla ölçülen veriler, 1 dakikalık ortalamaları alınarak

veritabanına aktarılmıştır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü'nden 2000-2005 yılları arasını kapsayan, çalışma bölgesine ait, deprem verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan günlük meteoroloji (sıcaklık, yağış, basınç) verileri de veritabanına aktarılmıştır. Bu verilerin tümü, hazırlanan bir bilgisayar programı yardımı ile, belirli tarih aralıklarında, meydana gelen depremleri de içerecek şekilde çizdirilmiştir. Ölçülen parametrelerin sayısal büyüklükleri birbirinden çok farklı olduğundan her bir parametre farklı pencerede gösterilmiştir. Çalışma süresince bölgede meydana gelen depremlere ait büyüklük(Md) bilgileri Şekil 3.7' de, koordinat ve derinlik bilgileri de Ek-1' de sunulmuştur. Verilerin değerlendirilmesi sırasında yağış, sıcaklık ve basınç değişimleri de göz önüne alınmıştır.

Şekillerde, yatay eksen zaman, sol düşey eksen ölçülen parametre, sağ düşey eksen ise depremin büyüklüğünü göstermektedir. Tarih aralıkları, oluşan depremleri içerecek şekilde seçilmiştir. Çalışma süresince, istasyonlardaki teknik aksaklıklar nedeni ile, bazı zamanlarda birkaç parametrede ölçüm yapılamamıştır. Bu tür parametreler şekillerde verilmemiştir.

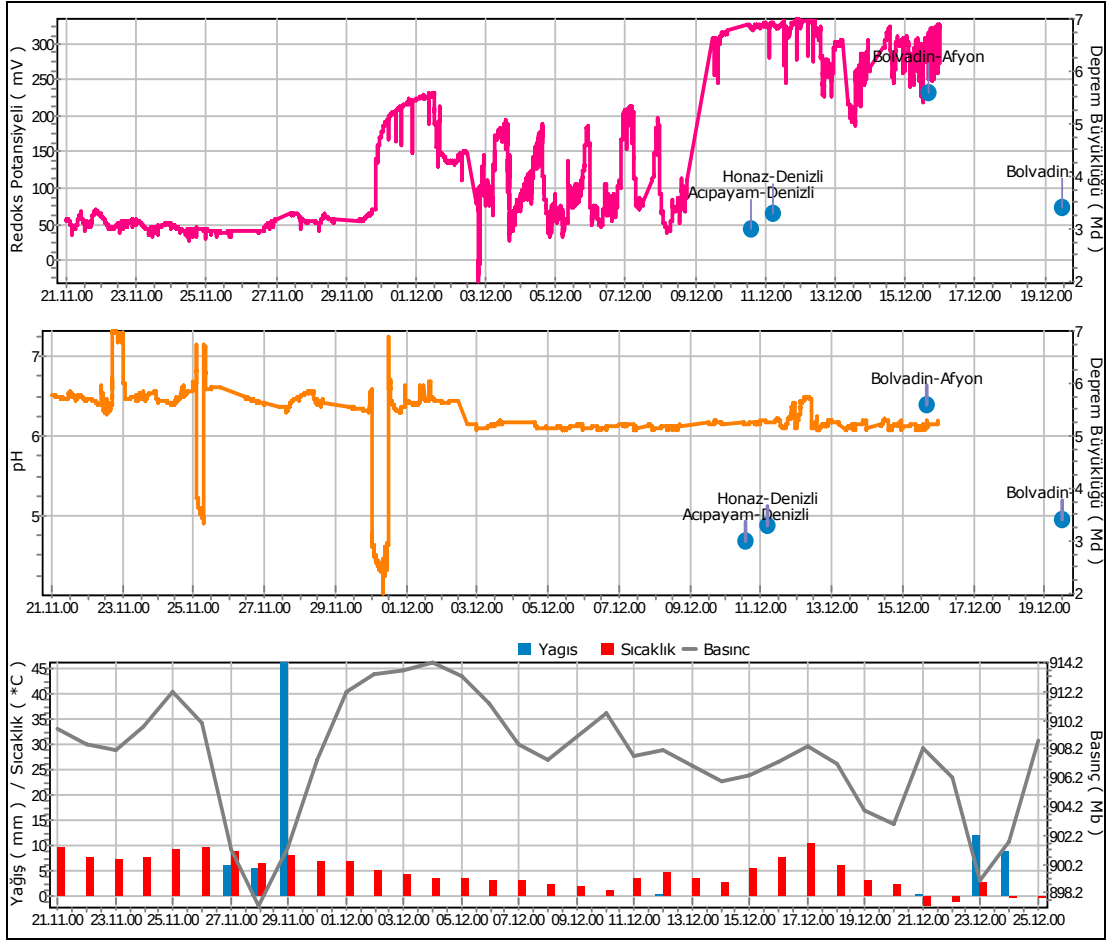
4.1 Şifa İstasyonu

Şifa maden suyu istasyonu, Burdur fay zonunun KB kesiminde bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bu istasyonda, redoks potansiyeli(Eh), pH, elektriksel iletkenlik(EC) ve radon gazı değişimleri ölçülmüştür. Ancak çalışma süresince radon gazı değişimi saptanamamıştır. Bu nedenle şekillerde sadece pH, Eh ve EC değişimleri gösterilmiştir.



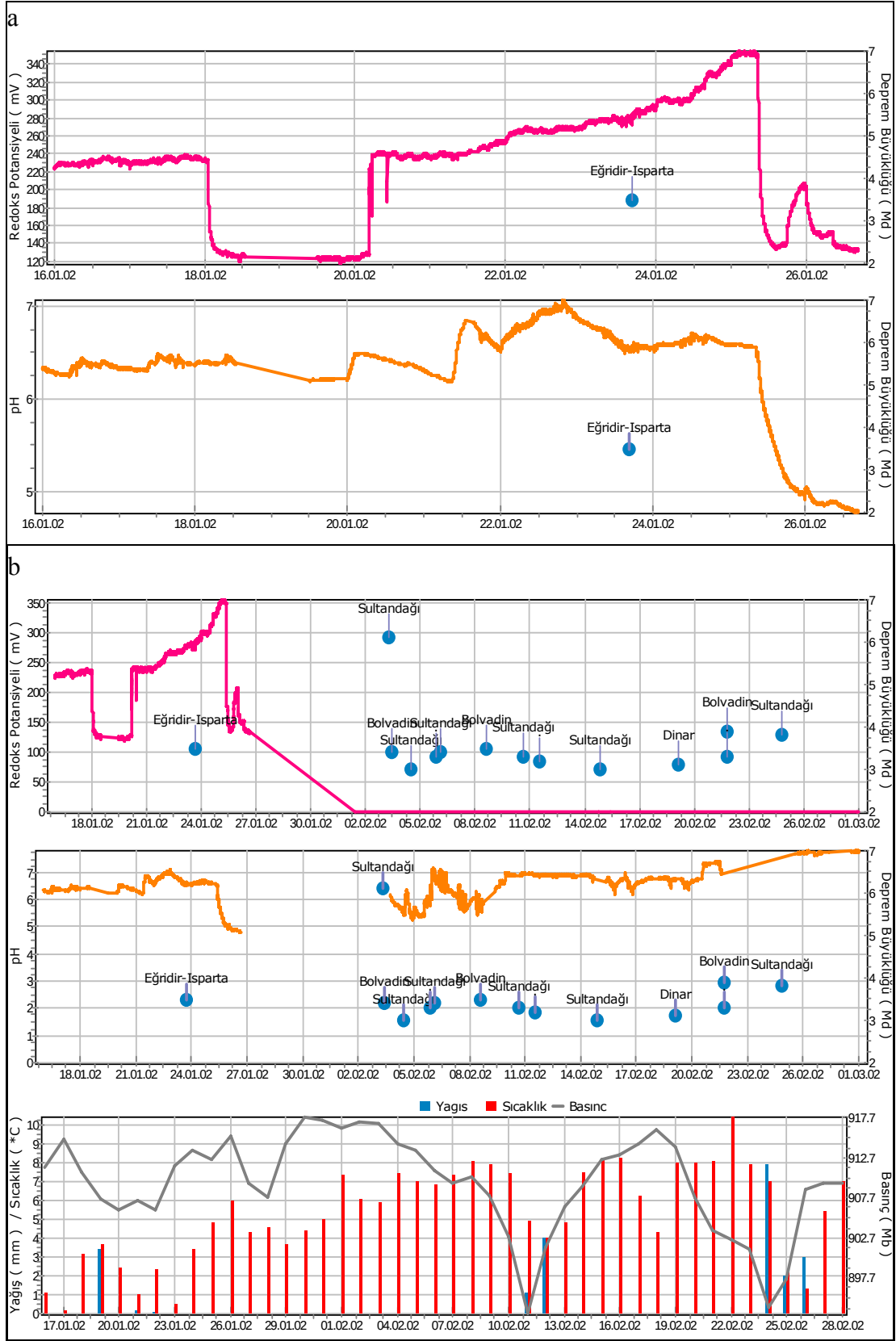
Şekil 4.1. 20.10.2000-25.11.2000 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler

Şifa istasyonuna yaklaşık 100 km uzaklıkta bulunan Denizli-Honaz’ da 22.10.2000 tarihinde 10.5 km derinlikte ve $M=3.4$ büyüklüğünde meydana gelen deprem öncesinde pH ve Eh değişimi gözlenmezken, aynı noktada 14.11.2000 tarihinde, 1 km derinlikte meydana gelen depremten bir hafta öncesinde redoks potansiyeli(Eh) değeri 50 mV değerinden -250 mV değerine kadar düşmüş, depremten sonra 50 mV değerine çıkmıştır. Aynı deprem için pH değerine bakıldığında depremten 6 saat öncesinde pH değeri 6 seviyesinden 5 değerine inmiş, depremten hemen sonra eski değeri olan 6 ya tekrar yükselmiştir. Aynı tarihler arasında meteorolojik veriler incelendiğinde yağış miktarının pH ve Eh değişiminde etkili olmadığı da görülmektedir.



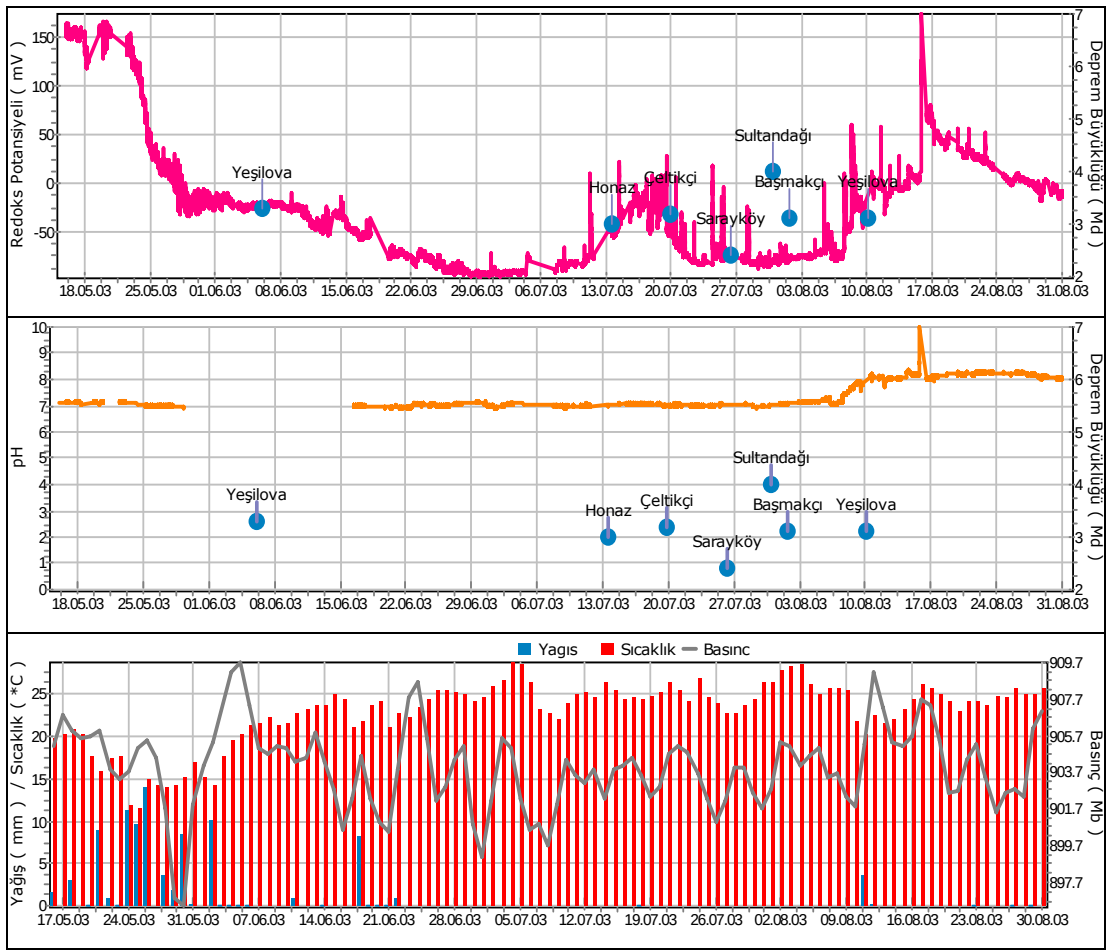
Şekil 4.2. 20.11.2000-25.12.2000 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler

Ölçüm noktasına yaklaşık 90 km uzaklıkta bulunan Honaz ve Acıpayam’ da 12 – 15 km arasındaki derinliklerde meydana gelen $M=3.2$ ve $M=3$ büyüklüğüne sahip depremlerden yaklaşık bir hafta öncesinde Eh değerinde 50 mV ile 200 mV arasında değişimler gözlenmiştir. 10.5 km derinlikte meydana gelen ve ölçüm noktasına yaklaşık 100 km uzaklıkta bulunan $M=5.6$ Bolvadin depremi öncesinde Eh değeri 300 mV değerine yükselmiştir. Bu aralığa ait üç deprem öncesinde pH değerlerinde değişim gözlenmemiştir.



Şekil 4.3. (a) 15.01.2002-28.01.2002, (b) 15.01.2002-28.02.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler.

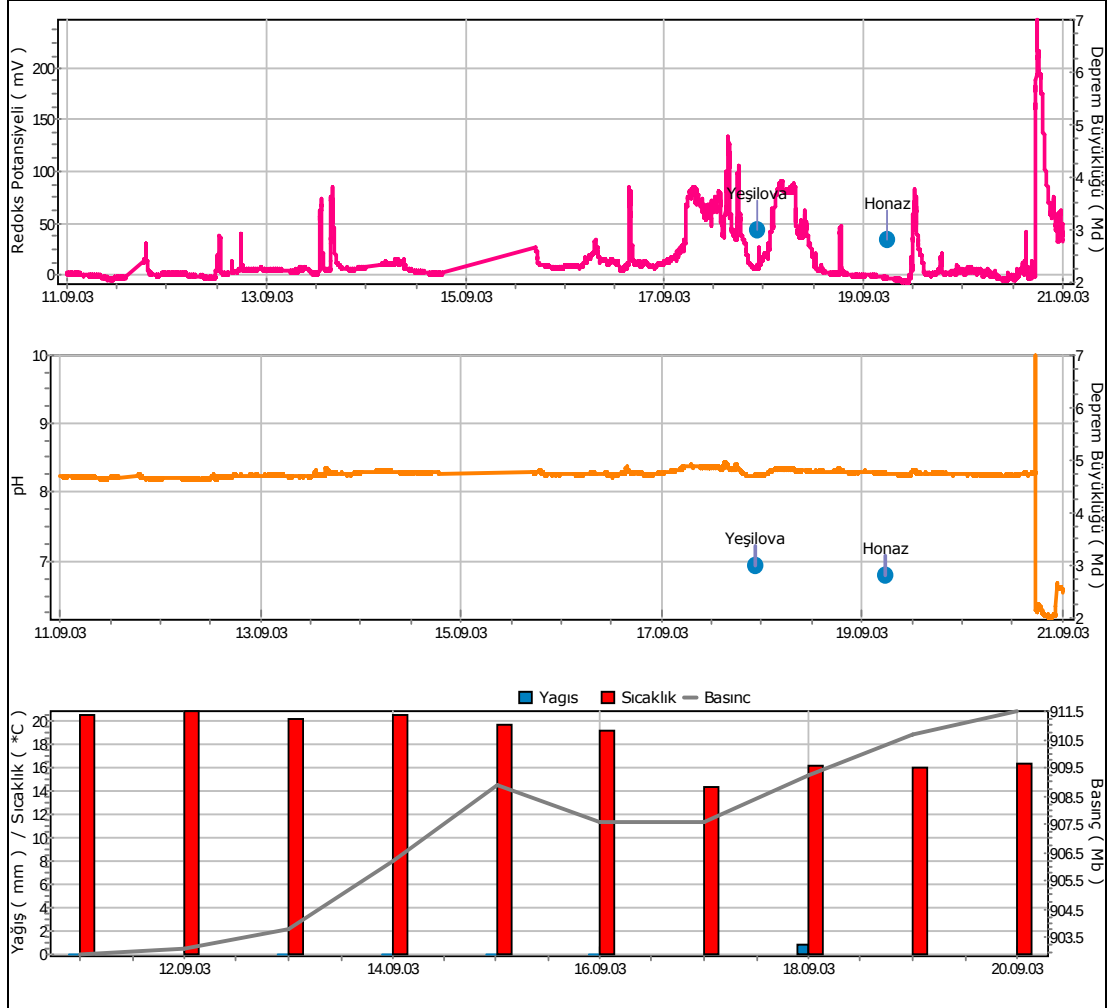
Ölçüm noktasına yaklaşık 100 km uzaklıkta bulunan, 03.02.2002 tarihinde 9.6 km derinlikte meydana gelen, Sultandağı depreminden bir hafta önce pH değeri düşmeye başlamıştır. 27.01.2002 -03.02.2002 tarihleri arasında pH verileri ölçülememiştir. Eh değeri ise aynı deprem öncesinde artmaya başlamış ancak 27.01.2002 tarihinden sonra Eh değeri ölçülememiştir (Şekil 4.4.b). 23.01.2002 tarihinde 11.3 km derinlikte meydana gelen M=3.5 büyüklüğündeki Eğirdir depreminden önce de Eh değerinde artma görülmektedir (Şekil 4.4.a). Şekil 4.4.a.' da görülen pH ve Eh değerlerindeki azalma Sultandağı depreminden bir hafta önce meydana gelmiştir.



Şekil 4.4. 15.05.2003-30.08.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler

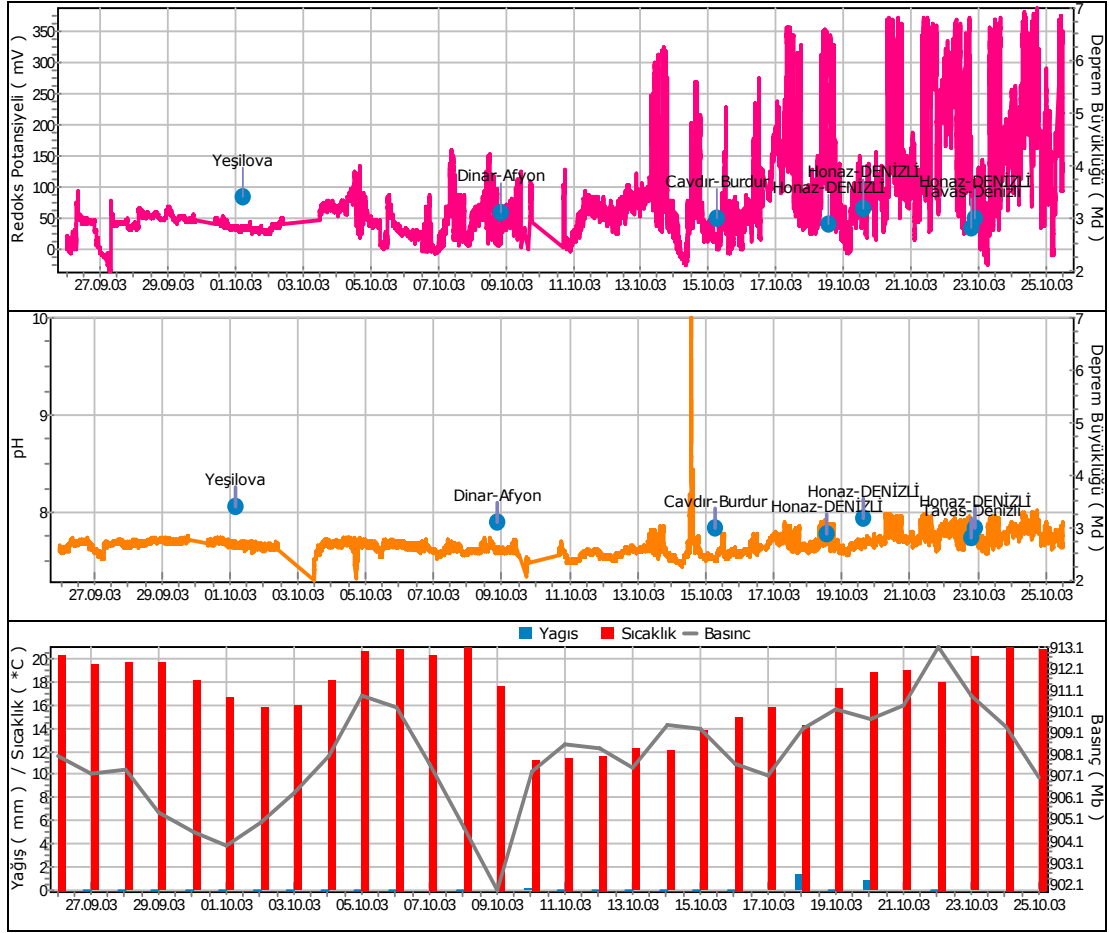
Şifa istasyonuna yaklaşık 50 km uzaklıkta bulunan Yeşilova' da 06.06.2003 tarihinde 5.9 km derinlikte meydana gelen M=3.3 büyüklüğündeki depremde bir hafta

öncesinde Eh değeri 150 mV değerinden -30 mV değerine kadar azalmıştır ve aynı deprem için pH değerinde bir değişim izlenmemiştir.



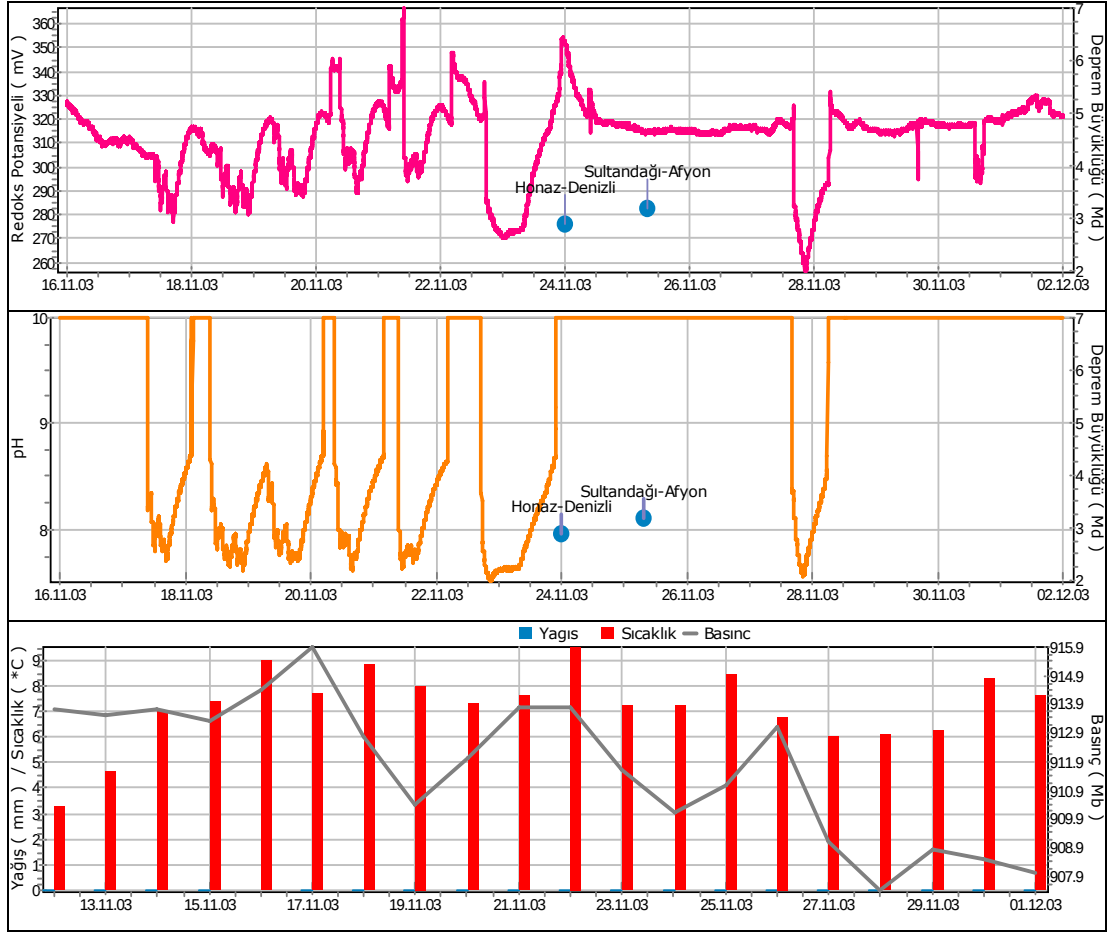
Şekil 4.5. 10.09.2003-20.09.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler

01.10.2003 tarihinde 10.8 km derinlikte ve M=3.4 büyüklüğünde meydana gelen Yeşilova depremi öncesinde pH değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Eh verilerinde, Yeşilova depremi öncesinde 50 mV kadar artış gözlenmiş, 19.09.2003 tarihinde 2 km derinlikte ve M=2.8 büyüklüğünde meydana gelen Honaz depremi öncesinde ise azaldığı gözlenmiştir.



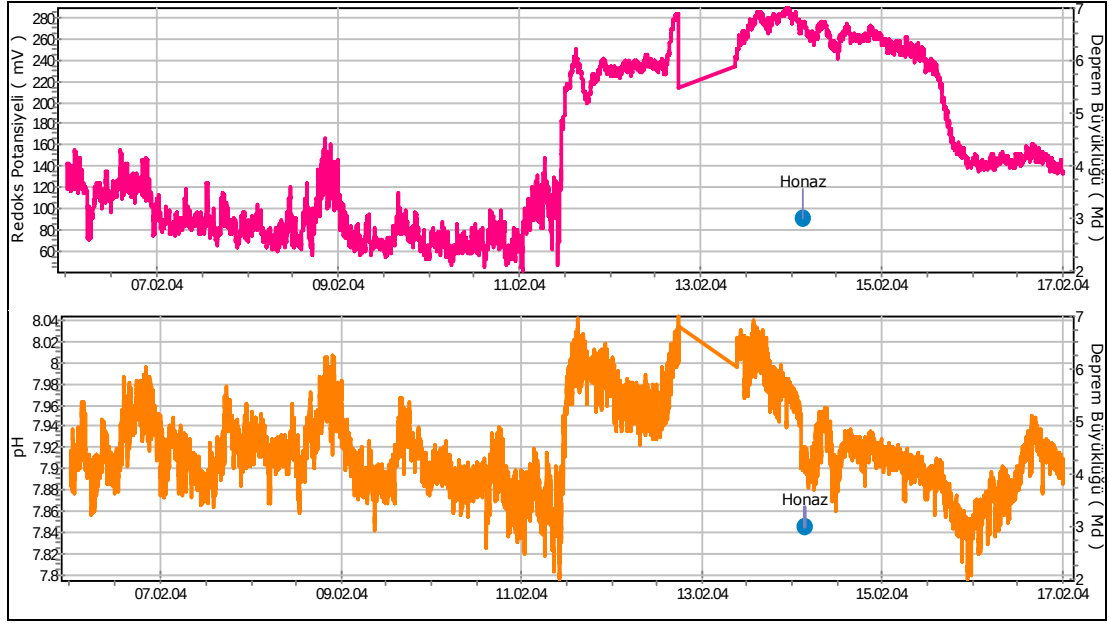
Şekil 4.6. 25.09.2003-25.10.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler

01.10.2003 tarihinde 10.8 km derinlikte ve $M=3.4$ büyüklüğünde Yeşilova’da meydana gelen deprem öncesinde Eh değerinde bir değişim izlenmemiştir. Ölçüm noktasına yaklaşık 90 km uzaklıkta meydana gelen, derinlikleri 2 ile 10 km ve büyüklükleri $M=2.8$ ile $M=3.2$ arasında değişen Honaz, Çavdır ve Tavas depremlerinde 300 mV’a kadar Eh değişimleri gözlenmiştir, ancak bu değişimlerin hangi deprem öncesi olduğu saptanamamıştır.



Şekil 4.7. 15.11.2003-01.12.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri ve meteorolojik veriler

25.11.2003 tarihinde, 10.8 km derinlikte ve $M=3.2$ büyüklüğündeki Sultandağı depremi öncesinde Eh değerinin arttığı izlenmiştir, pH değerleri ise bu tarih aralığında ölçülememiştir.

