Porsuk Havzası (Eskişehir) Yeraltısularında Mevsimsel ve Depremselliğe Bağlı Hidrojeolojik Değişimlerin Araştırılması

Didem Yasin

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Mart, 2012

Investigation of Hydrogeological Changes Induced by Earthquakes and Seasonal Variations in Groundwater of Porsuk Basin (Eskişehir)

Didem Yasin

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Geological Engineering

March 2012

Porsuk Havzası (Eskişehir) Yeraltısularında Mevsimsel ve Depremselliğe Bağlı Hidrojeolojik Değişimlerin Araştırılması

Didem Yasin

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Mineraloji-Petrografi Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Galip YÜCE

Mart, 2012

ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora öğrencisi Didem Yasin'in DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Porsuk Havzası (Eskişehir) Yeraltısularında Mevsimsel ve Depremselliğe Bağlı Hidrojeolojik Değişimlerin Araştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Galip YÜCE

İkinci Danışman **:** Yrd. Doç. Dr. Nihat ADAR

Doktora Tez Savunma Jürisi:

Üye : Pof. Dr. Nilgün GÜLEÇ

Üye : Prof. Dr. Halim MUTLU

Üye : Doç. Dr. Galip YÜCE

Üye : Doç. Dr. H.Tolga YALÇIN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nihat ADAR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Türkiye'nin büyük bir bölümü deprem üreten aktif tektonik kuşaklar içerisinde yer almaktadır. Eskişehir bölgesi tektonik açıdan kısmen hareketli bir bölgedir. Çalışmanın amacı Eskişehir bölgesinde, akiferdeki gaz ve akışkan özelliklerindeki değişimleri izleyerek, bunlar içerisinden çalışma alanına yakın olan depremler ile olabilecek değişimleri gözlemektir.

Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda dört adet (Kandilli, Sivrihisar, Uyuzhamam sıcaksu kaynağı, Uyuzhamam soğuksu kuyusu) çoklu parametre gözlem istasyonu kurulmuştur.

İstasyonlarda ölçülen parametreler radon, CO_2, redoks potansiyeli, elektriksel iletkenlik, pH, su seviyesi, su sıcaklığı ve meteorolojik faktörlerdir. İstasyonların izlenmesi sonucunda 2006-2007 yılları arasında 26000, 2010-2011 yılları arasında 35000 verilik bir veri tabanı elde edilmiştir. Veriler ölçüm süresi boyunca sismik aktiviteye karşı çizilen grafikler ile analiz edilmiştir. İstatistiki olasılıkların dışında olan, anomali içerebilecek verilerin sinyal zaman grafikleri eğim zaman grafiklerine dönüştürülmüş, bunun için FFT ve eğim analizi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, özellikle Kütahya ve Eskişehir depremlerinde CO_2, radon, redoks potansiyeli, su sıcaklığı gibi parametrelerde sıra dışı değişimler izlenmiştir. Özellikle, Kandilli istasyonunda farklı zamanlardaki depremler ile aynı davranış izlenmiştir. Su kimyası analizlerinde örnekleme yapılan dönemlerde sismisite ile olabilecek bir değişim gözlenmemiştir.

İzleme sonucunda Kandilli istasyonunda yaklaşık episantr uzaklığı ortalama 120 km olan, büyüklüğü 2.9 ile 5 arasında değişen, Uyuzhamam sıcaksu kaynağında, episantr uzaklığı ortalama 110 km olan, büyüklüğü 3.1-3.8 arasında değişen, Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonunda episantr uzaklığı 27 km, büyüklüğü 2.5 olan depremlerin parametrelerdeki değişimlerde etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Eskişehir, deprem, CO_2, radon, yeraltısuyu

SUMMARY

Many parts of Turkey are situated on active tectonic zones generating strong earthquakes. In this respect, Eskisehir Region is a moderately active tectonic region. The aim of this study is to monitor changes in fluid and gas compounds in aquifer systems in order to determine possible anomalies originated from the seismicity around Eskisehir Region.

In order to achieve this purpose, four (Kandilli, Sivrihisar, Uyuzhamam thermalwater, Uyuzhamam mineralwater) multi-parameter observation stations installed around Eskisehir.

The measured parameters in the monitoring stations are radon, CO_2, redox potential, electrical conductivity, pH, water level, water temperature, and meteorological factors. By monitoring of parameters mentioned above, database comprising 26 000 data between 2006-2007, 35 000 data between 2010-2011 were obtained. All the parameters were scrutinized in graphics drawn against to seismic activities throughout the monitoring period. Except for statistical probabilities, signal versus time graphics are transformed into slope versus time graphics by FFT and slope analysis. As a result of data analyzing, changes in CO_2, radon, redox potential, water temperature parameters were mainly observed possibly related to Kutahya and Eskisehir earthquakes. Particularly, repeated radon anomalies in Kandilli station were observed at different earthquake occurrences. No changes were observed by seismicity in water chemistry during the sampling periods.

In conclusion, earthquakes of magnitude between 2.9-5 occurred within the distance of 120 km to Kandilli, magnitude between 3.1-3.8 occurred within the distance of 110 km to Uyuzhamam thermalwater and magnitude 2.5 occurred within the distance of 27 km to Uyuzhamam mineralwater station caused changes in monitored parameters.

Key Words: Eskisehir, earthquake, CO_2, radon, groundwater

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının her aşamasında desteğini esirgemeyen, beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Galip YÜCE'ye;

tezin gelişme aşamalarında destek gördüğüm Prof. Dr. Nilgün Güleç, Prof. Dr. Halim MUTLU, Doç. Dr. Tolga YALÇIN'a, eş danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nihat ADAR'a

elektriksel aksaklıkların giderilmesi konusunda yardımcı olan Elektrik Müh. Levent EGÜZ'e

elektronik aksaklıkların giderilmesinde desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Selçuk CANBEK'e

DSİ III. Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Şube Müdürlüğü çalışanlarına,

Yüksek Jeoloji Mühendisi Candan ALPTEKİN'e, Jeoloji Mühendisi Ahmet Hilmi GÜLBAY ve

beni sürekli destekleyen aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışması, TÜBİTAK (103Y171 ve 109Y200 nolu projeler) ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (15031 ve 15046 nolu projeler) Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna tarafından destelenerek hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET……..…..V
SUMMARY……VI
TEŞEKKÜR…….……....VII
ŞEKİLLER DİZİNİ…….…….XI
ÇİZELGELER DİZİNİ…….…XIX
EKLER DİZİNİ……..……...……..XX

1. GİRİŞ…… …….1
1.1. Çalışmanın Amacı……..……1
1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması……...……...1
1.2.1. İklim ve Bitki Örtüsü……..…..3
1.2.2. Sosyo-Ekonomik Yapı…….....3
1.3. Önceki Çalışmalar……..……..…..……3
1.4. Genel Bilgiler…….….14
1.4.1. Radon nedir ?…….….14
1.4.2. Depremler ile çeşitli parametrelerde oluşan değişimlere örnekler…..15

2. TEKTONİK, JEOLOJİ, HİDROLOJİ VE HİDROJEOLOJİ…….....18
2.1. Tektonik……..…….18
2.2. Jeoloji……21
2.2.1. Alpu Ovası……...21
2.2.2. Yukarı Sakarya Havzası…….…….….24
2.2.3. Eskişehir ve İnönü Ovaları……..25
2.3. Hidroloji…….…….28
2.3.1. Alpu Ovası…….…….28
2.3.1.1. Akarsular……..…….28
2.3.1.2. Kaynaklar……..……28
2.3.1.3. Sondaj Kuyuları……...…….29

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.3.2. Yukarı Sakarya Havzası ……38
2.3.2.1. Akarsular……38
2.3.2.2. Kaynaklar……38
2.3.2.3. Sondaj Kuyuları……38
2.3.3. Eskişehir-İnönü Ovası……42
2.3.3.1. Akarsular……42
2.3.3.2. Kaynaklar……42
2.3.3.3. Sondaj Kuyuları……42
2.4. Hidrojeoloji……46
2.4.1. Alpu Ovası……46
2.4.1.1 Yeraltısuyu kotu……46
2.4.1.2. Akifer birimler……50
2.4.2. Yukarı Sakarya Havzası……52
2.4.2.1 Yeraltısuyu kotu……52
2.4.2.2. Akifer birimler……55
2.4.3. Eskişehir-İnönü Ovası……55
2.4.3.1 Yeraltısuyu kotu……55
2.4.3.2. Akifer birimler……57

3. YÖNTEM……58
3.1. İstasyon yerlerinin seçilmesi……58
3.1.1. Tektonik Durum ……58
3.1.2. Hidrojeolojik Durum……58
3.2. İstasyon Yerleri Ve İstasyonların Kurulma Çalışmaları……59
3.3. İstasyonlara Yerleştirilen Aygıtlar Ve Çalışma Prensibleri……64
3.4. Verilerin Değerlendirilmesine İlişkin Yöntem……69
3.5. İstasyonların Kurulmasında ve İşletilmesinde İdari ve Teknik Sorunlar…75
3.6. Su Kimyası Çalışmaları……77

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA……..…79

4.1 Verilerin Değerlendirilmesine Giriş…….79

4.1.1. Meteorolojik veriler…….……86

4.1.1.1. Kandilli istasyonu…….……86

4.1.1.2. Sivrihisar istasyonu…….…….97

4.1.1.3 Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı İstasyonu…….……..97

4.1.1.4. Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu……104

4.1.2. Hızlı Fourier Dönüşümü……...….119

4.1.3. Su Kimyası Sonuçları……...…….130

4.1.3.1. Sulardaki izotop, ağır metal, anyon katyon ve radyoaktivite değerlerinin zaman içerisinde ve sismisite ile olan değişimleri…….……142

4.2. Genel Sonuçlar……..…….160

4.3. Çıkarımlar ve Öneriler……..……162

5. KAYNAKLAR DİZİNİ……...164

ÖZGEÇMİŞ…….174

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil		Sayfa
1.1.	Yerbulduru haritası	2
1.2.	U-238 Serisinin Radon-222'ye kadar olan parçalanması	15
1.3.	İzu depreminde görülen değişimler	16
1.4.	Slovenya'daki bir istasyona ait barometrik basınç ve su seviyesi değişimi	17
2.1.	Anadolu'nun Neotektonik Alt Bölümleri	18
2.2.	Trakya Eskişehir Fay Zonu	19
2.3.	Eskişehir ve çevresinin tektonik haritası	19
2.4.	Trakya Eskişehir Fay Zonu ve Kuzey Anadolu Fayı arasındaki ilişkiyi açıklayan model	20
2.5.	Limnigraflı Kuyuların Kırık Haritası Üzerindeki Konumları	21
2.6.	Alpu Ovası'nın jeoloji haritası	23
2.7.	Yukarı Sakarya Havzası Jeoloji Haritası	25
2.8.	Eskişehir İnönü Ovası Jeoloji Haritası	27
2.9.	Alpu Ovası kuyu logları	30
2.10.	Yukarı Sakarya Havzası kuyu logları	39
2.11.	İnönü Ovası kuyu logları	44
2.12a.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 Yağışlı Dönem)	47
2.12b.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 Kurak Dönem)	47
2.12c.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 Yağışlı Dönem)	48
2.12d.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 Kurak Dönem)	48
2.12e.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Yağışlı Dönem)	48
2.12f.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Kurak Dönem)	49
2.12g.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Yağışlı Dönem)	49
2.12h.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Kurak Dönem)	49
2.12ı.	Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2011 Yağışlı Dönem)	50
2.13a.	Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Yağışlı Dönem)	53
2.13b.	Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Kurak Dönem)	53

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil		Sayfa
2.13c.	Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Yağışlı Dönem).	54
2.13d.	Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Kurak Dönem)...	54
2.13e.	Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2011 Yağışlı Dönem).	55
2.14a.	İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 yağışlı dönem)……..……	56
2.14b.	İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 kurak dönem)……...….......	56
2.14c.	İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 yağışlı dönem)……..……...	57
2.14d.	İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 kurak dönem)……..……....	57
2.14e.	İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 yağışlı dönem)……...……...	57
3.1.	Sivrihisar kuyusuna ait yeraltısuyu seviyesi- deprem büyüklüğü-zaman grafiği (Yüce and Ugurluoglu, 2003)……..……..	59
3.2.	İstasyon yerlerinin tespiti için ilksel ölçümlerin yapılması……..…….	60
3.3.	Gözlem istasyonlarının yerleri……..	61
3.4.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu kuyusunun techiz inilmeden önceki hali…….	62
3.5.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu kuyusunun techiz inildikten sonraki hali…….	62
3.6.	Kandilli istasyondan Eskişehir-İnönü fay segmentinin görünümü……...	63
3.7.	Kandilli istasyonunda boşaltılacak suyun araziye zarar vermesini önlemek amacı ile deşarjın toprak içerisine gömülü şekilde yeralması için yapılan kanal kazı çalışması……	63
3.8.	Kandilli istasyonunda suyun kanala deşarjı……..	64
3.9.	İstasyonlara yerleştirilen aygıtlar……..	65
3.10.	İstasyonlara yerleştirilen ana kontrol ünitesi (CPU)…….……	66
3.11.	İstasyonlara yerleştirilen cihazların genel görünümü……...…….	66
3.12.	Donmaya karşı yapılan ısı yalıtımı……...…….	67
3.13.	MEDAS programı konfigürasyon arayüzü……...…….	68
3.14.	Deprem etkilerinin hesaplamak ve E (deprem etkisi) >0.35 olan depremler seçebilmek için hazıralanan makro programı……...	69
3.15.	Kontroller sırasında karşılaşılan suların kimyasal özelliğininin yol açtığı problardaki problem……..……	76

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil		Sayfa
3.16.	Kontroller sırasında karşılaşılan suların kimyasal özelliğininin yol açtığı bareldeki problem	77
4.1a.	Kandilli istasyonuna ait veriler (15 Ağustos 2006 - 17 Mayıs 2007)	80
4.1b.	Kandilli istasyonuna ait veriler (15 Ağustos 2010 - 30 Aralık 2010)	80
4.1c.	Kandilli istasyonuna ait veriler (30 Aralık 2010- 9 Haziran 2011)	81
4.2a.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait veriler (18 Ağustos 2006- 12 Nisan 2007)	81
4.2b.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait veriler (11 Haziran 2010 – 19 Aralık 2010)	82
4.2c.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait veriler (19 Aralık 2010 – 9 Haziran 2011)	82
4.3a.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait veriler (18 Ağustos 2006 – 12 Nisan 2007)	83
4.3b.	Uyuzhamam soğuksu istasyonuna ait veriler (8 Mayıs 19 Aralık 2010)	83
4.3c.	Uyuzhamam soğuksu istasyonuna ait veriler (19 Aralık 2010- 6 Haziran 2011)	84
4.4a.	Sivrihisar istasyonuna ait veriler (17 Ağustos 2006- 29 Haziran 2007)	84
4.4b.	Sivrihisar istasyonuna ait veriler (8 Mayıs 2010 - 2 Kasım 2010)	85
4.4c.	Sivrihisar istasyonuna ait veriler (2 Kasım 2010 - 9 Haziran 2011)	85
4.5.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç ve yağış grafiği (15 Ağustos 2006-15 Mayıs 2007)	87
4.6.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (6 Haziran 2010-11 Aralık 2010)	88
4.7.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (14 Aralık 2010 -17 Mayıs 2011)	89
4.8.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (16 Eylül-4 Ekim 2006)	90
4.9.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (5 Ekim-25 Ekim 2006)	91
4.10.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (1 Aralık-31Aralık 2006)	92
4.11.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (31 Aralık 2006-1 Şubat 2007)	93

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil		Sayfa
4.12.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (2 Şubat-28 Şubat 2007)……..94	
4.13.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (25 Mart-15 Nisan 2007)……..95	
4.14.	Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (29 Mayıs-9 Haziran 2011)……..96	
4.15.	Kandilli istasyonuna ait su sıcaklığı CO_2 grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011).98	
4.16.	Kandilli istasyonuna ait su sıcaklığı-CO_2-yağış grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011) ……99	
4.17.	Kandilli istasyonuna ait EC-su sıcaklığı değişim grafiği (21 Mayıs-9 Haziran 2011)……100	
4.18.	Kandilli istasyonuna ait EC-su sıcaklığı yağış grafiği (21 Mayıs-9 Haziran 2011)……101	
4.19.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı EC grafiği (1 Aralık-31 Aralık 2006)……...……102	
4.20.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı redoks grafiği (1 Aralık -31 Aralık 2006)……...103	
4.21.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait radon-CO_2 grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011)…….105	
4.22.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı EC grafiği (1 Aralık-31 Aralık 2006)……...106	
4.23.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı EC grafiği (1 Aralık - 31 Aralık 2006)……...107	
4.24.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait radon-CO_2-yağış grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011)……108	
4.25.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait radon su sıcaklığı grafiği (2-19 Aralık 2006)……...109	
4.26.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait CO_2 radon grafiği (22 Haziran - 12 Temmuz 2010)……...110	
4.27.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait EC redoks grafiği (22 Haziran - 12 Temmuz 2010)……...111	
4.28.	Kandilli istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (5 Ekim- 25 Ekim 2006)……..113	
4.29.	Kandilli istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (25 Mart – 15 Nisan 2007)……..113	

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.30. Kandilli istasyonu CO_2 değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (25 Mart – 15 Nisan 2007)……..114

4.31. Kandilli istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (29 Mayıs- 6 Haziran 2011)……114

4.32. Kandilli istasyonu su sıcaklığı değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)……..115

4.33. Kandilli istasyonu CO_2 değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)……..115

4.34. Kandilli istasyonu EC değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)……..116

4.35. Kandilli istasyonu su sıcaklığı değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)……..116

4.36. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonu su sıcaklığı değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (1 Aralık-31 Aralık 2006)….117

4.37. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-27 Mayıs 2011)……...117

4.38. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonu CO_2 değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011)……...118

4.39. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (22 Haziran-12 Temmuz 2011)……....118

4.40. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu redoks potansiyeli değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (22 Haziran–12 Temmuz 2011)……119

4.41. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu elektriksel iletkenlik değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (22 Haziran–12 Temmuz 2011)……119

4.42. Matlab 7.11 programının arayüzü ……121

4.43. Kandilli istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (5 Ekim-25 Ekim 2006)……...122

4.44. Kandilli istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (25 Mart- 15 Nisan 2007)…… ……123

4.45. Kandilli istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (29 Mayıs- 9 Haziran 2011)……...124

4.46. Şekil 4.46. Kandilli istasyonuna ait CO2 verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)……..125

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil		Sayfa
4.47.	Kandilli istasyonuna ait su sıcaklığı verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)……..	126
4.48.	Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011)……..	127
4.49.	Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (22 Haziran-12 Temmuz 2010)……...	128
4.50.	Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu istasyonuna ait redoks potansiyeli verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (22 Haziran-12 Temmuz 2010)…….	129
4.51.	δ18O-δD grafiği……..	135
4.52.	Sivrihisar istasyonuna ait Scholler diyagramı…….	137
4.53.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait Scholler diyagramı…..…..….	137
4.54.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait Scholler diyagramı……...…..…	138
4.55.	Kandilli istasyonuna ait Scholler diyagramı……..….	138
4.56.	Sivrihisar istasyonuna ait Piper diyagramı……..	139
4.57.	Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait Piper diyagramı……..	139
4.58.	Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait Piper diyagramı……...	140
4.59.	Kandilli istasyonuna ait Piper diyagramı……... ……	140
4.60.	δ18O -T grafiği……	141
4.61a.	Sivrihisar istasyonuna ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği……..……	146
4.61b.	Sivrihisar istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği……..	146
4.61c.	Sivrihisar istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği……..	146
4.61d.	Sivrihisar istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği……..	147
4.62a.	Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği……..	147
4.62b.	Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği……..	147
4.62c.	Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği……..	148

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.62d. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Li, Zn) zamana karşı değişim grafiği……..148

4.62e. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği……..148

4.62f. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (I, As) zamana karşı değişim grafiği……..149

4.63a. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonununa ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği……149

4.63b. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği……149

4.63c. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği……150

4.63d. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği……150

4.64a. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği……...150

4.64b. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği……...151

4.64c. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği……151

4.64d. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Li, Zn) zamana karşı değişim grafiği……151

4.64e. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği……152

4.65a. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonununa ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği……..152

4.65b. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği……152

4.65c. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği……153

4.65d. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği……153

4.66a. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği……...153

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.66b. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği……...154

4.66c. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği……154

4.66d. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği……154

4.66e. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği……155

4.67a. Kandilli istasyonununa ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği……..155

4.67b. Kandilli istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği……..155

4.67c. Kandilli istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği……..156

4.67d. Kandilli istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği…156

4.68a. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği……..156

4.68b. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği……..157

4.68c. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği……..157

4.68d. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Li, Zn) zamana karşı değişim grafiği…….157

4.68e. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği…….158

4.68f. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (I, As) zamana karşı değişim grafiği……..158

4.69. Sivrihisar istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği……158

4.70. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği……..159

4.71. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği……..159

4.72. Kandilli istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği……159

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge		Sayfa
2.1.	Alpu Ovası'nda bulunan kuyuların özellikleri	35
2.2.	Yukarı Sakarya Havzası Kuyuların Özellikleri	41
2.3.	İnönü Ovasu kuyuların özellikleri	46
2.4.	Alpu Ovası'na ait yeraltısuyu kotu değerleri	51
2.5.	Yukarı Sakarya Havzası yeraltısuyu kotu değerleri	52
2.6.	İnönü Ovası yeraltısuyu kotu değerleri	56
3.1.	İstasyon yerlerinin koordinatları	60
3.2.	Makro programı ile hesaplanan deprem etki değerleri	71
3.3.	Hesaplanan episantra uzaklık değerleri	73
4.1.	İstasyonlardan veri alma aralıkları	79
4.2.	Anomali Olabileceği Düşünülen Parametreler	112
4.3.	FFT analizi ile ilgili bilgiler görülmektedir	120
4.4.	Sivrihisar istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları	130
4.5.	Uyuzhamam Soğuksu kuyusu istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları	131
4.6.	Uyuzhamam Sıcaksu kaynağı istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları	132
4.7.	Kandilli istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları	133
4.8.	Yerinde yapılan ölçümler	134
4.9.	Makro programı ile her bir istasyondaki etki değeri 0.35'ten büyük olan ve ilgili havzalarda meydana gelen depremler	144

EKLER DİZİNİ

Ek

1. Kandilli istasyonuna ait veriler……CD
2. Sivrihisar istasyonuna ait……..……CD
3. Uyuzhamam soğuksu kuyusuna ait veriler……..CD
4. Uyuzhamam sıcaksu kaynağına ait veriler ……...….CD

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı, tektonik açıdan nispeten aktif olan Eskişehir civarında akiferlerdeki gaz ve akışkan özelliklerindeki değişimleri izleyerek, bunlar içerisinde çalışma alanının yakın çevresinde olan depremlerle ilişkili olabilecek değişimleri gözlemektir. Eskişehir bölgesinde kurulan Sivrihisar, Alpu-Uyuzhamam sıcaksu kaynağı, Alpu-Uyuzhamam soğuksu kuyusu, İnönü Kandilli soğuk su kuyusu çoklu parametre istasyonlarında yeraltı suyunun radon, CO_2, redoks potansiyeli, elektriksel iletkenlik, pH, su seviyesi, su sıcaklığı gibi parametre değerlerindeki değişimlerin izlenmesi ve bu değişimlerde sismisite ile olası ilişkili değişimlerin gözlenmesi ve farklı hidrojeolojik parametrelerden oluşan veri tabanı oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye'de ilk çoklu parametre gözlem istasyonları kurulmuştur.