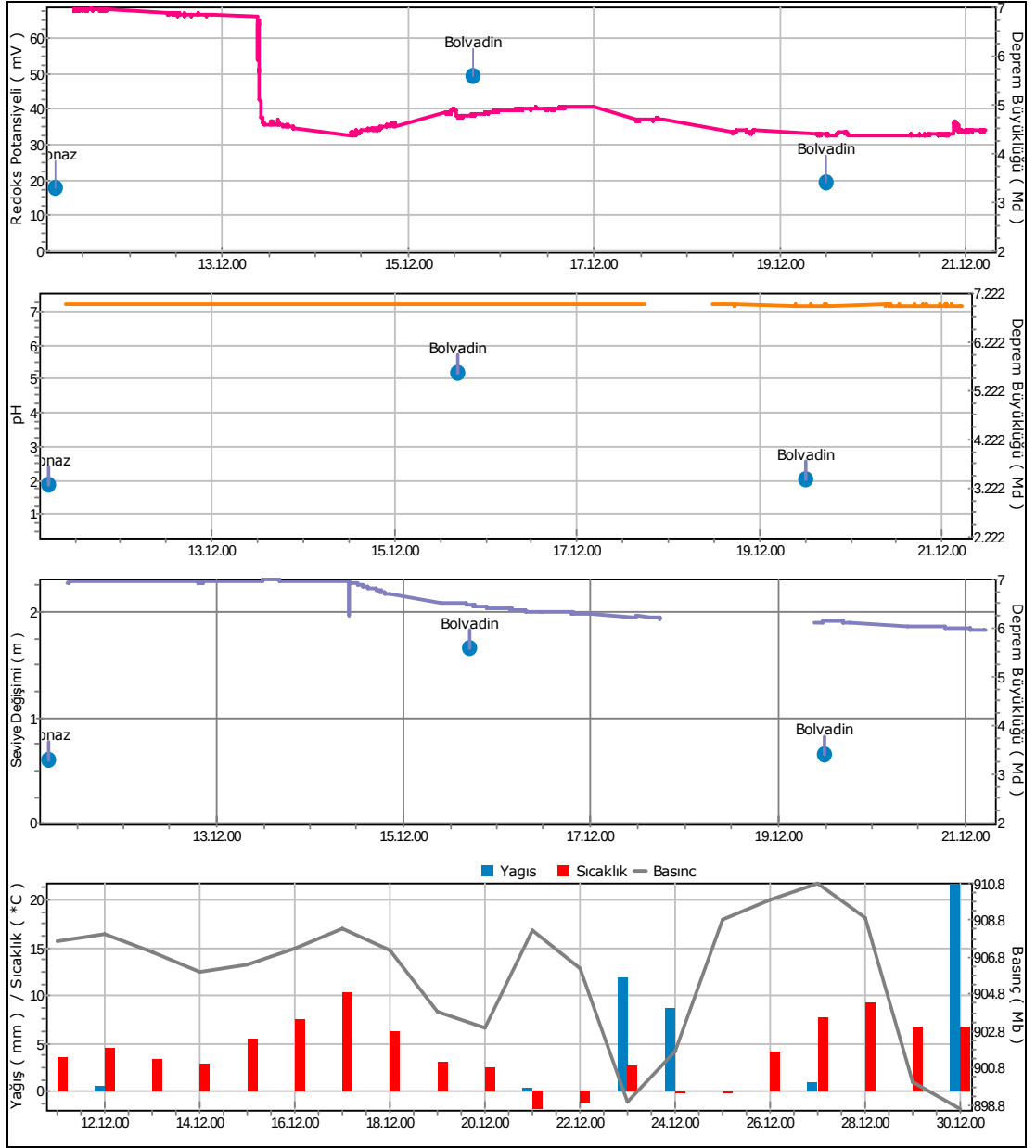


Şekil 4.8. 05.02.2004-16.02.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, pH ve Eh değişimleri

Ölçüm noktasına 100 km uzaklıkta bulunan, 1 km derinlikte ve $M=3$ büyüklüğünde meydana gelen, Honaz depreminden 3 gün önce Eh değeri 100 mV değerinden 240 mV değerine yükselmiştir.

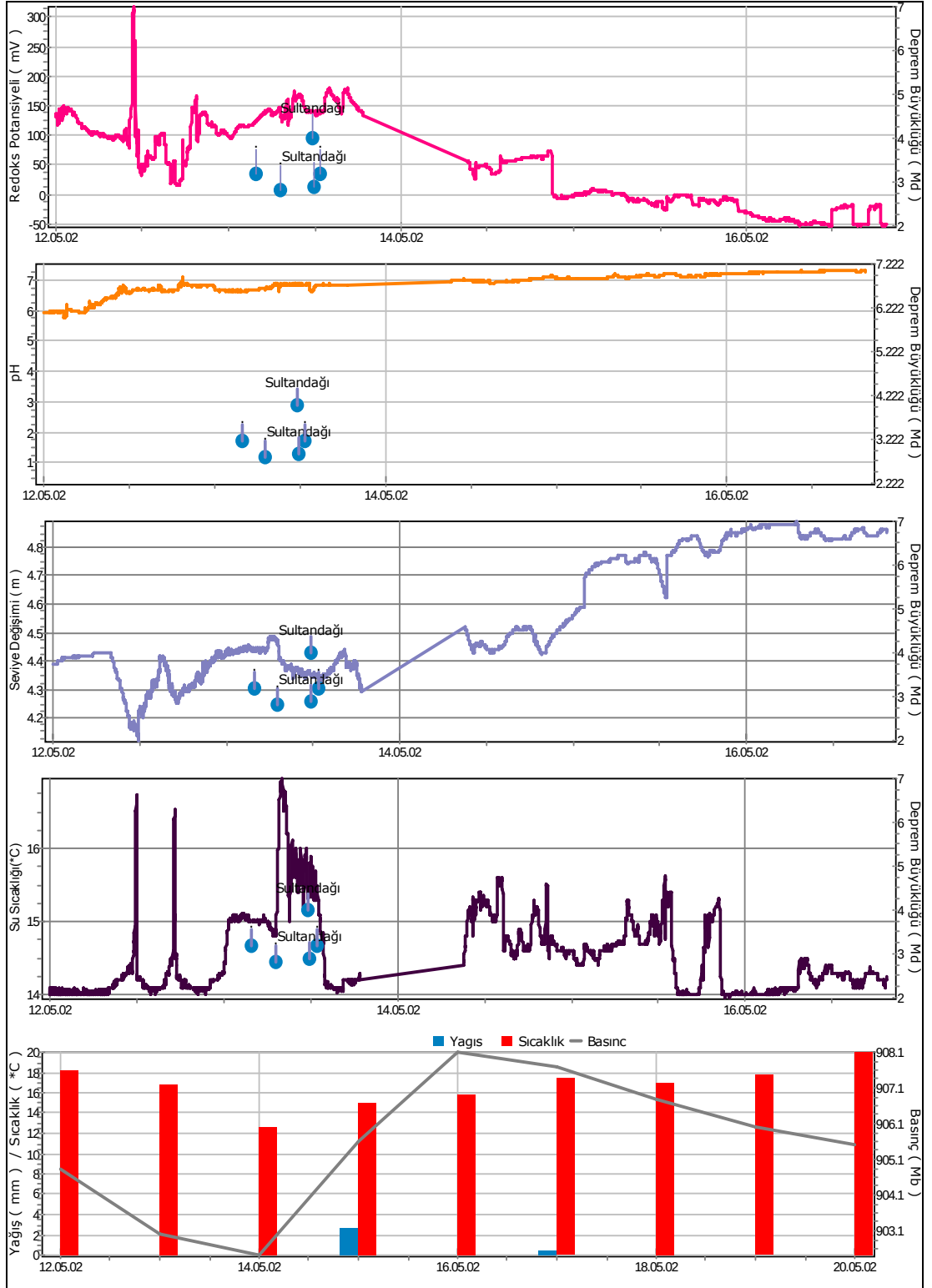
4.2 Bağlar İstasyonu

Burdur il merkezinde, fay üzerinde bulunan Bağlar istasyonu (Şekil 3.1) bir yeraltısuyu sondaj kuyusundan oluşmaktadır ve derinliği 80 m civarındadır. Bu sondaj kuyusunda su derinliği 45 m olup burada hava sıcaklığı, hava nemliliği, su sıcaklığı, pH, Eh, çözülmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenlik yanında önemli bir parametre olarak yeraltısuyu seviyesi ölçülmüştür. Bu parametrelerden pH, Eh, elektriksel iletkenlik, su sıcaklığı ve yeraltısuyu seviye değişimi şekillerde gösterilmiştir.



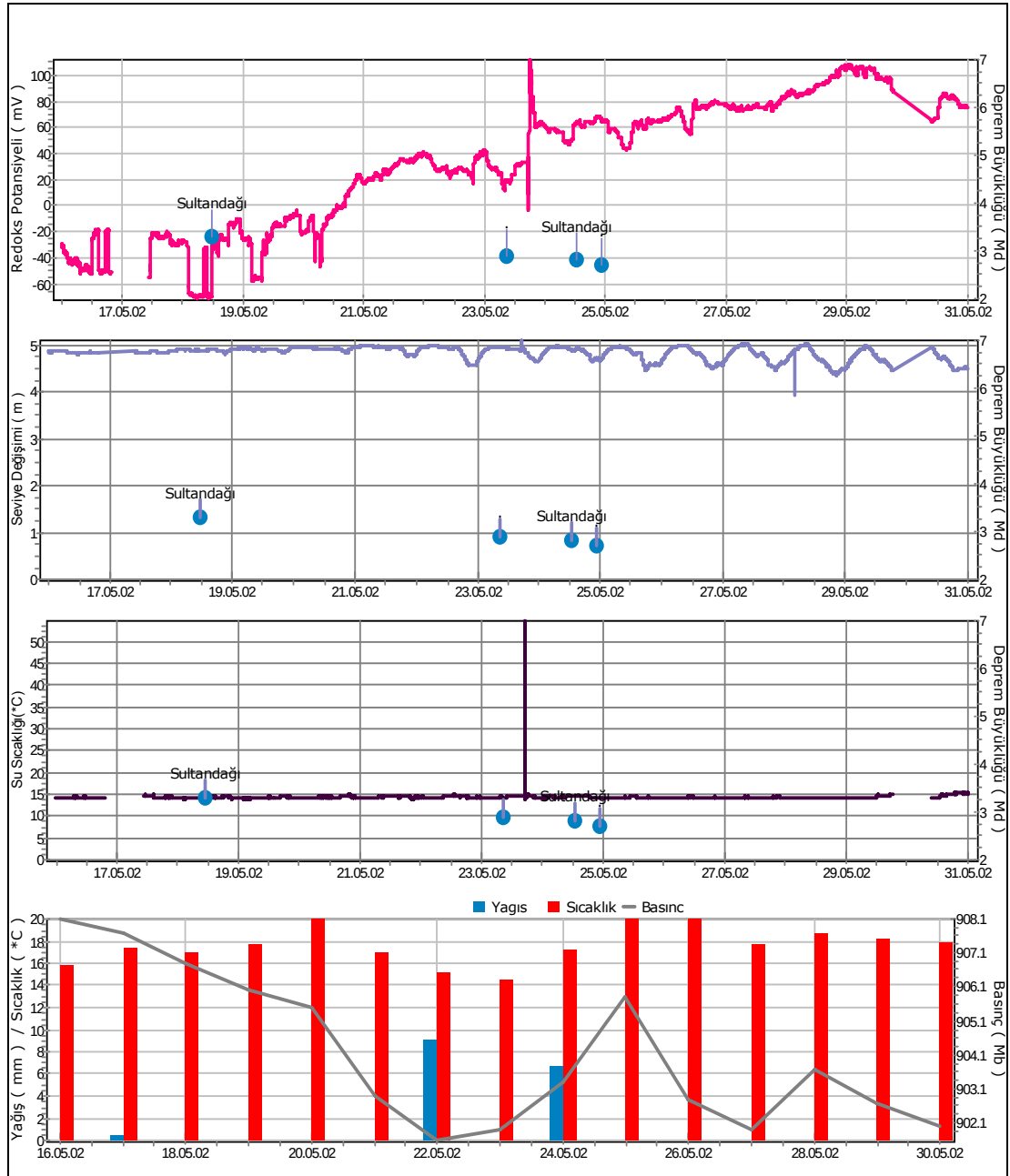
Şekil 4.9. 10.12.2000-30.12.2000 tarihleri arasında zamana bağlı, su seviyesi, pH, Eh değişimleri ve meteorolojik veriler

Bağlar istasyonuna yaklaşık 100 km uzaklıkta bulunan Bolvadin’de 15.12.2000 tarihinde, 10.5 km derinlikte ve M=5.6 büyüklüğünde meydana gelen depremde 2 gün öncesinde Eh değerinde 20 mV’luk azalma görülmektedir. Aynı deprem için, su seviyesinde 25 cm’lik bir azalma meydana gelmiştir. Aynı noktada 19.12.2000 tarihinde ve 10.7 km derinlikte meydana gelen M=3.4 büyüklüğündeki deprem öncesinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



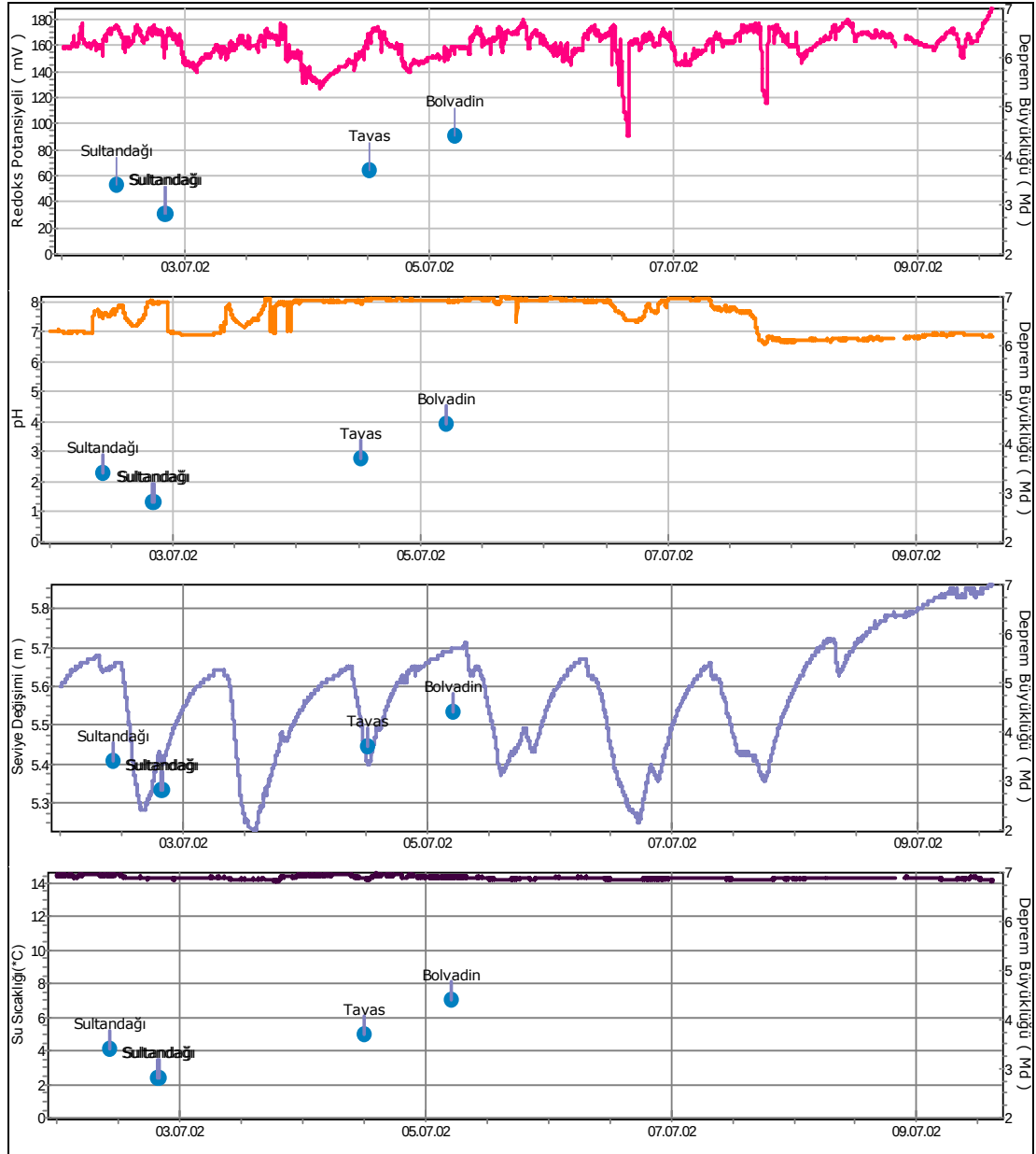
Şekil 4.10. 11.05.2002-16.05.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

Bağlar istasyonuna yaklaşık 100 km uzaklıkta bulunan Sultandağı bölgesinde 13.05.2002 tarihinde büyüklükleri $M=2.8$ ile $M=4$ arasında değişen beş adet deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden 6 ve 12 saat öncesinde Eh değerinde 50 mV ile 150 mV arasında değişimler gözlenmiştir. Aynı depremler öncesinde su sıcaklığında da 2 °C'lik yükselme gözlenmiştir. Su seviyesinde ve pH değerlerinde bu depremler için herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.10).



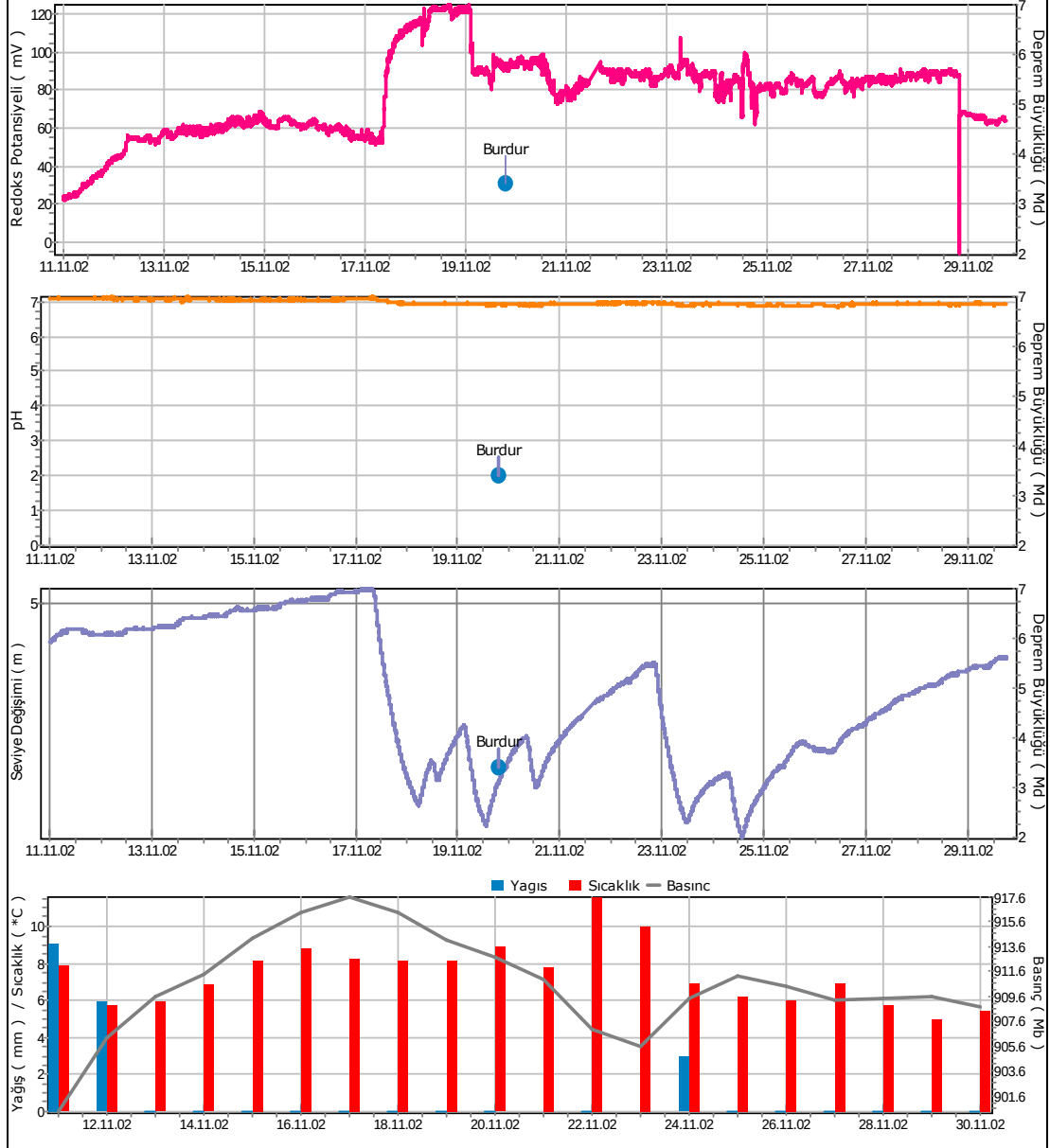
Şekil 4.11. 15.05.2002-30.05.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

18.05.2002 tarihinde Sultandağı'nda 10.2 km derinlikte meydana gelen $M=3.3$ büyüklüğündeki deprem öncesinde verilerde önemli bir değişim gözlenmezken, aynı noktada 23-24.05.2002 tarihlerinde 1 km derinlikte meydana gelen $M=2.9$ ve $M=2.7$ büyüklüğündeki depremler öncesinde Eh değerinde artışlar gözlenmiştir. Diğer parametrelerde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.12. 01.07.2002-10.07.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri

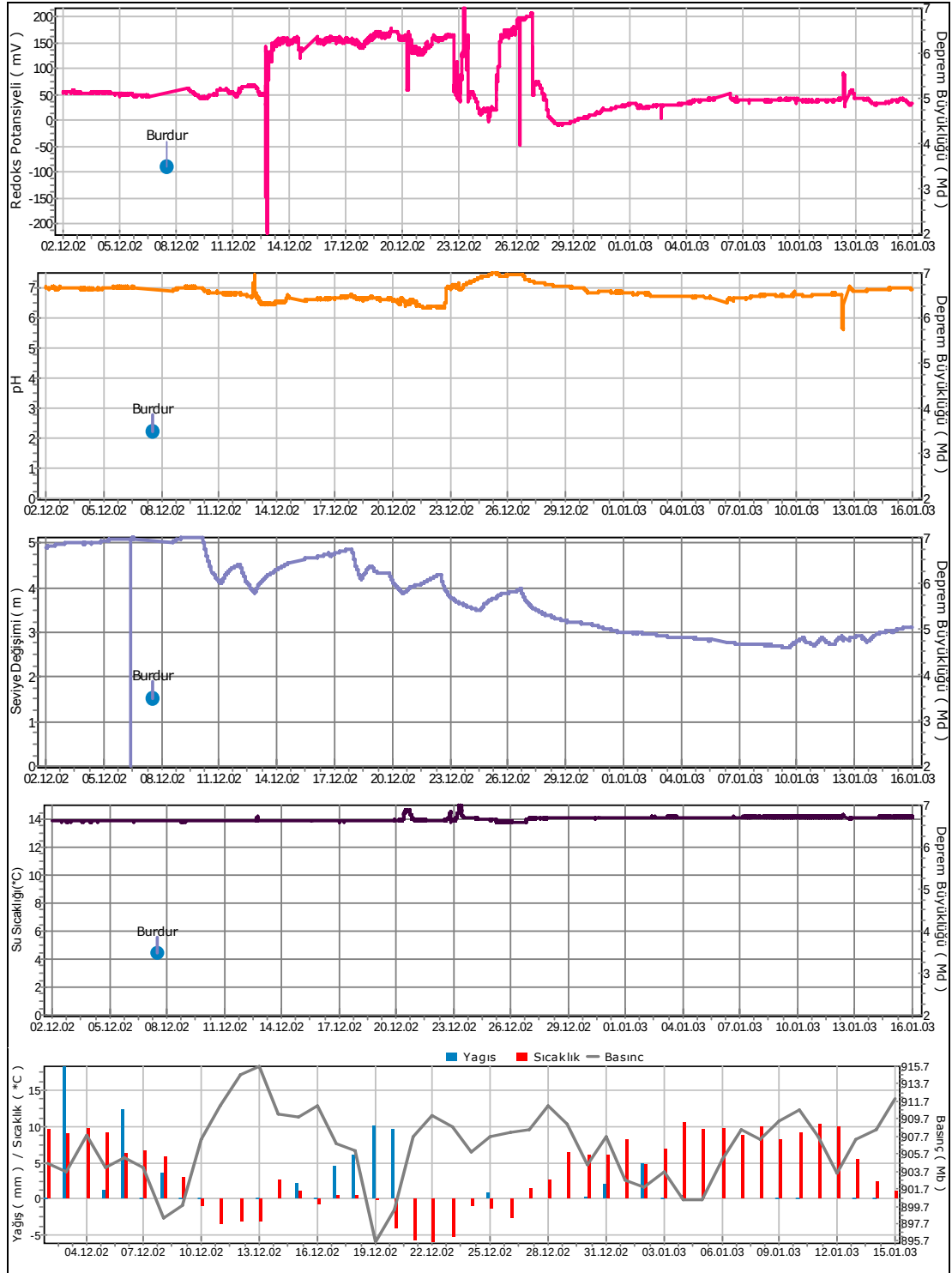
Ölçüm noktasına yaklaşık 90 km uzaklıkta 02-05.07.2002 tarihleri arasında meydana gelen ve büyüklükleri $M=2.8$ ile $M=4.4$ arasında değişen depremler öncesinde değişim gözlenmemiştir. Sadece su seviyesinde 10-30 cm arasında değişimler gözlenmiştir. Su sıcaklığı, pH ve Eh değerlerinde değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.13. 10.11.2002-30.11.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

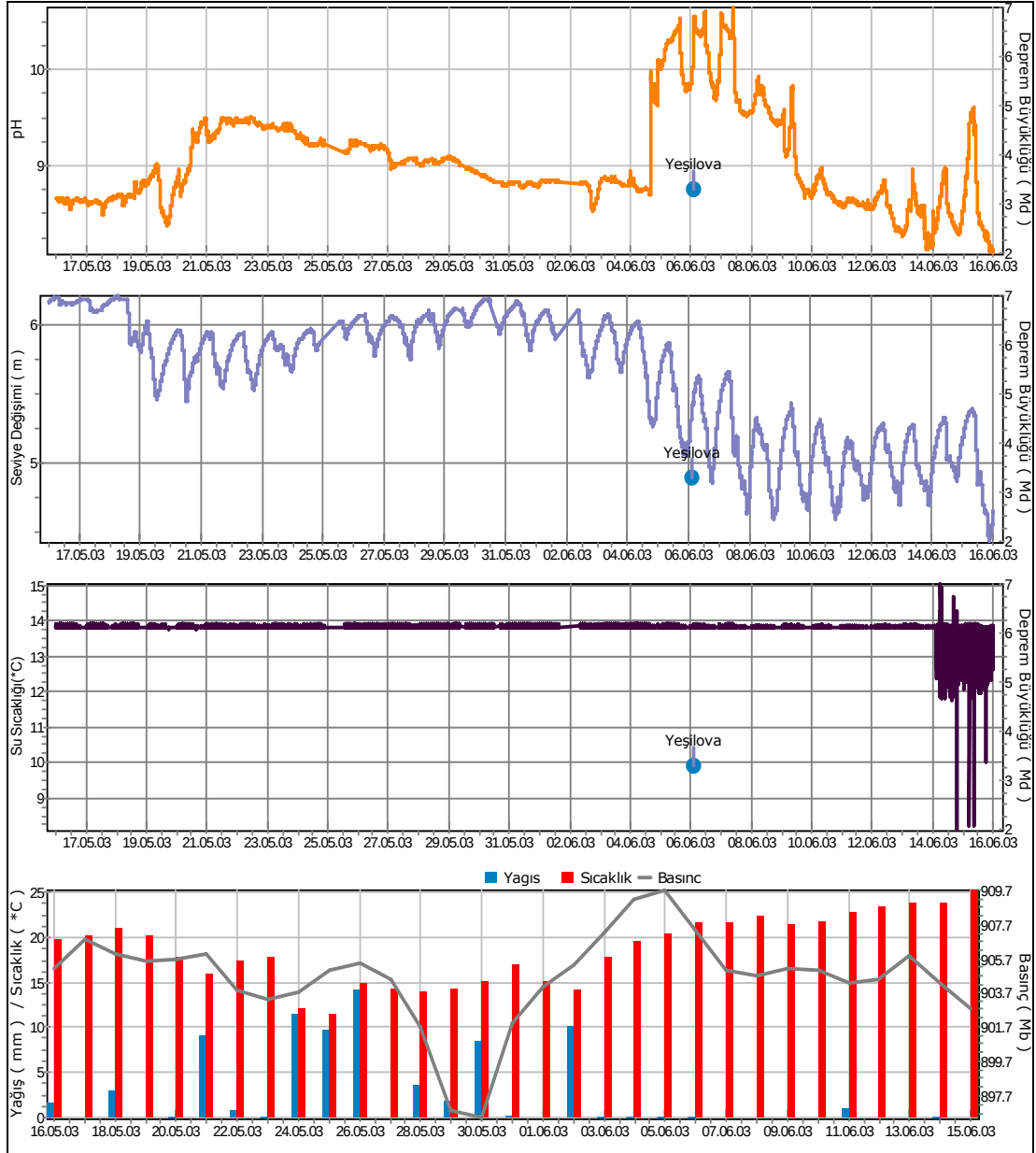
19.11.2002 tarihinde 8 km derinlikte ve $M=3.4$ büyüklüğünde Burdur il merkezinde meydana gelen depremden 2 gün önce Eh değeri 60 mV artarak 120 mV değerine

yükselmiştir. Benzer şekilde su seviyesinde 70 cm'lik bir düşme gözlenmiştir. Su sıcaklığı ve pH değerlerinde değişim izlenmemiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.14. 01.12.2002-15.01.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

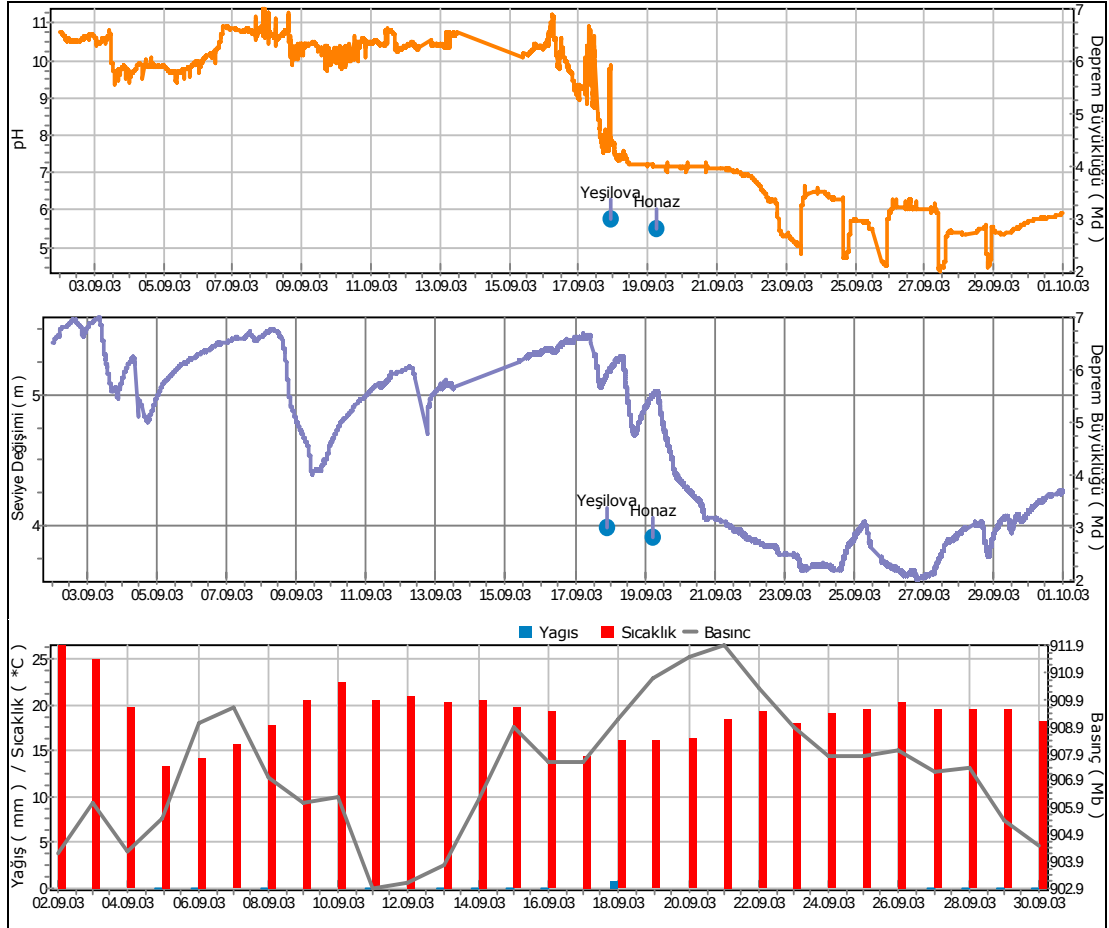
07.12.2002 tarihinde Burdur il merkezinde 5.8 km derinlikte ve $M=3.5$ büyüklüğünde meydana gelen deprem öncesinde ölçülen parametrelerde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Depremden sonra su seviyesinde azalma ve Eh değerinde artış izlenmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.15. 15.05.2003-15.06.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

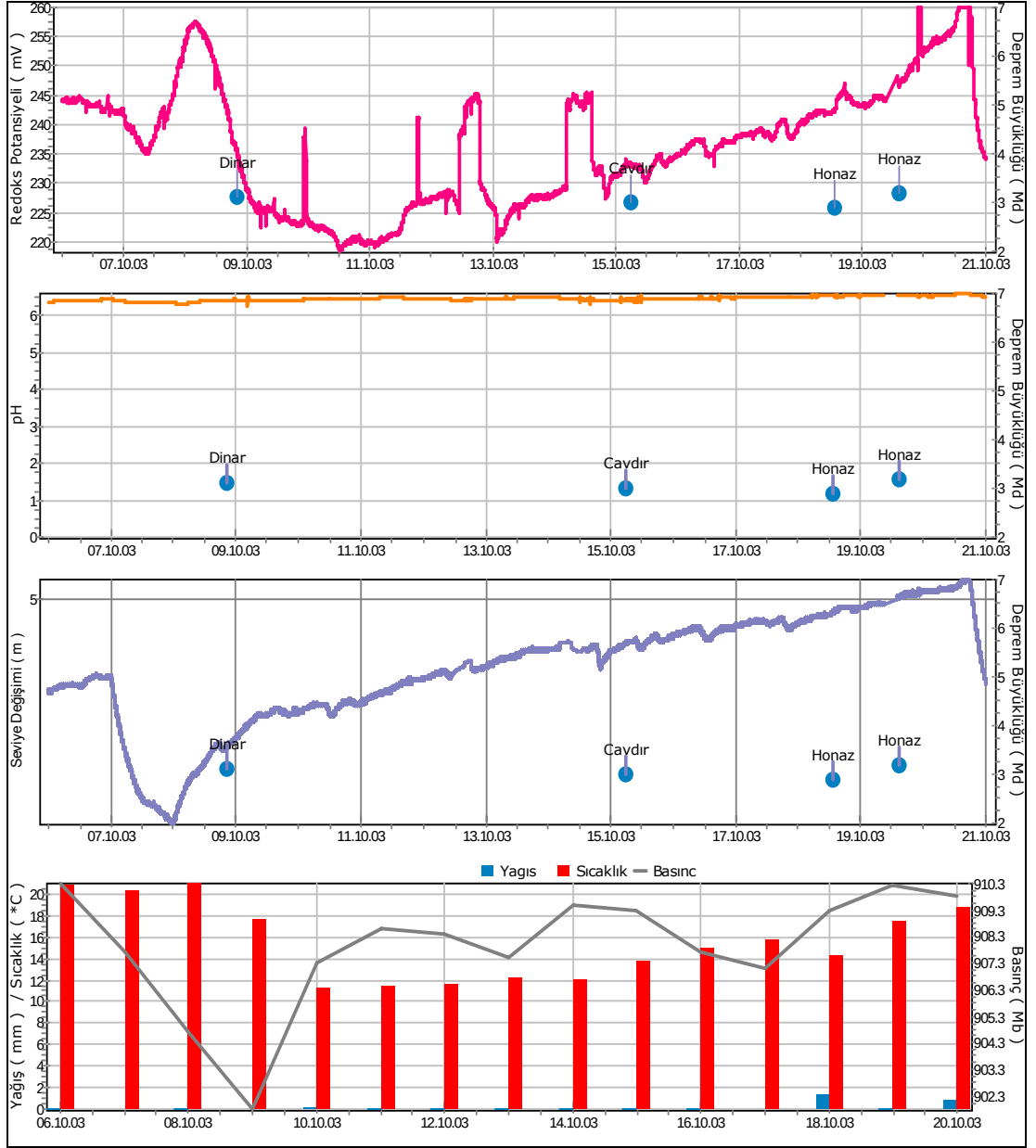
06.06.2003 tarihinde, 5.9 km derinlikte ve $M=3.3$ büyüklüğünde meydana gelen Yeşilova depremi öncesinde pH değerinde artış gözlenmiştir. Su seviyesinde ise

deprem öncesinde azalma gözlenmiştir. Su sıcaklığında herhangi bir değişim izlenmemiştir. Bu tarihler arasında Eh değeri ölçülememiştir. Meteorolojik verilere bakıldığında, su seviyesini etkileyecek yağış gözlenmemiştir (Şekil 4.15).



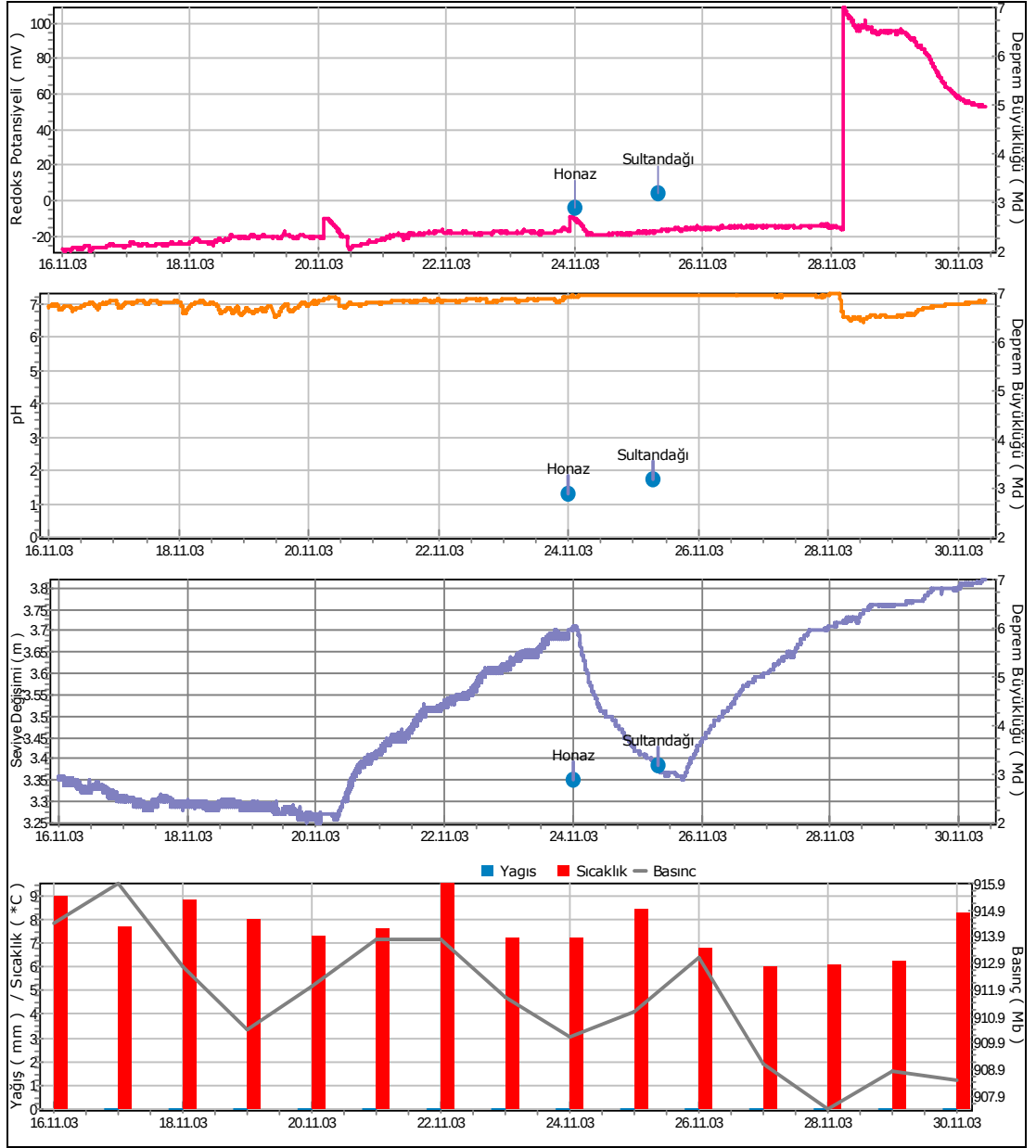
Şekil 4.16. 01.09.2003-30.09.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

17.09.2003 tarihinde 9 km derinlikte ve M=3 büyüklüğünde meydana gelen Yeşilova ve 19.09.2003 tarihinde 2 km derinlikte ve M=2.8 büyüklüğünde meydana gelen Honaz depremlerinden 1 gün öncesinde pH değerinde azalma gözlenmiştir. Benzer şekilde su seviyesinde de 1 m'lik azalma izlenmiştir. Bu tarihler arasında su sıcaklığı ve Eh değerleri ölçülememiştir.



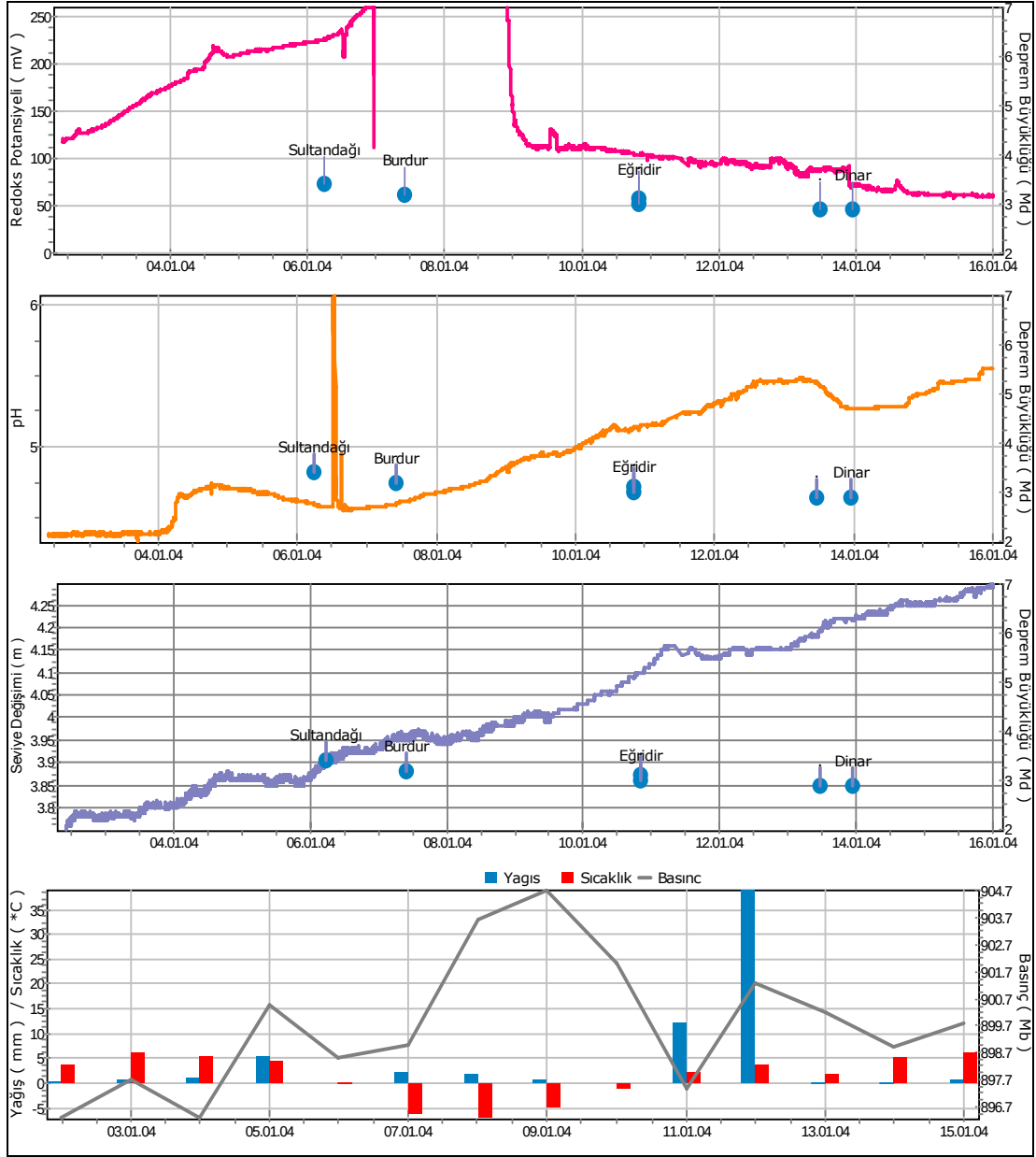
Şekil 4.17. 05.10.2003-20.10.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

08.10.2003 tarihinde 7.1 km derinlikte ve $M=3.1$ büyüklüğünde meydana gelen Dinar depremi öncesinde Eh değerinde 30 mV'luk salınımlar gözlenmiştir. 09.10.2003 tarihinden sonra Eh değerlerinde izlenen salınımlar gürültü olarak düşünülmektedir. Aynı deprem için su seviyesinde bir gün öncesinde azalma gözlenmiştir. pH değerinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Bu tarih aralığı için meteorolojik veriler incelendiğinde, su seviyesini etkileyecek bir yağış gözlenmemiştir.



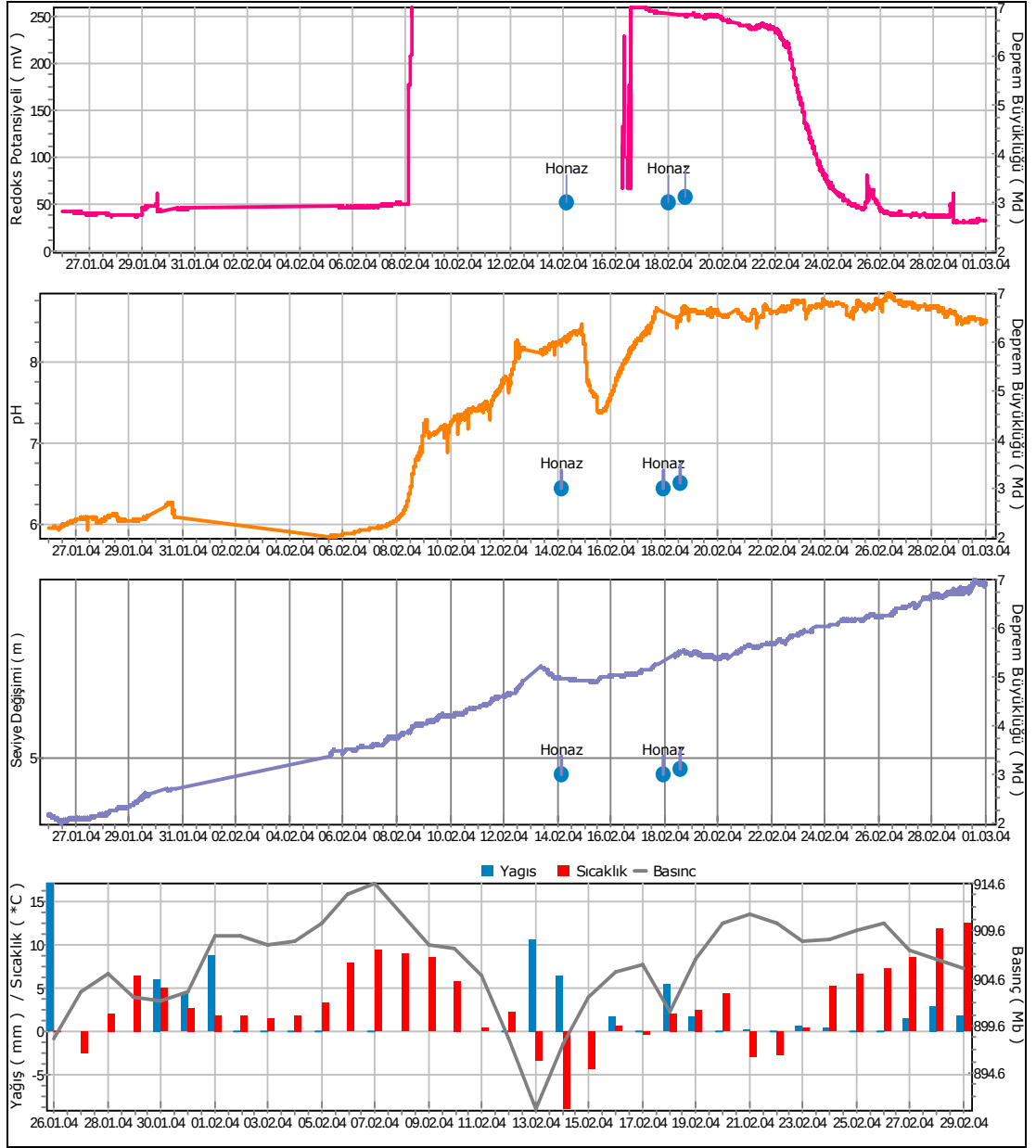
Şekil 4.18. 15.11.2003-30.11.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

24.11.2003 ve 25.11.2003 tarihinde 10.8 km derinlikte meydana gelen Honaz (M=3) ve Sultandağı (M=3.2) depremleri öncesinde ölçülen parametrelerde önemli bir değişim gözlenmemiştir.



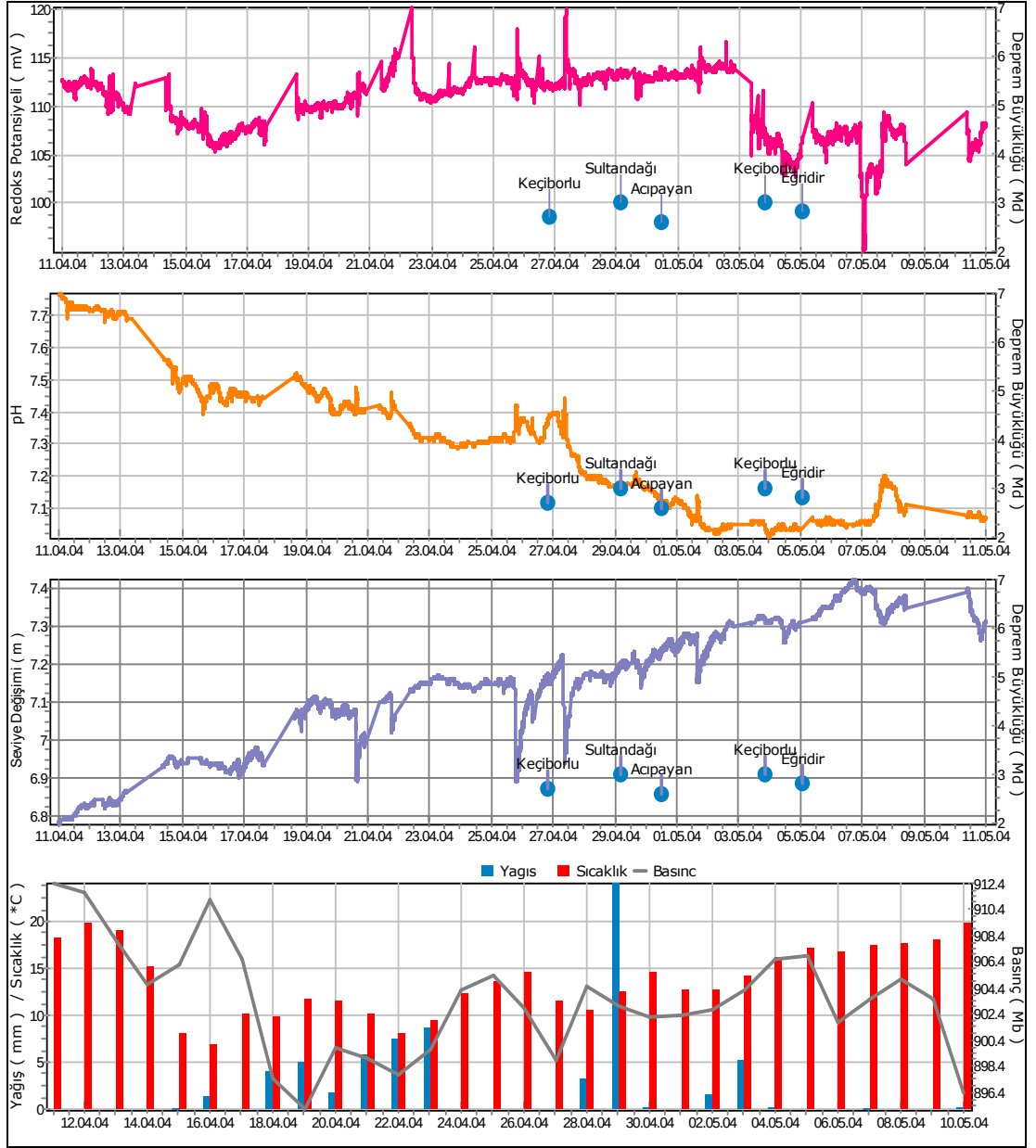
Şekil 4.19. 01.01.2004-15.01.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

06.01.2004 tarihinde 7.8 km derinlikte ve $M=3.4$ büyüklüğünde meydana gelen deprem öncesinde parametrelerde bir değişim gözlenmezken, bir gün sonrasında 1.8 km derinlikte ve $M=3.2$ büyüklüğünde meydana gelen Burdur depreminden yaklaşık 12 saat öncesinde pH değerinde ani bir artış gözlenmiştir. Eh verisinde, Burdur depreminden bir gün önce artış gözlenmiş ancak deprem anında veri kesinti nedeniyle değerler ölçülememiştir.



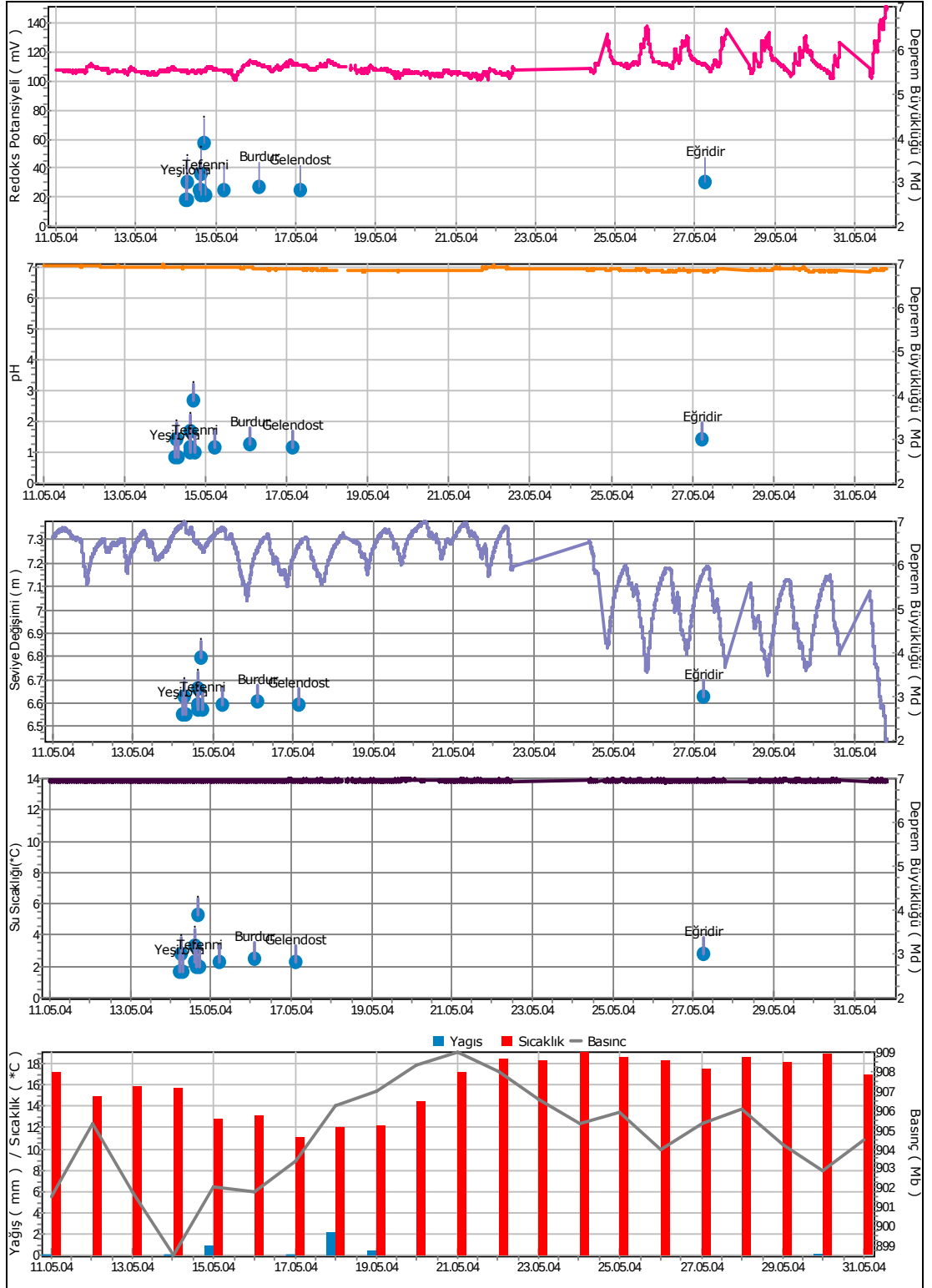
Şekil 4.20. 25.01.2004-29.02.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

14.02.2004 tarihinde 1 km derinlikte ve M=3 büyüklüğünde meydana gelen Honaz depreminden bir hafta önce, pH değerinde artış gözlenmiştir. Aynı noktada 18.02.2004 tarihinde 3.7 km derinlikte ve M=3.1 büyüklüğünde meydana gelen deprem öncesinde de pH değerinde bir değişim gözlenmiştir. Eh değerinde bu depremler için bir artış gözlense de deprem anındaki Eh değeri ölçülemedi. Su seviyesinde ve su sıcaklığında bu depremle ilgili olabilecek bir artış gözlenmemiştir.