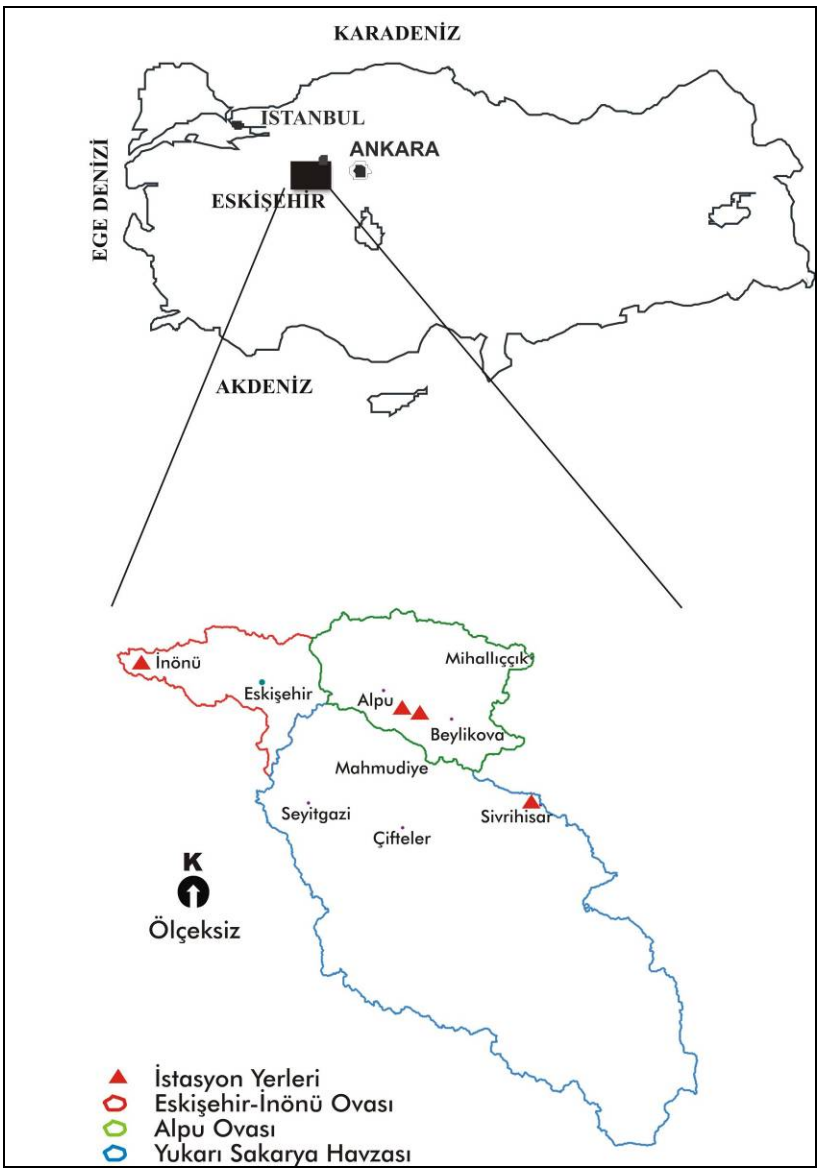
1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme alanında kalan çoklu parametre gözlem istasyonları Eskişehir ilinin Alpu (2 adet), Sivrihisar (1 adet) ve İnönü ilçelerinde kurulmuştur (Şekil 1.1). İstasyonlar seçilirken aktif fay ve kırık hatları dikkate alınmıştır.

Kandilli İstasyonı (1) Eskişehir- İnönü Ovası sınırları içerisinde, ovanın batısındadır. Ova 39^o 56'' - 39^o 26'' kuzey enlemleri ile 30^o - 30^o 45'' doğu boylamları arasında bulunur. Ovanın drenaj alanı 1225 km^2'dir. İnönü ilçesi ve Eskişehir il merkezi ova sınırları içerisindedir.

Uyuzhamam sıcaksu kaynağı (2) ve Uyuzhamam soğuksu kuyusu (3) istasyonları Alpu Ovası'nın güneybatısında yeralmaktadır. Alpu Ovası'nın drenaj alanı

2120 km^2 olup, 39^o 27'' - 39^o 57'' kuzey enlemleri ile 30^o 41''- 31^o 30'' doğu boylamları arasında bulunur. Alpu, Mihalıççık, Beylikova ilçe merkezleri ova sınırları içindedir.



Şekil 1.1. Yerbulduru haritası.

Sivrihisar İstasyonu (4) Yukarı Sakarya Havzası'nın kuzeydoğusunda yer almaktadır. Yukarı Sakarya Havzası Eskişehir ilinin güneydoğusunda 38^o 45'' -39^o 45'' kuzey enlemleri ile 30^o 15''- 31^o 50'' doğu boylamları arasında bulunur. Havzanın alanı

5725 km^2'dir. Sivrihisar, Seyitgazi, Mahmudiye, Çifteler ilçeleri havza sınırları içindedir.

1.2.1. İklim ve Bitki Örtüsü

Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonlarının bulunduğu Alpu Ovası, Sivrihisar istasyonunun bulunduğu Yukarı Sakarya Havzası ve Kandilli istasyonunun bulunduğu İnönü Ovası, İç Anadolu Bölgesine özgün karasal iklime sahiptir. Yani yazlar sıcak ve kurak kışlar yağışlı ve soğuktur. Bölgede bitki örtüsü, genellikle yüksek alanlarda doğal çalılıklar, topoğrafik eğimin az olduğu kesimlerde ise tarım alanlarında yetiştirilen ürünlerden oluşur. Başlıca tarım ürünleri tahıl ve şeker pancarıdır.

1.2.2. Sosyo-Ekonomik Yapı

Kandilli istasyonunun bulunduğu İnönü ilçesinde, Sivrihisar istasyonunun bulunduğu Sivrihisar ilçesinde ve Alpu Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve soğuksu kuyusunun bulunduğu Alpu ilçesinde en önemli geçim kaynağı tarım ve hayvanvancılıktır. Özelikle Alpu Ovası'nda verimli tarım arazileri bulunmaktadır. Hayvancılıkta ise küçükbaş hayvan besiciliği yaygın olarak yapılmaktadır.

1.3. Önceki Çalışmalar

Depremlerin yeraltısuyu kimyasında yarattığı değişiklikler tüm dünyada ilgiyle izlenmektedir. Bu tür izleme çalışmalarına ülkemizde de özellikle 1999 depremleri sonrasında başlanmış olup, önemli veri tabanı oluşturulmuştur. Ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmaların bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Cotta, et al., (1860), Dünya'da ilk bilinen deprem öncesi kuyu anomalisini 1755 Lizbon depreminden bir gün önce Fransa'nın Bordo havzasında deprem merkez üssüne 900 km uzaklıkta kaydetmişlerdir.

Davinson (1936), 1755 Lizbon depreminin oluşturan fayın Azor Trasform fayı olduğunu ortaya çıkarmıştır. 16 Eylül 1989 da sağ yanal karakterli Aşkabat Fayı üzerinde M 6.5 lik bir deprem gerçekleşmiştir. Bu deprem öncesinde fay üzerinde bulunan 22 kuyuda deprem anı ve sonrası değişiklikler kaydetmiştir.

Biçer vd., (1977), Alpu ovası yeraltısuyu potansiyelinin tespiti amacıyla yaptıkları çalışmada alüvyon birimin akifer özelliği taşıdığı ve sahada açılacak kuyuların 15-40 m arasında olması gerektiği vurgulanmıştır.

Tabban (1979), tarafından yapılan çalışmada Çin'de 4 Şubat 1975 tarihinde meydana gelen (M=7.3) Haicheng-Liaoning depremi önceden tahmin edilebilen en büyük depremler arasında kaydedilmiş, ayrıca yeraltı suyu seviye ve veriminde olan deprem öncesi değişimler bu tahminde önemli rol oynamıştır.

Hauksson and Goddard (1981), dünyadaki 91 radon ölçümünün sonuçlarını depremler ile merkeze uzaklığı ve magnitüdlerini de dikkate alarak incelemiş, ABD, Rusya, Çin, Japonya ve İzlanda'da radon anomalilerinin merkeze uzak büyük depremlerde ortaya çıktığını (M>6) belirtmiştir.

Wakita (1981), 1978 İzu-Oshime-Kinkai depremi (Mw=7), öncesinde yeraltı su seviyesinde, sıcaklığında, radon gazı içeriğinde ve veriminde değişimler olduğunu belirterek, 500 m ve 700 m derinliğindeki kuyularda bunların izlendiğini, bir kuyuda deprem anında 7 metrelik düşüm gözlendiğini ifade etmiştir.

Teng, et al., (1986), radon gazının basınçlı akiferlerde açılmış, derin kuyularda, sıcaksu kaynaklarında sistematik olarak izlenmesi gerektiğine, anılan kuyuların meteorolojik koşullarından en az etkilenecek yerlerde açılması gerekliliğine işaret etmiştir. Depremden 1-2 gün önce radon gazındaki ani yükselmenin kısa süreli tahmin için önemli olduğuna değinmiştir.

Sibson (1990), depremler sonrası yeraltı suyu yükselimlerini ve fışkırmalarını kırık gelişmesiyle açıklayarak, fayların bir pompa-valf sistemi gibi çalıştığını vurgulamıştır.

Wood (1993), büyük depremlerin kalıcı veya uzun süreli hidrojeolojik değişiklikler yaparken, bazen de geçici bölgesel değişiklikler (yeraltı suyu veriminde artış, yeni kaynak çıkışları gibi) oluşturduğunu belirtmiştir.

Sykes (1996), orta ve uzun süreli deprem tahminleri çalışmalarının ABD'nin California Eyaleti'ndeki San Andreas Fayı üzerinde ümit verici bulgular elde edildiğini, ancak daha uzun süreli, ayrıntılı incelemelere gerek olduğunu belirtmiştir.

Al-Hilal, et al., (1998), Suriye'nin batısında Ölüdeniz Fay Zonunun kuzey ucunda, 1993-1994 yıllarında 2 ayrı bölgede yeraltı suyundaki aylık radon gazı değişimleri izlenerek, ani radon gazı artışlarının bölgede meydana gelen magnitütü 2 ile 4.4 arasında değişen depremler ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Nishizawa, et al., (1998), Orta Japonya'daki Izu yarımadasının doğu kıyılarında 1995 yılında oluşan deprem fırtınasının yöredeki sıcak sularda oluşturduğu radon, klorür, ve sülfat değişimlerine dikkat çekmişlerdir.

Roeloffs (1998), Hidrojeolojik verilerin depremlerin tahmininde önemli bir yeri olduğunu ve yeraltı su seviyesinde görülen değişikliklerin kabuktaki deformasyona karşılık akışkan basıncındaki değişim sonucu akiferdeki tüm basınç alanının değişimi karşılığında oluştuğunu belirtmiştir.

Ünlü (1998), 27.06.1998 tarihinde Adana-Ceyhan'da meydana gelen deprem (Mw=6.4) sonrasında Adana-Osmaniye ve Hatay illerinde yaptıkları su kimyası ve seviye ölçüm çalışmalarında, yeraltı sularının kimyasında redoks potansiyeline ilişkin değişmelere dikkat çekmiş, değişik zaman aralıklarında seviye ölçümlerinin yapılmasını önermişlerdir.

Woith, et al., (1998), "Türk-Alman Ortak İşbirliği Deprem Araştırma Projesi" çerçevesinde Mudurnu Vadisinde yer alan gözlem istasyonlarındaki kuyularda ve çok sayıdaki kaynaklarda yapmış oldukları radon gazı gözlemlerinde mikro sismik aktivite ile radon gazı artışının paralelliğine dikkat çekmişlerdir.

Grecksh (1999), 5.4 büyüklüğündeki 1992 Roermond Hollanda depremi sırasında görülen yeraltı su seviyesindeki ani değişimlerin barometrik basınç ve yağış gibi meteorolojik etkiler nedeni ile akifer içindeki boşluk basıncı dağılımında oluşan heterojenliğin sismik dalgaların geçişi esnasında dengeye ulaşmaya çalışmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

Tedesco and Scarsi (1999) tarafından yapılan çalışmada asal gaz izotop oranlarının ($^{40}Ar/^{36}Ar$, $^{4}Ne/^{20}Ne$, $^{21}Ne/^{22}Ne$, $^{3}He/^{4}He$) zamanla değişimi incelenmiş, incelenen izotopik oranların ve sıcaklıkların sismik aktivitenin birkaç ay öncesinden başlayarak önemli değişiklikler tespit edilmiş, deprem sonrasında ise değerlerin normal seviyelere geri döndüğü görülmüştür.

Amoruso (2000), Orta İtalya'da 1997 yılı baharı ile yazı arasında oluşan depremler sırasındaki sismik kayıtları, deformasyon verilerini, yeraltı suyu kimyasındaki değişiklikleri incelemiş, yavaş tekrarlanan yer hareketlerinde veriler arası yakın ilişkinin varlığını belirtmiştir.

Churikov, et al., (2000), Tsuhiyoshi fayı boyunca yer alan tiltmetredeki değişimler yüksek hassasiyette su seviye değişimleri ile karşılaştırarak, elde edilen değerlerin birbiriyle paralel olduğunu vurgulamıştır.

Kishimoto (2000), Güneybatı Japonya'daki Kuzey Kinki bölgesinde yer alan sol yönlü doğrultu atımlı Yamasaki Fayı civarında açılan 3000 m derinlikteki sondaj kuyusunda 3.7 büyüklüğündeki depremden 14 gün önce klor konsantrasyonunda aniden düşme saptandığını ve bunun yeraltı su seviyesinde de gözlenen durum ile uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Roeloffs (2000), Parkfield California Deprem Gözlem İstasyonunda yapılan değerlendirmeler sonucunda San Andreas Fay Zonu boyunca 6.1 büyüklüğündeki bir depremin merkez üslerine 35 km uzaklıktaki 4 adet sondaj kuyusundan ikisinde deprem öncesi küçük (3-4 cm'lik) seviye yükselimleri gözlenmiş ve bu durum kuyulardaki deformasyon ölçerlerle de paralellik göstermiştir. Deprem anında ise 4 kuyuda da düşüm (3-11 cm arasında) olduğu belirtilmiştir.

Kırmızıtaş (2000), Depremlerin yeraltı su seviyelerinde meydana getirdiği değişikliklere örnekler vermiştir.

Koçyiğit (2000), İnönü-Eskişehir Fay Zonu'nun tanımlandığı çalışmada ana fay üzerinde normal devinim hızının yaklaşık olarak 0.07-0.13 mm/y olduğunu belirtmiştir.

Tezcan vd., (2000), tarafından yapılan çalışmada merkez üssü çok uzaklarda olan farklı büyüklükteki depremlerin bile yeraltı suyu seviyesinde deprem öncesi ve sırasında dikkate değer değişikliklerin olabileceği belirtilmiştir.

Ünlü (2000), 17 Ağustos 1999 deprem sonrası bölgedeki sıcak ve mineralli sularda yaptığı araştırmalarda debi, sıcaklık ve kalite değişimleri olduğunu belirtmiştir.

Heincke and Koch (2000), Almanya'da Bad Brambach mineral kaynağında yaptıkları çalışmada 9 yıl içerisinde depremler bağlı olarak 26 hidrojeokimyasal anomali izlemişlerdir.

Mutlu ve Sarıiz (2000), 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi sonrası Eskişehir yöresindeki sıcak sularının kimyasal ve fiziksel özelliklerinde oluşan değişiklikleri incelemiş, özellikle sıcak sularda debi ve sıcaklıklarında kısa süreli değişimler olduğunu belirtmişlerdir.

Arabelos et al., (2001), Yunanistan'da sismik yönden aktif olan bölgede yer alan 4 sığ kuyuda sıcaklık ve yeraltısu seviyesi değişimleri 1988-1989 yıllarında günlük

olarak ölçülmüş ve su seviye değişimleri ile depremler arasında (özellikle M>3 olan) kuvvetli bir ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir.

Virk and Walia (2001), tarafından yapılan bir çalışmada ise Hindistan Chamoli depremi öncesinde He/Rn oranlarının öncelikle arttığı ve aniden düştüğü, deprem sonrasında ise He/Rn oranlarının eski değerlerine düştüğü gözlenmiştir.

Chia, et al., (2002) yapmış oldukları araştırmada, 1999'da meydana gelen 7.3 büyüklüğünde Chi-Chi depremi sırasında 179 gözlem kuyusunun 157'sinde yeraltı suyu seviyesinde değişiklikler gözlendiği kaydedilmiştir. Bu yeraltı suyu seviyesindeki deprem eşzamanlı değişimler yalnızca basınçlı akiferlerde değil, yarı basınçlı ve serbest akiferlerde de görülmüştür.

Streil et al., (2002), Meksika'da kurdukları depremleri önceden kestirme amaçlı gözlem ağında yeraltı suyundaki radon değişimlerinin yanı sıra CO_2, pH, sıcaklık, Eh, EC ve seviye değişimlerini izlemişler, radon anomalilerinin depremden günler öncesinde tespit etmişlerdir.

Belin et al., (2002), Adapazarı-Kuzuluk kaplıca suyunda 1999 depremleri ile ilişkili kimyasal ve radyoaktivitedeki değişimleri irdeleyerek, deprem sonrasında suda radyoaktivitenin arttığını ve iz elementlerde (Pb, Cu, Cr, Ni, Fe, Cd, Zn, Mn, Co) de anomalilerin görüldüğünü belirtmişlerdir.

Yuce vd., (2002), Eskişehir Ovası Yeraltısuyu Kirliliğinin İncelenmesi konulu çalışma kapsamında Eskişehir şehir merkezini de içine alan çalışmada, yeraltısuyu akım yönünün sağ sahilde kuzeydoğuya ve batıdan doğuya doğru, sol sahilde ise güneydoğuya ve batıdan doğuya doğru olduğunu belirtmişlerdir.

Zmazek et al., (2002), tarafından yapılan çalışmada, $^3He/^4He$, EC, su sıcaklığı, HCO_3, Cl, SO_4, Na, Ca, CO_2, He, H_2, Rn, CH_4, N_2, Hg, As, Sb değerleri ölçülmüş, alınan gaz örnekleri dışında barometrik basınç, hava sıcaklığı, yağış değerleri elde edilerek anomalilerdeki etkileri araştırılmıştır. Bu ölçümler sıcaklıkları 20.6 ile 26.5 $^{\circ}C$

arasında değişen gaz çıkışı olan 2 adet sıcak su kaynağında ve 1 adet 580 metre derinliğindeki yüksek mineral içerikli sıcak su sondajında yapılmıştır. Bu bölgede meydana gelen depremlerin deprem merkez üssüne olan uzaklıkları ve Dobrolovsky et.al, (1979) tarafından önerilen $D=10^{0.43M}$ eşitliği ile deformasyon yarıçapı uzaklıkları hesaplanmıştır..

Aslan vd., (2003), yapmış oldukları çalışmada, Kocaeli'nin Suadiye ilçesinde bulunan bir endüstri kuruluşuna ait bir kuyudan alınan su örneklerinde civa, bakır, kobalt, florür, klorür, sodyum, nitrit, nitrat değerlerinde depremlerin öncesi ve sonrasında önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir.

Balderer et al., (2003), Batı Anadolu'daki termal su sistemlerini inceledikleri çalışmalarında, suların kimyasal kompozisyonlarında sismotektonik etkili değişikliklere dikkat çekmişlerdir.

Gupta et al., (2003), bazalt akiferinde görülen çözünmüş helyum ve TDS artışının veya alüvyon akiferinde görülen aynı parametrelerdeki azalışın sismik aktivite ile ilgili olmayıp, bazalt akiferindeki aşırı pompaj ile alüvyon akiferine yağış girdisi sonucu olduğunu belirtmektedir.

Roeloffs et al., (2003), California'daki Long Valley Kaldera'sında meydana gelen depremler ile bu depremlere yakın ve uzakta yer alan kuyulardaki su seviye değişimlerini incelemişlerdir. Bazı kuyularda deprem öncesi seviye değişimleri yavaş yavaş meydana gelmiş, deprem sonrasında da eski seviyeye gelmesi yavaş olmuştur. Su seviyesindeki bu yavaş değişimlerin boyutları deprem büyüklüğü ile artarken, odak merkezinin uzaklığı ile azaldığı vurgulanmıştır.

Woith et al., (2003), yaptıkları çalışmalarında, Kuzey Anadolu Fayı'nda meydana gelen 1999 depremleri sırasında Trakya ve Ermenistan'daki 4 kuyudaki sıcak ve mineralli suların fizikokimyasal özelliklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Bu incelemeler sonucunda deprem dalgalarının geçişi sırasında yersel gözenek

basınçlarında artış olduğunu ve bunun da farklı akifer sistemlerinde heterojen olduğunu belirtmişlerdir.

Claesson, et al., (2004), tarafından büyüklüğü 5.8 olan bir deprem öncesi ve sonrasında fay zonuna yakın açılmış, 1500 metre derinliğindeki bir sondaj kuyusunda haftalık periyotlar ile su örneklemesi yapılarak, akiferdeki hidrojeokimyasal değişimlerin sismik aktivite ile ilişkisinin araştırıldığı çalışmada, deprem öncesinde özellikle Cu, Mn, Zn, Fe, Cr'da artış olduğu, B, Ca, K, Li, Mo, Na, Rb, Si, S, Sr, Cl ve SO_4 değerlerinde % 12 ile % 19 arasında değişen artışların izlendiği belirtilmiştir.

Süer (2004), Kuzey Anadolu Fay Hattı boyunca yer alan jeotermal suların, kimyasal ve izotopik bileşimlerinin belirlenmesi ve olası zamansal değişimlerin 2 yıllık izleme çalışmaları süresince, sismik etkiler ile ilişkilendirilmesini amaçlayarak yaptığı çalışmada izleme süresi boyunca Kuzey Anadolu Fay Hattı'nda önemli depremler (M>5) olmamasına rağmen Cl, ^3H, Ca, SO_4 bileşimlerinde zamansal değişimler KAF boyunca gerçekleşen sismik etkiler ile uyduğunu ve özellikle Yalova sahasında sismisite ile bağlı değişimlerin daha iyi gözlenmesinden dolayı Yalova sahasının önemini vurgulamıştır.

Hsu and Tung (2005), Tayvan'daki alüvyal fanlarda deprem etkisi ile oluşan hidrojeolojik özelliklerdeki değişimleri irdelemişlerdir.

Italiano, et al., (2005), tarafından yapılan çalışmada, İtalya'nın tektonikçe aktif Umbria bölgesinde 26 Eylül 1997 ile 26 Mart 1998 tarihleri arasında meydana gelen M>3.5 depremler öncesi, sırası ve sonrasında 5 adet soğuk su kaynağının, 3 adet soğuk suda açılmış sondaj kuyusunda ve 3 adet sıcak su kaynağının sularındaki Cl, SO_4, HCO_3, CO_2, sıcaklık, pH, EC ve Fe değerlerinde artış ve azalışlar saptanmıştır.

İnceöz, et al., (2005), Türkiye'de aktif fay sistemleri olan, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Sistemlerinde toprakta radon gazı ölçümleri yapmışlar, fay sistemlerinden uzaklaştıkça radon konsantrasyonunun düştüğünü ve Kuzey Anadolu

Fay Sisteminde Doğu Anadolu Fay sistemine göre daha yüksek radon değeri ölçmüşlerdir.

Yaltırak, et al., (2005), çalışmalarında deprem öncesi anomalilerin yakalandığı Haicheng 1975, Thangsan 1976, Sungpan Pingvu 1978 depremlerinde de tektonik patern ile su seviyesi düşen kuyu arasında ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Ramirez, et al., (2005), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yüksek sismisiteye sahip Pasifik kıyılarında Acapulco, Guerrero, Mexico yakınlarında yer alan sıcaklıkları 39–43 $^{\circ}$C arasında değişen 4 grup sıcak su kaynağında 1.5 yıl boyunca haftalık örnekleme yapılarak ölçümlenen Cl, SO_4, δD, $\delta^{18}O$ değerleri ile büyüklükleri 3.5 ile 5.3 arasında değişen 150'yi aşkın deprem arasındaki ilişkiler irdelenerek, bu ilişkinin büyüklük ve episantra olan uzaklık ile ilişki kurulması gerektiği vurgulanmıştır.

Hartman and Levy (2006), tarafından 1995 Kobe depremi ile ilişkili çalışmada yeraltı suyundaki SO_4 ve Cl iyon değişimlerinin deprem ile ilişkisi incelenmiş ve bunun Kobe için bir anomali olabileceği öne sürülmüştür.

1999 depremlerinde yurdumuzda da kuyu su seviyesi deprem öncesi değişimler tespit edilmiştir (Şimşek ve Yıldırım 2000, Yaltırak vd., 2001; Yüce vd., 2001; Yaltırak vd., 2005; Yüce, et al., 2007).