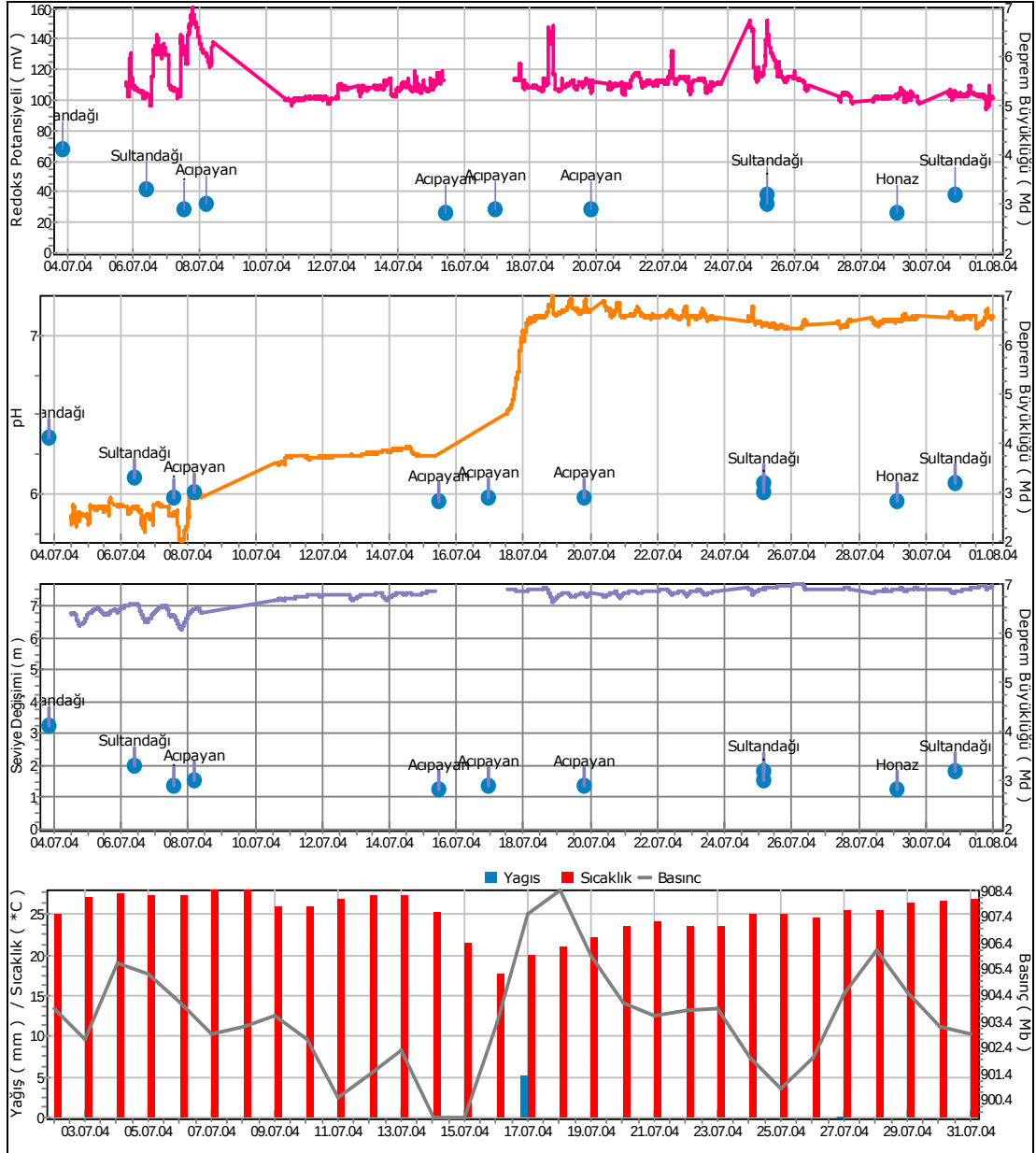
Şekil 4.21. 10.04.2004-10.05.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

3.4 km derinlikte ve M=3 büyüklüğünde meydana gelen Keçiborlu depremi öncesinde su seviyesinde 20 cm kadar azalma izlenmiştir. pH değerinde de çok küçük değişimler gözlenmiştir.



Şekil 4.22. 10.05.2004-31.05.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

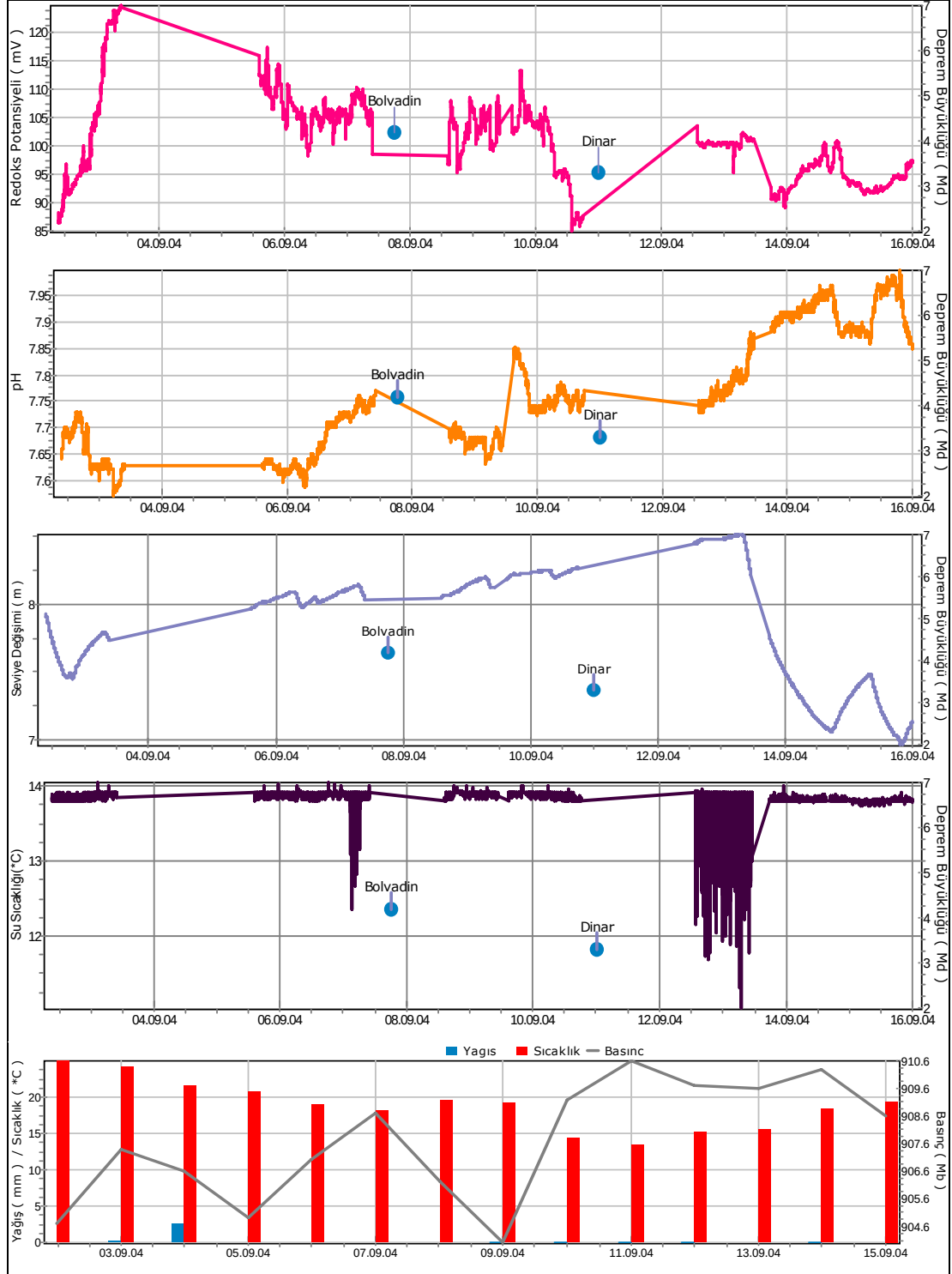
13.05.2004 ile 17.05.2004 tarihleri arasında, derinlikleri 3 km ile 12 km ve büyüklükleri $M=2.7$ ile $M=3.2$ arasında değişen depremler meydana gelmiştir. Bu depremler öncesinde ölçülen parametrelerde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.23. 01.07.2004-31.07.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

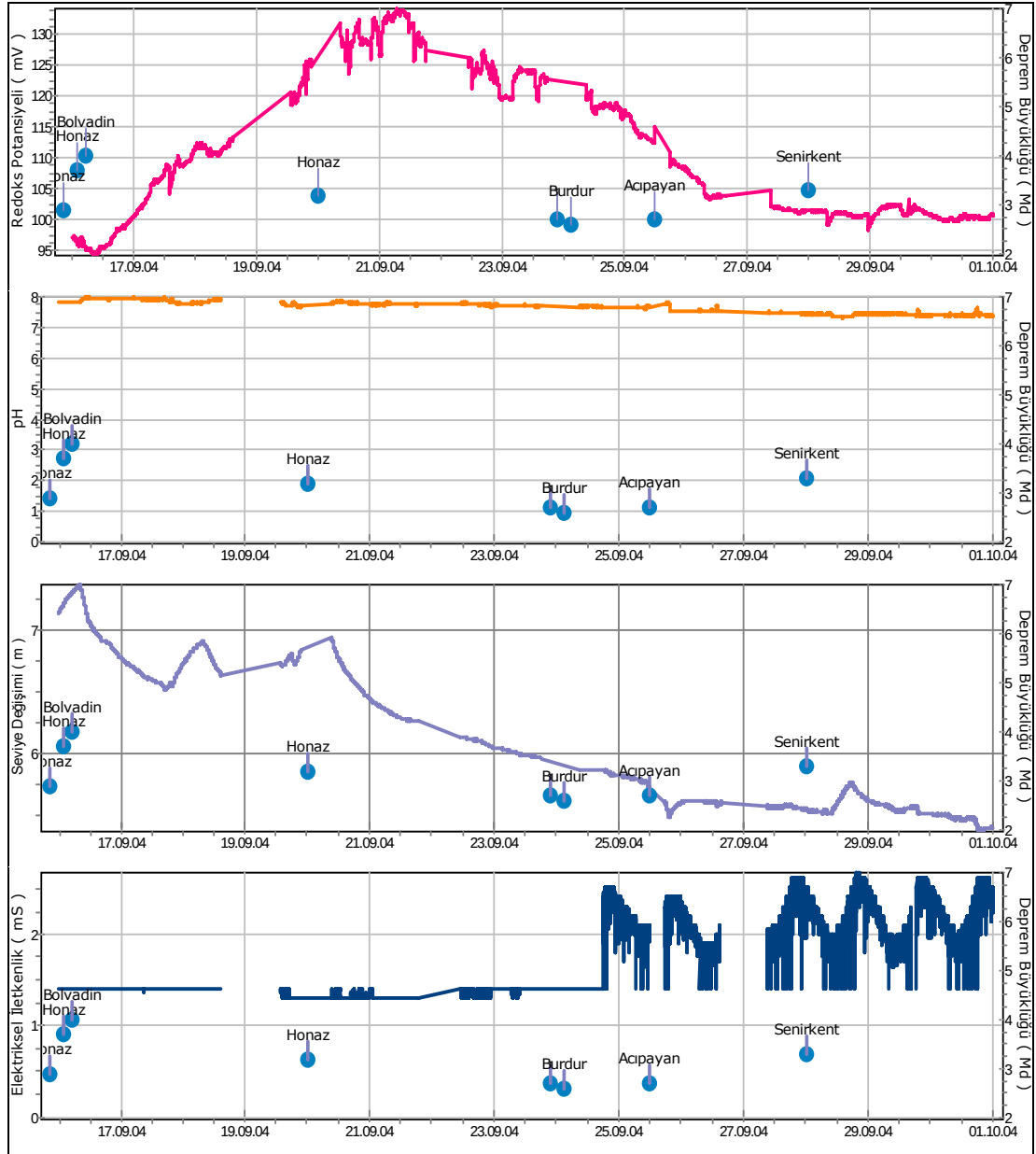
Bu tarih aralıklarında Sultandağı ve Honaz depremleri yoğun bir şekilde yer almaktadır. Bu depremlerden 14-20 Temmuz arasında Acıpayam’ da meydana gelen

depremler, 3.2-5 km arasındaki derinliklerde ve $M=2.8$ ile $M=3$ büyüklükleri arasındadır. Bu depremlerden önce sadece pH değerinde artış gözlenmiştir (Şekil 4.23).



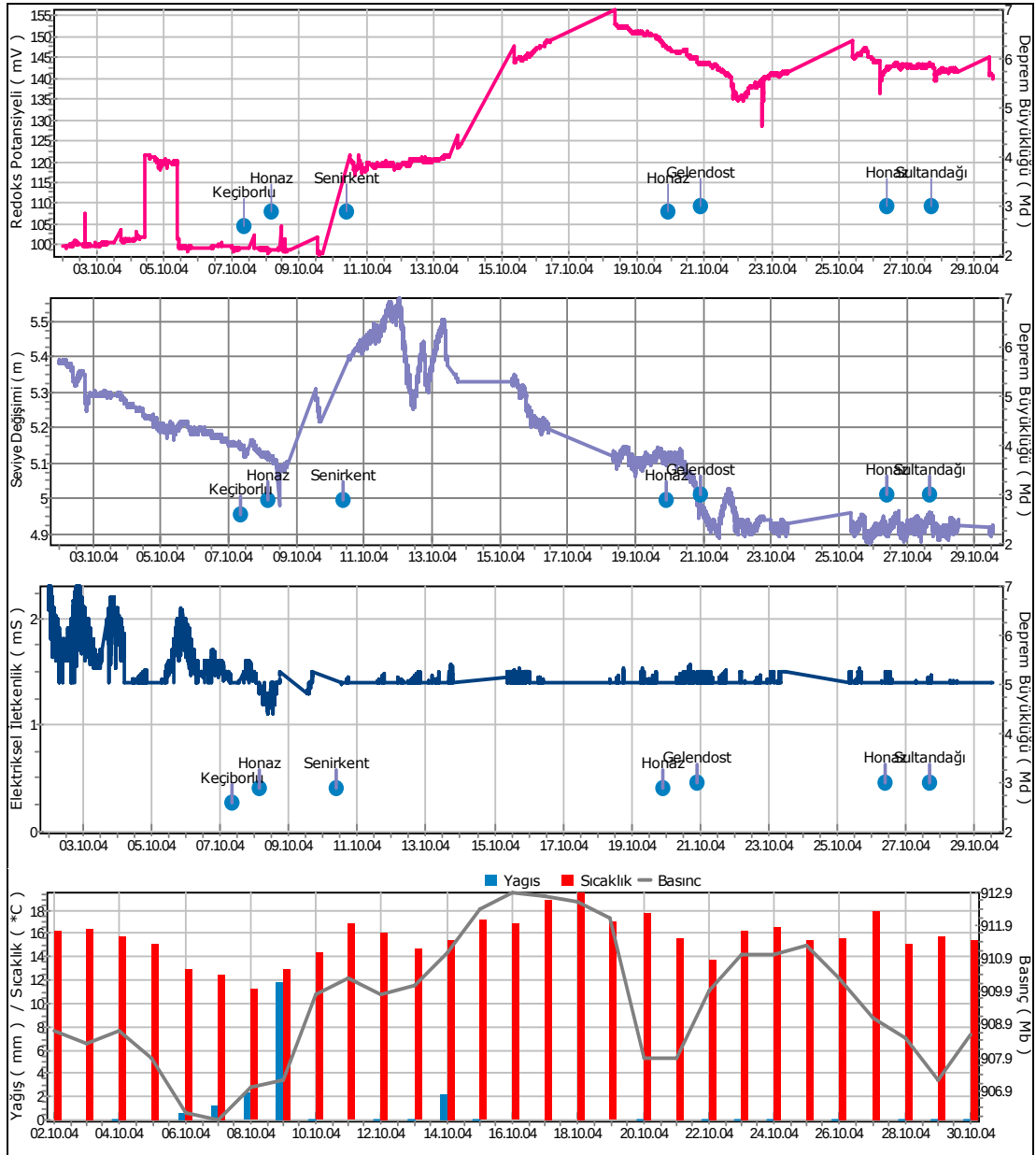
Şekil 4.24. 01.09.2004-15.09.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

07.09.2004 tarihinde 10 km derinlikte ve $M=4.2$ büyüklüğünde meydana gelen Bolvadin depremi öncesinde sadece su sıcaklığında 1°C azalma gözlenmiştir. Ölçüm noktasına 40 km uzaklıkta bulunan Dinar'da, 13 km derinlikte ve $M=3.3$ büyüklüğünde meydana gelen deprem öncesinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.24).



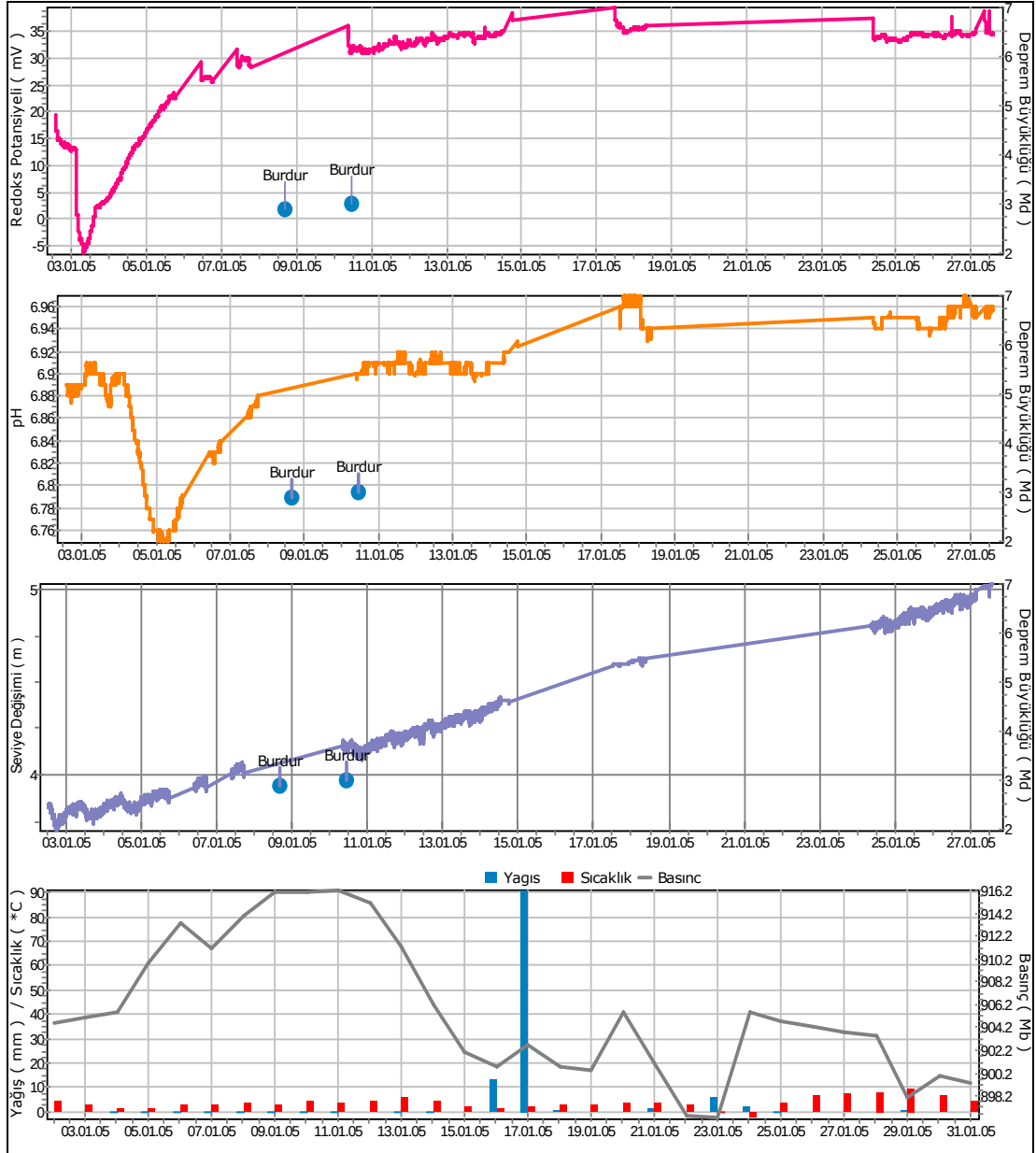
Şekil 4.25. 15.09.2004-30.09.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi, su sıcaklığı ve elektriksel iletkenlik değişimleri

23-24 Eylül 2004 tarihlerinde Burdur merkezli $M=2.6$ ve $M=2.7$ büyüklüğündeki depremler 7.7 km ve 12 km derinliklerde meydana gelmiştir. Bu depremler öncesinde Eh değerinde 30 mV artış gözlenmiştir. Aynı depremler öncesinde su seviyesinde de bir azalma gözlenmiştir. Bu şekilde diğerlerinden farklı olarak elektriksel iletkenlik verileri de yer almıştır. Elektriksel iletkenlik verilerinde Burdur depremleri sonrasında 1 mS'lik artış gözlenmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.26. 01.10.2004-30.10.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, su seviyesi, elektriksel iletkenlik değişimleri ve meteorolojik veriler

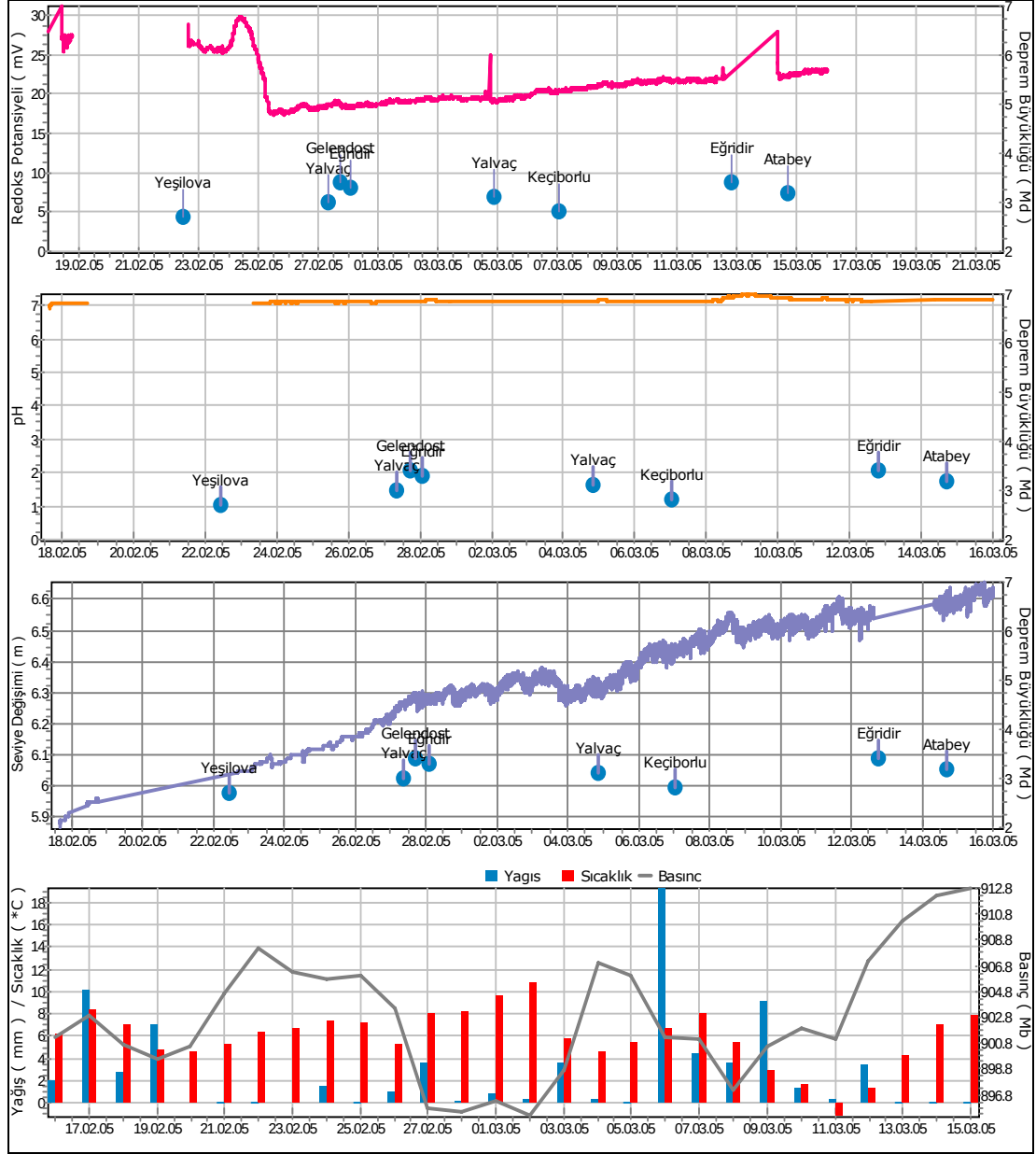
Bu tarih aralıklarında meydana gelen depremler öncesinde önemli değişimler gözlenmemiştir. 5.2 km derinlikte meydana gelen Keçiborlu depremi öncesinde su seviyesinde 20 cm azalma gözlenmiş, Eh değerinde ise depremden 2 gün öncesinde artış gözlenmiştir. pH değerleri bu tarihlerde doğru ölçülemediği (Şekil 4.26).



Şekil 4.27. 01.01.2005-31.01.2005 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

10.01.2005 tarihinde 11 km derinlikte ve M=3 büyüklüğünde meydana gelen Burdur depremi öncesinde Eh değeri -5 mV'dan 35 mV'a kadar yükselmiştir. pH değerinde

0.15 gibi çok küçük değişimler gözlenmiştir. Su sıcaklığında deprem öncesinde herhangi bir değişim izlenmemiştir (Şekil 4.27).

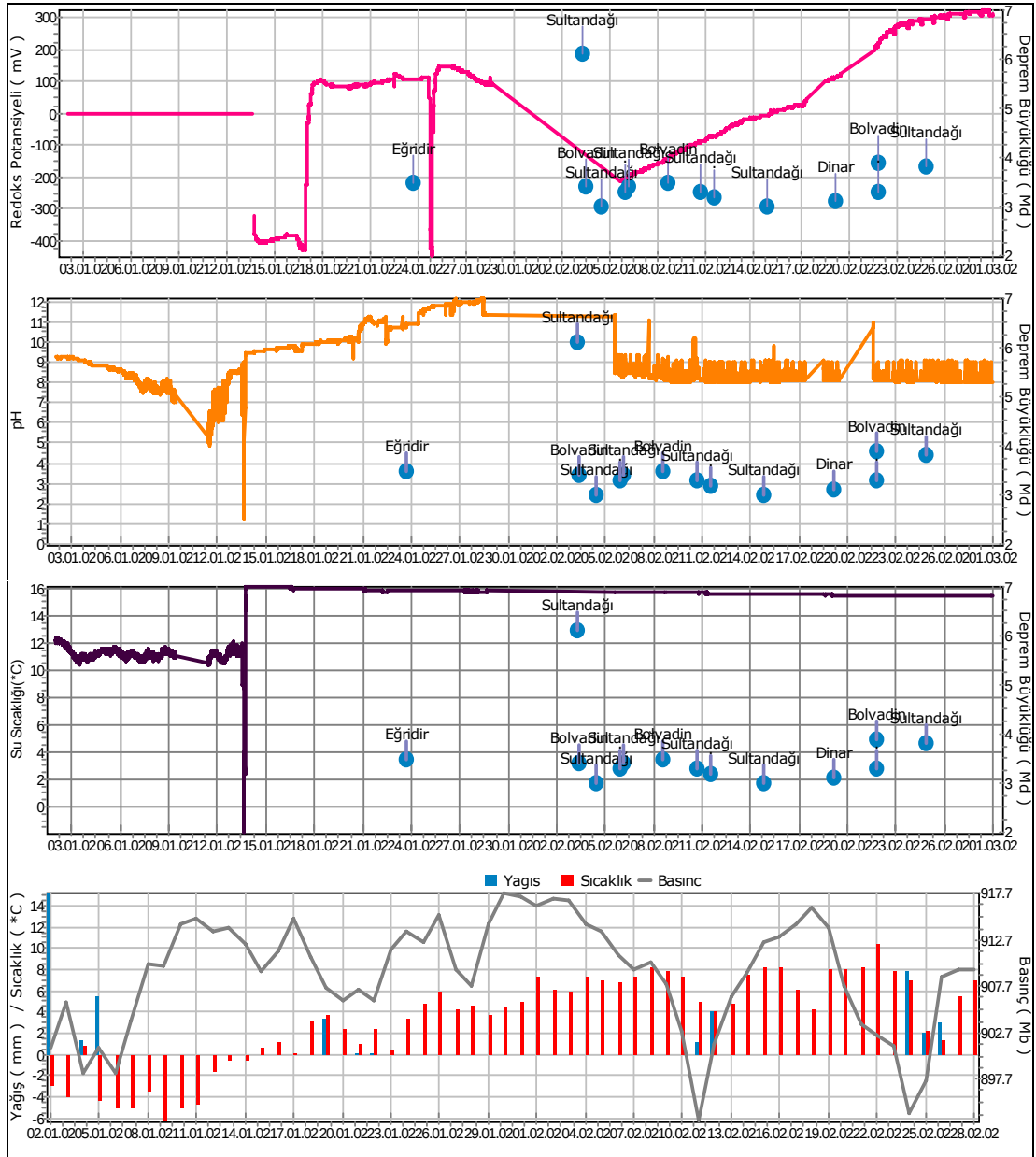


Şekil 4.28. 15.02.2005-15.03.2005 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su seviyesi değişimleri ve meteorolojik veriler

Bu tarih aralığında meydana gelen depremler öncesinde ölçülen parametrelerde değişim gözlenmemiştir.