Kuo, et al., (2009), Doğu Taiwan'da deprem izleme kuyusunda 2003 (Mw=6.8) ve 2006 (Mw=6.1) depermlerinde radonda artış izlemişlerdir.

Das, et al., (2006), Hindistan'da deprem izleme istasyonlarında Rn değerinde 4 kata kadar artış izlemişlerdir

Uysal (2007), Alpu Ovası'nda 1954-2004 yılları arasında açılan kıuyulardan elde edilen verileri ve 2007 yılı kimyasal analiz sonuçlarını yorumlamış, ovada akifer

özelliği taşıyan birimlerin Kuvaterner yaşlı alüvyon ve Neojen yaşlı kireçtaşı, tüfit, bantlı-kireçtaşı mercekli marnlar ile konglomera çökelleri olduğunu belirlemiştir.

Yuce, et al., (2007) Eskişehir bölgesinde 8 adet lokasyonda yeraltı suyununda sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC), pH, gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra, majör iyon, ağır metal, çevresel izotoplar ve radyoaktivite değerlerindeki değişimleri periyodik olarak izlememişler ve bu değişimlerden sismisite ile olası ilişkili değişimlerini araştırmışlar, ancak bölgede proje süresince büyük ölçekli bir deprem olmadığından sismisite ile ilişkili olabilecek bir anomali gözlememişlerdir.

Demiroğlu (2008), Sivrihisar ilçesinin güneybatısında yeralan Günyüzü havzasının hidrojeolojisini ve hidrojeokimyasını incelemiş ve havzanın hidrojeolojik kavramsal modelini oluşturmuştur.

Miclavcic, et al., (2008), Hindistan'da Osijek ve Kasina bölgesinde 2 yıl boyunca toprakta yaptıkları radon ölçümlerinde, Osijek Bölgesinde gözlem boyunca $Mw \geq 2.6$ olan ve episantra uzaklığı < 200 km olan 39 deprem meydana gelmiş ve 19 tane radon anomalisi görülürken, Kasina bölgesinde $Mw \geq 2.5$ olan ve episantra uzaklığı < 200 km olan 33 deprem meydana gelmiş ve 10 tanesinde radon anomalisi gözlenmiştir.

Suer, et al., (2008) yaptıkları çalışmada Kuzey Anadolu Fay Zonu'unda üç yıl boyunca (yılda üç dönemde) suların kimyası ve izotopik karakteristiklerinde zamansal değişimi incelemek amacıyla aldıkları su örneklerinde magnititü 5'ten büyük deprem olmamasına rağmen, magnititü 3 ile 5 arasında olan depremlerin bazılarında zamansal değişim grafiklerinde değişimlerin depremler ile pozitif korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.

Yang, et al., (2008), Taiwan Tapei'de yapılan 9. Gaz Jeokimyası Konferansında sunulan örnekleri yayınlamışlar ve gaz jeokimyasının önemini vurgulamışlardır.

Ghosh, et al., (2010), Hindistan'da aktif ve aktif olmayan bölgede sismik faaliyetler ile toprak ve yeraltısuyunda değişim karşılaştırılmıştır. Aktif bölgede yeralan Jalpaiguri'de aktif olmayan bölgede yeralan Kalkata'ya göre daha yüksek radon değerleri gözlenmiştir.

İnan, et al., (2010), 20 aylık çalışma periyodunda Ege Açılma Bölgesi ve Batı Türkiye'de çalışma alanı yakınında magnititü 4 ile 4.7 arasında 7, magnitütü 5 olan 2 deprem meydana gelmiştir. Doğrultu atmlı faylara yakın yerlerde toprakta radon gazında ve bazı sularda deprem öncesinde EC ve temel katyonlarda anomali tespit etmişlerdir.

De Leeuw, et al., (2010) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda 9 jeotermal alanda Kasım 2001- Kasım 2004 tarihleri arasında aldıkları su örneklerinde örnekleme noktasına 15 km uzaklıkta meydana gelen 28 Haziran Yalova depremi (Mw= 4.2) ve 12 km uzaklıkta meydana gelen 7 Nisan Efteni (Mw= 4.0) depremlerinde jeokimyasal anomalileri gözleyebildiklerini ve anomalilerin Mw≥3 olan depremlerde 60 gün içerisinde 40 kım'den az mesafede ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Suer (2010), Denizli Tekke Hamam jeotermal sahasında yeralan gazları gerçek zamanlı izlemek ve ayrıca Kızıldere jeotermal sahasının jeokimyasal karakterizasyonunu ortaya koymak amacı ile yaptığı doktora tez çalışmasında özellikle, gaz bileşimleri ve akış hızında kimi zaman değişimleri, yüksek yağış gibi önemli olabilecek meteorolojik etkilerin yokluğunda, sismisiteye bağlı değişimleri ile bağdaştırılmıştır.

Inan, et al., (2012), TÜBİTAK TURDEP projesi kapsamında yaptıkları çalışmada 2009-2011 yılları arasında magnititü 4 ile 6 arasında değişen 33 depremin meydana geldiği Batı Anadolu'da magnititü 5.9 olan 19 Mayıs 2011 depreminde anomali kaydetmemelerine rağmen, magnititü 4'ten büyük depremlerin birkaçında anamoli tespit etmişlerdir.

İnan, et al., (2012), 23 Ekim 2011 Van depremi episantırına 20 km uzaklıkta ticari olarak şişelenen Erek suyunda, depremden önce ve depremden sonra şişelenen suların major anyon katyon değerleri karşılaştırmışlardır. Buna göre depremden önce Ca, Mg, K, Cl içeriğinde artış, depremden sonra ise (3 aylık zaman diliminde) Na, SO_4'de artış, Ca, Mg, K, Cl'da ise azalış izlenmiştir.

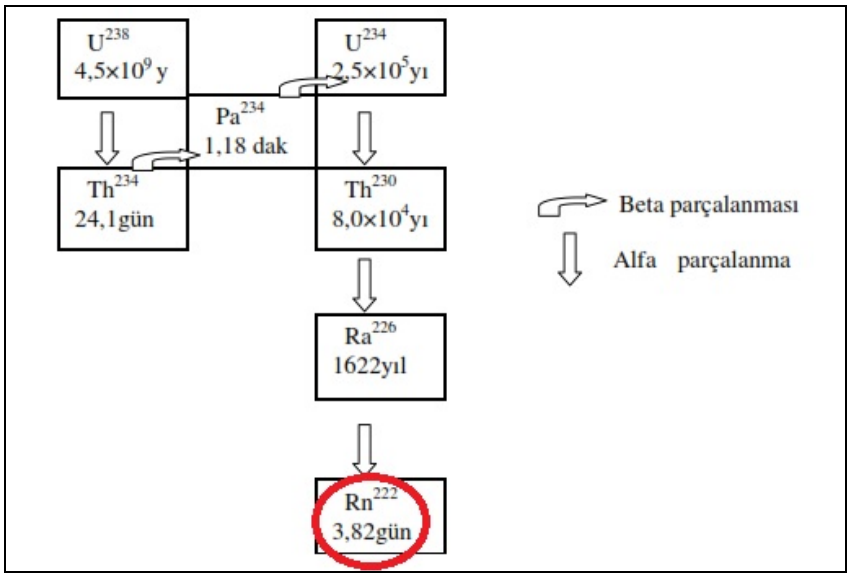
Bu tez çalışmasının yukarıda özetlenen ve ülkemizde gerçekleştirilen benzer çalışmalardan önemli farkı Eskişehir civarında ilk kez çoklu parametre bilgileri veren çalışma olmasıdır.

1.4. Genel Bilgiler

1.4.1. Radon nedir?

Radon, kokusuz, renksiz, tatsız, periyodik cetvelin soy gazlar sınıfında yer alan radyoaktif bir gazdır. Doğal uranyumun radyoaktif bozunması sonucu oluşur (Şekil 1.2). Yarılanma ömrü 3.8 gündür.

Yerkabuğundan atmosfere yayılan radon miktarı küçüktür, fakar fay hatlarında, uranyum depozitlerinde, jeotermal kaynaklarda ve depremler ile radon miktarında anamoliler gözlenmektedir (Uludağ, 2010; Kulalı, 2009).



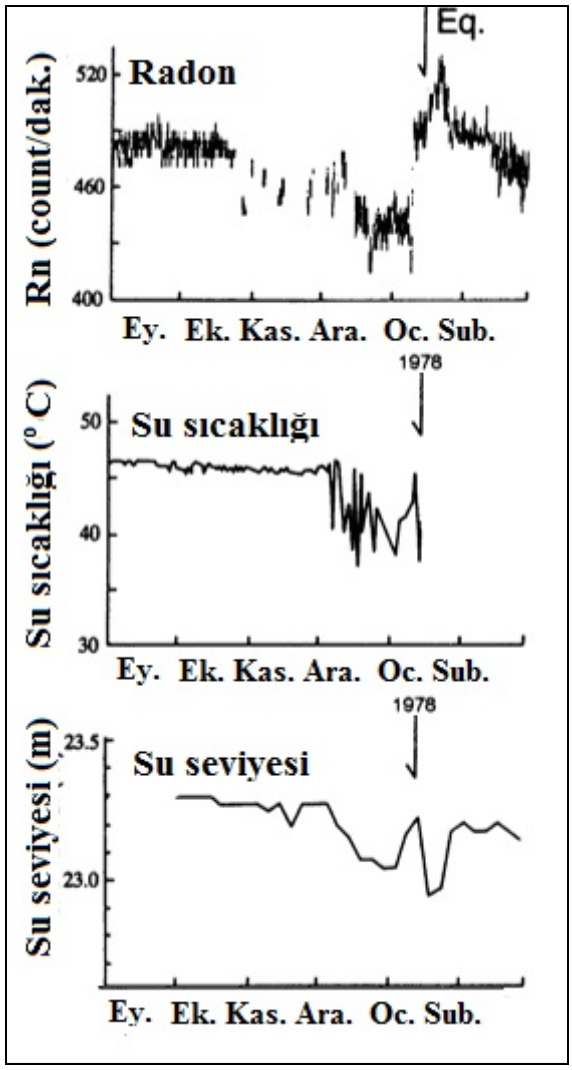
Şekil 1.2. U-238 Serisinin Radon-222'ye kadar olan parçalanması (Görür, 2006).

Depremler ile ortaya çıkan radon anomalisi hakkında değişik modeller ileri sürülmüştür. Bu modellerden biri olan genişleme modeline göre kaya kütlelerinde genişleme ya kırılma nedeni ile kayaların yüzey alanlarında ya da sıkışma yoluyla gözenekten atılan sıvının hızında bir artışa neden olur. Bu iki olayda radonun kapalı olduğu ortamdan dışarı taşınmasına sebep olur. Radonın açığa çıkması ile ilgili olan sıkışma modeline göre, deprem başlamadan önce kabuktaki sıkışmadan dolayı derinlerde zenginleşen radon yukarı doğru sızarak, radon anomalisine neden olmaktadır (King 1978,Yaprak 2003, Kulalı 2009, Uudağ 2010).

1.4.2. Depremler ile çeşitli parametrelerde oluşan değişimlere bazı örnekler

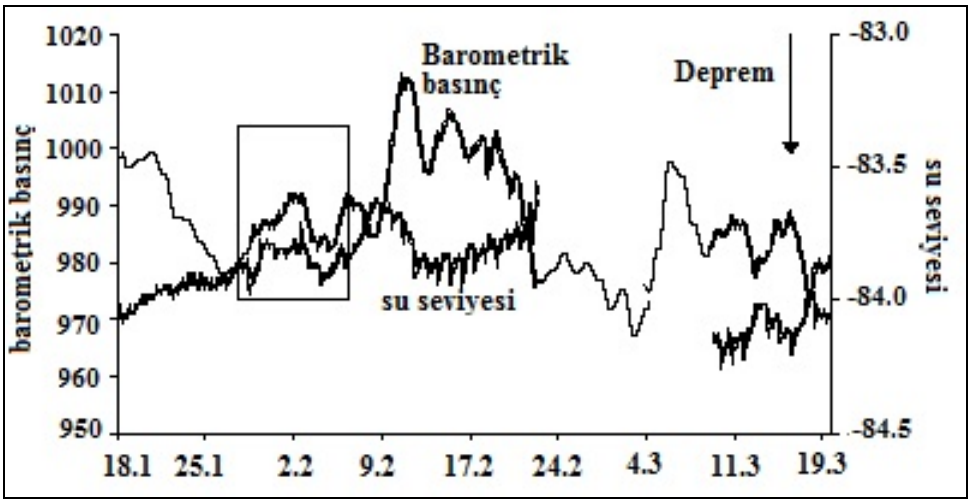
Depremler ile oluşan sıkışma ve genişleme ile çeşitli parametrelerdeki değişimler ile ilgili yapılan çalışmalar önceki çalışmalar kısmında belirtilmiştir. Örnek olarak Şekil 1.3 ve 1.4'te verilmektedir.

Şekil 1.3'te Izu yarımadasında gözlenen bir kuyuda deprem öncesinde su sıcaklığı ve su seviyesinde azalma görülmektedir.



Şekil 1.3. İzu depreminde görülen değişimler (Wakita, 1996).

Şekil 1.4'te Slovenya'da yapılan bir çalışmada deprem öncesinde barometrik basınç arttığında su seviyesinde de artış gözlenmiştir.



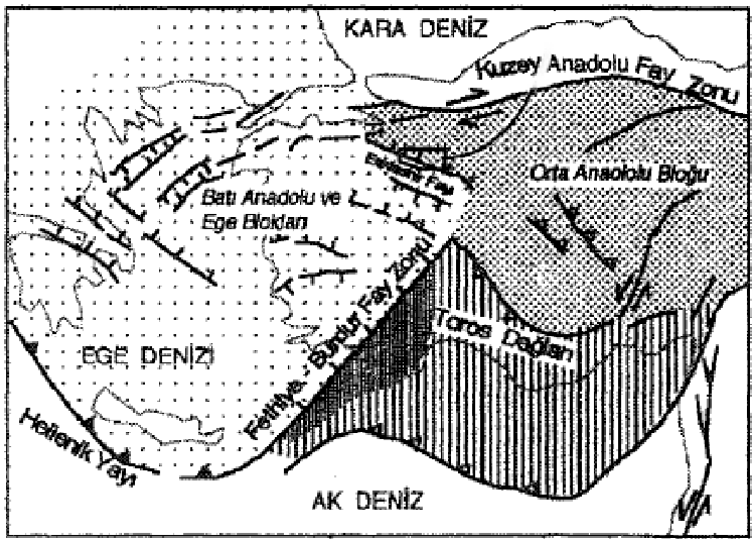
Şekil 1.4. Slovenya'daki bir istasyona ait barometrik basınç ve su seviyesi değişimi (Zmazek vd., 2002).

BÖLÜM 2

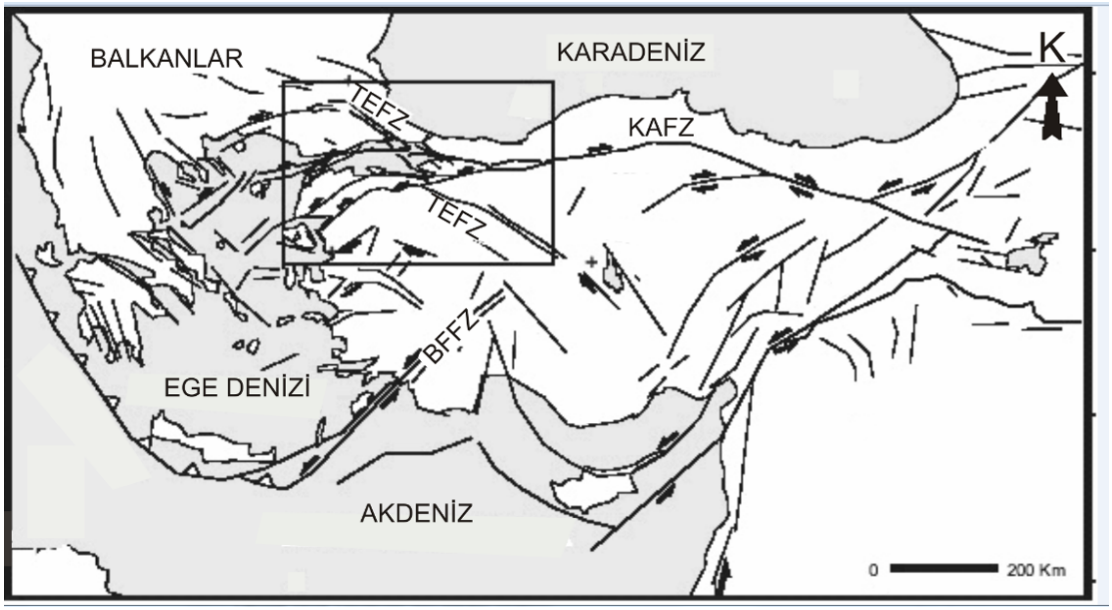
TEKTONİK, JEOLOJİ VE HİDROJEOLOJİ

2.1. Tektonik

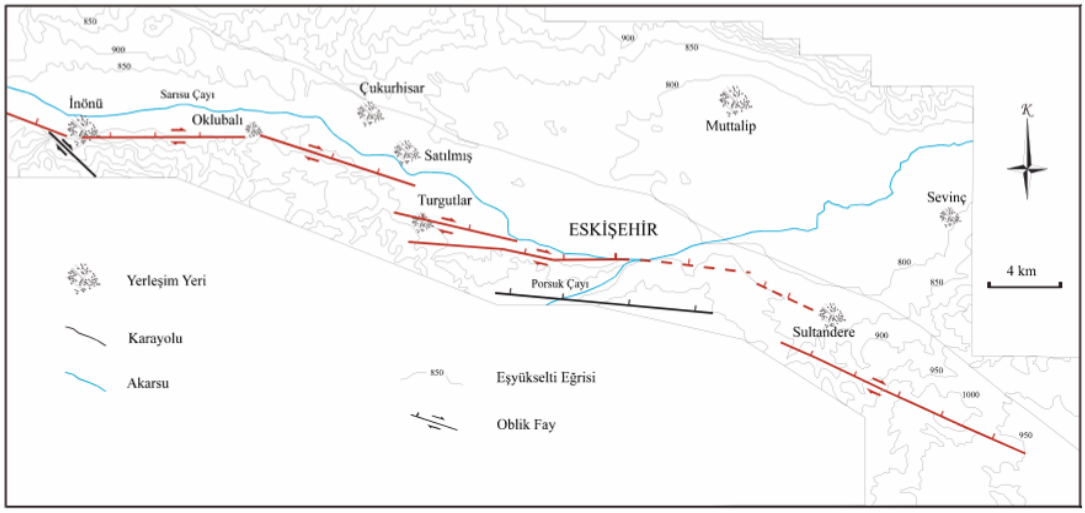
Eskişehir civarı, Ege-Batı Anadolu bloğunu kuzeydoğuda Orta Anadolu bloğundan ayıran sağ yönlü doğrultu atımlı normal bileşenli Eskişehir fay zonuna sahip, aktif fayların bulunduğu bir bölgededir (Şekil 2.1). Bölgedeki en büyük depremi üreten (20 Şubat 1956 M= 6.4) kırığın Oklubalı-Turgutlar arasında uzanan yaklaşık 10 km uzunluğundaki BKB-DGD doğrultulu blok (segment) üzerinde olduğu, ancak günümüze kadar henüz kırılmayan Turgutlar-Eskişehir bloğunun da önemli risk taşıdığı vurgulanmaktadır (Altunel ve Barka, 1998) (Şekil 2.2, Şekil 2.3) . Bölgede yer alan sıcak su kaynakları ve sıcak su sondaj kuyularının varlığı da (Ölmez, 1985) bölgenin tektonik açıdan aktifliğini göstermektedir.



Şekil 2.1. Anadolu'nun Neotektonik Alt Bölümleri (Barka et al., 1995).



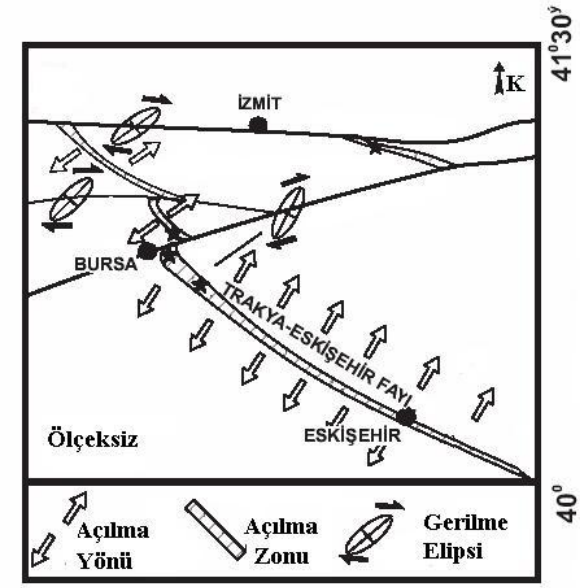
Şekil 2.2. Trakya Eskişehir Fay Zonu (Yaltırak et al., 2005).



Şekil 2.3. Eskişehir ve çevresinin tektonik haritası (Altunel ve Barka, 1998).

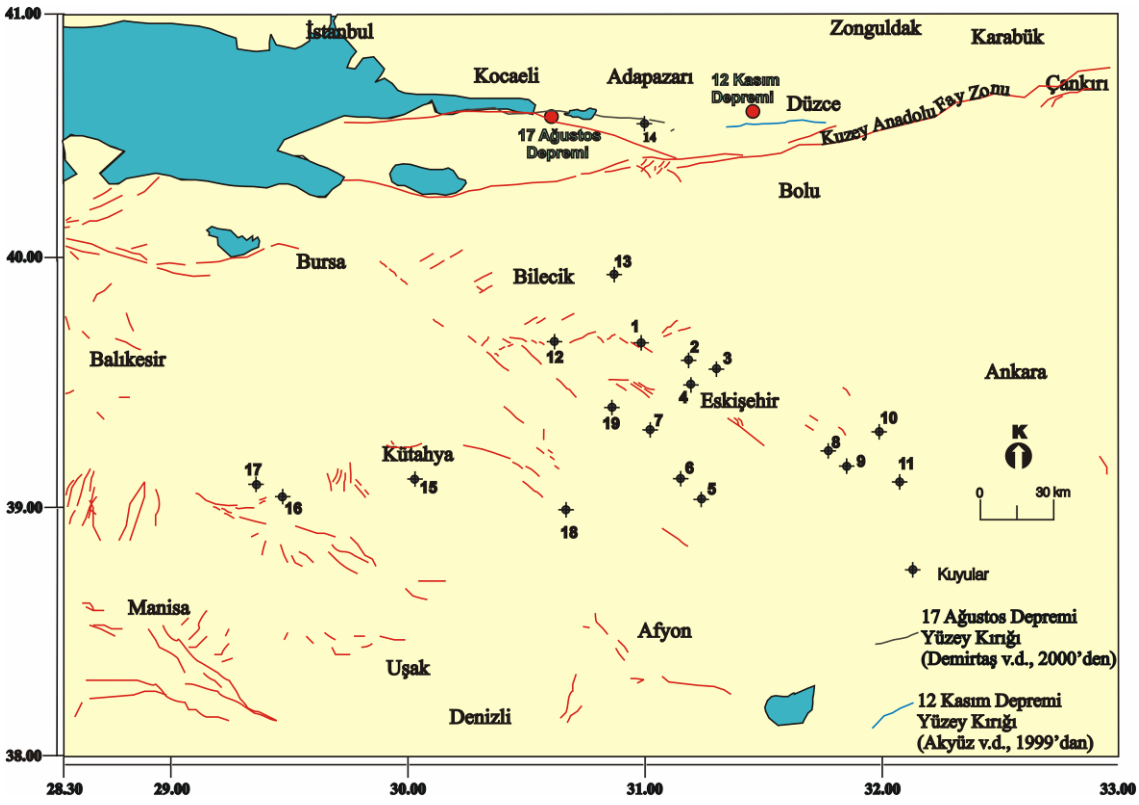
Bölgede bulunan Trakya Eskişehir Fay Zonu (TEFZ), eski bir sağ yanal atımlı doğrultu atımlı fay olup şimdi normal bir fay olarak aktif durumdadır. Fay KB-GD yönünde Marmara bölgesine doğru uzanmakta ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nun 3 kolu ile de kesişmektedir. Günümüzde Trakya-Eskişehir fayının farklı bölümleri düşük sismik aktiviteli ve normal çalışan, KAFZ'nun muhtemelen sağ yönlü çalışmasından sorumlu bir fay özelliğindedir (Yaltirak et al..2005). Yaltirak et al.,

(2005) tarafından ileri sürülen modele göre doğrultu atımlı sismojenik faylara (KAFZ gibi) 45°'lik açıyla uzanan (Şekil 2.4) KB-GD yönündeki düşük sismik aktiviteli havzada deprem öncesi gerilim maksimuma ulaşmaktadır.