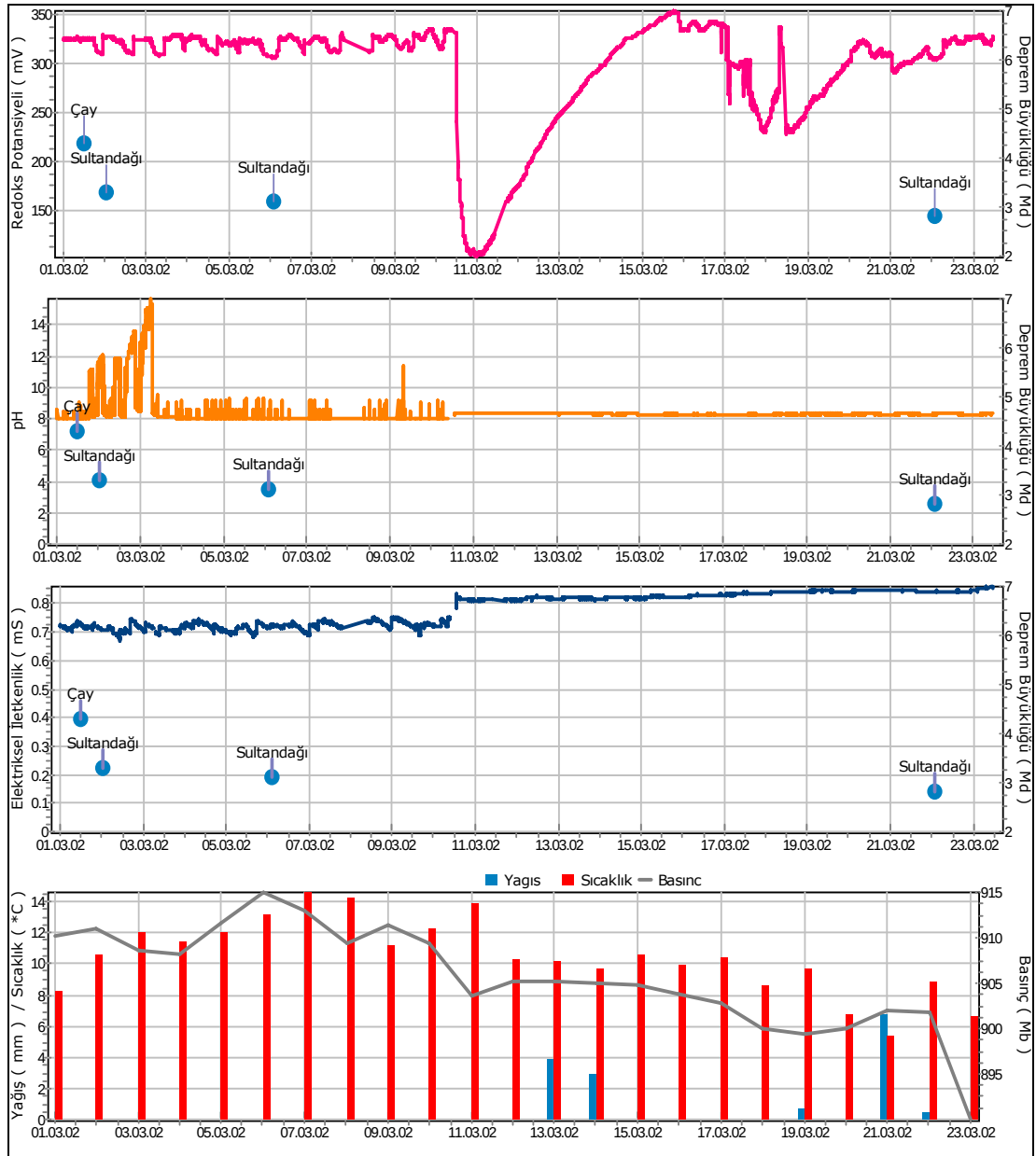
4.3 Yassıgüme İstasyonu

Yassıgüme ölçüm istasyonu, Burdur ilinin GB kesiminde KD-GB yönlü gidişli Burdur fayı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3.1). İki metre derinde bulunan kaynak üzerine ölçüm istasyonu kurulmuştur. Bu ölçüm istasyonunda; hava sıcaklığı, su sıcaklığı, pH, Eh ve elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüş ve şekillerde sunulmuştur.



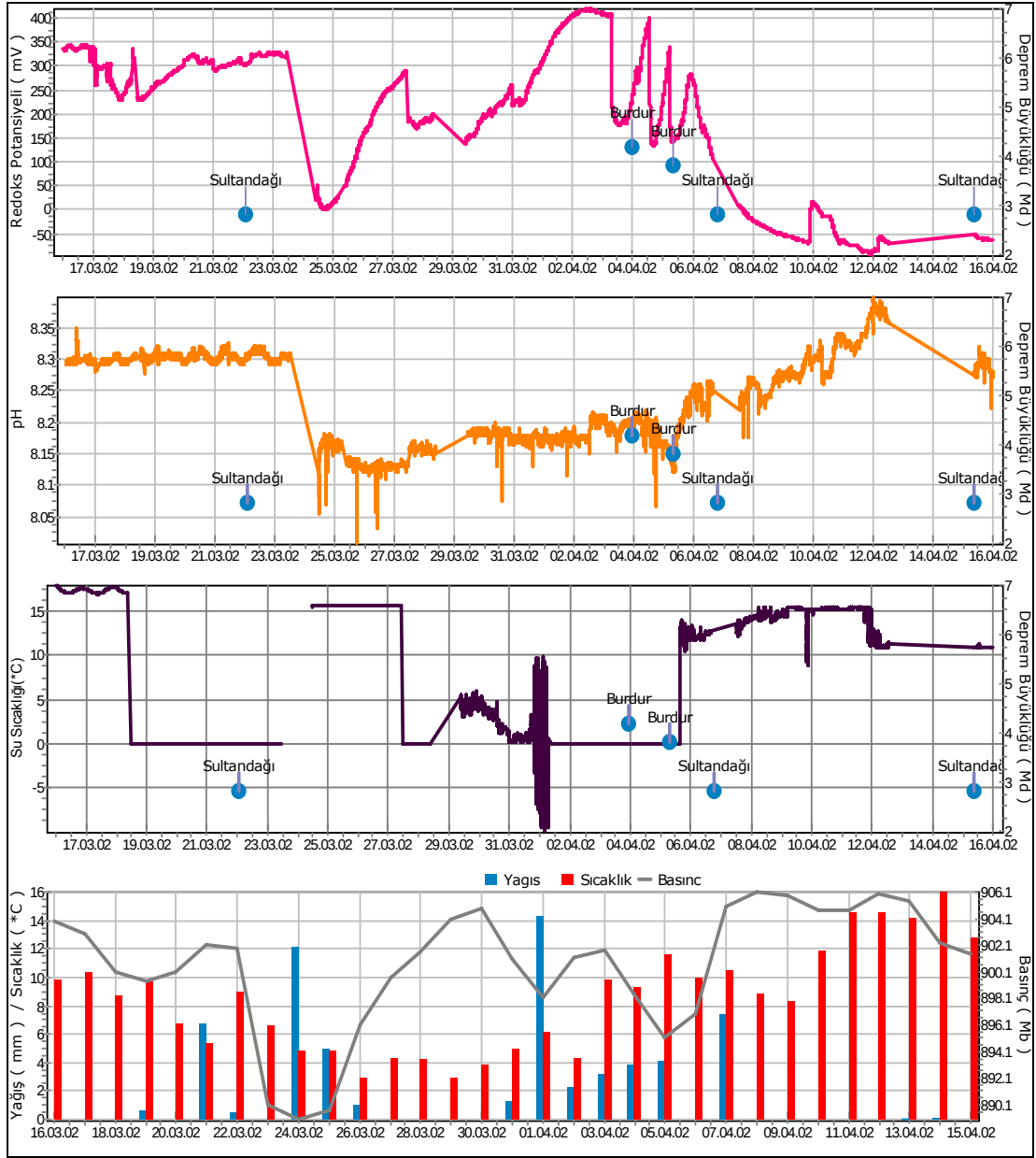
Şekil 4.29. 01.01.2002-28.02.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

03.02.2002 tarihinde 9.6 km derinlikte ve $M=6.1$ büyüklüğünde meydana gelen Sultandağı depreminden 9 gün öncesinde Eh değerinde büyük değişimler gözlenmiştir. 24.01.2002 tarihinde Eh değeri -400 mV'a kadar azalmıştır. Benzer şekilde pH değeri depremden 20 gün önce yükselmeye başlamış, depremden sonra normal değerine inmiştir. Aynı deprem için su sıcaklığı verilerinde de deprem öncesi önemli değişimler gözlenmiştir. Su sıcaklığı, depremden 15 gün önce 4 derece artarak 16 dereceye yükselmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.30. 28.02.2002-23.03.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, elektriksel iletkenlik değişimleri ve meteorolojik veriler

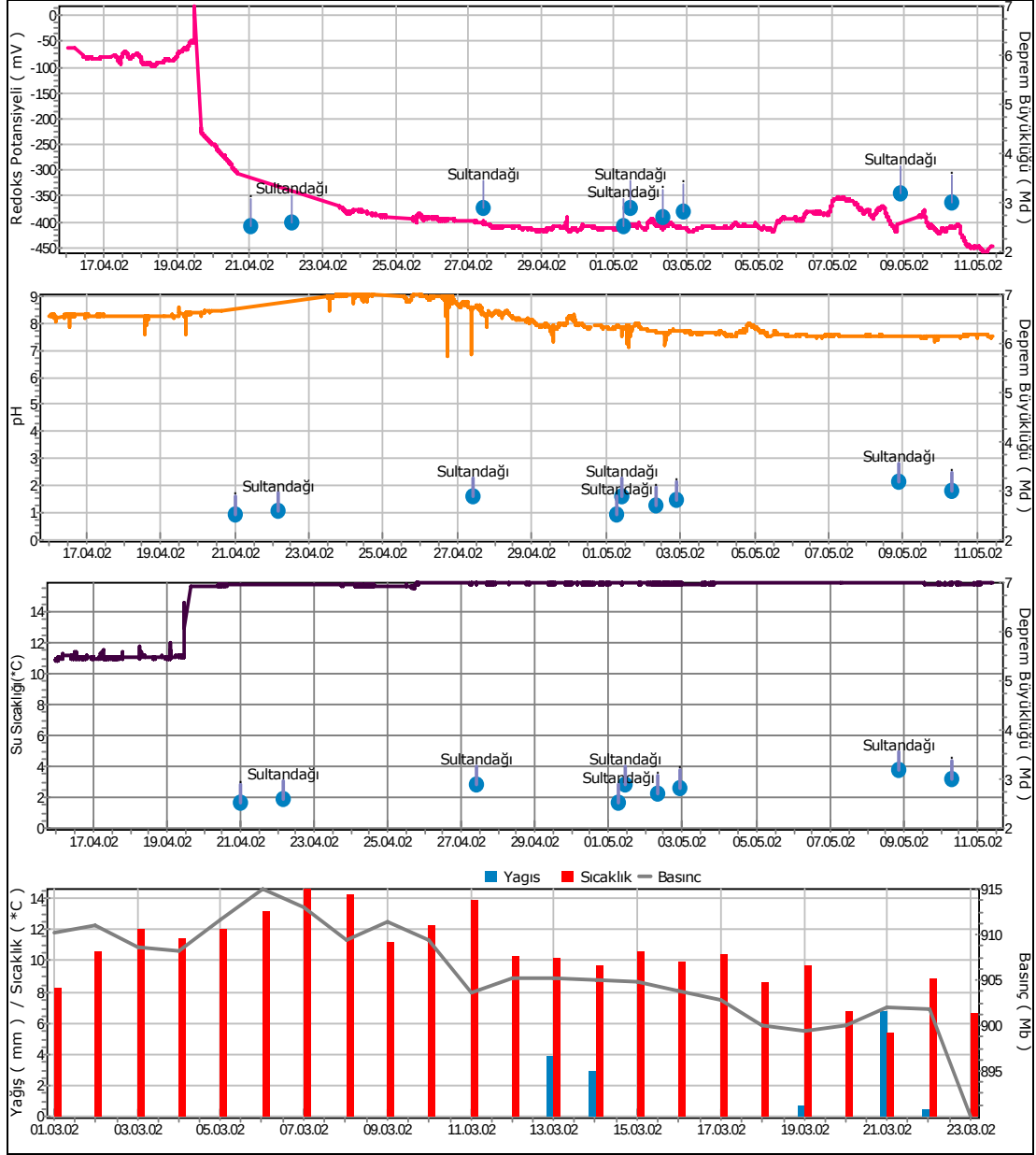
Bu tarihler arasında meydana gelen depremlerde herhangi bir ön belirteç bulunamamıştır (Şekil 4.30).



Şekil 4.31. 15.03.2002-15.04.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

M=4.2 ve M=3.8 büyüklüklerinde ve 7 – 10 km derinliklerinde meydana gelen Burdur depremi öncesinde Eh değerinde dalgalanmalar izlenmiştir. 200 mV'u bulan bu dalgalanmalar, deprem öncesinde artmakta, depremden hemen sonra azalmaktadır. Aynı depremler için pH değerinde bir değişme gözlenmemiştir. Su

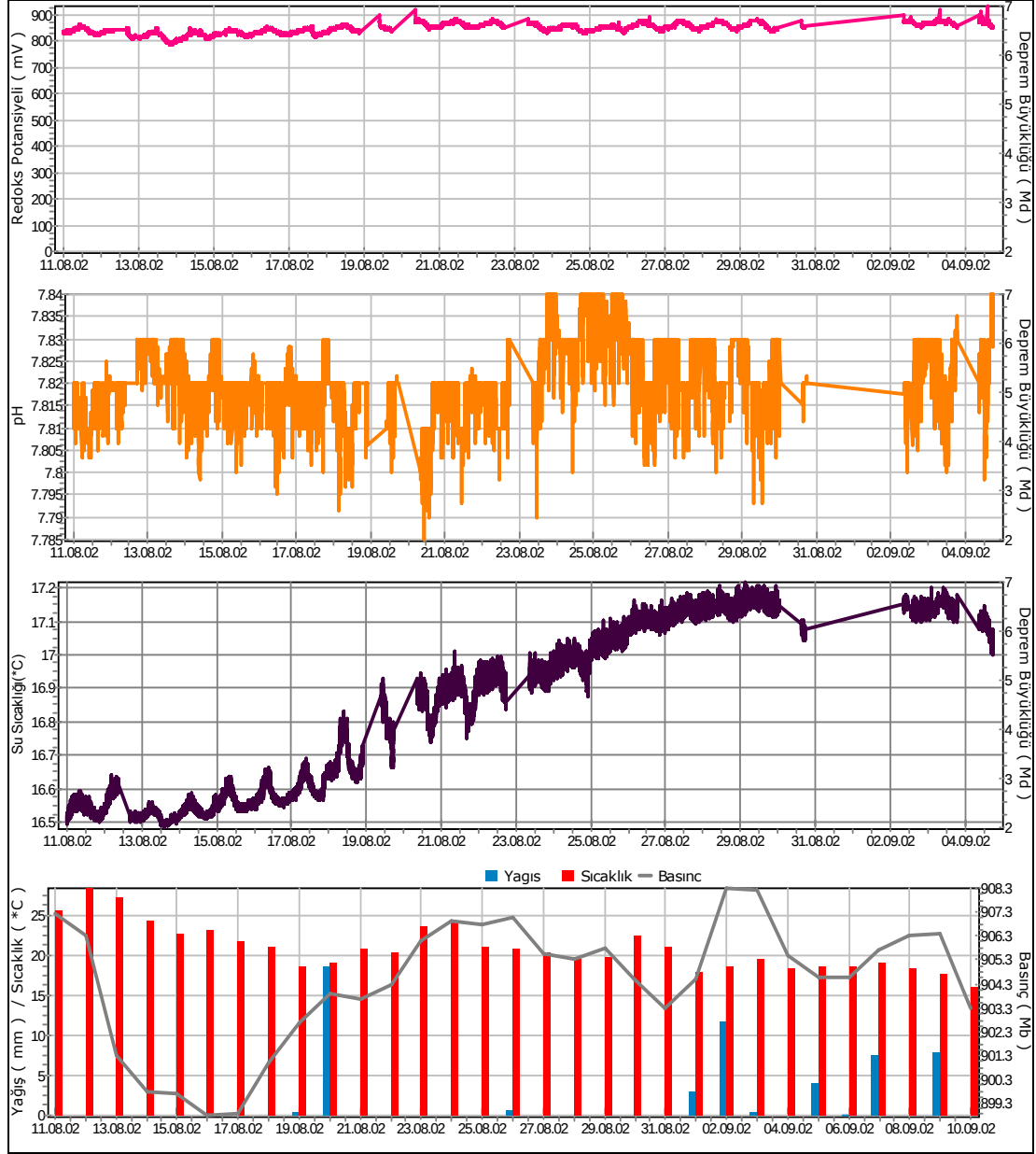
sıcaklığı ise bu tarihlerde kısa aralıklarda ölçülebilmüş ve depremle ilgili olabilecek değişimler gözlenmemiştir (Şekil 4.31).



Şekil 4.32. 15.04.2002-11.05.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

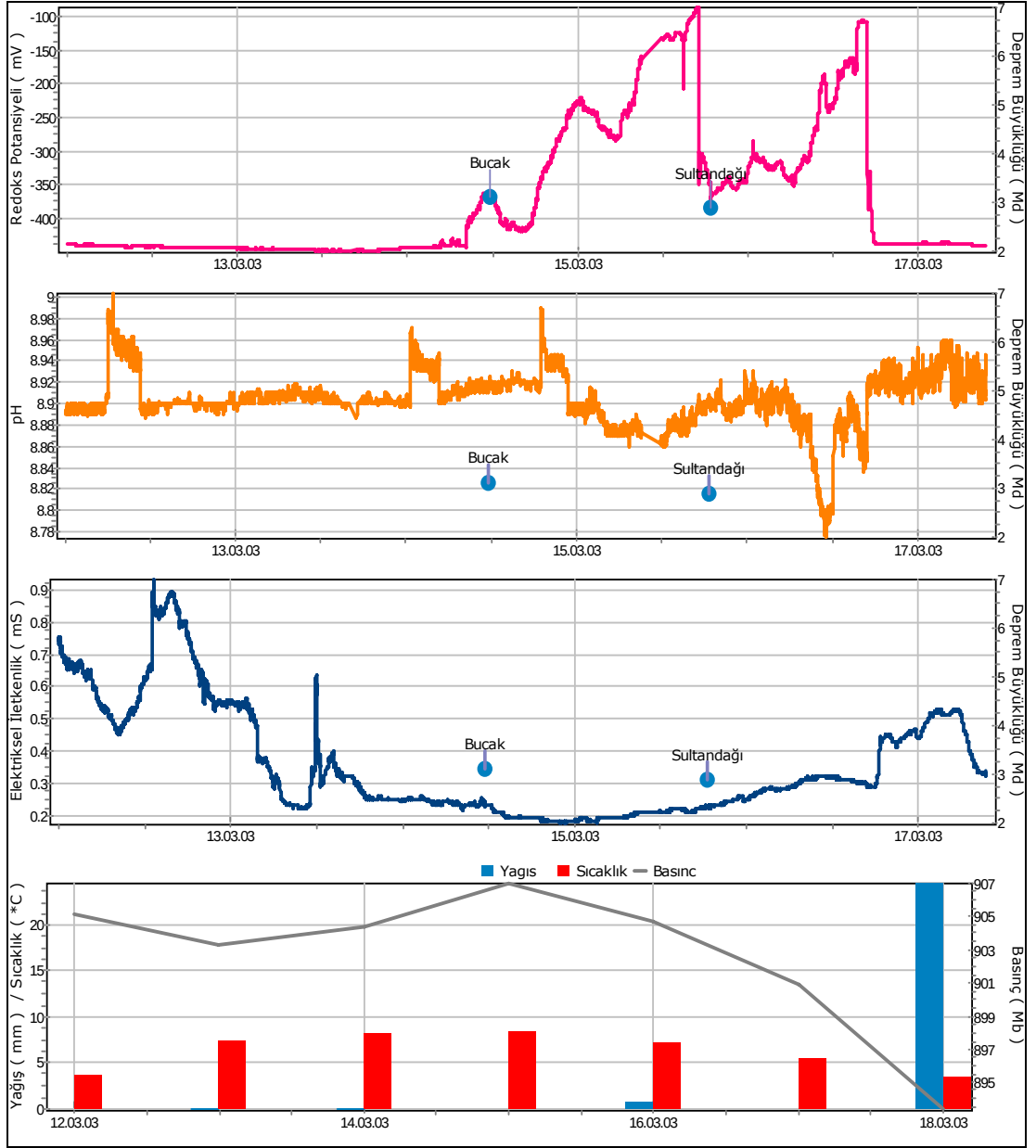
Bu ölçüm aralığında, Sultandağı depremlerinden 2 gün önce Eh değerinde önemli bir azalma gözlenmiştir. Eh değeri 1 km derinlikte ve M=2.5 büyüklüğünde meydana gelen Sultandağı depremi öncesinde -400 mV'a kadar azalmıştır. Su sıcaklığında ise bu depremlerden 2 gün önce 3 derecelik artış gözlenmiştir. pH değerinde önemli bir

artış gözlenmemiştir. Ölçülen verilere yağış miktarının etkisi olup olmadığını görmek için günlük yağış miktarlarını içeren meteoroloji verileri de incelenmiştir.



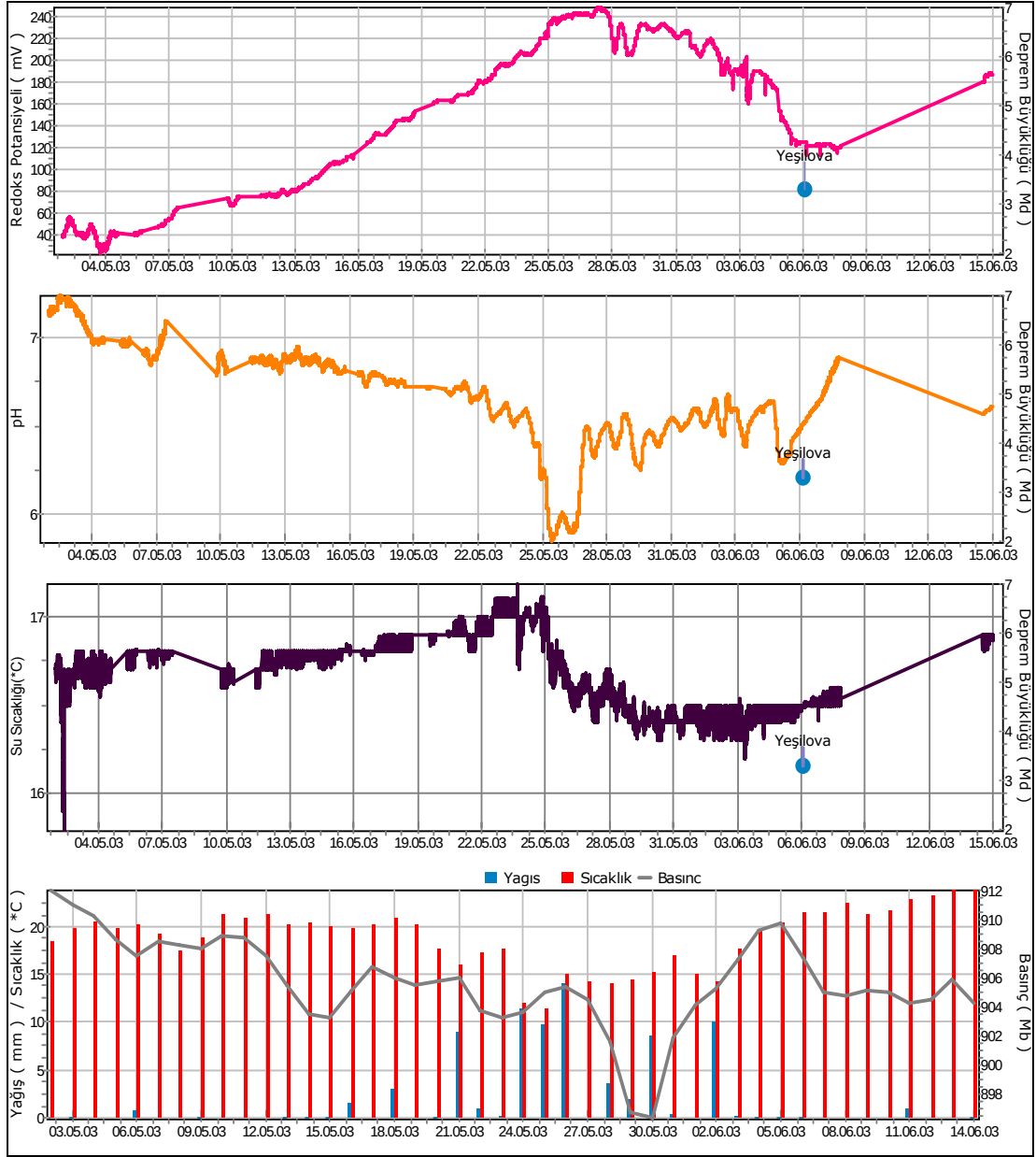
Şekil 4.33. 10.08.2002-10.09.2002 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklığı değişimleri ve meteorolojik veriler

Bu aralıkta herhangi bir yer hareketi izlenmemiştir ve ölçülen parametrelerde de bir değişim gözlenmemiştir.



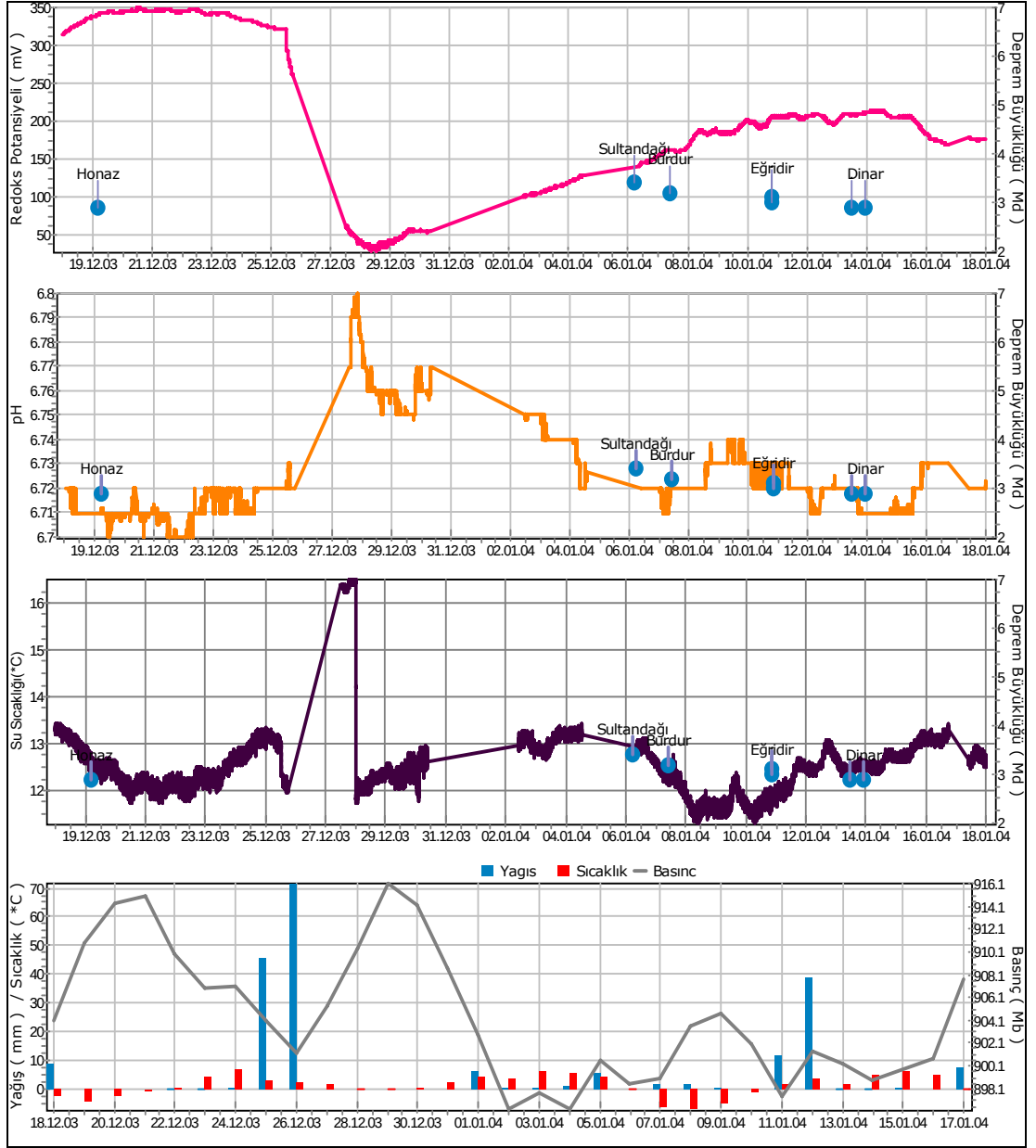
Şekil 4.34. 11.03.2003-18.03.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, elektriksel iletkenlik ve meteorolojik verilerin değişimi

Bu şekilde sadece bir haftalık ölçüm aralığı kullanılmıştır. 7.5 km derinlikte ve M=2.7 büyüklüğünde meydana gelen Sultandağı depremi öncesinde Eh değerinde artış ve deprem sonrasında normal değerine dönüş gözlenmiştir.