Şekil 2.4. Trakya Eskişehir Fay Zonu ve Kuzey Anadolu Fayı arasındaki ilişkiyi açıklayan model (Yaltırak et al., 2005).

Tektonik açıdan aktiviteye sahip olduğu bilinen bu alanda (Altunel ve Barka, 1998; Bozkurt, 2001; Ocakoğlu, 2007), 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri öncesi, sırası ve sonrasındaki yeraltısuyu seviyesi değişimleri araştırılmış olan 19 adet DSİ tarafından açılan limnigraflı kuyunun, basitleştirilmiş jeolojik (MTA 1997) ve diri fay haritası (Şaroğlu et al., 1992) üzerindeki konumu Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Limnigraflı Kuyuların Kırık Haritası Üzerindeki Konumları (Yüce et al., 2003)

2.2. Jeoloji

Jeoloji kısmı özetlenirken, istasyonların yer aldığı Alpu Ovası, İnönü Ovası ve Yukarı Sakarya Havzası'nın jeolojisi ayrı ayrı belirtilmiştir (Şekil 1.1).

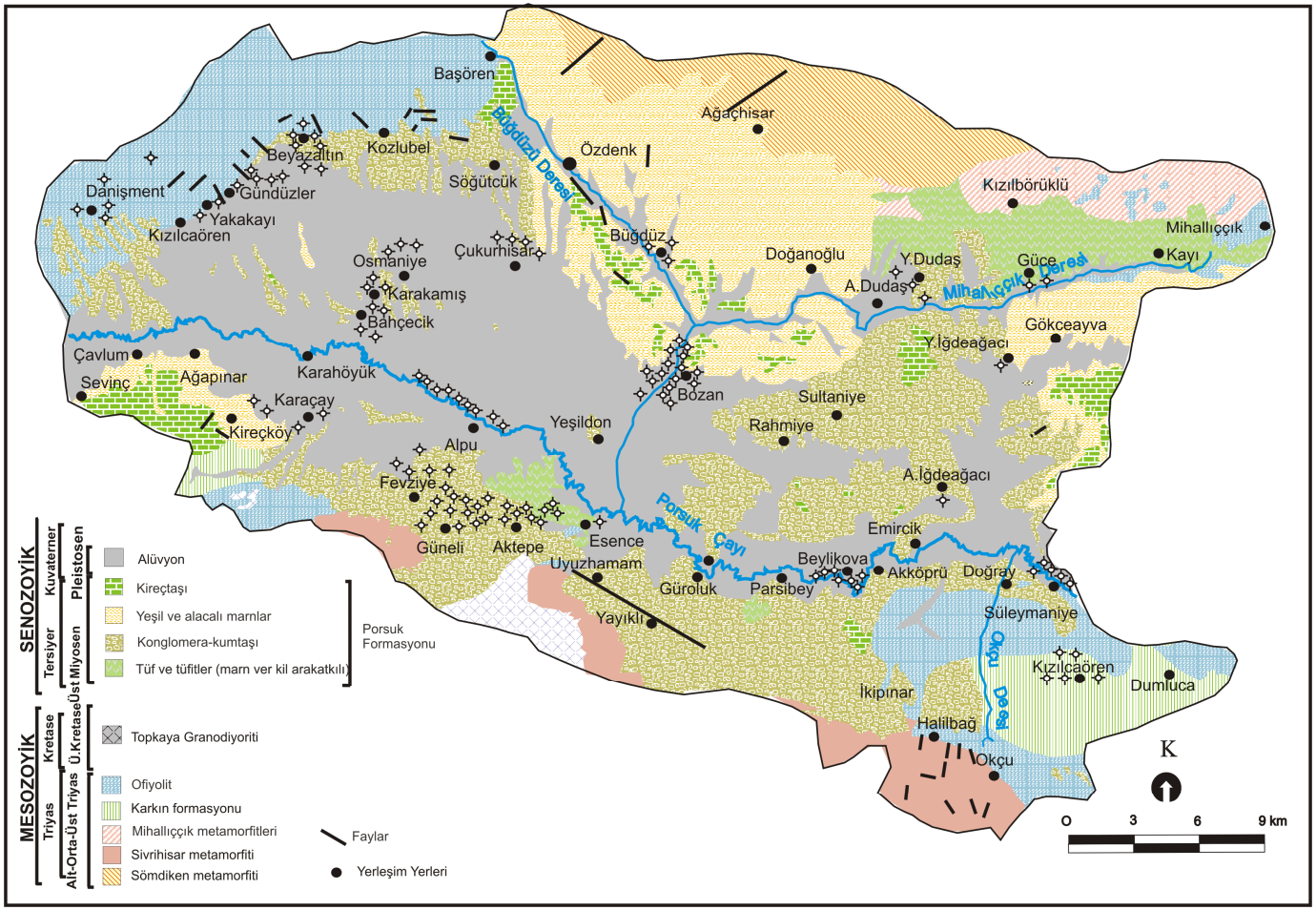
2.2.1.Alpu Ovası

Sömdiken metamorfiti, Sivrihisar metamorfiti, Mihalıççık Metamorfiti, Karkın Formasyonu, ofiyolit, Topkaya granodiyoriti, Porsuk Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı aluvyondan oluşmaktadır (Gözler vd., 1997).

Kirli beyaz, açık gri, gri, hafif yeşilimsi gri renklerde gözlü gnays ve gri, açık gri, beyaz renklerde şeker dokulu mermerlerden oluşan Mesozoyik yaşlı Söndiken

metamorfiti Alpu Ovası'nın temelini oluşturmaktadır. Ovanın temelini oluşturan diğer birimler ise Sivrihisar mermerleri, Sivrihisar mavi şistleri ve glakofanitik yeşil şistlerinden oluşan Sivrihisar metamorfitidir. Sivrihisar mavi şistlerinin içinde yeralan kayaçların ortak özelliği granat, glokofan, piroksen, mika minerallininin birinin ya da birkaçının birlikte görülmesidir. Mesozoyik yaşlı diğer birimler ise Mihalıççık mavi şistleri, mermerler ve glakofanitik yeşil şistlerinden oluşan Mihalıççık metamorfitidir. Sedimanter bazik ve karbonatlı kayaçların metamorfizmasıyla oluşmuşlardır. Karkın Formasyonu gri, açık gri, siyah, yeşil, haki yeşil metakonglomera, metakumtaşı ve fillitlerden oluşan Alt Karbonifer-Üst Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları ve kristalize kireçtaşı blokları içeren metadetritikler, yeşil, açık yeşil, morumsu pembe renklerde, spilit diyabaz-bazalt ve bunların hafif metamorfizmaya uğramış eşdeğerleri bulunmaktadır. Ofiyolitler Ovada Mihalıççık, Danişment, Başören civarında yüzlek vermektedir. Triyas yaşlı ofiyolitler listvenit, serpantinit, peridotit olarak görülmektedir.

Topkaya granodiyoriti ise açık gri, beyazımsı gri renkli plütonun rengi iç kısımlara doğru açılmaktadır. İçerisinde kuvars, plajioklas, ortoklas, amfibol, peridotit, epidot ve opak mineraller bulunmaktadır. Porsuk formasyonu kireçtaşı, yeşil ve alacalı marnlar ve killer, tüf ve tüfit (marn ve kil arakatkılı), konglomera-kumtaşı birimlerinden oluşmaktadır (Gözler vd., 1997) (Şekil 2.6).

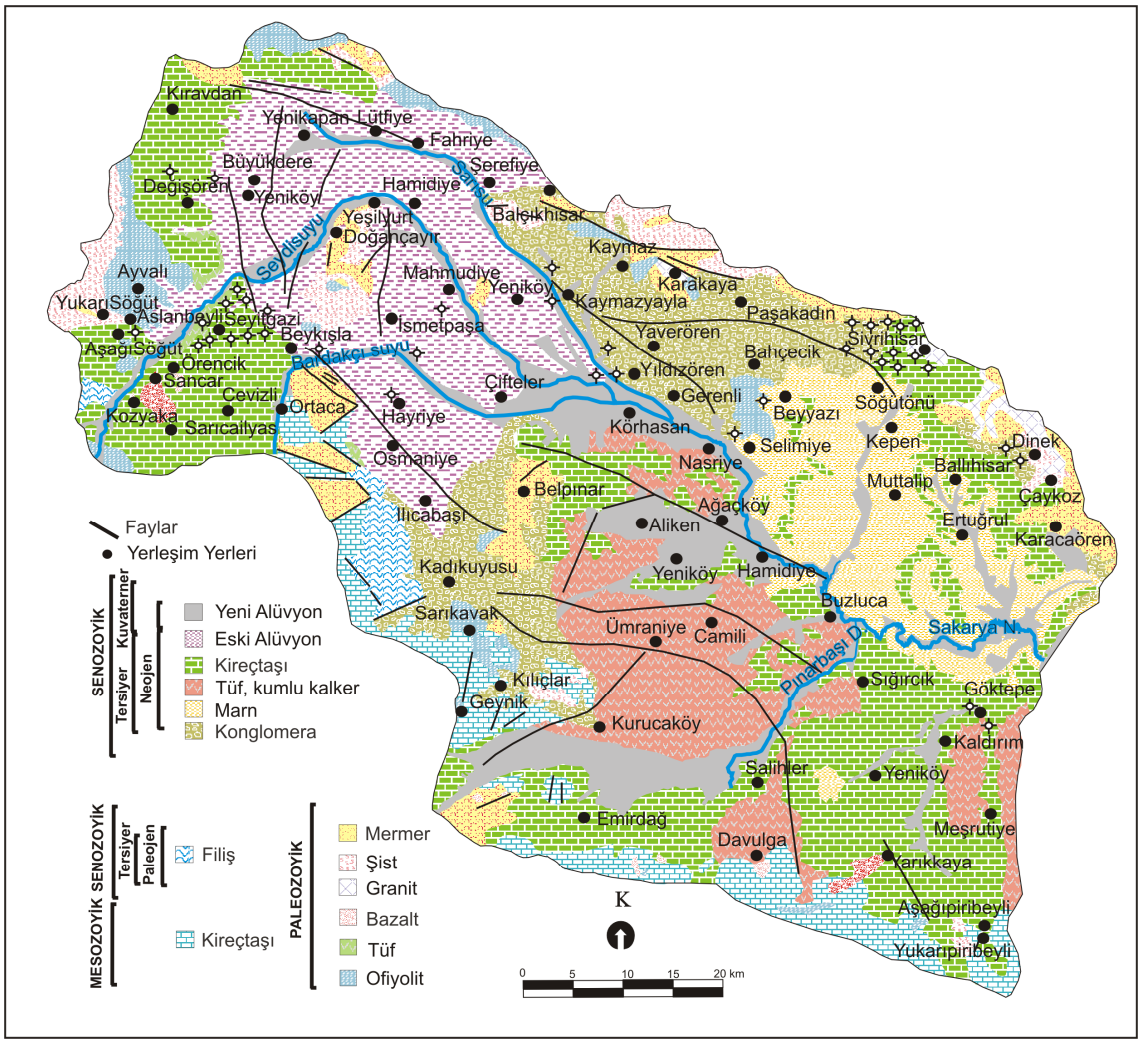


Şekil 2.6. Alpu Ovası'nın jeoloji haritası (Gözler vd., 1997).

2.2.2. Yukarı Sakarya Havzası

Paleozoyik ofiyolit daha çok peridotit ve serpantin şeklinde görülür. Paleozoyik tüf Seyitgazi ilçesinin batısında ve kuzeyinde yüzlek vermektedir. Paleozoyik bazalt Havzanın güneyinde ve batısında yüzlek vermektedir (Esen vd., 1978). Sivrihisar intrüzif kütleleri metalüminyumlu kalk-alkalen karakterli I-tipi kayaçlarından oluşmaktadır (Demirbilek ve Mutlu, 2011). Paleozoyik şist fillit, mikaşist ve kuvarsitlerden oluşmaktadır. Renkleri koyu gri, pembe, beyaz ve açık yeşildir. Genellikle şisti ve rekristalizedir. Mesozoyik kireçtaşı havzanın güney ve güneybatı kısmında yüzlek vermektedir. İri kristalli, kalsit damarlı, siyah renkte olup, sert ve sıkı dokuludur. Eosen Filiş konglomera, kumtaşı, kil, marn ve kireçtaşı içermektedir. Havzanın güneybatı ve batı kısmında yüzlek vermektedir. Neojen-konglomeralar kırmızı gevşek kil ve beyaz kireçtaşı çimentoludur. Şist, mermer ve ofiyolit çakılları içermektedir. Neojen Marnlar ile arakatkılı jipsli seviyeler de bulunmaktadır. Marnlar açık kahverengi ve yumuşaktır.

Tüf, kumlu kalker tüf yapısında küçük çaplı kalker kumlarından meydan gelmiştir. Neojen Kireçtaşı beyaz renklidir. İçinde kalsit kristallerinin erimesinden oluşan boşluklar görülmektedir. Neojen Eski Alüvyon ince kuvars kumları, bazalt ve andezit çakılları içermektedir**.** Kuvaterner Yeni Alüvyon Havzada Sakarya ve yan derelerin biriktirmiş olduğu kum, kil, çakıl içeren depozittir (Esen vd., 1978) (Şekil 2.7).

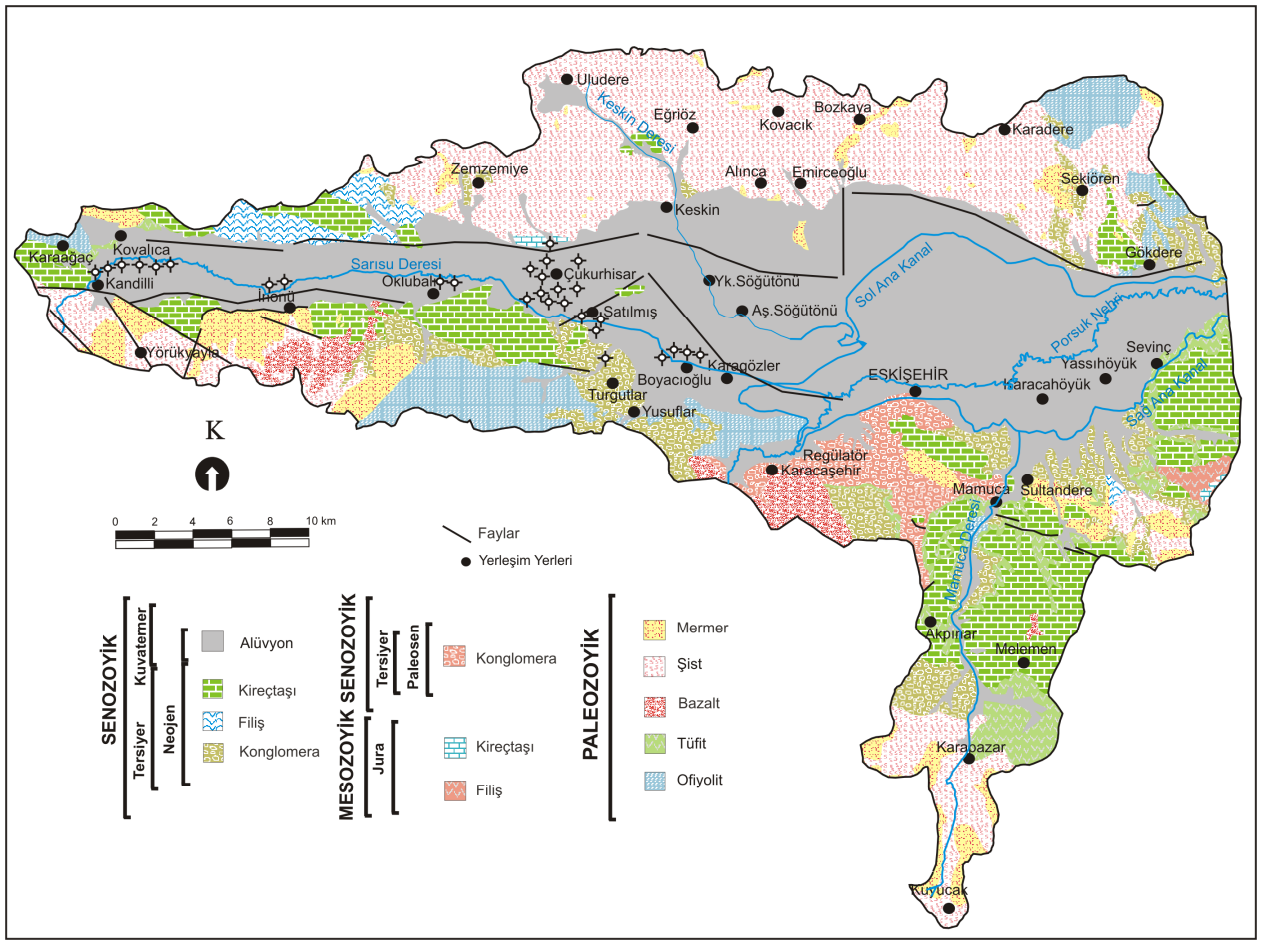


Şekil 2.7. Yukarı Sakarya Havzası Jeoloji Haritası (Esen vd., 1978).

2.2.3. Eskişehir ve İnönü Ovaları

Paleozoyik ofiyolit peridotit, serpantin, gabro ve diyoritten oluşmaktadır. Ovada dağınık olarak farklı bölgelerde görülmektedir. Paleozoyik-tüfit Ova'nın güneyinde ve güneydoğusunda, ayrıca İnönü ilçesinin batı kısmında Kandilli köyünün kuzey kısmında Karaağaç - Kovalıca köyleri arasında yüzlek vermektedir. Tüfitler genellikle kaba taneli olup, bol miktarda kum içermektedir. Paleozoyik bazalt İnönü ilçesinin güney kısmında, Karacaşehir köyünün güneyinde, Melemen köyünün kuzeyinde yüzlek vermektedir. Paleozoyik mermer çok sert kırıklı ve çatlaklıdır. Çatlaklar genellikle kalsit dolguludur. Temel kayaçlardan olan Paleozoyik şistler özellikle ovanın kuzey

kısmında geniş yayılımda formasyon vermektedir. Büyük bir kısmı mikaşistlerden oluşmaktadır. Ayrıca mavimtrak renkli fillitler, klorit şistler, glokofan şistler ve kalkşistler de vardır. Jura yaşlı filişler özellikle ovanın güneydoğu kısmında yüzlek vermektedir. Kuvars ve mermer taneleri boldur. Marnlı ve killi seviyeler yapraklı yapı kazanmıştır. Jura yaşlı kireçtaşı filiş seviyesinin üstünde ve yer yer mercek ve kamalar halinde filişin içinde görülür. Özellikle Çukurhisar'ın kuzeyinde yüzlek vermektedir. Paleosen konglomera özellikle Eskişehir ilinin güney kısmında yüzlek vermektedir. Şarap kırmızısı rengindedir. Sarımtrak renkli zonlar da içerir. Neojen konglomera kirli kırmızı renktedir. Konglomera içerisinde kumtaşı seviyeleri vardır. Neojen-filiş Ova'da İnönü ilçesinin kuzey ova sınırına yakın yerlerde yüzlek vermektedir. Genellikle gevşek dokuda kiltaşı, kumtaşı, marn, konglomera serisi içermektedir. Kiltaşlarının rengi genellikle açık yeşildir ve gevşek dokuludur. Kumtaşları açık sarı-açık yeşil renkte, gevşek dokuludur. Marn gri renktedir. Konglomeralar kalker çimentoludur. Neojen kireçtaşları genellikle kirli beyaz renktedir. Silisleşmeler de vardır. Ovanın büyük kısmında yüzlek vermektedir. Kuvaterner Alüvyon kil, kumlu kil, siltli kil, kum ve çakıldan oluşur. Sarısu Deresi, Porsuk Çayı ve diğer yan derelerin getirip biriktirdiği malzemelerden meydana gelmiştir (Esen vd., 1975) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Eskişehir İnönü Ovası Jeoloji Haritası (Esen vd., 1975).

2.3. Hidroloji

2.3.1. Alpu Ovası

2.3.1.1. Akarsular

Porsuk Nehri Alpu Ovası'nı batıdan doğuya doğru katetmektedir. Alpu Ovası'na ovanın batısında yeralan Çavlum köyünde katılmakta, ovadan çıkış sınırı ise doğudaki Süleymaniye köyünün yaklaşık 1 km ilerisindir (Şekil 2.6).

Mihallıççık Deresi, Mihalıççık ilçesi ile Kayı Köyü arasında beslenmektedir. Bozan köyü civarına kadar doğu batı doğrultusunda akmakta, Bozan Köyü civarında güneye doğru dönmekte ve Yeşildon–Çardakbaşı köyleri arasında Porsuk Çayı'na karışmaktadır (Şekil 2.6).

Büğdüzü Deresi Alpu Ovası'nın kuzey kısmında yeralan Başören Köyü civarında doğmakta, Dereköy, Özdenk, Büğdüzü köylerini geçtükten sonra Mihalıççık Deresi ile birleşmektedir (Şekil 2.6).

Okçu Deresi Alpu Ovası'nın güneydoğu kısmında yeralan Okçu Köyü civarındaki kaynaklardan beslenip, kuzeye doğru akmakta ve Doğray Köyü civarında Porsuk Nehri ile birleşmektedir (Şekil 2.6).

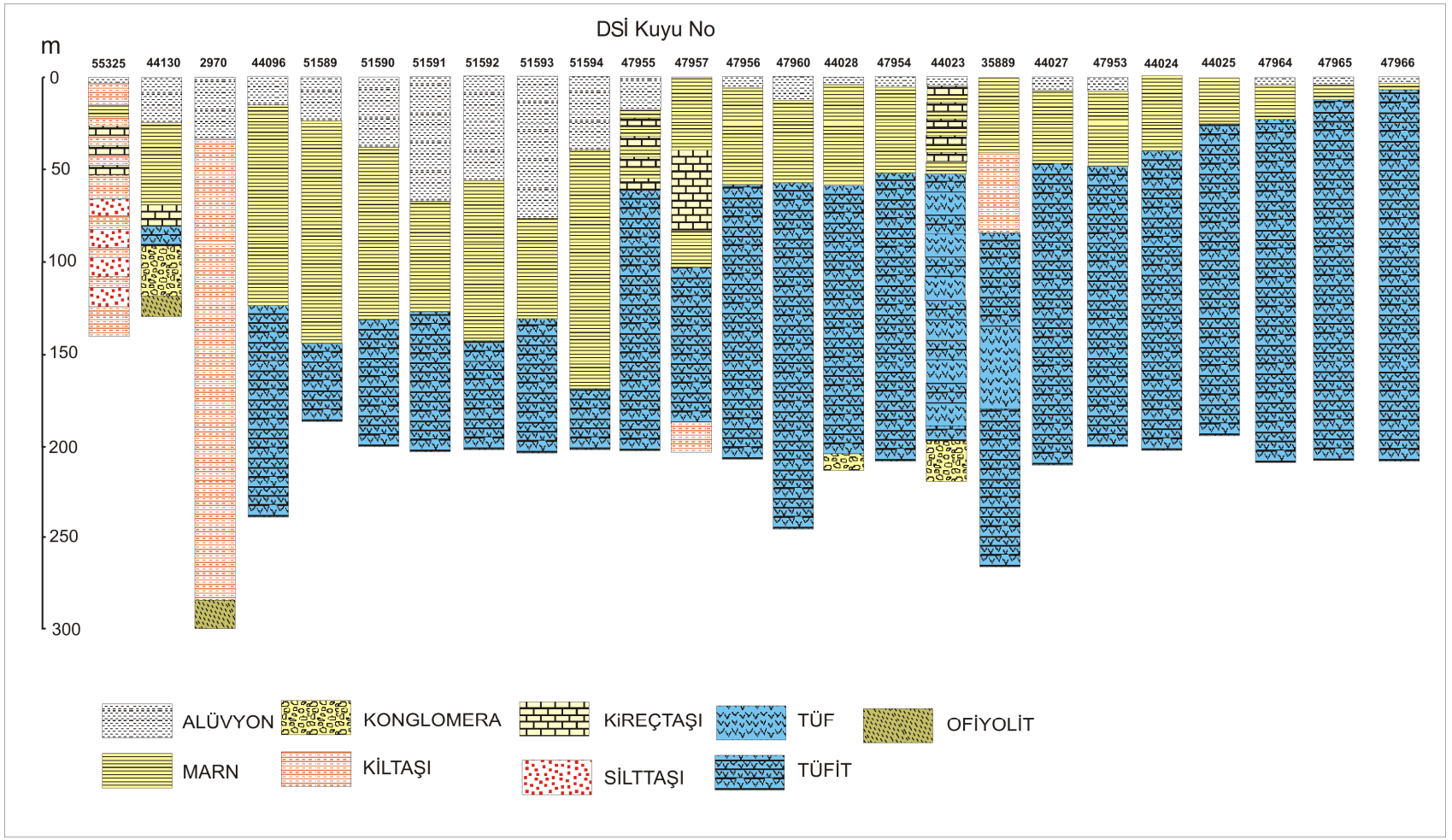
Alpu Ovası'nda yeralan akarsular (Porsuk Nehri hariç) mevsimlik akarsular olup, düzenli bir akış rejimleri yoktur (Biçer vd., 1977).

2.3.1.2. Kaynaklar

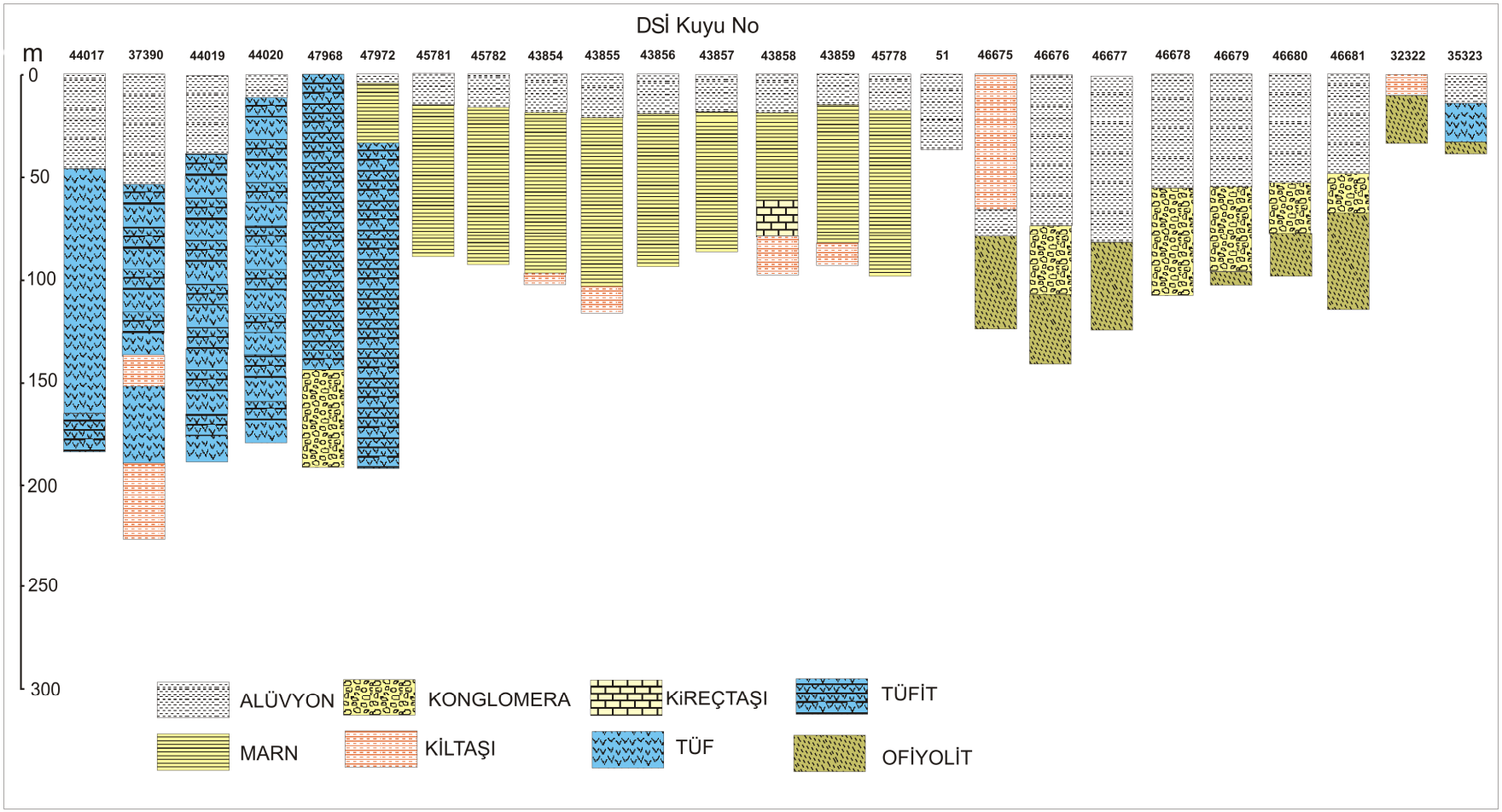
Alpu Ovası'nda özellikle ova kenarında, kısmen de dere yataklarında yeraltısuyu tablasının topografya ile kesişmesinden oluşan Biçer vd., (1977) tarafından 33 adet kaynak tespit edilmiştir.

2.3.1.3. Sondaj Kuyuları

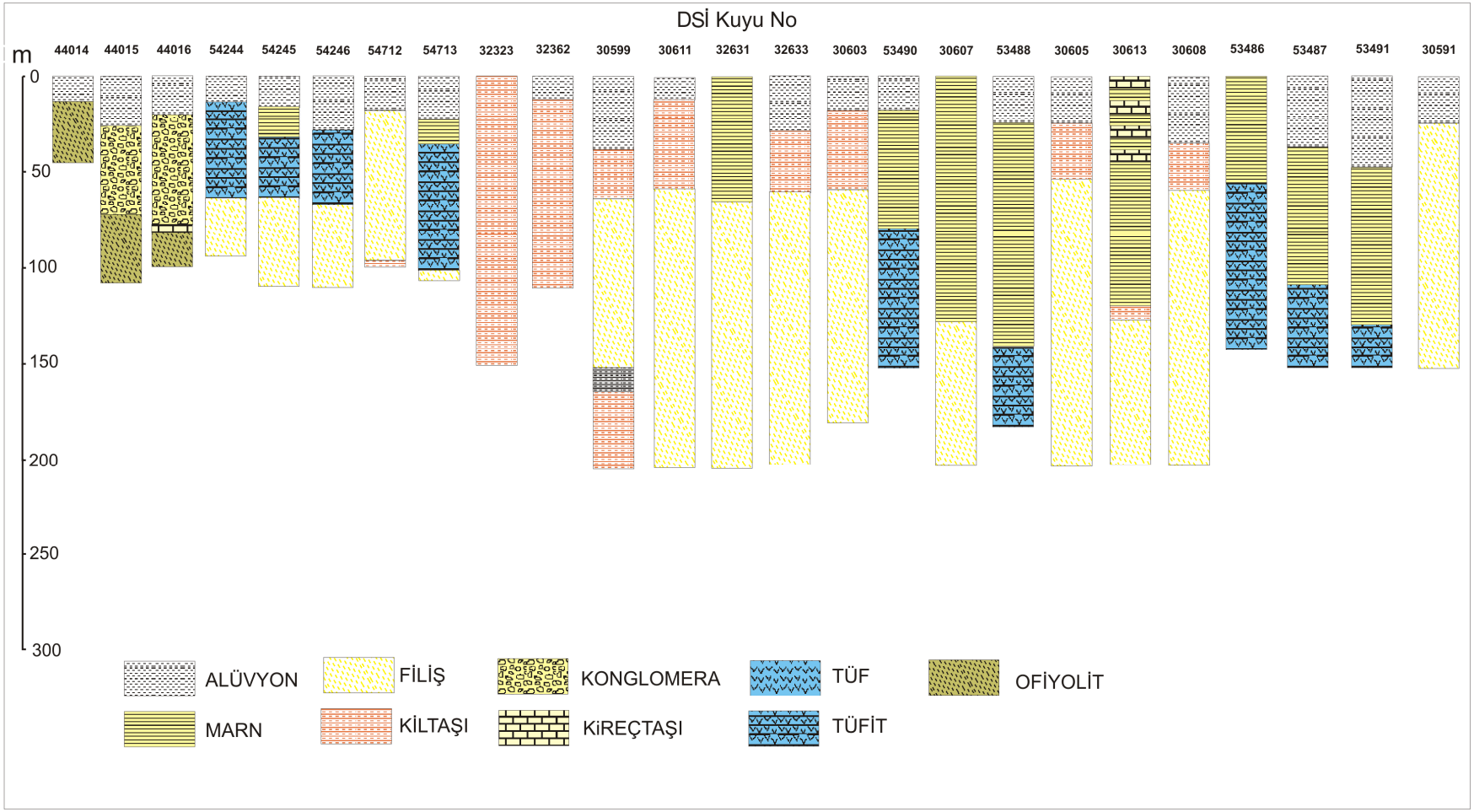
Alpu Ovası'nda sulama ve içmesuyu amaçlı açılmış olan çok sayıda kuyu vardır. Tez çalışması kapsamında Alpu Ovası'nda yeralan 179 adet kuyu incelenmiştir. Kuyuların kotları, derinlikleri, statik seviyeleri ve debileri Çizelge 2.1 de verilmektedir. DSİ 3. Bölge Müdürlüğü Yeraltısuları Şubesi 'nden alınan kuyuların logları Corel Draw programı ile hazırlanarak sunulmuştur (Şekil 2.9). Çizelge 2.1'de belirtilen kuyulardan Ovada bulunan Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonlarına yakın olan kuyuların logları incelendiğinde (51, 47964, 47965, 47966, 44017, 37390, 44019, 44020, 47968, 47972 nolu kuyular) alüvyon, marn, tüf, tüfit kiltaşı ve konglomera birimlerinin kesildiği görülmektedir (Şekil 2.9). Çizelge 2.1'de verilen kuyuların yerleri ise Şekil 2.6'da görülmektedir.



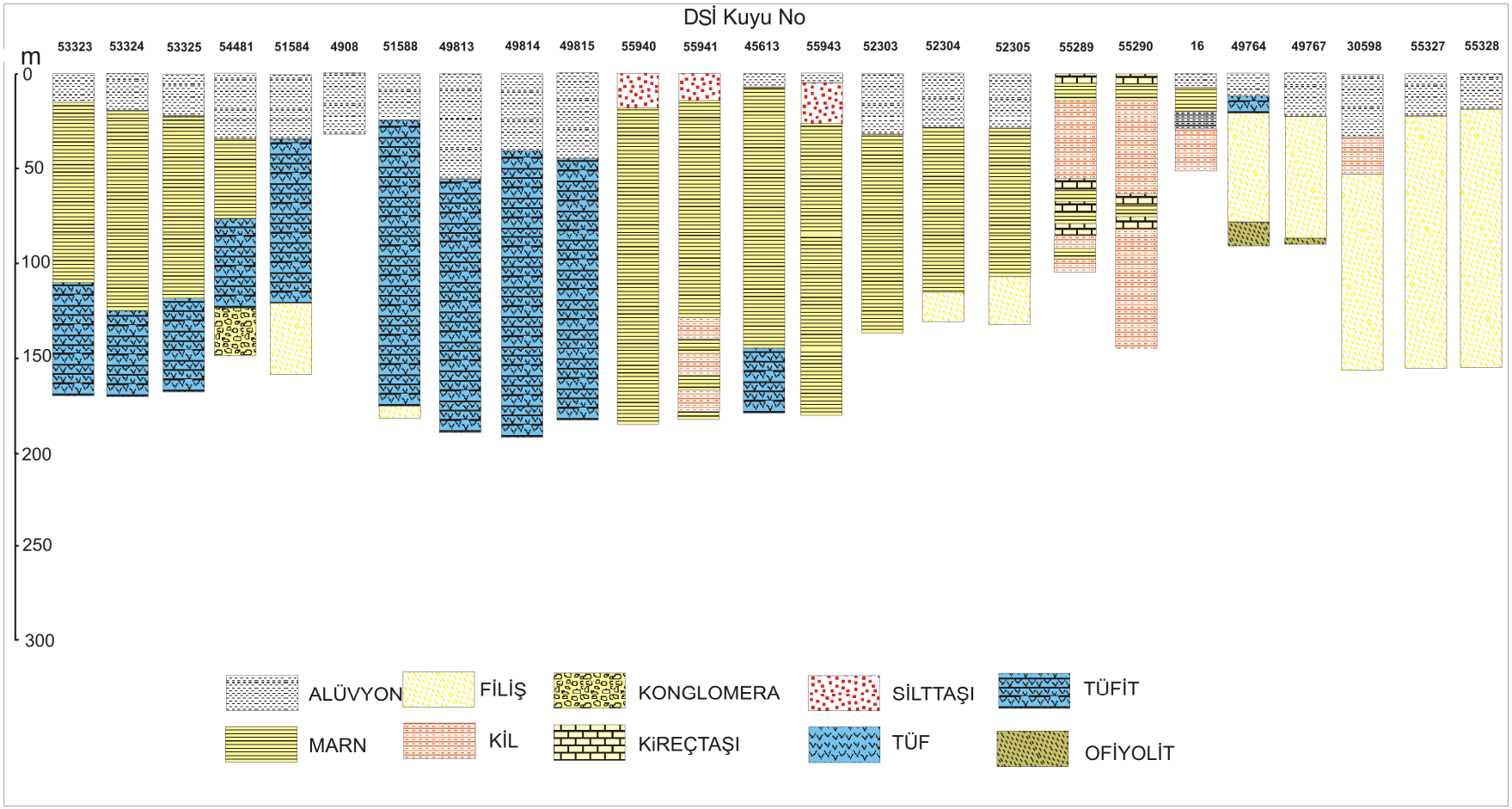
Şekil 2.9. Alpu Ovası kuyu logları.



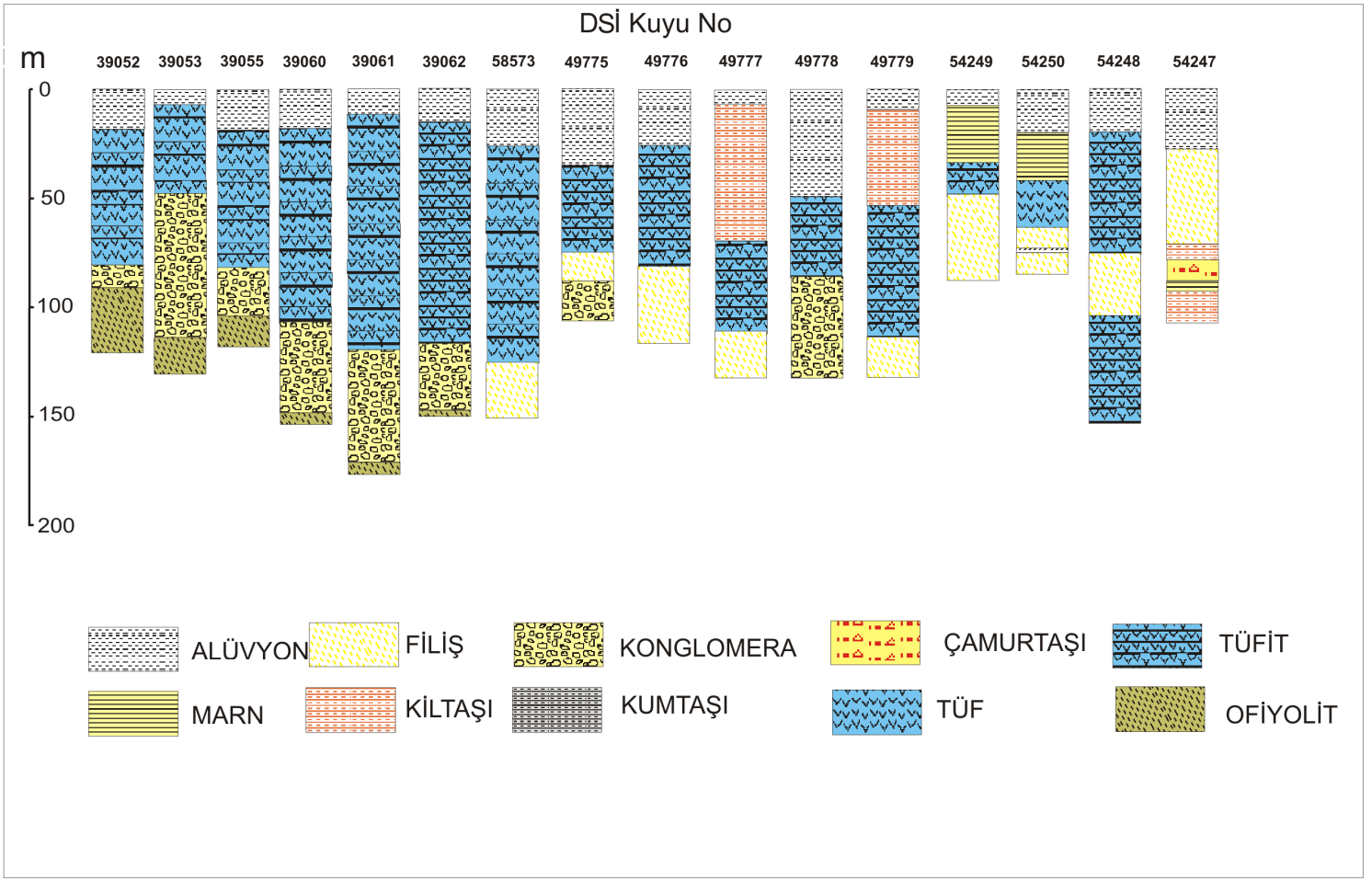
Şekil 2.9 (devamı). Alpu Ovası kuyu logları.



Şekil 2.9 (devamı). Alpu Ovası kuyu logları.



Şekil 2.9 (devamı). Alpu Ovası kuyu logları.



Şekil 2.9 (devamı). Alpu Ovası kuyu logları.

Çizelge 2.1. Alpu Ovası'nda bulunan kuyuların özellikleri

Kuyu No	Yeri	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)	Statik seviye (m)	Debi (l/sn)
55325	Kireçköy	314383	4405170	782	140	16.0	36.85
44130	Kireçköy	313800	4405400	787	130	17.60	24.97
2970	Karaçay	315553	4404394	768	300	4.0	15.10
44096	Karaçay	316975	4404750	779	238	7.78	31.17
51589	Fevziye	319850	4403850	796	184	21.0	33.05
51590	Fevziye	320800	4404050	787	198	19	30.27
51591	Fevziye	321250	4403600	786	200	26.2	30.27
51592	Fevziye	320400	4402250	803	200	26.0	28.25
51593	Fevziye	320700	4402850	793	202	25	28.25
51594	Fevziye	321000	4402425	789	200	24	28.25
47955	Guneli	324050	4400750	803	200	7.9	8.07
47957	Guneli	323550	4400450	808	200	21.8	6.0
47956	Guneli	322475	4401500	701	205	15.60	20.69
47960	Guneli	323950	4399700	811	242	31	3.0
44028	Güneli	325250	4401275	781	205	19.0	21.13
47954	Güneli	324550	4400500	800	200	28.85	16.02
44023	Güneli	325250	4401275	774	211	7.30	35.32
35889	Güneli	325300	4401250	780	254	2.6	35.32
44027	Güneli	325050	4400950	781	202	13	22.50
47953	Güneli	325125	4400400	799	192	29	10.01
44024	Güneli	326225	4401025	784	195	17.10	33.05
44025	Güneli	326475	4400375	802	186	30.15	21.13
47964	Aktepe	309625	4415050	795	200	26.50	24.79
47965	Aktepe	309825	4414550	798	200	18.20	6.87
47966	Aktepe	326300	4399975	791	200	22.74	15.77
44017	Aktepe	326740	4399250	792	191	10.7	27.12
37390	Aktepe	327075	4399525	800	234	6.52	28.25
44019	Aktepe	328125	4399700	779.5	195	11.70	30.27
44020	Aktepe	328600	4399600	778.5	186	11.85	29.33
47968	Aktepe	330825	4399050	762	200	7.60	28.25
47972	Aktepe	329675	4400400	765	200	6.20	48.57
45781	Alpu	320925	4407900	764	96	4.78	53.90
45782	Alpu	321350	4407450	764	100	4.67	63.20
43854	Alpu	321750	4407150	765	110	4.94	64.93
43855	Alpu	322400	4406875	765	124	4.77	78.83
43856	Alpu	322900	4406800	765	100	4.77	52.23
43857	Alpu	323425	4406700	765	92	4.47	37.59
43858	Alpu	323900	4406575	765	105	4.52	13.05
43859	Alpu	324475	4406400	765	100	4.71	64.93
45778	Alpu	325575	4405950	763	105	4.70	53.93
51	Esence	331146	4398664	764	38	2,59	20.0
46675	Beylikova	344450	4394275	751	130	5.30	22.07

Çizelge 2.1 (devamı) Alpu Ovası'nda bulunan kuyuların özellikleri

Kuyu No	Yeri	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)	Statik seviye (m)	Debi (l/sn)
46676	Beylikova	345325	4394475	751	147	5.30	22.07
46677	Beylikova	345800	4394525	751	130	5.30	22.07
46678	Beylikova	346350	4394150	751	113	4.43	30.28
46679	Beylikova	346750	4394200	751	107	4.37	24.60
46680	Beylikova	347075	4394450	751	103	3.60	24.28
46681	Beylikova	347475	4394750	750	120	3.58	22.07
35322	Süleymaniye	349900	4400750	769	35	3.0	25.3
35323	Süleymaniye	357950	4393400	758	41	4.50	27.05
44014	Süleymaniye	358150	4393800	752	45	6.18	6.24
44015	Süleymaniye	357700	4392875	772	108	2.51	10.85
44016	Süleymaniye	357425	4392550	780	100	5.63	25.98
54244	Kızılcaören	308175	4413175	799	102	7.80	19.55
54245	Kızılcaören	308050	4413525	794	120	5.20	11.92
54246	Kızılcaören	308200	4412925	790	120	8.60	17.66
54712	Kızılcaören	308575	4413900	796	108	4.45	36.09
54713	Kızılcaören	308850	4412750	784	117	2.0	42.13
32323	A. iğdeağacı	349900	4400750	785	151	4.4	6.14
39362	Y.iğdeağacı	354713	4406216	835	110	2.90	2.0
30599	Bozan	336775	4403800	780	201	16.60	35.32
30611	Bozan	336250	4406425	791	201	11.35	19.0
32631	Bozan	336200	4405925	791	201	20.40	12.30
32633	Bozan	336450	4405200	787	200	19.90	45.0
30603	Bozan	336800	4405000	786	178	20.32	33.0
53490	Bozan	336700	4404675	782	150	22.50	30.27
30607	Bozan	336825	4406175	780	200	18.0	16.0
53488	Bozan	336750	4405850	790	180	22.0	10.10
30605	Bozan	337100	4405675	791	200	21.0	27.0
30613	Bozan	333700	4406075	780	200	18.0	16.0
30608	Bozan	334250	4404475	776	200	15.0	78.0
53486	Bozan	334750	4405825	783	141	22.0	10.10
53487	Bozan	335100	4405500	790	150	22.0	34.58
53491	Bozan	335000	4404775	781	150	18.0	45.10
30591	Bozan	334975	4402675	769	150	10.10	65.0
53323	Bahçecik	315100	4413500	799	182	7.0	51.78
53324	Bahçecik	316250	4413850	808	183	8.0	50.46
53325	Bahçecik	316500	4413100	798	180	8.0	51.10
54481	Bahçecik	316875	4414150	802	160	6.10	30.27
51584	Karakamış	317325	4414375	802	170	11.0	50.46
4908	Karakamış	319955	4411671	785	32	1.58	16
51588	Karakamış	318625	4413100	790	182	8.0	50.45