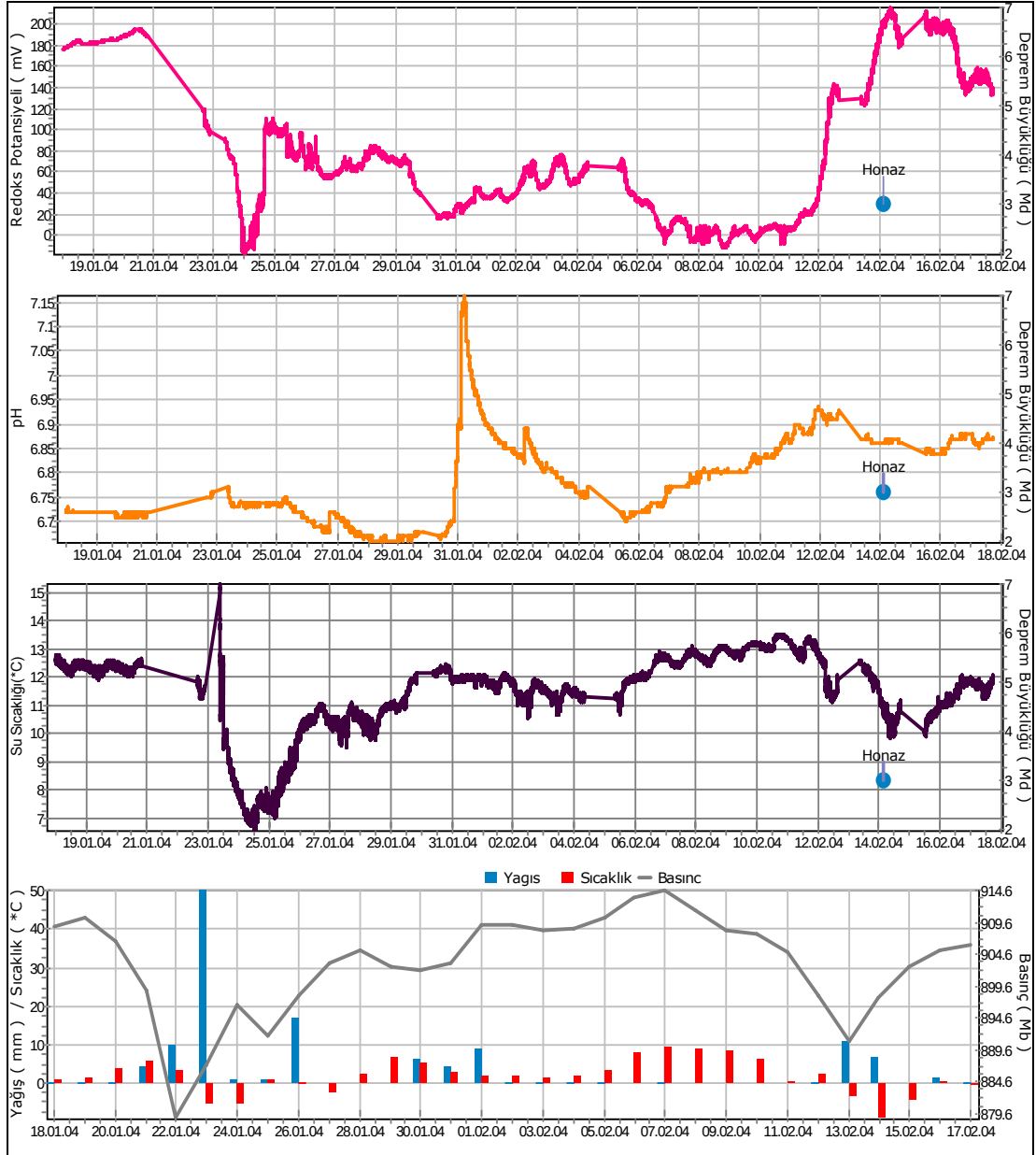
Şekil 4.35. 01.05.2003-14.06.2003 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

Ölçüm noktasına 20 km uzaklıkta bulunan Yeşilova'da 5.9 km derinlikte ve $M=3.3$ büyüklüğünde meydana gelen deprem öncesinde Eh değerinde artış, pH değerinde azalma izlenmiştir. Su sıcaklığında ise deprem öncesinde düşme gözlenmiştir.



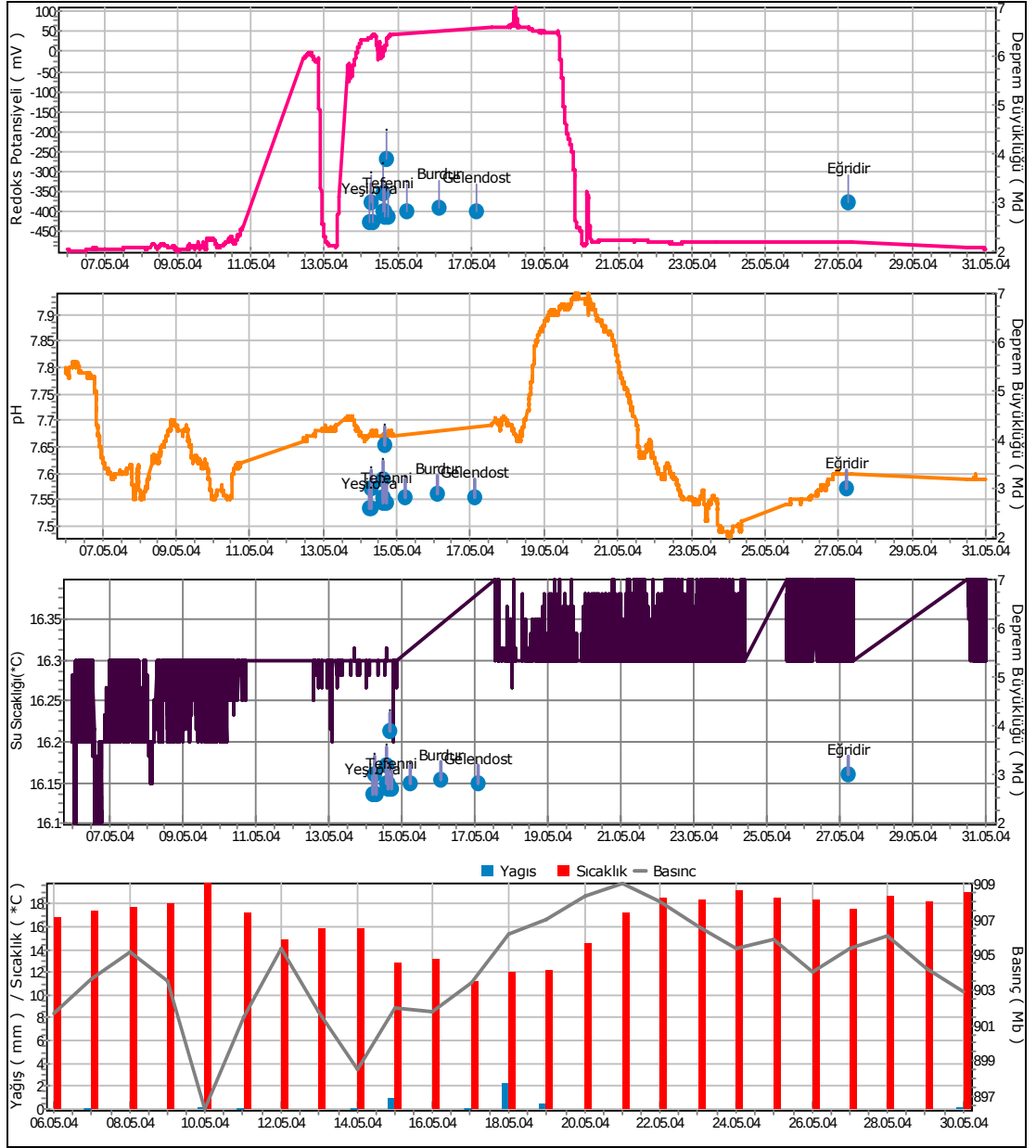
Şekil 4.36. 17.12.2003-17.01.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

07.01.2004 tarihinde 1.8 km derinlikte ve $M=3.2$ büyüklüğünde Burdur’ da meydana gelen deprem öncesinde Eh değerinde azalma gözlenmiştir. pH değerinde önemli bir değişim gözlenmezken su sıcaklığında deprem öncesinde 1 derecelik salınımlar gözlenmiştir.



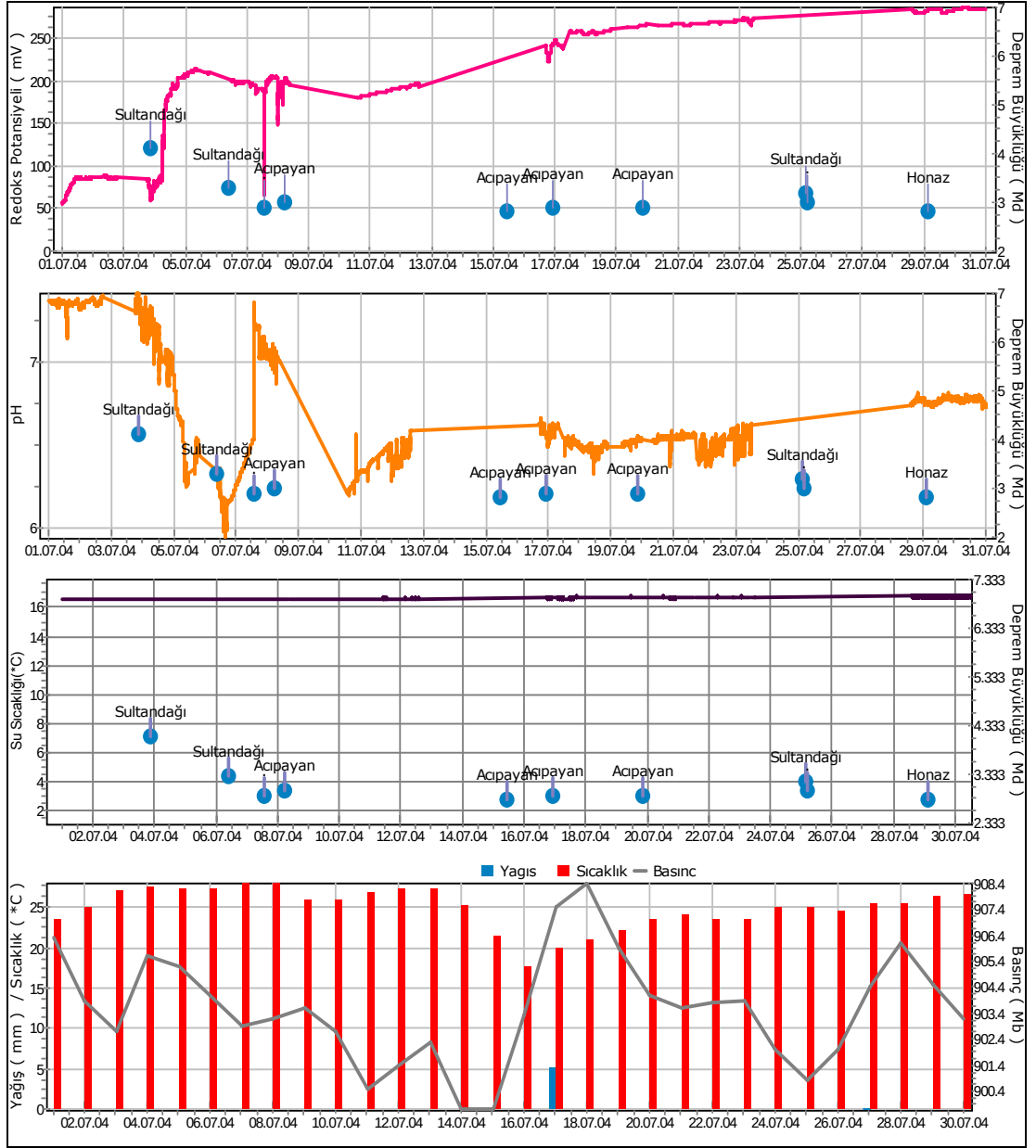
Şekil 4.37. 17.01.2004-17.02.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

14.02.2004 tarihinde 1 km derinlikte ve M=3 büyüklüğünde meydana gelen Honaz depreminden 2 gün önce Eh değeri 180 mV değerine yükselmiş, su sıcaklığı ise 2 derece kadar azalmıştır. Su sıcaklığının 23.01.2004 tarihindeki değişiminin günlük yağıştan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



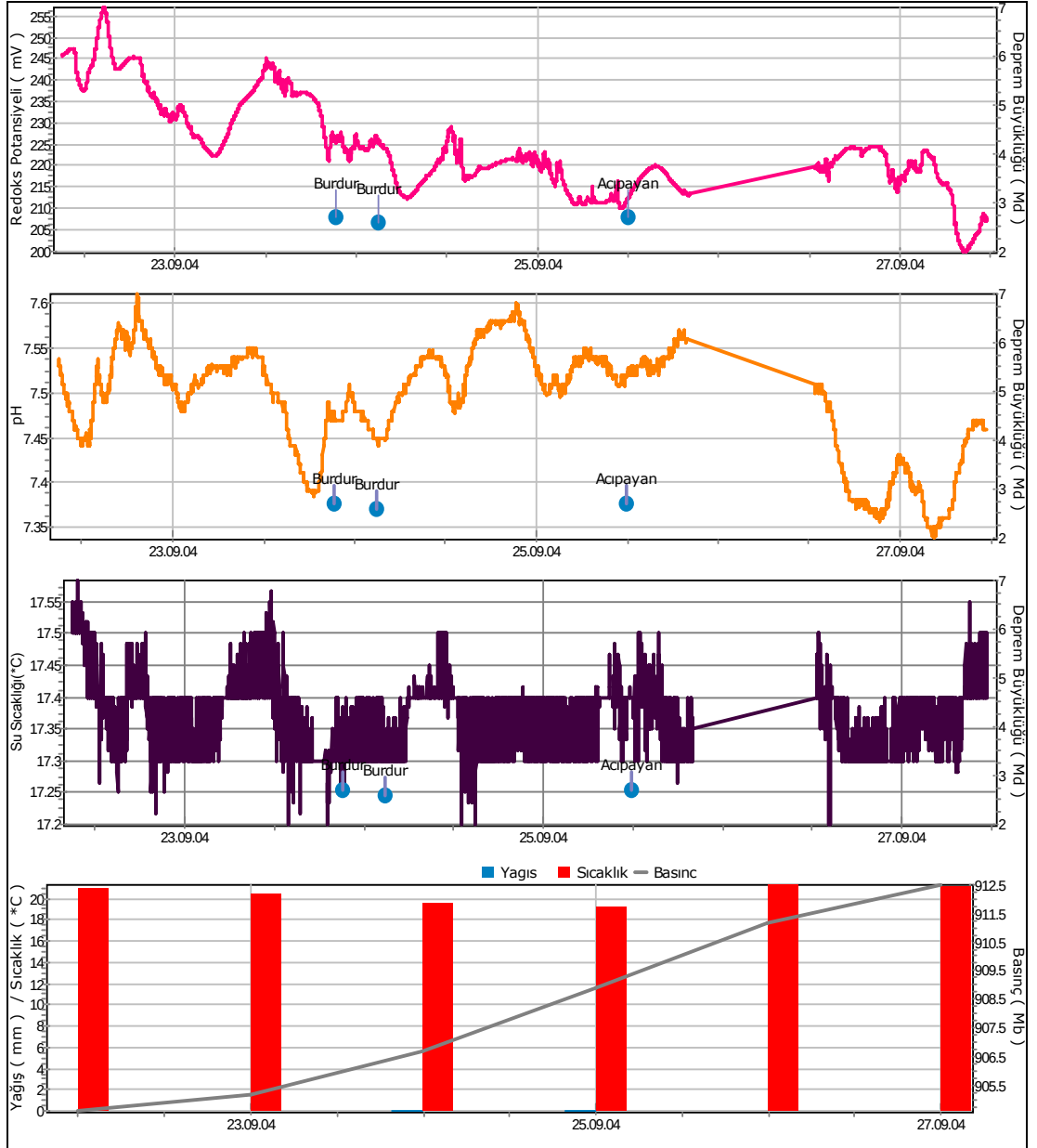
Şekil 4.38. 05.05.2004-30.05.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

14.05.2004 tarihinde 10.1 km derinlikte ve $M=3.9$ büyüklüğünde Yeşilova’da meydana gelen depremden sonra, aynı bölgede, büyüklükleri $M=2.7$ ile $M=3$ arasında değişen sekiz adet deprem daha meydana gelmiştir. Bu depremlerden bir gün öncesinde Eh değeri -450 mV değerine indikten sonra depremler süresince 50 mV değerinde kalmış sonra tekrar azalmıştır. Su sıcaklığı ve pH değerlerinde bu depremler öncesinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



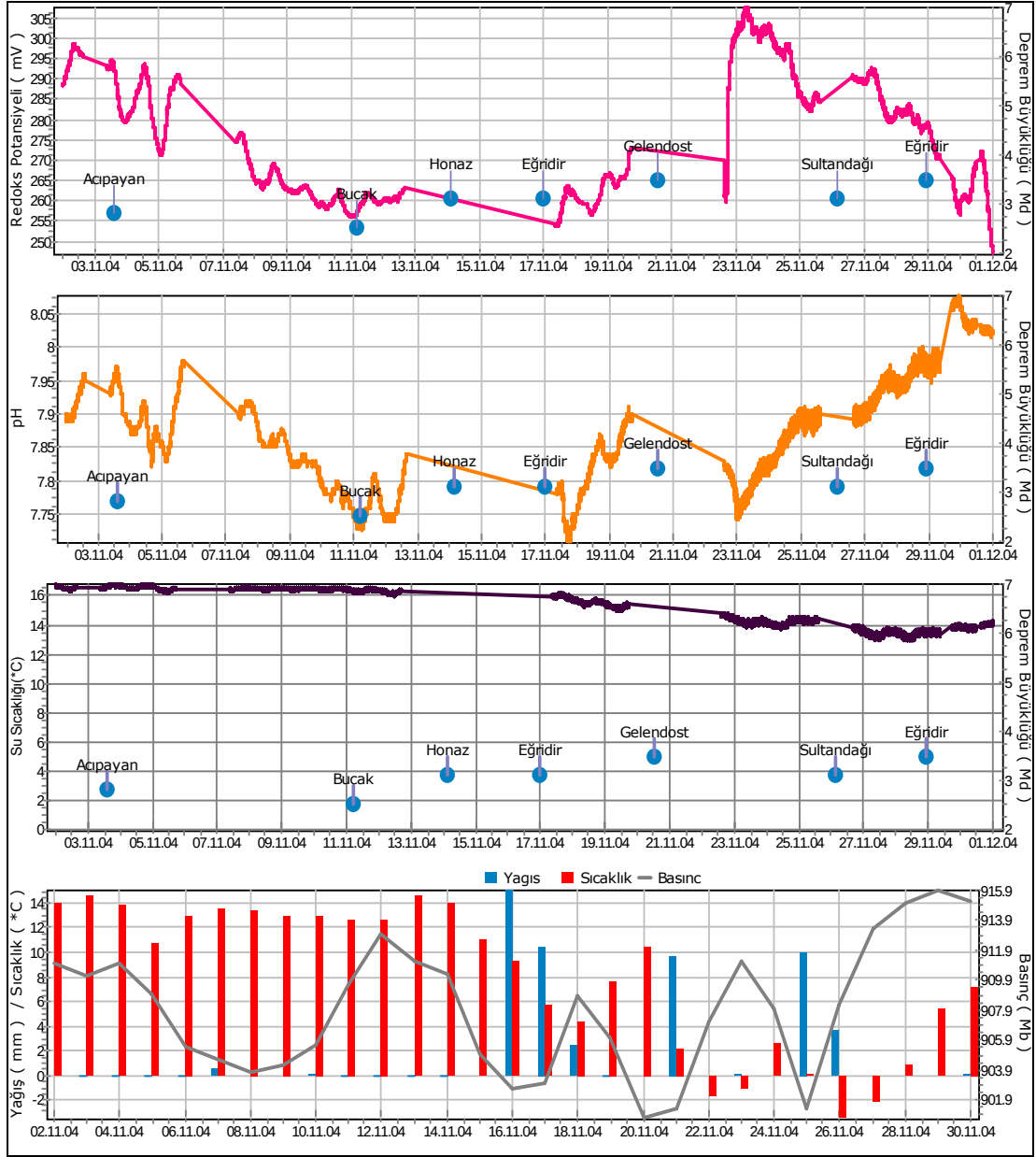
Şekil 4.39. 30.06.2004-30.07.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

03.07.2004 tarihinde 11.3 km derinlikte ve $M=4.1$ büyüklüğünde meydana gelen Sultandağı depremi öncesinde Eh değerinde değişim gözlenmemiştir. Ancak bu depremden sonra Eh değerinde 100 mV'luk artış gözlenmiştir. Aynı deprem öncesinde pH değerinde düşme gözlenmiştir. Su sıcaklığında ise herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



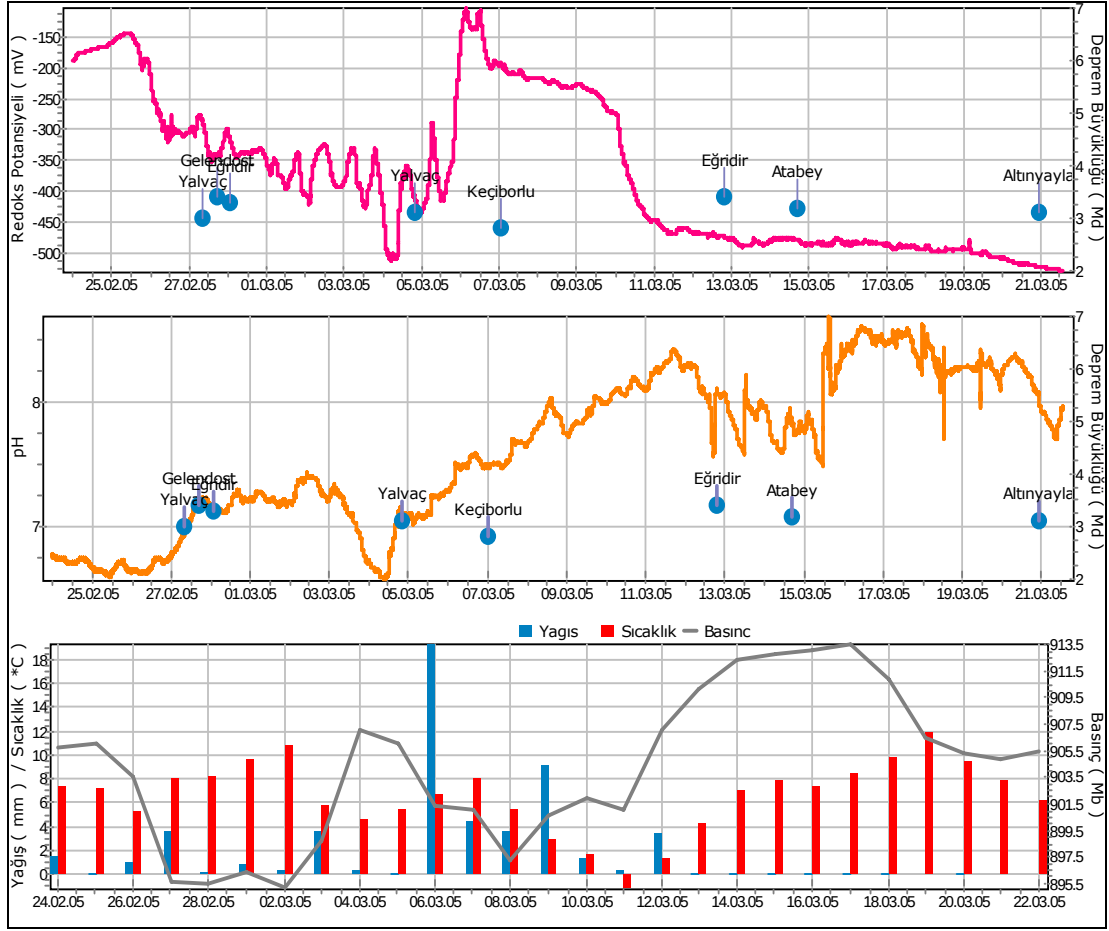
Şekil 4.40. 21.09.2004-27.09.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

Burdur merkezinde, 23-24.09.2004 tarihlerinde derinlikleri 7.7 km ve 12.1 km olan $M=2.7$ büyüklüğünde 2 adet deprem meydana gelmiştir. Bu depremler öncesinde Eh değerinde 20-25 mV'luk değişimler gözlenmiştir. pH değerinde de 0.1-0.15 gibi küçük değişimler gözlenmiştir. Su sıcaklığında ise önemli bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 4.41. 01.11.2004-30.11.2004 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

26.11.2004 tarihinde 10.5 km derinlikte ve $M=3.1$ büyüklüğündeki Sultandağı depreminden 2 gün önce Eh değerinin 260 mV'dan 305 mV değerine kadar arttığı, depremden sonra 250 mV değerine kadar azaldığı gözlenmiştir. pH ve su sıcaklığında herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 4.42. 23.02.2005-23.03.2005 tarihleri arasında zamana bağlı, Eh, pH, su sıcaklık değişimleri ve meteorolojik veriler

07.03.2005 tarihinde 8.8 km derinlikte ve $M=2.8$ büyüklüğünde meydana gelen Keçiborlu depreminden bir gün önce Eh değerinde 200 mV'luk değişim gözlenmiştir. Deprem öncesi artan Eh değeri deprem sonrasında azalmıştır.

4.4. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi ve Korelasyonu

Bu aşamaya kadar, üç istasyondan 10 saniye aralıklarla alınan değerler, 1 dakikalık ortalamaları alınarak, çalışma bölgesinde ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Eh, pH, EC, su sıcaklığı ve yeraltısuyu seviye değişimi için kullanılan toplam veri miktarı 12.019.728, kullanılan deprem verisi de 275 adettir.

Bu kısımda ise parametrelerin kendi içinde ve diğer parametrelerle korelasyonu incelenmiş ve verilerin istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmelerde Matlab paket programı kullanılmıştır.

Çizelge 4.1 Hidrojeokimyasal verilere ait temel istatistik değerler

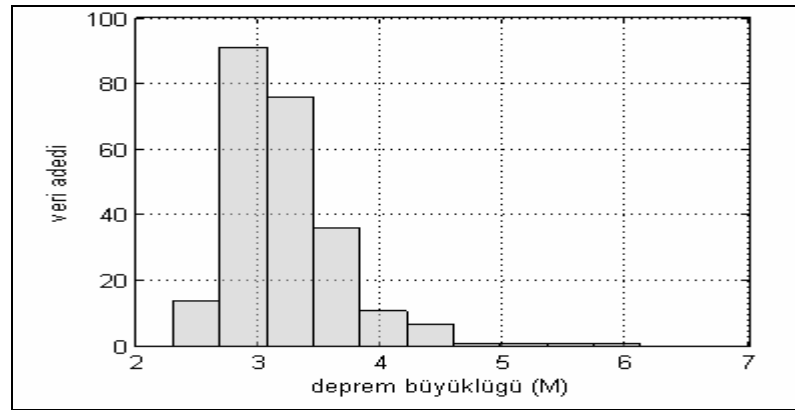
Ölçü noktası	Parametre	Veri adedi	Standart sapma	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Medyan
Şifa	Eh	864.238	144.5	405.4	-378.6	78.12	19.28
Bağlar	Eh	810.660	69.04	256.6	-240.2	81.06	93.38
Yassıgüme	Eh	872.243	315	802.3	-526.4	109.4	181.3
Şifa	pH	587.534	1.97	10.6	1.9	6.78	7.08
Bağlar	pH	1.146.855	1.35	10.81	1.45	7.34	7.06
Yassıgüme	pH	872.800	0.84	11.8	5.54	7.65	7.77
Şifa	EC	786.340	0.91	4.79	0.1	1.74	1.77
Bağlar	EC	1.105.581	2.001	4.9	0.28	1.44	1.4
Yassıgüme	EC	843.335	2.35	4.5	0.36	0.45	0.28
Şifa	Su sıcaklığı	840.425	2.51	22.3	10.9	18.85	19.48
Bağlar	Su sıcaklığı	1.122.775	0.8	15.02	10.4	13.54	13.84
Yassıgüme	Su sıcaklığı	873.930	3.15	18.4	8.4	15.3	16.2
Bağlar	Yeraltısuyu seviye değişimi	1.293.012	1.48	6	1.07	5.03	5

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi Eh verileri, yüksek standart sapmaya sahiptir. Eh verileri için aralık değeri de yüksektir. pH, EC, su sıcaklığı ve seviye değişimlerinin standart sapmaları ise 0.8 ile 3.15 arasında değişmektedir. Bu değerler temel istatistik değerlerdir. Parametrelerin kendi içinde ve diğer parametrelerle ilişkilerinin incelenmesi için bazı istatistik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

Bir çok klasik istatistik metodu, normal dağılımlı verilerin kullanılmasını gerektirir. Ancak doğal verilerin, normal dağılım sergilemesi nadir rastlanan bir durumdur. Bu nedenle kullanılacak istatistik metod seçilmeden önce;

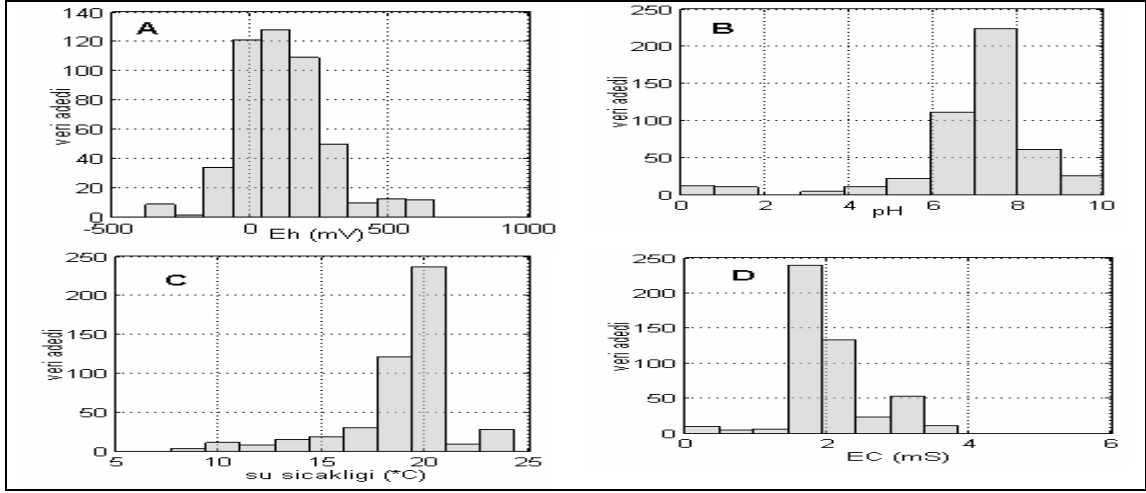
- incelenen veri grubunun normal dağılım sergileyip sergilemediği test edilir,
- eğer normal dağılım sergilemiyorsa verilerin logaritması alınarak normallik testi tekrarlanır,
- bu durumda da normal dağılım sağlanamaz ise non-parametrik istatistik metodlar kullanılmalıdır (Woith, 1996).