Çizelge 2.1 (devamı) Alpu Ovası kuyuların özellikleri

Kuyu No	Yeri	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)	Statik seviye (m)	Debi (l/sn)
49813	Osmaniye	320425	4415175	799	190	30.0	39.34
49814	Osmaniye	321125	4415525	801	192	5.0	39.85
49815	Osmaniye	321800	4415200	799	183	5.0	50.48
55940	Çukurhisar	328330	4412202	786	186	0,01	20.0
55941	Çukurhisar	329023	4411738	791	182	2.90	21.14
45613	Çukurhisar	329200	4411050	785	180	1.83	16.55
55943	Çukurhisar	328366	4411600	782	180	0,20	19.37
52303	Büğdüz	337050	4411050	830	130	5.0	23.46
52304	Büğdüz	336800	4411600	837	124	5.0	50.46
52305	Büğdüz	336300	4412100	843	126	5.0	39.84
55289	Dudaş	348947	4410745	898	98	6.90	30.79
55290	Dudaş	349293	4410488	896	138	5.30	32.74
16	Dudaş	350332	4409718	903	49	20.30	0.50
49764	Yakakayı	309625	4415050	801	97	5.90	39.84
49767	Yakakayı	310075	4415700	811	96	15.0	39.1
30598	Bozan	336475	4404200	780	150	17.60	20.0
55327	Güce	356815	4410556	960	150	7.0	15.33
55328	Güce	357631	4410871	970	150	3.90	17.66
39052	Beyazaltın	314750	4418125	836	120	33.20	35.32
39053	Beyazaltın	315350	4418125	840	130	35.45	40.52
39055	Beyazaltın	314750	4417550	829	118	29.40	35.32
39060	Beyazaltın	315825	4416675	824	153	25.40	42.89
39061	Beyazaltın	316300	4416700	824	176	26.80	37.59
39062	Beyazaltın	315800	4416025	815	150	23.70	44.34
58573	Beyazaltın	316565	4415648	819	150	17.0	36.83
49775	Gündüzler	311900	4414850	801	104	6.80	35.32
49776	Gündüzler	311950	4414275	797	114	4.70	32.17
49777	Gündüzler	312475	4414600	812	180	18	39.84
49778	Gündüzler	312550	4415200	814	130	6.75	55.0
49779	Gündüzler	313000	4412800	799	130	9.22	47.18
54249	Danişment	307300	4413375	805	86	19.0	10.09
54250	Danişment	306700	4412075	794	83	14.8	5.17
54248	Danişment	307400	4412100	785	150	5.60	53.42
54247	Danişment	307325	4412575	787	105	7.95	40.26

2.3.2. Yukarı Sakarya Havzası

2.3.2.1. Akarsular

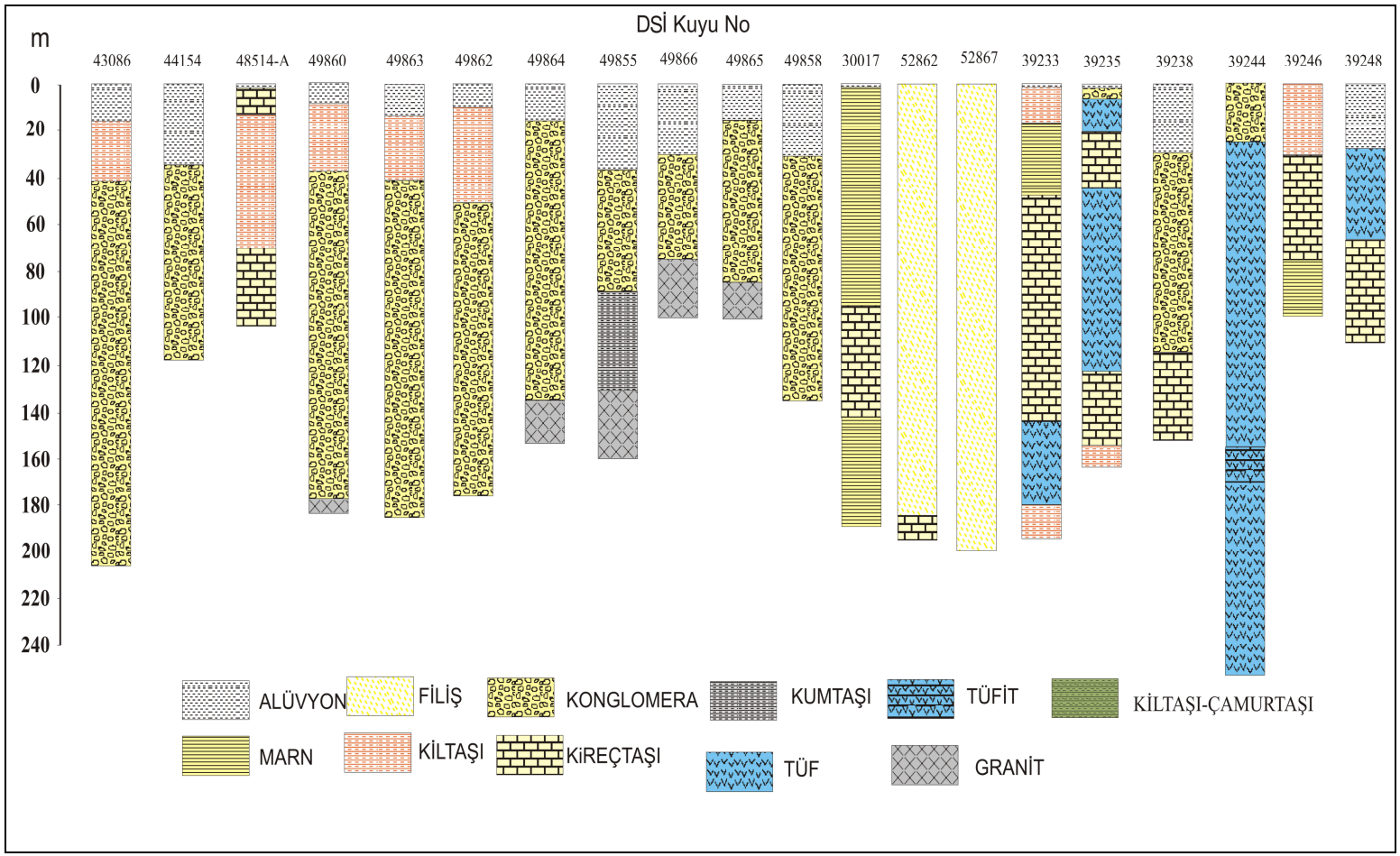
Ovada en önemli akarsu Sakarya Nehri'dir. Sakarya Nehri Çifteler ilçesinin 4 km güneyinden doğar. Kuzeyden güneye doğru akar ve Bardakçı suyu ile Körhasan Köyü civarında, Nasriye köyü civarında ise Sarısu Deresi ile birleşir. Güneye doğru geniş kavis çizer ve güneye doğru akmaya başlar. Buzluca köyünün güneydoğusunda Pınarbaşı Deresi ile birleşerek yön değiştirir, doğuya doğru akar ve havzanın doğu kısmında havzayı terk eder (Şekil 2.7)

2.3.2.2. Kaynaklar

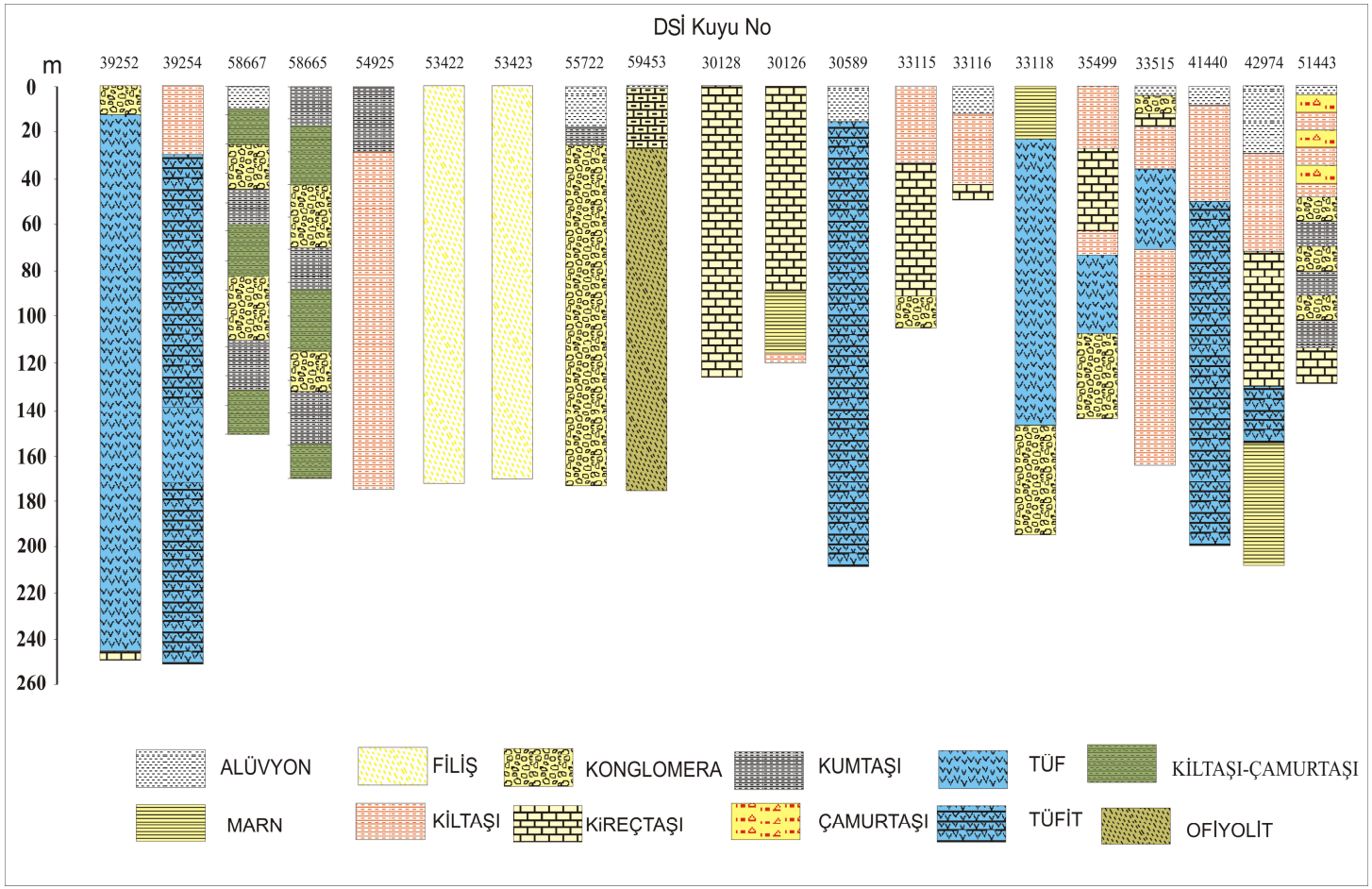
Havzada Sakaryabaşı kaynağı Paleozoyik mermerlerden çıkmaktadır. Ayrıca Neojen kireçtaşlarından çıkan Başkurt kaynakları, Ilıcabaşı kaynakları, Yarıkkaya kaynağı, alüvyondan çıkan Ablak, Pınarbaşı kaynakları da Esen vd, (1978) tarafından tespit edilmiştir.

2.3.2.3. Sondaj Kuyuları

Ovada sulama ve içmesuyu amaçlı açılmış olan çok sayıda kuyu vardır. Tez çalışması kapsamında 40 adet kuyu incelelenmiştir. DSİ 3. Bölge Müdürlüğü Yeraltısuları Şubesi 'nden alınan kuyuların logları Corel Draw programı yardımı ile çizilmiştir (Şekil 2.10). Kuyuların kotları, derinlikleri, statik seviyeleri ve debileri Çizelge 2.2 'de verilmektedir Çizelge 2.2'de verilen kuyuların yerleri ise Şekil 2.7'de görülmektedir. 49863 nolu kuyu Sivrihisar istasyonudur. Akifer birimi konglomeradır. Sivrihisar istasyonuna yakın kuyu logları incelendiğinde (43086, 44154, 48514-A, 49860, 49863, 49862, 49864, 49855, 43086, 49865, 49858, 30017 nolu kuyular) alüvyon, kiltaşı, konglomera, kireçtaşı, granit, kumtaşı, marn birimlerinin kesildiği görülmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Yukarı Sakarya Havzası kuyu logları.



Şekil 2.10 (devamı). Yukarı Sakarya Havzası kuyu logları.

Çizelge 2.2 Yukarı Sakarya Havzası Kuyuların Özellikleri

Kuyu No	Yeri	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)	Statik seviye (m)	Debi (l/sn)
43086	Sivrihisar	367025	4367075	995	204	11.15	15.77
44154	Sivrihisar	369975	4366550	1015	119	30.77	21.13
48514-A	Sivrihisar	368075	4356050	925	123	36.2	20.0
49860	Sivrihisar	367275	4368100	1004	182	9.4	5.0
49863	Sivrihisar	367600	4366200	982	184	5.70	4.0
49862	Sivrihisar	366350	4366925	981	176	6.0	9.0
49864	Sivrihisar	367375	4368850	1018	153	36.0	3.0
49855	Sivrihisar	366925	4368525	1001	160	21.5	8.0
49865	Sivrihisar	367350	4369400	1024	101	40.10	1.0
49858	Sivrihisar	366600	4367475	998	137	17.5	12.0
30017	Sivrihisar	373247	4331986	921	183	19.8	45
52862	Seyitgazi	361057	4378800	538	194	22	49.4
52867	Seyitgazi	361260	4385325	934	200	27	55.56
39233	Seyitgazi	307950	4371125	957	194	29.10	16
39235	Seyitgazi	309875	4369950	954	162	18.1	11.67
39238	Seyitgazi	306850	4377600	945	152	25.80	8
39244	Seyitgazi	311500	4381350	938	255	26	9
39246	Seyitgazi	305891	4379366	948	100	26.7	64.93
39248	Seyitgazi	306857	4380256	942	111	23.04	75.96
39252	Seyitgazi	309300	4382650	938	250	27.70	17
39254	Seyitgazi	311350	4383550	936	251	28.95	16
58667	Dinek	382336	4356053	1030	150	23	1.08
58665	Dinek	381683	4356370	1052	170	52	27.12
54925	Yıldızören	338065	4369175	895	175	33	12.61
53422	Yıldızören	338230	4368525	886	175	22	18.4
53423	Yıldızören	337473	4368957	880	175	14	22.14
55722	Selimiye	354274	4360568	852	174	3.1	42.13
59453	Beyazı	358686	4362029	904	175	16.75	10.85
30128	Göktepe	330625	4382325	878	125	8.90	10
30126	Göktepe	381863	4331872	871	200	6.4	54.12
30589	Hayriye	320584	4362028	898	208	12.4	16.0
33115	Kaymazyayla	337048	4375319	880	92	4.85	7.0
33116	Kaymazyayla	336765	4374870	875	102	2.5	10
33118	İsmetpaşa	321258	4368413	909	197	17.56	12
35499	Değişören	303161	4382398	953	141	28	13
41440	Mahmudiye	319217	4364253	912	200	13	8
42974	Beykışla	313815	4366361	933	206	3	7
51443	Aslanbeyli	294454	4369170	1046	175	0	10.09

2.3.3. Eskişehir-İnönü Ovası

2.3.3.1. Akarsular

Sarısu, Kandilli köyünden ovaya girmekte ve Eskişehir Kütahya karayolunun 5. km.sinde Porsuk Nehri'ne karışmaktadır.

Porsuk Nehri Karacaşehir civarında ovaya girmekte, Çavlum köyü civarında ise ovayı terk etmektedir. Ayrıca Karacaşehir Regülatöründen sağ ve sol ana kanallar vasıtasıyla sulama yapılmaktadır.

Keskin Deresi Bozdağ eteklerinden doğarak sol ana kanala ulaşır.

Mamuca Deresi Eskişehir-İnönü Ovası'sının güneyinde Kuyucak köyü civarında doğar ve kuzey yönünde akarak sağ ana kanala ulaşır (Şekil 2.8).

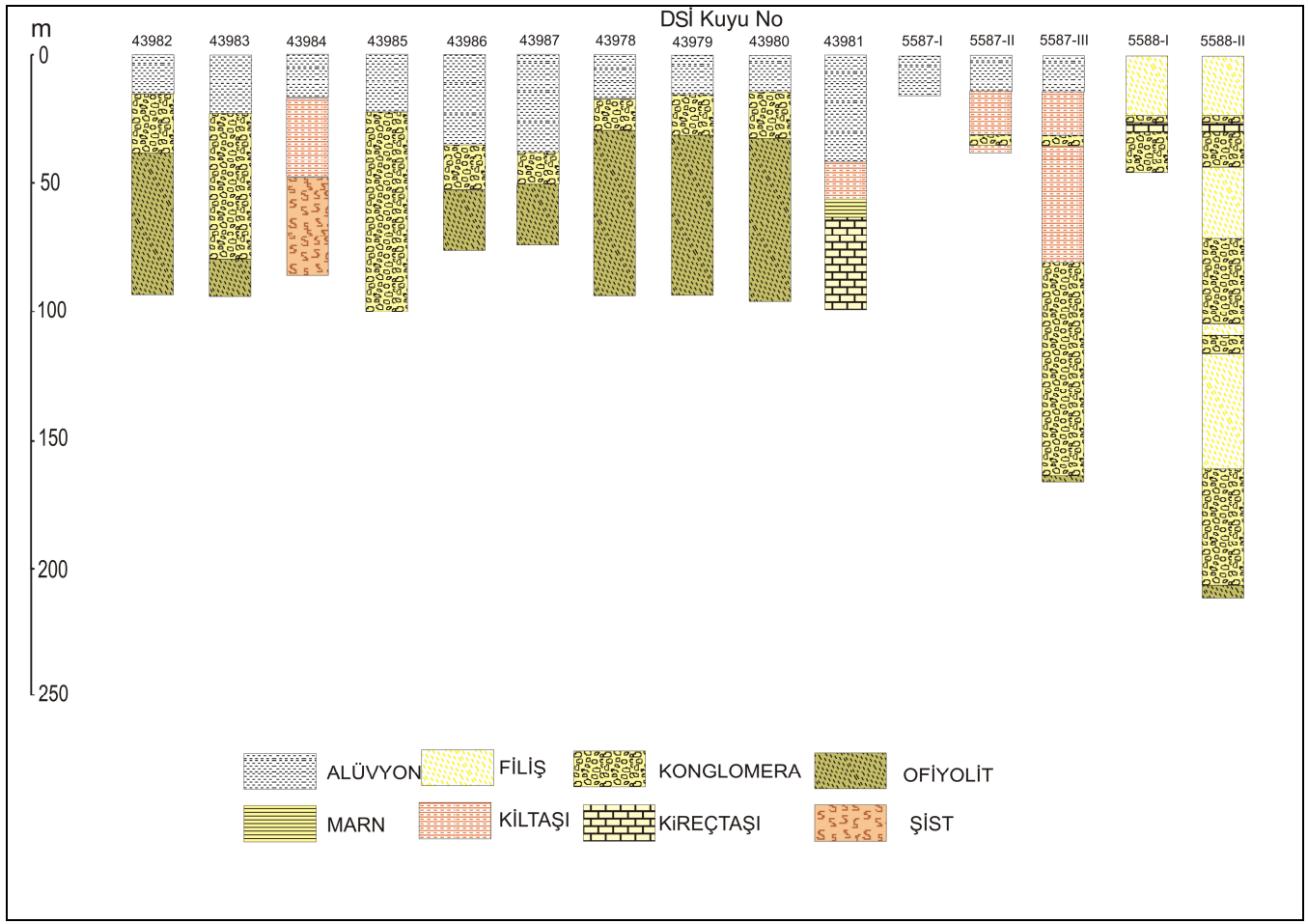
2.3.3.2. Kaynaklar

İnönü Ovası'nda Kandilli ve İnönü arasında uzanan fay hattından çıkan İnönü Büyük Havuz ve İnönü Küçük Havuz kaynakları bulunmaktadır. Ayrıca Çimento fabrikası kaynağı, Oklubalı ve Sekiören kaynakları ile Oklubalı köyü güneyinde bulunan Soğukçapınar, Kurbanpınar ve Girik deresi pınarları da fay kaynaklarıdır. Oklubalı çayır kaynakları, Keskin kaynağı, Satılmış kaynağı ise alüvyon kaynaklarıdır (Esen vd., 1975).

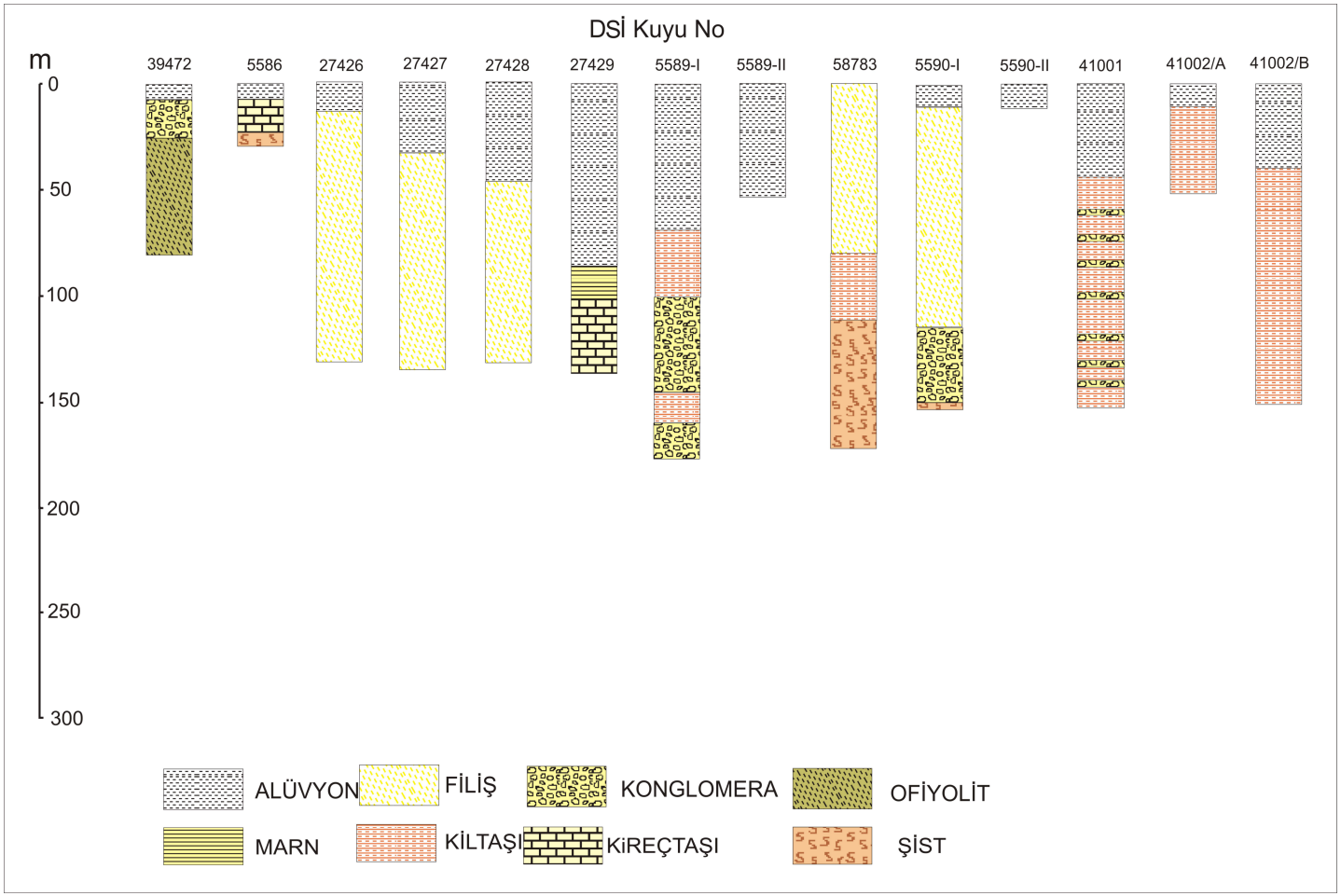
2.3.3.3. Sondaj Kuyuları

Ovada sulama ve içmesuyu amaçlı açılmış olan kuyulardan 29 adeti incelelenmiştir. DSİ 3. Bölge Müdürlüğü Yeraltısuları Şubesi'nden alınan kuyuların logları Corel Draw programı yardımı ile çizilmiştir (Şekil 2.11). Kuyuların kotları, derinlikleri, statik seviyeleri ve debileri Çizelge 2.3'te verilmektedir. Kuyuların yerleri ise Şekil 2.8'de görülmektedir. 41001 nolu kuyu İnönü Kandilli istasyonudur. Kandilli

istasyonu yakınındaki kuyuların logları incelendiğinde filiş, kiltaşı, şist, alüvyon ve konglomera birimlerinin kesildiği görülmektedir (5589-I, 5589-II, 58783, 5590-I, 5590-II, 41001, 41002/A, 41002/B) (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. İnönü Ovası kuyu logları.