Bu amaçla, hidrojeokimyasal verilerin günlük ortalamaları alındıktan sonra her ölçüm noktasına ait her parametre ve incelenen deprem verileri için frekans dağılım histogramları hazırlanmıştır.

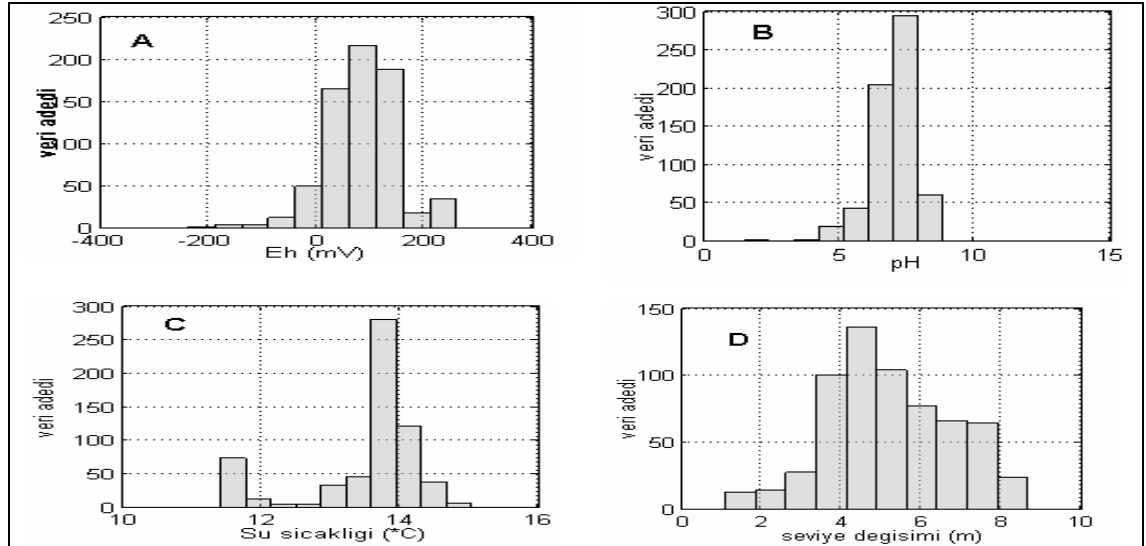


Şekil 4.43. 2000 – 2005 yılları arasında, çalışma bölgesi ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin büyüklüklerinin frekans dağılımı (veriler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi’nden alınmıştır)

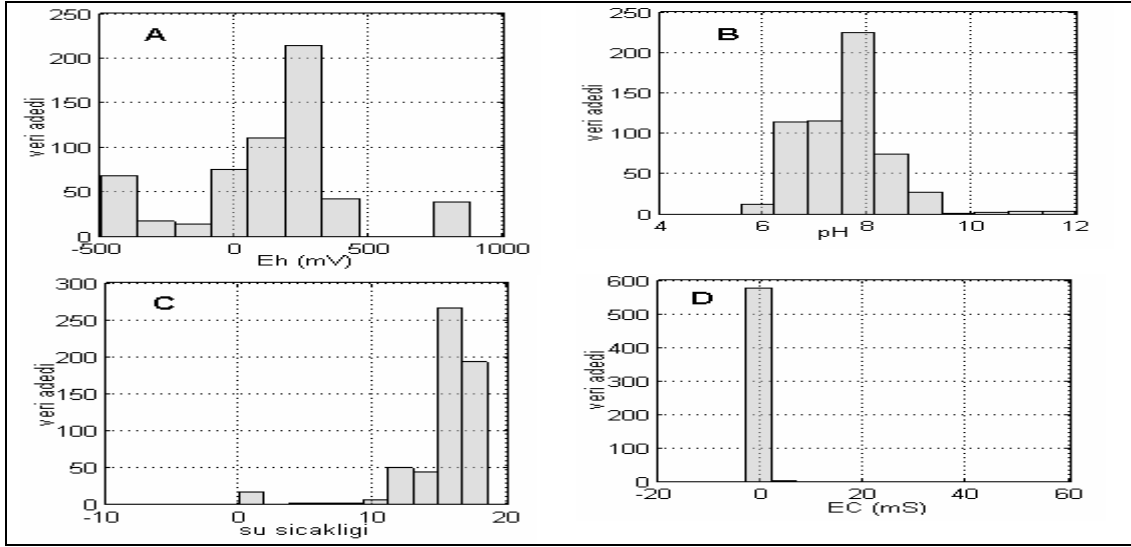
Şekil 4.43’de görüldüğü gibi çalışma süresince meydana gelen depremlerin büyüklükleri $M=2.5$ ile $M=3.3$ arasında yoğunlaşmıştır. Çalışma süresince $M=4$ ve daha büyüklükte toplam 21 adet deprem verisi kullanılmıştır, bu 21 adet depremin 4 tanesi Burdur il sınırları içinde meydana gelmiştir. Hidrojeokimyasal verilere ait frekans dağılımları aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 4.44. Şifa istasyonuna ait: (A) Eh, (B) pH, (C) su sıcaklığı, (D) EC parametrelerinin frekans dağılımı



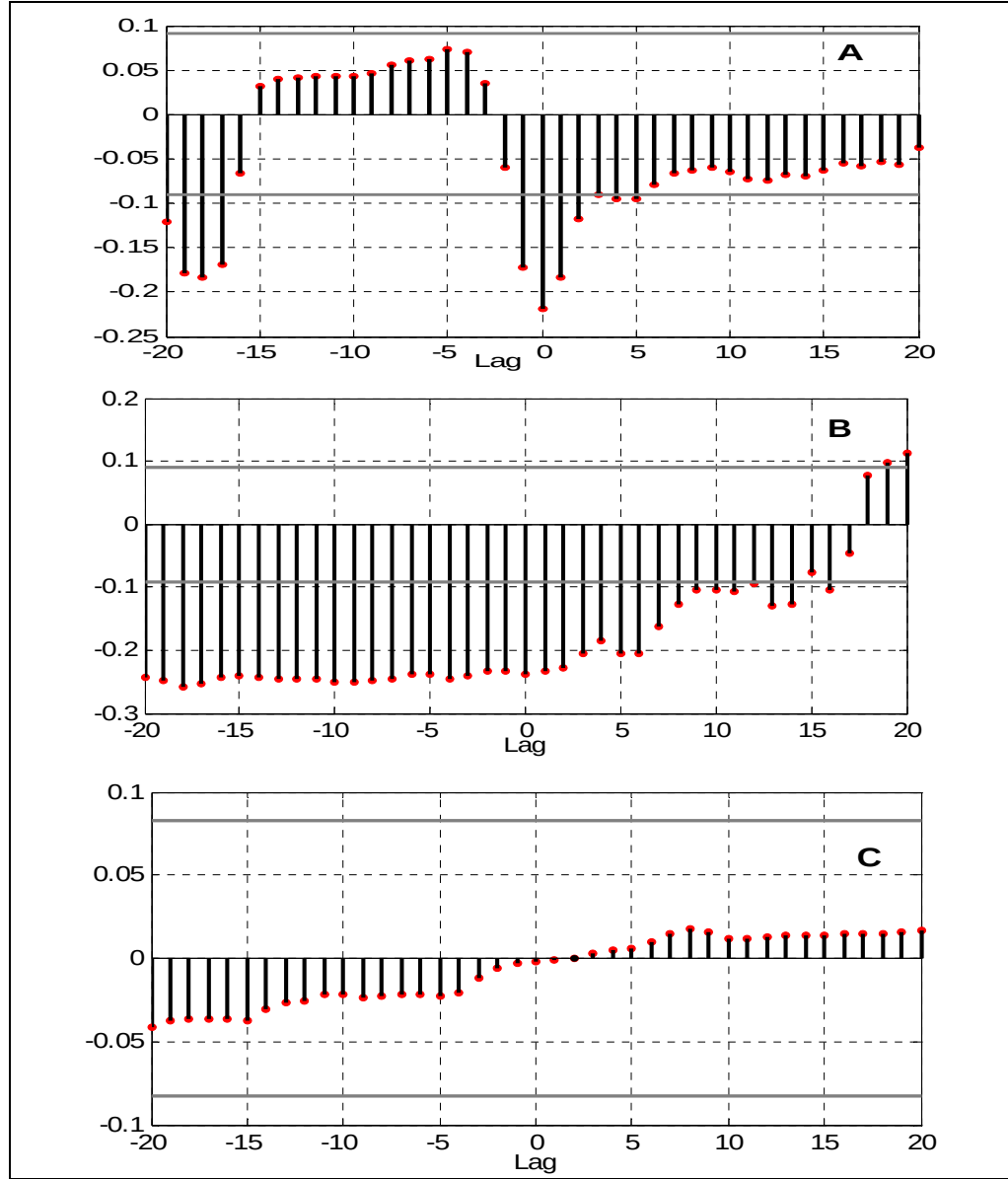
Şekil 4.45. Bağlar istasyonuna ait: (A) Eh, (B) pH, (C) su sıcaklığı, (D) yeraltısuyu seviye değişimi parametrelerinin frekans dağılımı



Şekil 4.46. Yassigüme istasyonuna ait: (A) Eh, (B) pH, (C) su sıcaklığı, (D) EC parametrelerinin frekans dağılımı

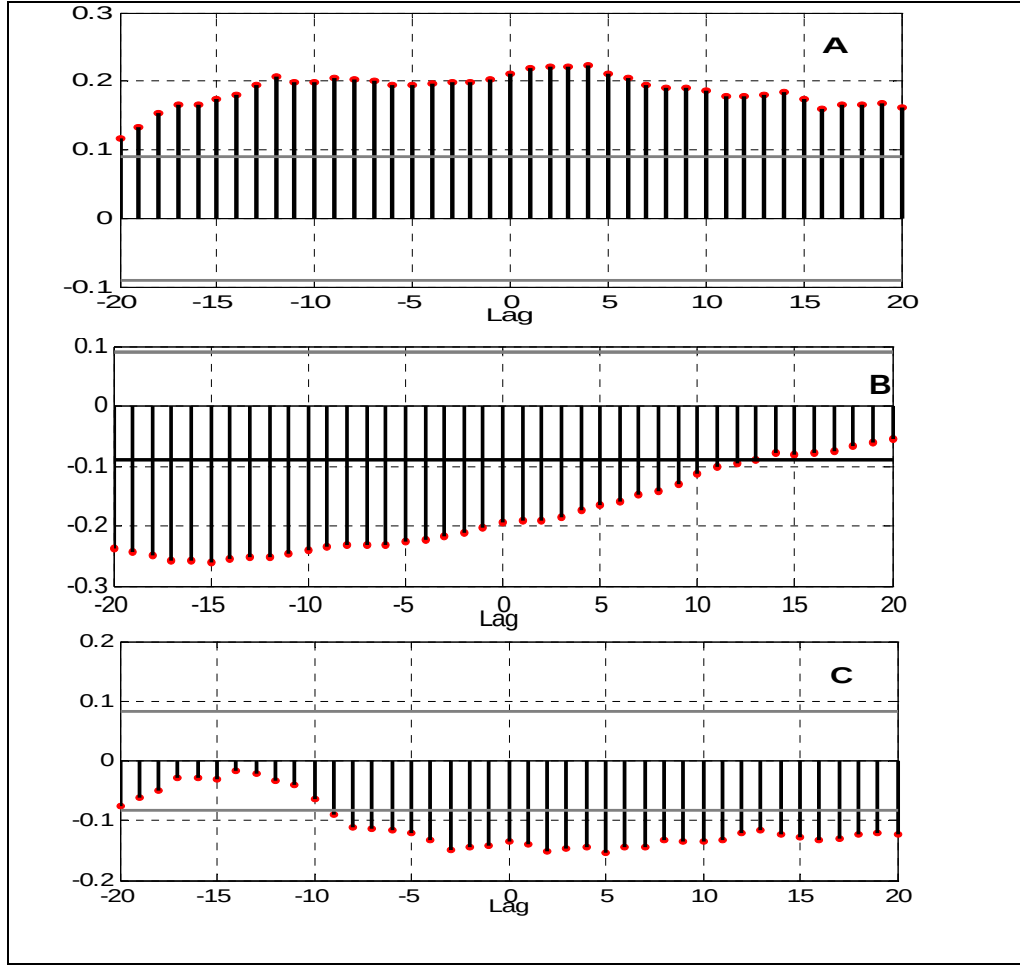
Hidrojeokimyasal verilere ait frekans dağılımları incelendiğinde, pH değerleri Şifa ve Bağlar istasyonunda 7 civarında yığılmakta, Yassigüme istasyonunda ise yığılma 8 civarında görülmektedir. Su sıcaklığı ise Bağlar istasyonunda 14 °C, diğer istasyonlarda 20 °C civarında yığılma göstermektedir. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, Yassigüme istasyonunda çok küçük değişimler göstermiştir (0 – 0.45 mS), Şifa istasyonunda ise 1.74 mS civarında yığılma görülmektedir.

Verilere ait frekans dağılımı incelendikten sonra ölçüm noktaları arasında benzer parametrelerin çapraz ilişki fonksiyonları (cross correlation function) incelenmiştir. Burada amaç, benzer parametrelerin farklı kuyularda benzer özelliklere sahip olup olmadıklarını ve benzerlik varsa bu benzerliğin derecesini saptamaktır.



Şekil 4.47. (A) Şifa ve Yassıgüme, (B) Şifa ve Bağlar, (C) Bağlar ve Yassıgüme istasyonlarında ölçülen EC verilerinin kros-korelasyon fonksiyonları

Bu şekilde, Şifa – Yassıgüme ve Bağlar – Yassıgüme istasyonlarının EC değerleri arasında bir ilişki gözlenmemektedir. Bağlar ve Şifa istasyonlarının EC değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0.19 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Bağlar ve Şifa istasyonlarının EC değeri arasında çok küçük bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.48. (A) Şifa ve Bağlar, (B) Şifa ve Yassıgüme, (C) Bağlar ve Yassıgüme istasyonlarında ölçülen Eh verilerinin kros-korelasyon fonksiyonları

İstasyonlar arasındaki Eh ilişkisi EC parametresine göre daha yüksek bulunmuştur. Şifa ve Bağlar istasyonları arasında, doğru yönde, ilişki katsayısı 0.2 hesaplanırken, Şifa ve Yassıgüme istasyonları arasında, ters yönde, ilişki katsayısı yaklaşık -0.2 hesaplanmıştır. Bağlar ve Yassıgüme istasyonları arasında ise ilişki çok zayıftır. İstasyonlar arasında, Eh ve EC parametreleri için bulunan ilişki katsayıları, istasyonlarının birbirine olan mesafesi ile uyumludur.

Son aşamada, deprem lokasyonları ile depremler öncesinde parametrelerde meydana gelen değişimler arasında bir yaklaşım yapılmaya çalışılmıştır. Aynı noktada meydana gelen depremler için aynı kuyudaki parametreler benzer değişim göstermiştir. Bu değişimler sadece artma ve azalma olarak dikkate alınmıştır.

Şifa istasyonunda, Honaz ve Yeşilova'da meydana gelen depremlerden önce Eh değerinde azalma, Bolvadin ve Sultandağı depremleri öncesinde ise Eh değerinde yükselme gözlenmiştir.

Bağlar istasyonunda, Burdur depremleri öncesinde, (çalışma süresince bu istasyonda sadece iki adet Burdur merkezli deprem meydana gelmiştir) Eh değerinde yükselme, yeraltısuyu seviyesinde ise azalma gözlenmiştir. Yeşilova depremleri öncesinde su seviyesinde düşme gözlenirken, Honaz depremleri öncesinde su seviyesi yükselim göstermektedir.

Yassıgüme istasyonunda, Sultandağı depremleri öncesinde Eh değerinde düşme, sıcaklıkta artma gözlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yeraltısuyu seviye değişimleri üzerinde depremlerin etkisini sağlıklı bir şekilde değerlendirebilmek için; gözlem kuyusunun derinliği, yıllık yağış verisi, barometrik basınç değerleri, aynı bölgede bulunan diğer kuyulara ait bilgiler, uzun süreli seviye değişimi ölçümleri, ölçüm teknikleri, ölçüm aralığı, deprem öncesi ve sonrası meydana gelen değişimler, depremin büyüklüğü, depremin odak derinliği, ölçüm yapılan kuyunun episantırdan uzaklığı, kuyudaki yeraltısuyu seviye değişim- zaman grafiği, yakın çevrede herhangi bir değişim göstermeyen kuyular, bölgeye ait tektonik ve jeolojik yapı bilgilerine gereksinim vardır (Roeloffs, 1988).

Bu çalışmada yukarıda belirtilen verilerin tümü üç gözlem noktası için de elde edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı 2000-2005 yılları arasında, çalışma bölgesinde büyüklükleri $M=4$ ve $M=4.1$ olan Burdur merkezli iki adet deprem meydana gelmiştir. Burdur ve ilçelerinde meydana gelen diğer depremler, büyüklükleri $M=2.7$ ile $M=3.8$ arasında olan, küçük depremlerdir. Çalışma bölgesine 100 – 150 km uzaklıkta bulunan ve büyüklüğü $M=5$ 'den büyük olan depremler ise Bolvadin ($M_d=5.6$) ve Sultandağı ($M_d=6.1$) depremleridir (Şekil 3.6).

Grecksch vd. (1999), 1992 yılında meydana gelen, $M=5.4$ büyüklüğündeki Roermond/Hollanda depremi sırasında görülen yeraltısuyu seviyesindeki ani değişimlerin barometrik basınç ve yağış gibi meteorolojik etkiler nedeniyle akifer içindeki boşluk basıncı dağılımında oluşan heterojenliğin, sismik dalgaların geçişi sırasında, dengeye ulaşmaya çalışmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Buna benzer şekilde, 15.12.2000 tarihinde 10.5 km derinlikte ve $M=5.6$ büyüklüğünde meydana gelen Bolvadin depreminden 7 gün önce Şifa istasyonunda ölçülen Eh değeri 50 mV değerinden 300 mV değerine yükselmiş, pH değerinde değişim izlenmemiştir (Şekil 4.2). Aynı deprem için bağlar istasyonunda Eh değeri 40 mV, su seviyesi ise 25 cm azalmıştır (Şekil 4.9.).

Bolvadin depremine benzer şekilde 03.02.2002 tarihinde 9.6 km derinlikte ve $M=6.1$ büyüklüğünde meydana gelen Sultandağı depreminden yaklaşık bir hafta önce Eh değeri 350 mV değerine yükselmiştir (Şekil 4.3.b). Aynı deprem için Yassıgüme istasyonunda Eh değeri, depremden yaklaşık bir hafta önce 200 mV değerine yükseldikten sonra deprem sonrasında azalmaya başlamıştır (Şekil 4.29). Bu depremler için her üç istasyonda da Eh değerinin artması, deprem öncesi habercileri bakımından önemli bir veri olarak değerlendirilmiştir. Ünlü (1998) tarafından 27.06.1998 tarihinde meydana gelen $M=6.4$ büyüklüğündeki Adana- Ceyhan depremi sonrasında yapılan çalışmalarında, yeraltısularının kimyasında redoks potansiyelinin değişimine dikkat çekmişlerdir. Yukarıda bulunan sonuçlar bunu doğrular niteliktedir. Ancak çalışma süresince, bu iki deprem dışında, büyük deprem meydana gelmemiştir. Bu nedenle ölçüm noktalarına uzak bölgelerde meydana gelen ve büyüklükleri $M=5$ 'den büyük olan depremler öncesinde Eh değişiminin bekleneceği sonucuna varılamamıştır.

Kishimoto (2000), güneybatı Japonya'da deprem tahminine yönelik 1977 yılında başlayıp 3 yıl devam eden çalışmada, test sahası olarak seçilen Yamasaki fayı civarında gözlenen ve büyüklükleri $M=3.5$ ile $M=4.9$ arasında değişen depremlerin yeraltısuyu seviye ve hidrojeokimyasal özelliklerinde oluşturduğu değişimleri inceleyerek, büyüklüğü küçük olan depremlerde bile yeraltısuyu parametrelerinde değişimler olabileceğini belirtmiştir. Benzer şekilde Yang vd.(2006) tarafından 2001-2002 yılları arasında yapılan tahmin çalışmada, büyüklüğü $M=2$ ile $M=4$ arasında değişen depremlerden 1-2 hafta öncesinde; CH_4 , N_2 , H_2O değerlerinde önemli değişimler gözlenmiştir. Burdur fay zonu üzerinde yapılmış olan bu çalışma süresince büyüklükleri $M=4$ ile $M=2.9$ arasında meydana gelen depremler için elde edilen veriler incelendiğinde; Bağlar ve Yassıgüme istasyonlarında aynı depremler için benzer değişimler, deprem öncesinde gözlenebilmiştir, ancak Şifa istasyonunda, aynı noktada meydana gelen depremler öncesinde farklı değişimler gözlenmiştir.

Şifa istasyonuna yaklaşık 100 km uzaklıkta bulunan Denizli-Honaz' da 22.10.2000 tarihinde 10.5 km derinlikte ve $M=3.4$ büyüklüğünde meydana gelen deprem öncesinde pH ve Eh değişimi gözlenmezken, aynı noktada 14.11.2000 tarihinde ve 1

km derinlikte meydana gelen depremden bir hafta öncesinde Eh değeri 50 mV değerinden -250 mV değerine kadar düşmüş, depremden sonra 50 mV değerine çıkmıştır. Aynı deprem için pH değerine bakıldığında depremden 6 saat öncesinde pH değeri 6 seviyesinden 5 değerine inmiş, depremden hemen sonra eski değeri olan 6 ya tekrar yükselmiştir (Şekil 4.1). Aynı noktada meydana gelen depremlerdeki bu farklı davranışın odak derinliğinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Benzer şekilde, Şifa istasyonuna yaklaşık 50 km uzaklıkta bulunan Yeşilova' da 06.06.2003 tarihinde 5.9 km derinlikte meydana gelen $M=3.3$ büyüklüğündeki depremden bir hafta öncesinde Eh değeri 150 mV' dan -30 mV' a kadar azalırken (Şekil 4.5.), aynı noktada 01.10.2003 tarihinde meydana gelen $M=3.4$ büyüklüğündeki depremden 2 gün öncesinde Eh değeri 50 mV yükselerek 100 mV değerine ulaşmıştır (Şekil 4.6).

Bağlar istasyonunda ölçülen parametreler, aynı noktada meydana gelen depremler için, benzer değişimler göstermiştir. Burdur merkezli depremler öncesinde Eh ve pH değerleri yükselmiş, su seviyesi azalmış, su sıcaklığı ise değişmemiştir. Bu değişimler depremden 2 ile 5 gün öncesinde meydana gelmiştir (Şekil 4.12). Yeşilova merkezli depremlerde, deprem öncesinde, su seviyesinde 75-80 cm azalma, pH değerinde ise artma gözlenmiştir (Şekil 4.15). Dinar ve Honaz depremleri öncesinde, Eh ve pH değerlerinde artma gözlenmiştir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.20).

Yassıgüme istasyonunda, Yeşilova, Tefenni ve Honaz bölgesinde meydana gelen depremlerin etkisi daha net izlenebilmiştir. 06.06.2003 tarihinde meydana gelen $M=3.3$ büyüklüğündeki Yeşilova depreminden 10 gün önce Eh değerinde 200 mV'luk değişimler gözlenmiştir. Aynı deprem için pH değeri de 7'den 6'ya düşmüş ve su sıcaklığı azalmıştır (Şekil 4.34).

Sonuç olarak, depremlerin önceden tahmini çalışmalarında jeokimyasal verilerin önemli bir yeri bulunduğu bilim dünyasının kabul ettiği bir gerçektir. Bu nedenle son yıllarda hidrojeokimyasal gözlem ve değerlendirme çalışmalarında artış gözlenmektedir.

Bu çalışmada elde edilen veriler, depremler öncesinde, yeraltı sularında, hidrojeokimyasal değişimler olduğunu göstermiştir. Bu değişimlerden özellikle Eh, pH ve yeraltısuyu seviye değişimlerinin etkili sonuçlar verdiği grlmştir. Ancak gözlem sresinin uzun olmasına rağmen, meydana gelen depremlerin küçük, uzak ve seyrek oluşu nedeni ile, ölçülen verilerin aynı noktada meydana gelen birden fazla deprem ile karşılaştırılması yapılamamıştır. Bu nedenle depremlerin önceden tahmininde saptanması şart olan; yer, zaman, büyüklük parametrelerinin tahmini mümkün olmamıştır.

Buna karşılık, bu çalışmada kullanılan sistem, daha derin kuyulara yerleştirilerek hassasiyeti artırılabilir ve uzun yıllar boyunca sürekli olarak, Eh, pH ve yeraltısuyu seviye değişimi verilerinin alınması sağlanabilirse, depremlerin önceden kestiriminde etkili şekilde kullanılabilecek bir sistemdir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, A., Biliyul, H., 1974. Jeofizik anomalilere göre Aksehir-Yalvaç yörelerinde kalker altında bazik formasyonun (doleritin) devamlılığının takip imkanı ve ondülasyonları. Türkiye Jeoloji Kurultayı 28. Bilimsel ve Teknik Kongresi tebliğ-konferans özetleri, s.7.
- Aki, K., 1967. Scaling law of seismic spectrum, J. Geophys. Res. 72, 1217–1231.
- Altinkale, S., 2001. Eğirdir ve Burdur Göllerinin hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal karşılaştırılması. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Isparta.
- Anastakis, G., Kelling, G. 1991. Tectonic connection of the Hellenic and Cyprus Arcs and related geotectonic elements. Mar. Geol., 97, 261-277.
- Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., 1995. The Isparta Angle : Its evolution and importance in the tectonics of the eastern Mediterranean region. IESCA Proceedings, 1, 3-18.
- Barsukov, V.L., Varshal, G.M., Zamokina, N.S., 1985. Recent results of hydrogeochemical studies for earthquake prediction in the USSR, Pure and Applied. Geophysics, 122, 143–156.
- 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, Paris.
- Davraz, A., Karagüzel, R., Soyaslan, İ., 2003. Importance of hydrogeological and hydrological investigations in the residential area in Burdur, Turkey, Environmental Geology, Springer Verlag, 44/7, 852-861, Berlin.
- Dikmen, Ü., 1999. Deprem tahminine yönelik jeofizik araştırmalarda manyetotellürik yöntem. Jeofizik Bülteni, Mayıs '99, 19-20.
- Dilek, Y., Thy, P., Moores, E. M., Ramsden, T. W., 1990. Tectonic evolution of the Troodos Ophiolite within the Tethyan Framework. Tectonics, 9, 811-823.
- Dilek, Y., Moores, E.M., 1990. Regional tectonics of the Eastern Mediterranean Ophiolites, (Malpas, J.; Moores, E.M.,-eds). Ophiolites, Oceanic crustal analogs. Proc. Sym. Geol. Survey Dept., 295-309., Nicosia/Cyprus.
- Dilek, Y., Rowland, J., 1993. Evolution of conjugate passive margin pairs in Mesozoic southern Turkey. Tectonics, 12, 954-970.
- Dobrovolsky, I. P., Zubkov, S. I., Miachkin, V. I., 1979. Estimation of the size of Earthquake Preparation Zones, Pure and Applied Geophysics, 117, 1025–1044.
- Ergünay, O., Zschau, J., 1989. Introduction to the Turkish-German Earthquake Research Project (Ergünay, O.; Zschau, J., -eds). Kiel / Ankara.
- Ertunç, A., Karagüzel, R., Yağmurlu, F., Türker, E., Keskin. N., 2001. Burdur Belediyesi kent merkezi ve yakın çevresinin depremselliği ve yerleşime uygunluk açısından incelenmesi, SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Araştırma Raporu, Isparta.

- Etiope, G., Calcara, M., Quattrocchi, F., 1997. Seismogeochemical algorithms for earthquake prediction: an overview. *Annali di Geofisica*, 40, 1482-1492.
- Fleischer, R.L., 1981. Dislocation model for radon Response to distant earthquakes. *Geophys. Res. Lett.* 8, 477-480.
- Grecksch, G., Roth, F., Kumpel, H.J. 1999. Coeseismic well-level changes due to the 1992 Roermond earthquake compared static deformation of half-space solutions. *Geophysical Journal International*, 138, 470-478.
- Gutenberg, B., Richter, C.F., 1956. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. *Bulletin Seismological Society of America*, 46, 105-145.
- Hayward, A.B., Robertson, A.H.F., 1982. Direction of ophiolite emplacement inferred from Cretaceous and Tertiary Sediments of an Adjacent Autochthon, the Bey Dağları, Southwest Turkey. *Geol. Soc. America Bull.*, 93, 68-75.
- Igarashi, G., Wakita, H. 1995, Geochemical and hydrological bservations for earthquake prediction in Japan, *J. Phys. Earth* 43, 585-598.
- Irlayıcı, A., 1998. Eğirdir ve Burdur Gölleri arasının hidrojeoloji incelemesi. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, 150s., Isparta.
- Işıkkara, A.M., 1985. Jeofizikte Seçimli konular. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 167s., İstanbul.
- Karagüzel, R., Taşdelen, S., Akyol, E., Tokgözlü, A., Irlayıcı, A., 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 arasının jeolojisi ve tektonik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kur. Bülteni*, 37, 119-134.
- Ketin, İ., 1966. Tectonic units of Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, 66, 35, Ankara.
- Ketin, İ., 1993. Genel Jeoloji. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı, yayın no:22, 563 s., İstanbul.
- King, C.Y., 1980. Episodic radon changes in subsurface soil gas along active faults and possible relation to earthquakes: *Journal of Geophysical Res.*, 85, 3065-3078.
- King, C.Y., 1986. Gas geochemistry applied to earthquake prediction. An overview. *Journal of Geophysical Res.*, 91, 12269-12281.
- King, C.Y., Zhang, W., Zhang, Z., 2006. Earthquake-induced groundwater and gas changes. *Pure and Applied Geophysics*, 163, 633-645.
- 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, 510-516, USA.
- Kissel, C., Averbuch, O., Lamottle, D., Monod, O., 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.