Şeki 2.11. İnönü Ovası kuyu logları.

Çizelge 2.3. İnönü Ovasu kuyuların özellikleri

Kuyu No	Yeri	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)	Statik seviye (m)	Debi (l/sn)
43982	Çukurhisar	269624	4411416	809	93	1.70	33.81
43983	Çukurhisar	271359	4412701	810	94	2.40	22.90
43984	Çukurhisar	270050	4410850	810	86	2.40	28.25
43985	Çukurhisar	270175	4410525	809	100	2.0	25.98
43986	Çukurhisar	270250	4411250	812	76	5.1	35.32
43987	Çukurhisar	270700	4410825	809	74	3.0	25.90
43978	Çukurhisar	268125	4411950	812	95	1.90	20
43979	Çukurhisar	268320	4418250	805	95	1.93	31.22
43980	Çukurhisar	268268	4411875	811.5	97	1.45	30.27
43981	Çukurhisar	268834	4411880	810.5	100	1.70	33.81
5587-I	Satılmış	274157	4408933	805	15	1.75	12.0
5587-II	Satılmış	273624	4410720	805	37	0.90	0.40
5587-III	Satılmış	271943	4409244	805	166		
5588-I	Oklubalı	265244	4411007	930	45	2.55	1
5588-II	Oklubalı	265965	4411927	930	212.5	2.7	1
39472	Esk ÇimentoFab.	267846	4412263	809	80	3.80	33.72
5586	Turgutlar	269624	4411416	809	29	9.12	2.0
27426	Boyacıoğlu	277977	4407123	802	130	3.0	40.62
27427	Boyacıoğlu	277854	4406855	801	133	2.4	28.25
27428	Boyacıoğlu	277876	4407698		130	2.10	30.27
27429	Boyacıoğlu	272798	4406852		135	1	38.35
5589-I	İnönü	254574	4412540	830	232.1	0.6	3
5589-II	İnönü	254875	4412425	830	70	0.6	24.0
58783	Kandilli	246813	4412567	896	172	97.15	-
5590-I	Kandilli	247970	4413793	845	152	0.9	2.5
5590-II	Kandilli	247850	4413684	845	11	5.89	
41001	Kandilli	252620	4412719	840	150	1,65	66
41002/A	Kandilli	250084	4413349	844	52		
41002/B	Kandilli	255569	4412540	828	151	1.2	14.19

2.4. Hidrojeoloji

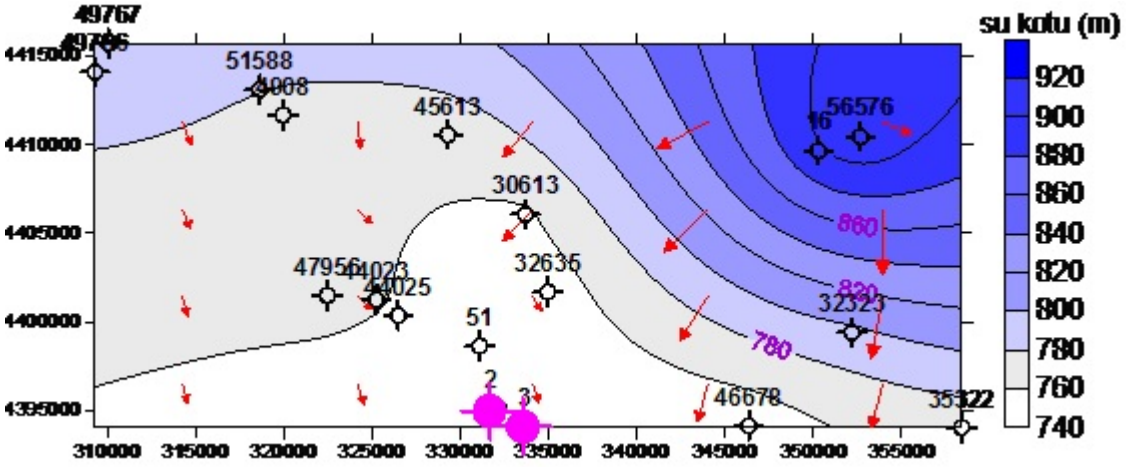
Ovaların hidrojeolojisi ayrı ayrı incelenmiştir.

2.4.1. Alpu Ovası

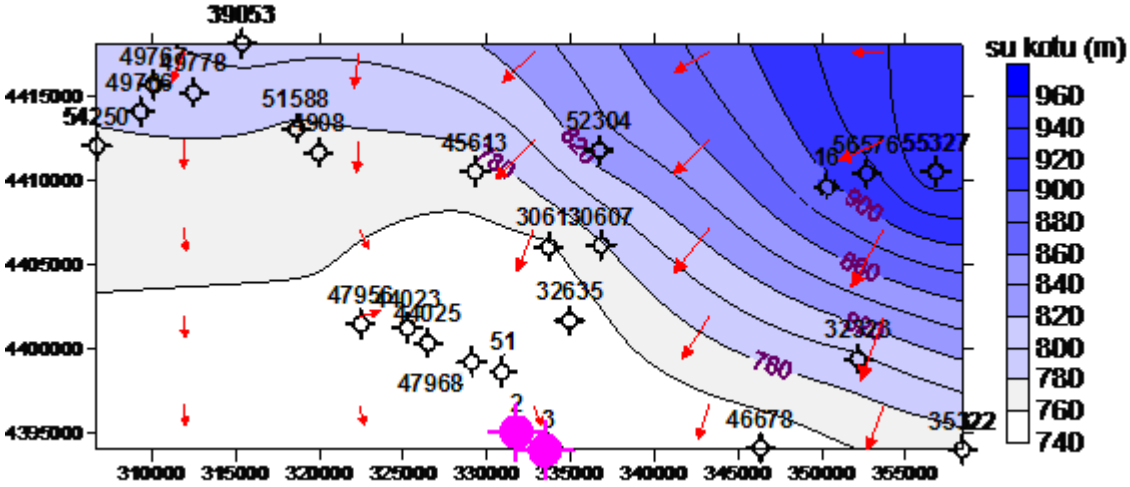
2.4.1.1 Yeraltısuyu kotu

DSİ tarafından ovada yeraltısuyu seviyesi ölçümü yapılan kuyular Çizelge 2.4 ’te verilmektedir. Ovanın yeraltısuyu seviyesi haritası Surfer 8 programı yardımı ile çizilmiştir. Surfer programı mevcut veriler göre dağılım göstermekte ve veri

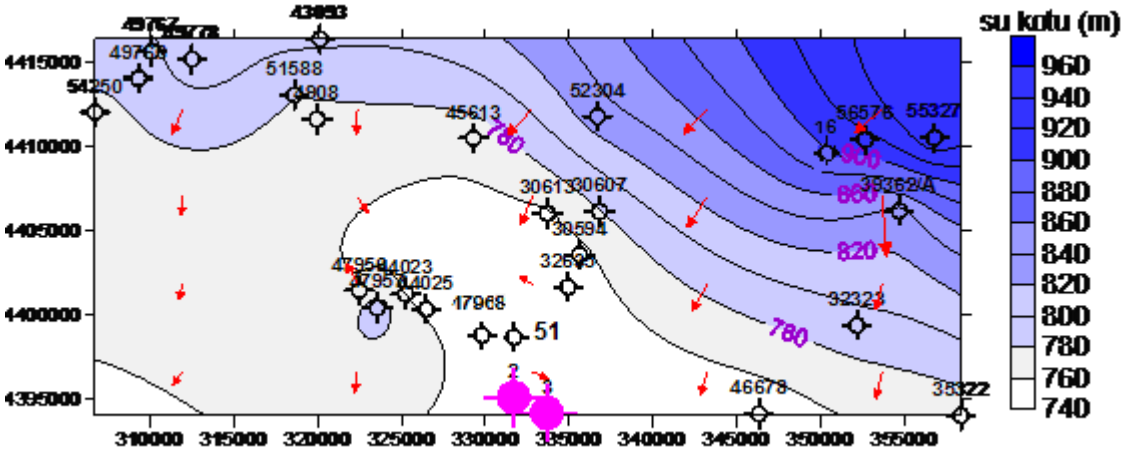
bulunmayan alanlara ilişkin değerleri Kriging yöntemi ile atamaktadır. Bu yüzden değerlendirmelerde alansal değilde noktasal değerlendirmelerin yapılması daha uygundur. Kurak ve yağışlı dönemlere ait surfer programı yardımı ile çizilen yeraltısuyu seviyesi haritalarında (Şekil 2.12a - Şekil 2.12-ı) Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonu (2) ve Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonunun (3) yerleri işaretlenmiştir. Yeraltısuyu seviyesi haritalarına göre haritalarda da görüldüğü gibi yeraltısuyu akım yönü istasyonlara doğrudur.



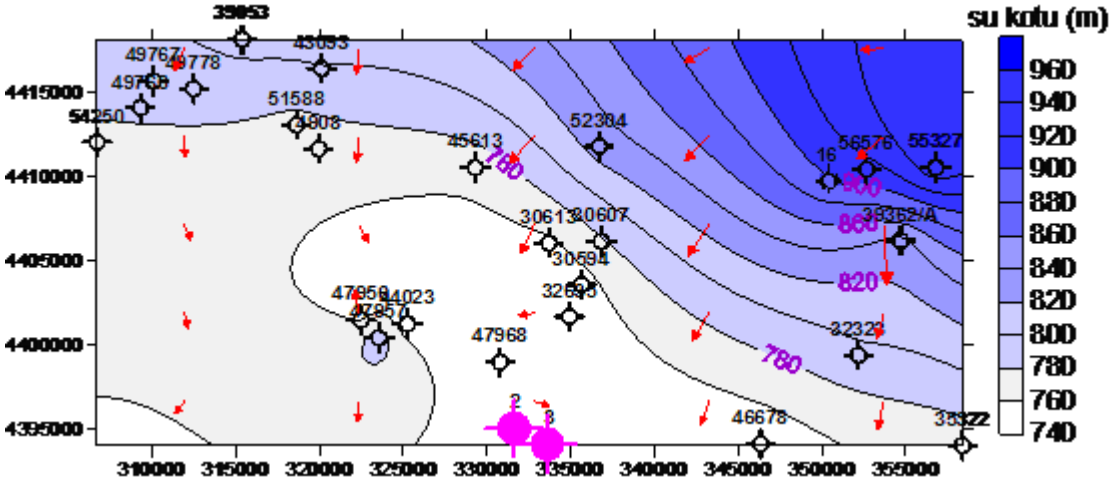
Şekil 2.12a. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 Yağışlı Dönem).



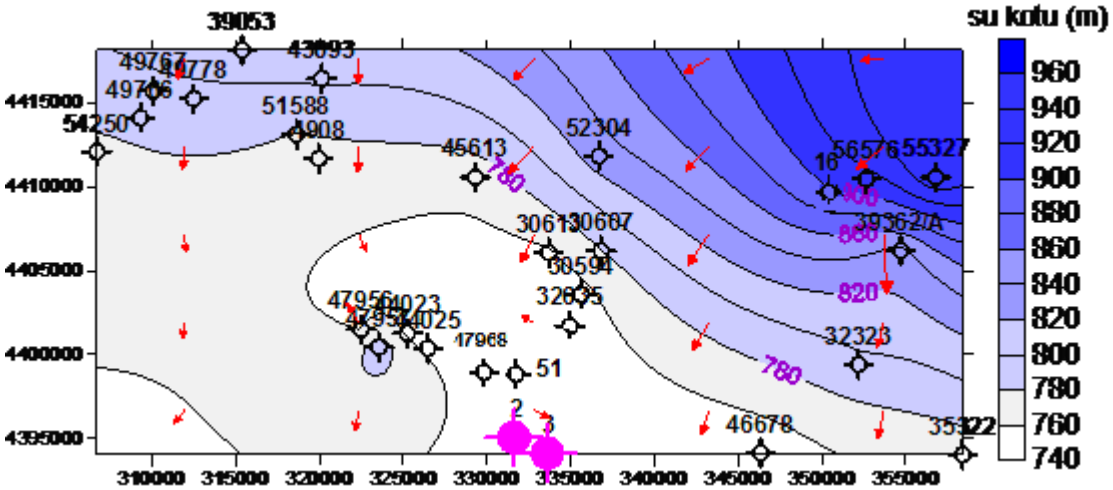
Şekil 2.12b. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 Kurak Dönem).



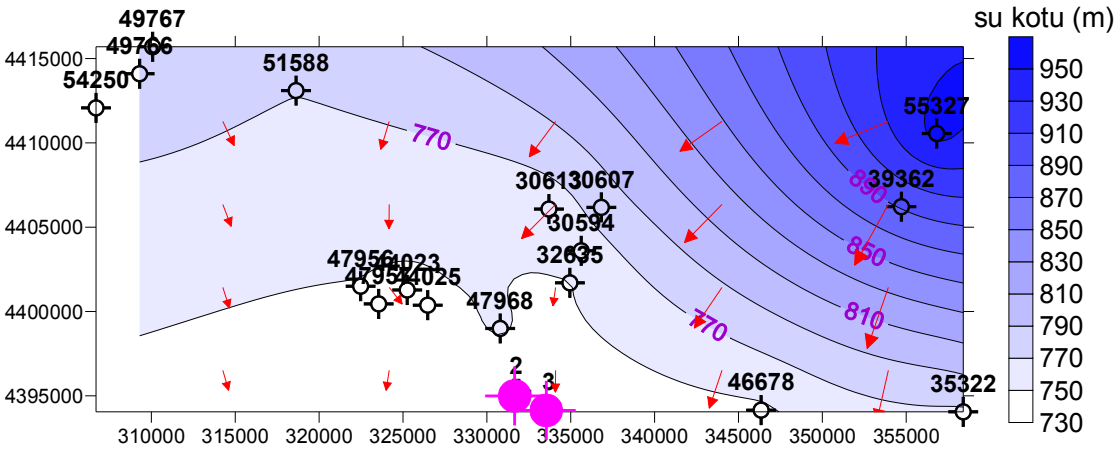
Şekil 2.12c. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 Yağışlı Dönem).



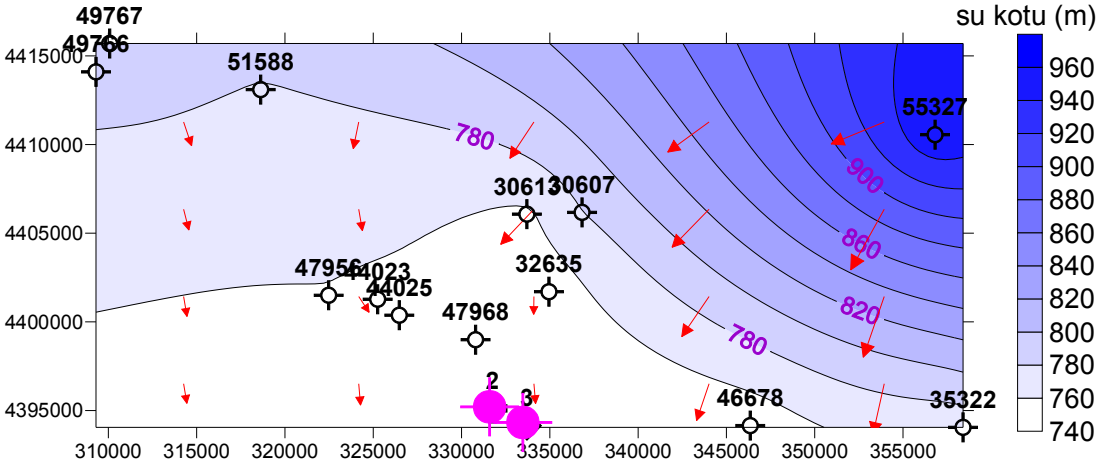
Şekil 2.12d. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 Kurak Dönem).



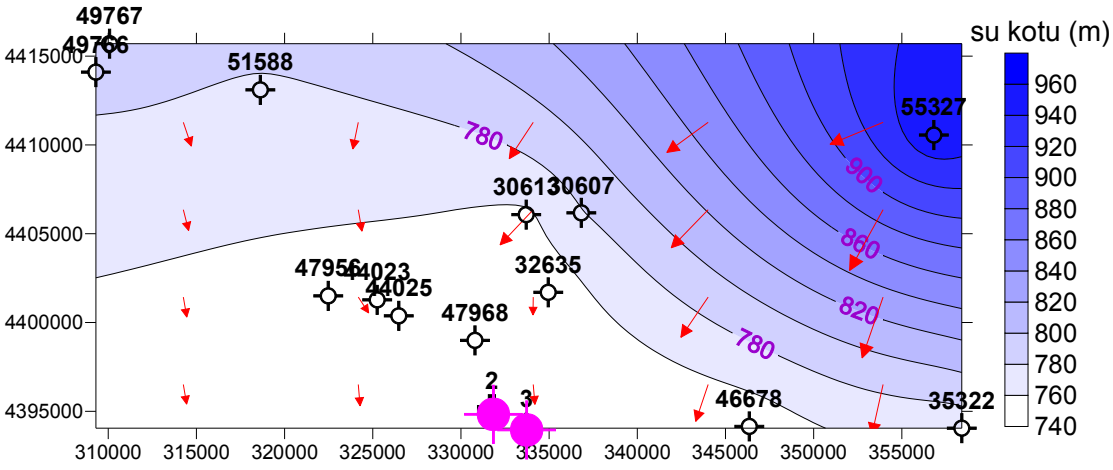
Şekil 2.12e. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Yağışlı Dönem).



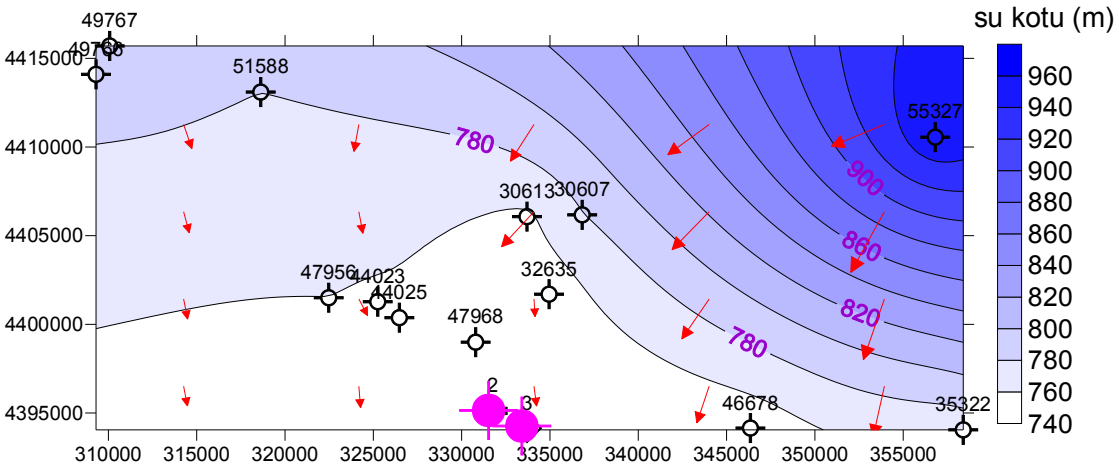
Şekil 2.12f. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Kurak Dönem).



Şekil 2.12g. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Yağışlı Dönem).



Şekil 2.12h. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Kurak Dönem).



Şekil 2.12ı. Alpu Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2011 Yağışlı Dönem).

2.4.1.2. Akifer birimler

Alpu Ovası'nda alüvyon, Neojen konglomera ve kireçtaşı akifer birimleri oluşturmaktadır (Biçer vd., 1977).

2.4.1.2.1. Alüvyon akiferi

Porsuk Ovası alüvyon sahası 640 km^2'dir. Alüvyon kalınlığı Porsuk Nehri yatağına yaklaştıkça artarken, yataktan uzaklaştıkça azalmaktadır. Porsuk Nehri yatağı çevresinde genellikle kum, çakıl; ova kenarına doğru ise kil ve silt hakimdir.

2.4.1.2.1. Neojen konglomera ve kireçtaşı

Neojen birimler yaklaşık 815 km^2' lik alanı kaplamakta ve tabaka kalınlıkları ise 20 -105 m arasında değişmektedir (Uysal, 2007).