- Koçyiğit, A., 1980. Hoyran Gölü yöresinin (Afyon-Isparta) stratigrafik ve tektonik özellikleri. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Genel Jeol. Kürs., Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), 172s. , Ankara.
- Koçyiğit, A., 1981. Isparta Büklümü'nde (Batı Toroslar) Toros karbonat platformunun evrimi. Türkiye Jeoloji Kur. Bülteni. 24, 15-23.
- Koçyiğit, A., 1983. Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) dolayının tektoniği. Türkiye Jeoloji Kur. Bülteni. 26, 1-10.
- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. Türkiye Jeoloji Kur. Bülteni 27, 1-15.
- Le Pichon, X., Angelier, J., 1979. The Hellenic arc and trench system: A Key to the Neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area: Tectonophysics 60, 1-42.
- Madden, T., Mackie, R., 1996. What electrical measurements can say about changes in fault systems, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 93, 3776-3780.
- McKenzie, D., 1978. Active Tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: the Aegean Sea and surrounding regions: Geophys. Jour. Royal Astro. Soc., 55, 217-254.
- Merter, Ü., Genç, S., Tunalı, S., Göksu Z. L., 1986. Isparta ve yöresindeki göllerdeki su kalitesi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler. TÜBİTAK, Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu, Proje no: ÇAG-45/G, Tarım-Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Gn. Md., Ankara.
- Mogi, K., 1962. Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and their relation to earthquake phenomena. Bull. Earthq. Res. Inst. Tokyo Univ., 40, 125-173.
- Mogi, K., Mochizuki, H., Kurokawa, Y., 1989. Temperature changes in an artesian spring at Usami in the Izu peninsula (Japan) and their relation to earthquakes. Tectonophysics, 159, 95-108.
- Mutlutürk, M., Karagüzel, K., Köseoğlu, M., Oran, S., Oğlakçı, M., Taşdelen, S., 1991. Eğirdir Gölü ve havzası kirletici faktörlerinin araştırılması. Göller Bölgesi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu. 479-488, 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, 13, 89-94.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J.F., Uysal, Ş., 1984. The Isparta Angle: A Mesozoic Paleorift in the Western Taurides. Geology of the Taurus Belt (Tekeli, O., Göncüoğlu, M.C., -eds.), International Symposium. 11-26., Ankara.
- Poitrasson, F., Dundas, S., Toutain, J., Munoz, M., Rigo, A., 1999. Earthquake-related elemental and isotopic lead anomaly in a springwater, Earth and Planetary Sci. Lett. 169, 269-276.
- Press, F., Siever, R., 1999. Understanding Earth. W.H. Freeman and Company, 682 s., New York.

- Reid, H.F., 1911. The Elastic rebound theory of earthquakes. Bull Dept. Geology Univ. California, G 413.
- Richter, C., 1935. An instrumental earthquake magnitude scale. Bull. Seis. Soc. Am., 25:1–32.
- Rikitake, T., 1976. Earthquake prediction development in solid earth geophysics 9. Elsevier, Amsterdam.
- Rikitake, T., 1987. Earthquake precursors in Japan, precursor time and detectability, Tectonophysics, 136, 265-282.
- Roeloffs, E., 1988. Hydrologic precursors to the earthquakes: a review. Pure and Applied Geophysics 126, 177-209.
- Sardarov, S.S., 1981, Empirical relationship between anomalies that are short-term predictors of impending earthquakes and earthquake parameters, Earth Sci. Sect., 288, 30-34.
- Semyenov, A.W., 1969. Variations in the travel time of transverse and longitudinal wave before violent earthquakes. Pyhs. Solid Earth, 25, 85-93.
- Silver, P. G., Vallette, N. J., 1992, Detection of hydrothermal precursors to large Northern California Earthquakes, Science 257, 1363–1368.
- Şenel, M., 1997. 1:250 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Isparta paftası. MTA yayınları No:4, 47 s., Ankara.
- Şener, E., Davraz, A., İsmailov, T., 2005. Burdur Gölü seviye değişimlerinin çok zamanlı uydu görüntüleri ile izlenmesi, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu (TURQUA-V), 2-5 Haziran 2005, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 148-156, İstanbul.
- Şengör, A. M. C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları: Türkiye Jeoloji Kurultayı Konferans dizisi, 40 s.
- Smith, A.C., Bernardi, A., McGill, P.R., Ladd, M.E., Helliwell, R.A., Villard, O.G., 1990. Low-frequency magnetic field measurements near the epicenter of the Ms 7.1 Loma Prieta earthquake, Geoph. Res. Letts., 17, 1465-1468.
- Taymaz, T., Price, S., 1992. The 1971, Burdur earthquake sequence, SW Turkey: a synthesis of seismological and geological observations, Geophysical Journal of International, 108, 589– 603.
- Taymaz, T., 1999. Deprem. Cogito Deprem Özel Sayısı. Yapı Kredi Yayınları, 20, 72-87.
- Taymaz, T., 2000. Sultandağı depremi ve Göller Bölgesi'nin depremselliği. Cumhuriyet Bilim ve Teknik Dergisi, 719, 18-19.
- Thomas, D., 1988. Geochemical precursors to seismic activity. Pure Appl. Geophys. 126, 241–265.
- Ünlü, F., 1998. Adana-Osmaniye-Hatay Bölgeleri 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan (M=6.4) depremi sonrası su kimyası çalışmaları, www.deprem.gov.tr.
- Varotro, P., Alexopoulos, K., 1984. Physical properties of the variation of the electric fields of the earth preceding earthquakes. Tectonophysics 110, 73–98.

- Wakita, H., Nakamura, Y., Sano, Y., 1988. Short-term and intermediate-term Geochemical precursors. *Pure Appl. Geophys.* 125, 267–278.
- Wakita, H., 1996, Geochemical challenge to earthquake prediction, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93, 3781– 3786.
- Wang, R., Woith, H., Milkereit C., Zschau, J., 2004. Modelling of hydrogeochemical anomalies induced by distant earthquakes, *Geophys. J. Int.*, 157, 717-726.
- Woith, H., 1996. Spatial and temporal variations of radon in ground air and ground water within the Mudurnu Valley, NW-Turkey. A contrubition to the Turkish-German Joint Project on Earthquake Prediction. Scientific Technical Report, 142 s., GFZ Potsdam.
- Yağmurlu, F., Savaşçın, Y., 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.
- Yağmurlu, F., 2000. Burdur fayının sismotektonik özellikleri, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, İzmir, 143-151.
- Yagmurlu, F., Savaşçın, Y., 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.
- Yağmurlu, F., Şentürk, M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun güncel tektonik yapısı. *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu TURQUA-V*, 55-61.
- Yang, T.F., Fu, C.C., Walia, V., Chen, C.H., Chyi, L.L., Liu, T.K., Song, S.R., Lee, M., Lin, C.W., Lin, C.C., 2006. Seismo-Geochemical variations in SW Taiwan: Multi-parameter automatic gas monitoring results. *Pure and Applied Geophysics*, 163, 693-709.

EKLER

Ek -1 : Çalışma bölgesi ve yakınında 2000 – 2005 yıllarında meydana gelen depremler

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
07.02.1999	37.81	30.08	11.3	3.1	Afyon-Basmakci	Afet İşleri D.A.D
06.06.1999	37.80	30.84	3.8	3.3	Eğirdir-Isparta	Boğaziçi Üniv. KRDAE
29.06.1999	37.76	30.82	10.3	4	Eğirdir-Isparta	Boğaziçi Üniv. KRDAE
06.07.1999	37.80	30.84	3.8	3.3	Eğirdir-Isparta	Boğaziçi Üniv. KRDAE
26.08.1999	38.00	30.68	18.7	3.6	Senirkent	Boğaziçi Üniv. KRDAE
04.09.1999	37.95	30.79	5.9	3.3	Eğirdir-Isparta	Boğaziçi Üniv. KRDAE
04.09.1999	37.92	30.82	4.8	3.5	Eğirdir-Isparta	Boğaziçi Üniv. KRDAE
21.04.2000	37.7	29.25	6.8	5	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
22.04.2000	37.96	29.21	6.1	3.6	Denizli-Akkoy	Afet İşleri D.A.D
24.04.2000	37.14	29.05	10.7	3	Acıpayam-Denizli	Afet İşleri D.A.D
27.04.2000	37.83	29.26	10.9	4	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
01.05.2000	37.75	29.85	4	3.1	Cardak-Denizli	Afet İşleri D.A.D
10.05.2000	37.89	29.21	8.9	3.7	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
12.05.2000	37.84	30.33	9.3	3.3	Keciborlu-Isparta	Afet İşleri D.A.D
18.05.2000	37.97	29.32	14.2	3.4	Cal-Denizli	Afet İşleri D.A.D
04.06.2000	37.66	29.04	11.6	3.5	Denizli	Afet İşleri D.A.D
05.06.2000	37.97	29.07	11.6	3.5	Sarayköy-Denizli	Afet İşleri D.A.D
05.06.2000	37.92	29.03	11.8	3.8	Saraykoy-Denizli	Afet İşleri D.A.D
06.06.2000	37.87	29.06	5.8	3.5	Denizli	Afet İşleri D.A.D
21.06.2000	37.64	29.35	12.4	2.9	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
21.06.2000	37.6	29.4	10.1	3.5	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
21.06.2000	37.68	29.37	11.1	2.7	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
21.06.2000	37.68	29.29	8	3.4	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
29.06.2000	37.5	29.03	5.9	3.6	Denizli Cıvarı	Afet İşleri D.A.D
29.06.2000	37.57	29.01	11	3.6	Denizli Cıvarı	Afet İşleri D.A.D
06.07.2000	37.41	30.2	7	3.5	Burdur'un güneyi	Afet İşleri D.A.D
08.07.2000	37.84	29.25	10.7	3.7	Honaz – Denizli	Afet İşleri D.A.D
10.07.2000	37.81	29.31	11.2	3.8	Honaz – Denizli	Afet İşleri D.A.D
11.07.2000	37.79	29.27	7.1	3.5	Honaz – Denizli	Afet İşleri D.A.D
15.07.2000	37.78	29.2	10.6	3.4	Honaz – Denizli	Afet İşleri D.A.D
24.07.2000	37.68	29.66	7.5	3.7	Honaz – Denizli	Afet İşleri D.A.D
01.08.2000	37.78	29.52	10.6	3	Honaz – Denizli	Afet İşleri D.A.D
10.08.2000	37.89	29.52	4	2.9	Serinhisar-Denizli	Afet İşleri D.A.D
16.08.2000	37.78	29.35	10.9	2.9	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
16.08.2000	37.49	29.03	11.2	3.3	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
20.08.2000	37.4	29	10.7	3	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D

Ek – 1 (devam)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
20.08.2000	37.98	29.08	13.4	3.1	Akköy-Denizli	Afet İşleri D.A.D
22.08.2000	37.64	29.1	10.3	3.6	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
22.08.2000	37.77	29.08	10.6	3.3	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
22.08.2000	37.69	29.24	10.1	3.3	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
23.08.2000	37.3	29.06	3.8	3.5	Tavas – Denizli	Afet İşleri D.A.D
24.08.2000	37.33	29.1	11	3.5	Tavas – Denizli	Afet İşleri D.A.D
28.08.2000	37.4	29.07	10.7	3.3	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
30.08.2000	37.03	29.1	10	3.5	Cameli-Denizli	Afet İşleri D.A.D
31.08.2000	37.58	29.31	5.6	3	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
01.10.2000	37.45	29.03	9.6	3.2	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
04.10.2000	37.78	29	13.2	3.3	Saraykoy-Denizli	Afet İşleri D.A.D
04.10.2000	37.39	29.07	11	3.5	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
04.10.2000	37.6	29.05	10.9	3.4	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
11.10.2000	37.66	29.06	16.4	3.1	Denizli	Afet İşleri D.A.D
19.10.2000	37.8	29.1	11.3	3	Denizli	Afet İşleri D.A.D
22.10.2000	37.87	29.12	10.5	3.4	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
31.10.2000	37.81	29.12	4.9	3	Denizli	Afet İşleri D.A.D
14.11.2000	37.74	29.23	1	3.2	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
10.12.2000	37.4	29.56	12.4	3	Acıpayam-Denizli	Afet İşleri D.A.D
11.12.2000	37.75	29.4	15.9	3.3	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
22.01.2001	37.72	29.42	10.8	3	Honaz-Denizli	Afet İşleri D.A.D
02.02.2001	37.68	30.34	11.1	4.1	Burdur	Afet İşleri D.A.D
02.02.2001	37.68	30.34	11.1	4.1	Burdur	Afet İşleri D.A.D
15.02.2001	37.59	29.22	4.9	3	Tavas-Denizli	Afet İşleri D.A.D
11.05.2001	37.25	30.21	14.7	3.8	Celtikci-Burdur	Afet İşleri D.A.D
24.05.2001	37.93	30.09	11	3.2	Basmakçı-Afyon	Afet İşleri D.A.D
05.06.2001	37.84	29.63	2.2	3.1	Bozkurt-Denizli	Afet İşleri D.A.D
15.06.2001	37.72	29.74	15	3.2	Bozkurt-Denizli	Afet İşleri D.A.D
01.09.2001	37.51	29.39	16.5	2.7	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
10.09.2001	37.46	29.74	3	3.5	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
23.01.2002	37.47	30.82	11.3	3.5	Eğirdir-İSPARTA	Bogaziçi Üniv. KRDAE
11.02.2002	37.8847	29.2455	4.6	3.5	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
03.04.2002	37.709	30.2631	10.6	4.2	Merkez-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
05.04.2002	37.7267	30.1948	7.1	3.8	Merkez-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
19.04.2002	37.8777	29.7437	6.9	3	Dazkırı-AFYON	Afet İşleri D.A.D
06.05.2002	37.7308	29.5423	9.8	3.2	Bozkurt-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
04.07.2002	37.2962	29.0281	10.9	3.7	Tavas-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D

Ek – 1 (devam)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
30.07.2002	37.7474	29.2122	10	4.6	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
19.11.2002	37.77	30.35	8	3.4	BURDUR	Afet İşleri D.A.D
02.12.2002	37.42	30.29	6.1	3.4	Çeltikçi-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
07.12.2002	37.54	30.16	5.8	3.5	Merkez-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
24.12.2002	37.88	29.79	10.6	3.7	Dazkırı-AFYON	Afet İşleri D.A.D
17.01.2003	37.87	29.43	4.4	3.8	Bozkurt-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
10.03.2003	37.07	29.28	7.2	3	Çameli-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.03.2003	37.28	30.52	30	3.1	Bucak-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
08.04.2003	37.77	29.07	4.7	2.8	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
06.06.2003	37.68	29.8	5.9	3.3	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
09.06.2003	37.88	29.51	5.8	3.3	Bozkurt-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
13.07.2003	37.73	29.18	3	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
19.07.2003	37.36	30.3	10.4	3.2	Çeltikçi-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
26.07.2003	37.99	29.03	10.2	2.4	Sarayköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
01.08.2003	37.91	30.09	9.9	3.1	Başmakçı-AFYON	Afet İşleri D.A.D
10.08.2003	37.5	29.75	7	3.1	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
12.09.2003	37.94	29.04	7.1	2.8	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
17.09.2003	37.47	29.77	9	3	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
19.09.2003	37.8	29.24	2	2.8	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
01.10.2003	37.45	29.88	10.8	3.4	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
06.10.2003	37.88	29.14	8.1	2.8	DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
08.10.2003	37.99	30.09	7.1	3.1	Dinar-AFYON	Afet İşleri D.A.D
11.10.2003	37.79	29.6	11.4	3.2	Bozkurt-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
15.10.2003	37.01	29.81	7.5	3	Cavdır-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
18.10.2003	37.68	29.4	10.4	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
19.10.2003	37.71	29.41	2.1	3.2	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
21.10.2003	37	29.9	6.5	3.2	Korkuteli-ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
22.10.2003	37.65	29.06	6.4	2.8	Tavas-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
22.10.2003	37.9	29.28	3.7	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
11.11.2003	37.83	29.25	4.5	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
15.11.2003	37.8	29.25	4.5	3.3	DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
15.11.2003	37.77	29.25	6.7	3.3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.11.2003	37.94	29.15	8	3.1	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.11.2003	37.95	29.18	4	2.8	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.11.2003	37.91	29.12	10	2.8	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.11.2003	37.91	29.1	9	2.7	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D

Ek – 1 (devam)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
22.11.2003	37.6	29.45	3	2.5	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
22.11.2003	37.94	29.2	8.6	2.9	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
22.11.2003	37.93	29.16	10.9	2.6	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
23.11.2003	37.95	29.36	1	2.6	Çal-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
25.11.2003	37.94	29.11	6.1	2.8	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
13.12.2003	37.97	29.31	1.6	2.7	Çal-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.12.2003	37.59	30.7	5.1	3.7	Bucak-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.12.2003	37.6	30.7	4.6	3.4	Bucak-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
19.12.2003	37.67	29.29	1.3	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
19.12.2003	37.61	29.29	5.4	3	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.12.2003	37.9	29.35	2.9	2.5	Çal-Denizli	Afet İşleri D.A.D
21.12.2003	37.83	29.03	8	2.7	DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
07.01.2004	37.6	30.37	1.8	3.2	BURDUR	Afet İşleri D.A.D
10.01.2004	37.69	30.89	6.3	3	Eğirdir-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
10.01.2004	37.76	30.79	11.8	3.1	Eğirdir-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
13.01.2004	37.6335	30.8359	6.1	2.9	Eğirdir-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
13.01.2004	37.99	30.21	10.2	2.9	Dinar-AFYON	Afet İşleri D.A.D
15.01.2004	37.85	29.27	3.6	2.6	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.01.2004	37.89	29.24	9.5	2.5	Babadağ-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
28.01.2004	37.1063	29.3562	8	3.2	Çameli-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
28.01.2004	37.8387	29.4271	5.8	2.4	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
01.02.2004	37.17	30.28	6	3	Korkuteli-ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
10.02.2004	37.7208	29.3049	1.5	2.4	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.02.2004	37.92	29.363	1	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.02.2004	37.862	29.3879	3.7	2.6	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.02.2004	37.8035	29.381	5.6	2.5	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.02.2004	37.802	29.398	8.5	2.4	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
17.02.2004	37.8976	29.206	3	3.3	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
17.02.2004	37.8756	29.231	7	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
18.02.2004	37.8298	29.1506	1	2.9	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
18.02.2004	37.8385	29.5171	2.6	2.4	Bozkurt-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
18.02.2004	37.8112	29.125	3.7	3.1	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
18.02.2004	37.7838	29.2023	13.7	2.5	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
23.02.2004	37.6885	29.187	3	2.4	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.02.2004	37.6031	30.9597	4.3	3.3	Sütçüler-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
28.02.2004	37.0745	30.4844	89.6	3.6	Korkuteli-ANTALYA	Afet İşleri D.A.D

Ek – 1 (devam)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
03.03.2004	37.6661	29.969	3.6	3.4	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
05.03.2004	37.9506	29.018	11.2	2.5	Sarayköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
12.03.2004	37.6439	29.1763	1	2.7	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
12.03.2004	37.7399	29.2309	2.5	2.8	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.03.2004	37.804	30.5701	1.5	2.9	Merkez-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
22.03.2004	37.7067	29.0258	1	3	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
03.04.2004	37.0343	29.9943	6.1	3.2	Korkuteli-ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
06.04.2004	37.9408	30.0632	5	2.8	Dinar-AFYON	Afet İşleri D.A.D
09.04.2004	37.0179	30.7798	6.9	3.2	ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
10.04.2004	37.916	29.453	1.4	2.4	Baklan-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
12.04.2004	37.8399	29.7135	16.5	2.6	Çardak-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
13.04.2004	37.8619	29.2468	3.2	2.6	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
13.04.2004	37.8056	29.3962	7.1	2.7	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.04.2004	37.6036	29.1809	1.6	2.4	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.04.2004	37.9722	30.2921	3.4	2.7	Keçiborlu-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
30.04.2004	37.4835	29.2348	9.7	2.6	Acipayam-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
03.05.2004	37.8108	30.1377	3	3	Keciborlu-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
04.05.2004	37.6742	29.2249	1.7	2.3	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
05.05.2004	37.9028	30.7838	3.4	2.8	Egridir-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
05.05.2004	37.4641	30.1411	2.5	2.3	Kemer-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
11.05.2004	37.2258	30.4108	7.8	3.4	Merkez-ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
13.05.2004	37.8311	29.3652	10.9	2.7	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.607	29.7281	3.4	2.6	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5561	29.1817	14.2	2.8	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5585	29.6628	3.8	3	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5456	29.616	4.8	2.6	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.519	29.329	10	2.6	Acipayam-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5556	29.6578	4.1	2.8	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5037	29.5958	8.7	3.2	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5746	29.6648	3	2.8	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5031	29.532	4.2	2.7	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.5539	29.5679	10.1	3.9	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
14.05.2004	37.2601	29.6588	5.9	2.7	Tefenni-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
15.05.2004	37.4411	29.6976	2.8	2.8	Yeşilova-BURDUR	Afet İşleri D.A.D

Ek – 1 (devam)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
16.05.2004	37.7887	30.5425	16	2.9	Merkez-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
27.05.2004	37.8806	30.7564	2.3	3	Eğirdir-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
28.05.2004	37.9259	29.0555	5.1	2.5	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
30.05.2004	37.8991	29.2346	11.5	2.6	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
01.06.2004	37.6296	30.7469	5.7	3	Merkez-İSPARTA	Afet İşleri D.A.D
04.06.2004	37.7998	29.0761	1	2.9	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
04.06.2004	37.8065	29.1135	1.3	2.8	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
07.06.2004	37.8418	30.2369	3	2.4	Keciborlu-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
07.06.2004	37.6162	29.1928	1.4	2	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
13.06.2004	37.5284	29.2587	1	2.5	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.06.2004	37.892	29.3186	8.9	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.06.2004	37.9084	29.2142	6.9	3.5	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
17.06.2004	37.7696	29.4858	11.5	2.7	Domanıç-KÜTAHYA	Afet İşleri D.A.D
17.06.2004	37.7362	29.1202	3	2.4	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
25.06.2004	37.6598	29.1277	2.5	2.5	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.06.2004	37.1902	29.5829	5	3.1	Göhlhisar-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
30.06.2004	37.2207	29.0374	7.2	2.3	Tavas-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
02.07.2004	37.8956	29.332	2.4	2.6	Çal-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
05.07.2004	37.88	29.454	6.5	2.4	Baklan-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
08.07.2004	37.2685	29.4846	3.7	3	Acıpayam-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
08.07.2004	37.7096	29.3777	10.7	2.8	Tavşanlı-KÜTAHYA	Afet İşleri D.A.D
15.07.2004	37.4101	29.2037	10.5	2.8	Acıpayam-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.07.2004	37.1983	29.3262	5	2.9	Acıpayam-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
18.07.2004	37.0254	29.0428	10.7	2.6	Dalaman-MUĞLA	Afet İşleri D.A.D
19.07.2004	37.3853	29.1865	3.2	2.9	Acıpayam-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.07.2004	37.8258	29.5374	2.5	2.5	Bozkurt-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.07.2004	37.3654	29.1765	2	2.4	Tavas-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
21.07.2004	37.9428	29.0777	10.8	2.6	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
22.07.2004	37.9281	29.5329	10.2	2.9	Germencik-AYDIN	Afet İşleri D.A.D
22.07.2004	37.95	29.02	5.8	3	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
23.07.2004	37.9533	29.1261	10.8	2.4	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
25.07.2004	37.9841	29.5734	9.1	3.1	Baklan-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
29.07.2004	37.0849	29.4743	10	2.8	Göhlhisar-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
30.07.2004	37.904	29.3258	1.6	2.9	Çal-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.08.2004	37.9378	29.0602	4.5	2.7	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D

Ek – 1 (devam)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
16.08.2004	37.706	29.352	12.9	2.9	Tavşanlı-KÜTAHYA	Afet İşleri D.A.D
17.08.2004	37.8745	30.6885	12	3.8	Merkez-İSPARTA	Afet İşleri D.A.D
23.08.2004	37.9583	29.152	8.4	2.5	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
23.08.2004	37.811	30.737	1.1	2.9	Merkez-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
26.08.2004	37.9687	29.5219	5	2.7	Baklan-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
27.08.2004	37.8046	29.3014	10.7	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
30.08.2004	37.7669	29.2366	4.1	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
15.09.2004	37.845	29.2597	5.3	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.09.2004	37.77	29.27	6	3.7	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.09.2004	37.7098	29.207	2.8	2.5	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.09.2004	37.6557	29.3018	3.5	2.6	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.09.2004	37.6574	29.292	2.5	2.3	Serinhisar-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.09.2004	37.8353	29.147	1.9	2.1	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
17.09.2004	37.7568	29.1669	2.2	2.9	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
18.09.2004	37.6995	29.3492	2.2	2.7	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
19.09.2004	37.679	29.3692	1	2.3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
19.09.2004	37.8297	29.6175	11.1	2.6	Çardak-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.09.2004	37.8502	29.4687	17.6	3.2	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.09.2004	37.7401	29.365	1	2.5	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.09.2004	37.8903	29.3666	3.4	2.7	Çal-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
20.09.2004	37.7688	29.1022	2.5	3.1	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
23.09.2004	37.4388	30.251	7.7	2.7	Merkez-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
24.09.2004	37.7833	29.9738	12.1	2.6	Merkez-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
25.09.2004	37.4956	29.4229	5.1	2.7	Acipayam-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
25.09.2004	37.7107	29.082	1.6	2.8	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.09.2004	37.7481	29.0585	3	3.8	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.09.2004	37.6968	29.212	8	2.8	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.09.2004	37.7117	29.3606	11.4	2.6	Tavşanlı-KÜTAHYA	Afet İşleri D.A.D
27.09.2004	37.9715	29.2483	5.8	2.9	Çal-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
04.10.2004	37.2147	30.349	10.4	3.9	Korkuteli-ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
05.10.2004	37.0123	30.3433	6.7	3	Korkuteli-ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
07.10.2004	37.8069	30.106	5.2	2.6	Keçiborlu-İSPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
08.10.2004	37.7511	29.3025	1	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
09.10.2004	37.9612	29.058	8.7	2	Akköy-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
09.10.2004	37.8736	29.4814	5.5	2.8	Baklan-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
10.10.2004	37.8866	29.5297	1	2.5	Bozkurt-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D

Ek – 1 (devam)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (M)	Yer	Verilerin Alındığı Yer
12.10.2004	37.8603	29.4686	7.4	2.6	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
13.10.2004	37.3989	30.9333	6.7	3.1	Sütçüler- ISPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
13.10.2004	37.671	29.0925	3.9	2.6	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.10.2004	37.6327	29.3094	1.2	2.4	Serinhisar- DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
15.10.2004	37.6183	29.2282	3.9	2.7	Serinhisar- DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
18.10.2004	37.7696	29.1079	9.5	2.9	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
19.10.2004	37.7362	29.1825	5.8	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
26.10.2004	37.8013	29.3652	1	3	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
28.10.2004	37.8804	29.411	11.4	2.5	Çal-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
28.10.2004	37.9405	29.0431	7.3	2.4	Akköy-Denizli	Afet İşleri D.A.D
31.10.2004	37.8307	29.4194	3.1	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
01.11.2004	37.7045	29.199	1.4	2.3	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
03.11.2004	37.6568	29.4022	1	2.8	Acıpayam- DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
06.11.2004	37.6326	29.212	7.6	2.4	Serinhisar- DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
06.11.2004	37.1376	30.3221	8.9	3.2	Korkuteli- ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
07.11.2004	37.8816	29.1344	1.8	2.9	Merkez-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
10.11.2004	37.8104	29.288	9.3	2.5	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
11.11.2004	37.3103	30.3038	10	2.5	Bucak-BURDUR	Afet İşleri D.A.D
11.11.2004	37.795	29.333	8.7	2.9	Honaz-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
16.11.2004	37.7152	30.8717	10	3.1	Eğirdir-ISPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
28.11.2004	37.91	30.7597	7.9	3.5	Eğirdir-ISPARTA	Boğaziçi Üniv. KRDAE
02.12.2004	37.7124	29.7145	11	2.3	Cardak-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
14.12.2004	37.6843	29.6509	10.4	2.8	Çardak-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D
22.12.2004	37.0754	30.493	18.4	3.1	Merkez- ANTALYA	Afet İşleri D.A.D
23.12.2004	37.5977	29.0971	6.7	2.8	Tavas-DENİZLİ	Afet İşleri D.A.D

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ziya ÖNCÜ

Doğum Yeri ve Yılı: Ankara, 1974

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Yenimahalle Endüstri Meslek ve Teknik Lisesi, Ankara, 1990

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği, Isparta, 1995.

Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği, Isparta, 1999.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Uzman, Dumlupınar Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, 1996-1997

Uzman, Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, 1997-2005

Öğr.Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Müh. Bl. 2005-

Yayınları (SCI ve diğer makaleler)

1- ÖNCÜ, Z. ve KAMACI, Z. , 2002, Yüzey Sismik Tomografi ile Yeraltı yapısının İncelenmesi.S.D.Ü. Fen Bilimleri dergisi, Cilt 6, Sayı 2, 170-179.