Çizelge 2.4. Alpu Ovası'na ait yeraltısuyu kotu değerleri

Kuyu No	Lokasyon	Yeraltısuyu kotu (m)								
		2007 Yağışlı	2007 Kurak	2008 Yağışlı	2008 Kurak	2009 Yağışlı	2009 Kurak	2010 Yağışlı	2010 Kurak	2011 Yağışıı
54250	Danişment	–	776,6	775,61	776,46	775,26	772.2	–	–	–
43093	Osmaniye	–	–	804,05	799,08	802,83	–	–	–	–
47957	Güneli	–	–	792,7	791,8	792,37	793.97	–	–	–
44025	Güneli	758,79	750,88	757,06	–	757,22	749,04	758,46	753,36	759,36
30607	Bozan	–	778,13	779,35	778,2	779,65	778,75	779,7	779	779,25
30594	Bozan	–	–	754,94	752,34	754,22	752.87	–	–	–
39362	Y. İğdeağacı	–	–	833,18	832,73	833,23	834.99	–	–	–
55327	Eskişehir-Güce	–	955,32	957,72	955,82	957,8	955,92	957,62	957	957,67
51588	Karakamış	780,57	776,94	780,52	773,82	779,25	770,7	778,47	776,37	779,97
49767	Yakakayı	796,78	789,42	794,79	787,12	795,72	789,71	797,52	793,27	799,82
49766	Yakakayı	789,09	784,22	786,39	782,77	787,01	784,52	788,4	786,67	790,19
44023	Güneli	760,75	745,35	758,2	746,6	756,51	746,5	757,05	752,19	758,11
47956	Güneli	763,48	758,38	761,23	757,78	758,68	749,46	759,31	754,04	759,95
46678	Beylikova	747,65	746,68	747,8	746,28	747,46	746,68	747,51	747,08	747,7
47968	Aktepe	–	750,67	752,44	749,9	752,08	751	752,15	751,44	752,93
30613	Bozan	757,5	757,33	757,84	756,65	757,75	756,6	757	756,85	757,04
32635	Bozan	751,17	750,1	750,87	749,3	750,22	749,7	750,77	750,27	751,08
35322	Süleymaniye	768,32	768,33	768,5	768,39	768,35	767,15	767,41	767,2	767,47
51	Esence	754,59	752,89	754,09	–	753,69	–	–	–	–
49778	Gündüzler	–	790	814,27	788,07	794,72	–	–	–	–
39053	Beyazaltın	–	808,63	–	806,82	811,05	–	–	–	–
45613	Çukurhisar	768,91	768,78	768,91	768,51	768,49	–	–	–	–
52304	Büğdüz		830,45	831,17	829,17	830,64	–	–	–	–
56576	Karageyikli	915,02	912,96	913,32	911,42	912,5	–	–	–	–
4908	Karakamış	774,96	773,54	774,81	771,66	773,96	–	–	–	–
16	Yukarı Dudaş	899,47	898,55	898,87	898,82	899,27	–	–	–	–
32323	Aşağı İğdeağacı	796,07	795,92	793,92	795,88	796,07	–	–	–	–

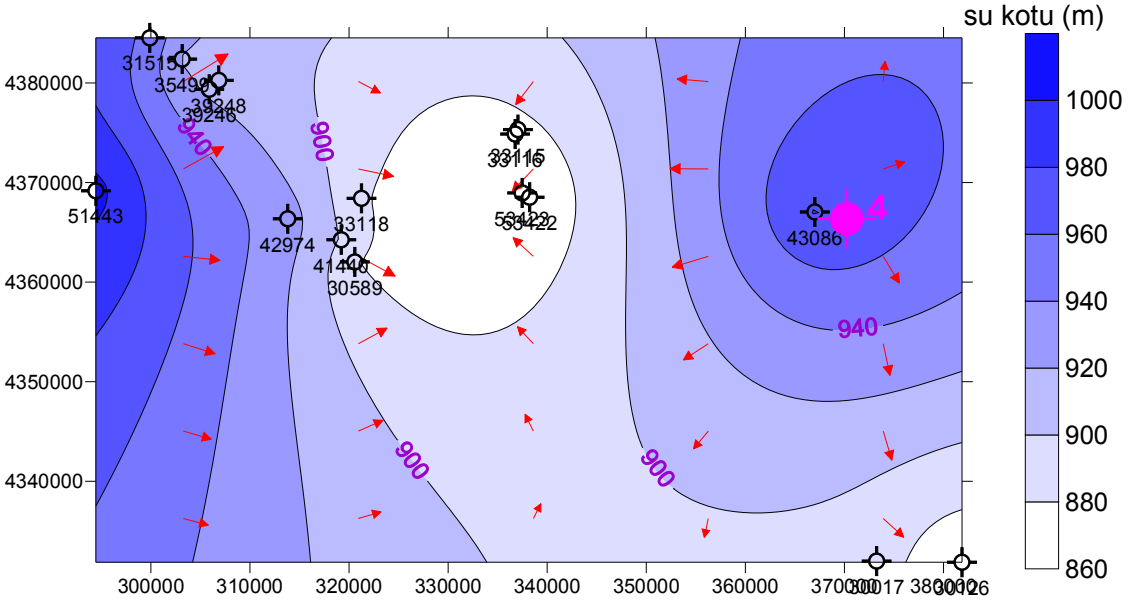
2.4.2. Yukarı Sakarya Havzası

2.4.2.1 Yeraltısuyu kotu

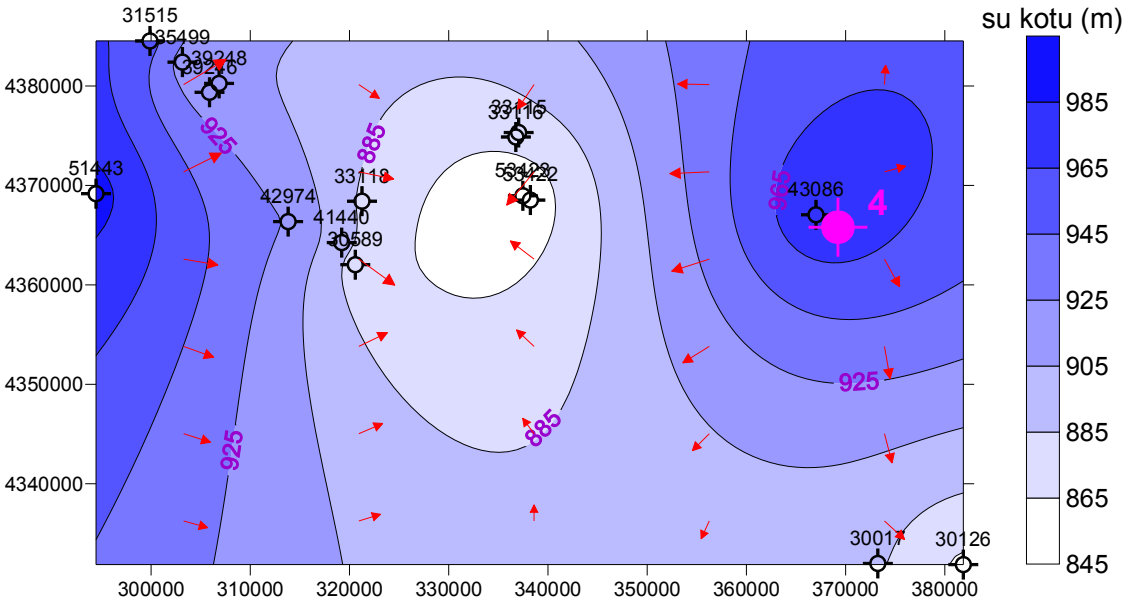
DSİ tarafından ovada yeraltısuyu seviyesi ölçümü yapılan kuyular ve yeraltısuyu seviyeleri Çizelge 2.5 ’te verilmektedir Yeraltısuyu seviyesi haritaları ise Şekil 2.13a-2.13e de görülmektedir. Sivrihisar istasyonu pembe renk ile belirtilmiştir. Yeraltısuyu seviyesi haritalarında görüldüğü gibi istasyonun bulunduğu bölgede yeraltısuyu seviyesi yüksektir. Fazla çekim olmadığından yüksek olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 2.5. Yukarı Sakarya Havzası yeraltısuyu kotu değerleri.

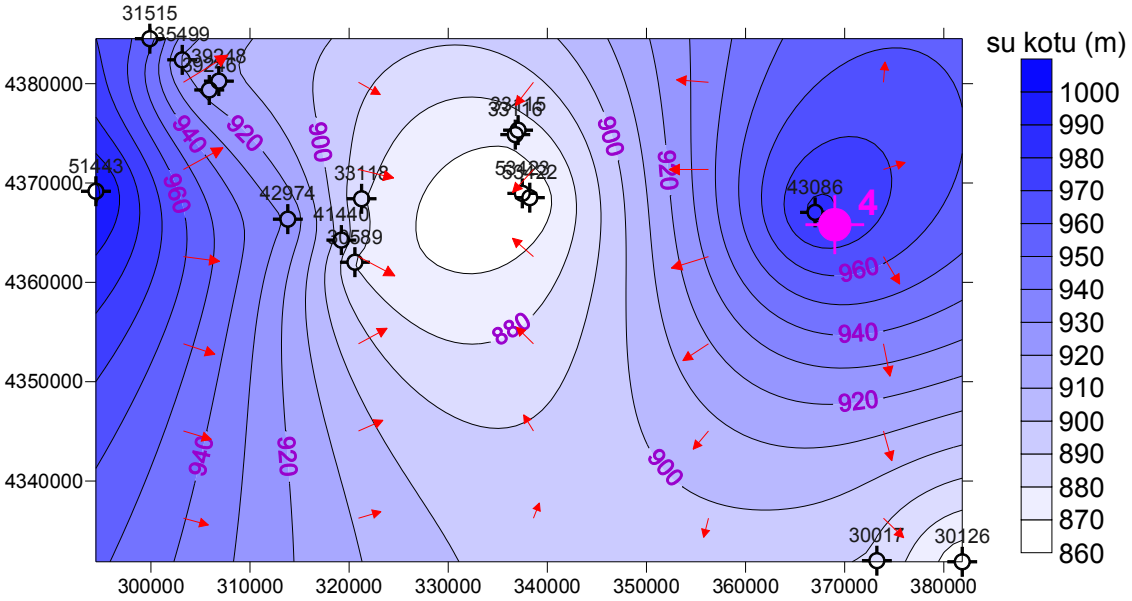
Kuyu no	Lokasyon	Yeraltısuyu kotu (m)				
		2009 Yağışlı	2009 Kurak	2010 Yağışlı	2010 Kurak	2011 Yağışlı
53423	Çifteler Yıldızören	864,17	847,3	864,15	860,46	864,47
35499	Seyitgazi Değişören	918,2	915,55	917,65	917,72	917,48
42974	Seyitgazi Beykışla	929,55	923,65	928,8	917,58	929,3
51443	Seyitgazi Aslanbeyli	1006,66	994,1	1002,8	995,92	1001,64
31515	Seyitgazi Değişören	955,5	954,2	954,7	953,65	953,97
39246	Doğançayır sulaması	916,45	914,1	915,9	913,6	915,75
39248	Doğançayır sulaması	913,57	911,24	913	911,15	912,88
33115	Mahmudiye Kaymazyayla	875,4	875,23	875,55	874,79	875,52
33116	Mahmudiye Kaymazyayla	872,6	872,18	872,53	872	872,55
53422	Çifteler Yıldızören	862,1	853,7	861,37	856,9	861,44
30589	Çifteler Hayriye	880,9	874,63	879,05	875,5	878
41440	Mahmudiye Türkmenmecidiye	898,7	894,85	896,25	892,4	894,3
33118	Mahmudiye İsmetpaşa	882,6	881,72	881,4	879,85	881,04
30017	Sivrihisar Sığırcık	888,52	887,7	888,2	887,27	888,18
30126	Sivrihisar Göktepe	862,5	860,3	862,4	859,82	861,88
43086	Sivrihisar Merkez	981,29	983,82	983,96	982,7	982,85



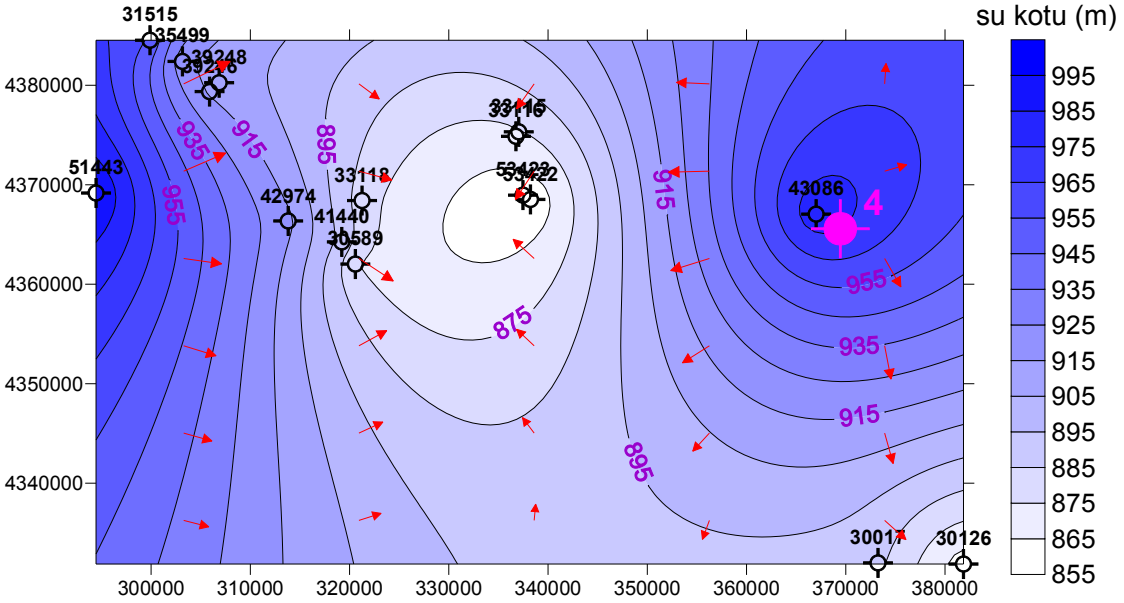
Şekil 2.13a. Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Yağışlı Dönem).



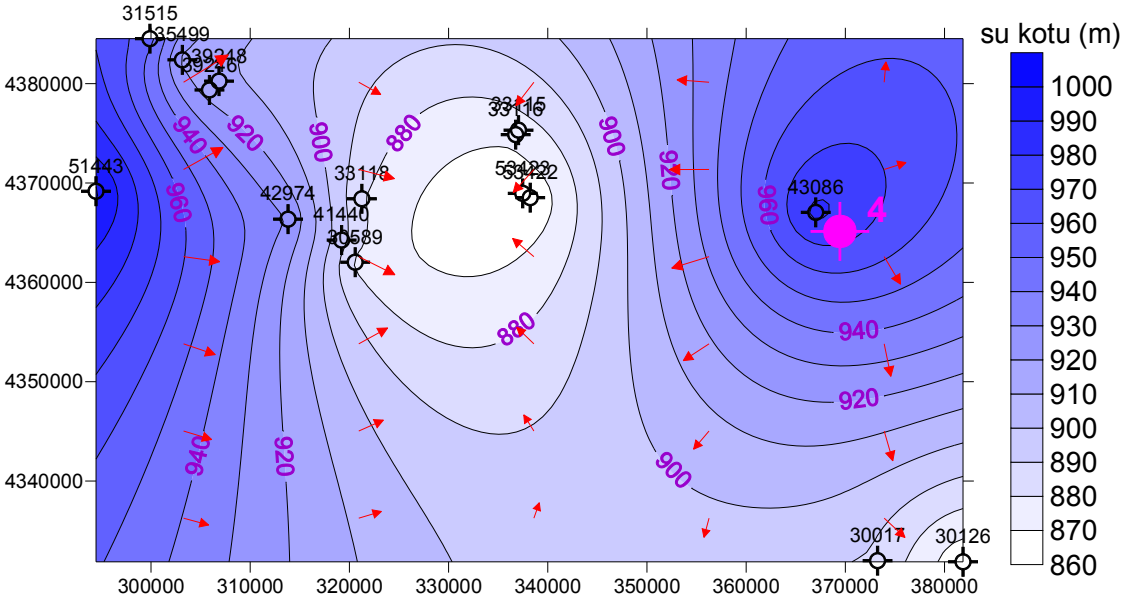
Şekil 2.13b. Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 Kurak Dönem).



Şekil 2.13c. Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Yağışlı Dönem).



Şekil 2.13d. Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2010 Kurak Dönem).



Şekil 2.13e. Yukarı Sakarya Havzası eşyeraltısuyu seviye haritası (2011 Yağışlı Dönem).

2.4.2.2. Akifer birimler

Havzada en yaşlı akifer, Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarıdır. Havzanın güney ve güneybatısında mostra verir. Diğer akifer birimler ise Neojen kireçtaşları konglomera ve alüvyondur (Esen vd., 1978).

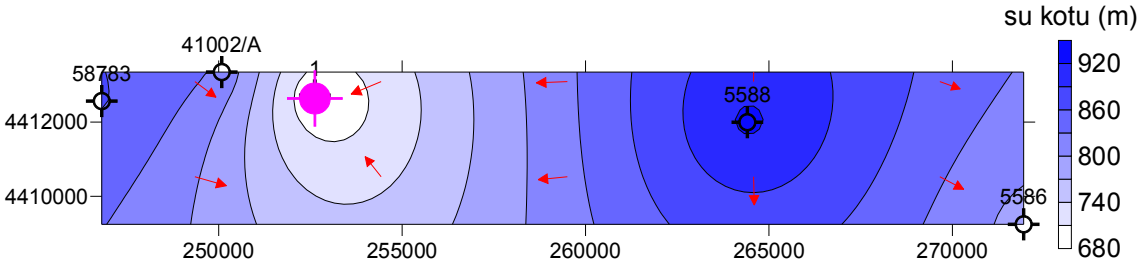
2.4.3. Eskişehir-İnönü Ovası

2.4.3.1 Yeraltısuyu kotu

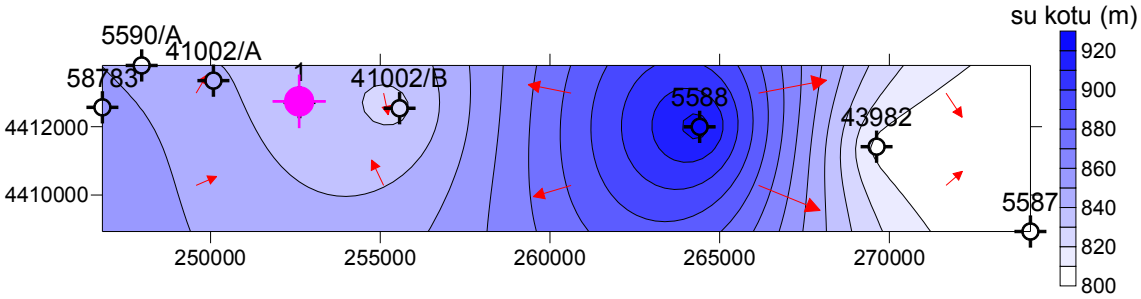
DSİ tarafından ovada yeraltısuyu seviyesi ölçümü yapılan kuyular ve yeraltısuyu seviyeleri Çizelge 2.6 'da verilmektedir. Yeraltısuyu seviyesi haritaları ise Şekil 2.14 a-2.14 e de görülmektedir. İnönü Kandilli istasyonu pembe ile gösterilmiştir. Haritalardan da görüldüğü gibi genelde yeraltısuyu akım yönü istasyona doğrudur.

Çizelge 2.6. İnönü Ovası yeraltısuyu kotu değerleri

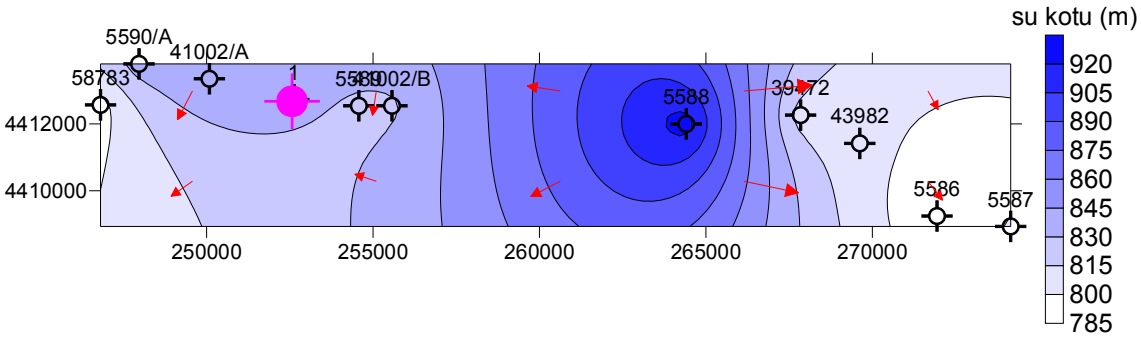
Kuyu No	Lokasyon	Yeraltısuyu kotu (m)				
		2007 Yağışlı	2007 Kurak	2008 Yağışlı	2008 Kurak	2009 Yağışlı
58783	Kandilli	862.3	859.48	794.4	862.55	870.25
5590/A	Kandilli	-	840.3	838.6	840.5	839.25
41002/A	Kandilli	825.3	841.5	841.4	-	825.7
5589	İnönü	-	-	828.4	827.05	828.75
41002/B	Kandilli	-	826.98	827.93	826.29	828
5588	Oklubal	927	925.76	927.05	925.56	927.78
39472	Oklubal	-	-	807.3	806.9	-
43982	Çukurhisar	-	806	807.25	805.55	807.44
5586	Satılmış	787	-	787.2	-	788.7
5587	Satılmış	-	800.7	801.27	-	801.51
41001	Kandilli	679				



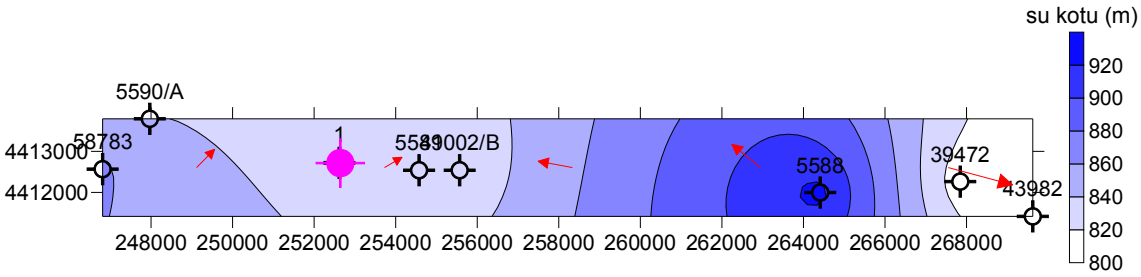
Şekil 2.14a. İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 yağışlı dönem).



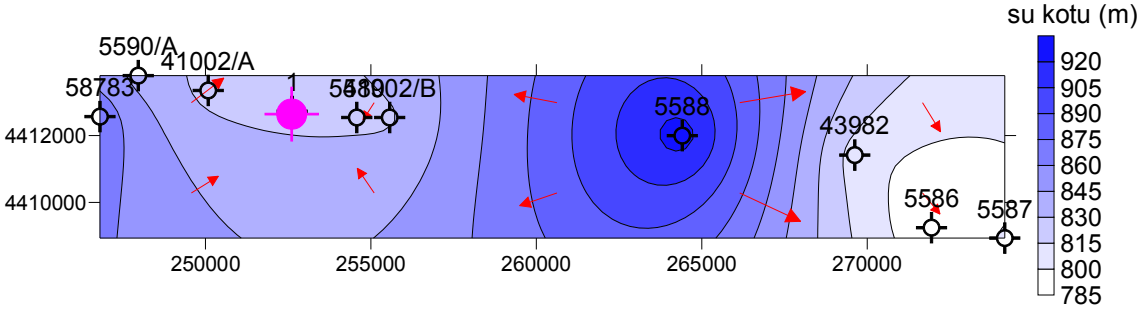
Şekil 2.14b. İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2007 kurak dönem).



Şekil 2.14c. İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 yağışlı dönem).



Şekil 2.14d. İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2008 kurak dönem).



Şekil 2.14e. İnönü Ovası eşyeraltısuyu seviye haritası (2009 yağışlı dönem).

2.4.3.2. Akifer birimler

Ovada yeraltısuyu bakımından en önemli formasyon alüvyondur. Sarısu deresi yatağından ova kenarına doğru gidildikçe alüvyon kalınlığı azalmaktadır. Porsuk ve Sarısu'yun birleştiği alanda alüvyon kalınlığı 20 m, Eskişehir içinde ise 15-35 m arasında değişmektedir (Esen vd., 1975).

BÖLÜM 3

YÖNTEM

3.1. İstasyon yerlerinin seçilmesi

İstasyon yerleri ve istasyonlarda ölçülecek parametreler literatür incelemeleri ve arazi çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. İstasyon yerlerinin seçiminde aşağıda açıklanan tektonik durum ve hidrojeolojik durum göz önüne alınmıştır.

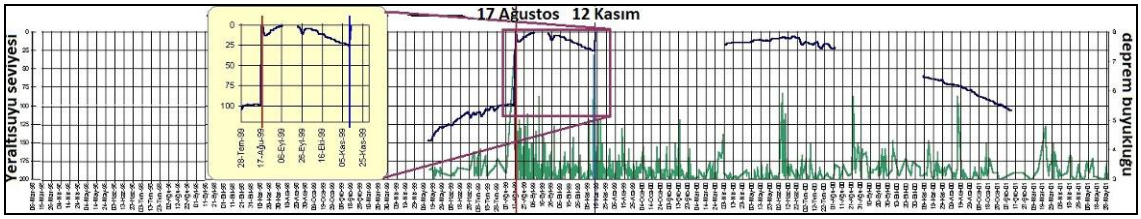
3.1.1. Tektonik Durum

Trakya Eskişehir Fay Zonu Marmara'nın güneyinde İnegöl, Bözüyük, İnönü, Eskişehir, Alpu ovaları ve bunun güneyinde yer alan Çifteler ve Günyüzü havzalarını oluşturur. Eskişehir havzası Marmara'da olan ve olabilecek depremlere özel bir hassasiyeti bulunmaktadır (Yaltırak et al., 2005). Bu hassasiyet dikkate alınarak istasyonlar aktif fayların yakın civarlarında seçilmiştir.

3.1.2. Hidrojeolojik Durum

Hidrojeolojik açıdan istasyon yerlerini seçerken dış etkilerden uzak olduğu için basınçlı akifer koşullarına sahip lokasyonlar, dipteki etkileri yansıtması açısından sıcak su kaynağı (Uyuzhamam sıcaksu kaynağı) seçilmiştir.

Ayrıca 17 Ağustos 1999 depremi öncesinde 13 Mayıs'tan itibaren, toplam 50 cm civarında yükselim, 17 Ağustos 1999 depremi sırasında su seviyesinde 99 cm'lik ani bir yükselim, 12 Kasım 1999'da ise 2 cm'lik bir yükselim, 13 Kasım 1999'da 24 cm'lik bir yükselim gözlenen, (Şeki 3.1) (Yuce and Ugurluoglu, 2003) DSİ 3. Bölge Müdürlüğü tarafından 1999 yılı ortalarından itibaren yeraltısuyu seviyesi izlenen Sivrihisar'da bulunan limnigraflı kuyu seçilmiştir.



Şekil 3.1. Sivrihisar kuyusuna ait yeraltısuyu seviyesi-deprem büyüklüğü-zaman grafiği (Yuce and Ugurluoglu, 2003).

Bunun dışında, Yaltırak, et al., (2005) deprem öncesi su kuyularında olan değişimleri aşağıdaki maddeler ile açıklamaktadırlar ve istasyon yerleri seçiminde bu maddeler dikkate alınmıştır.

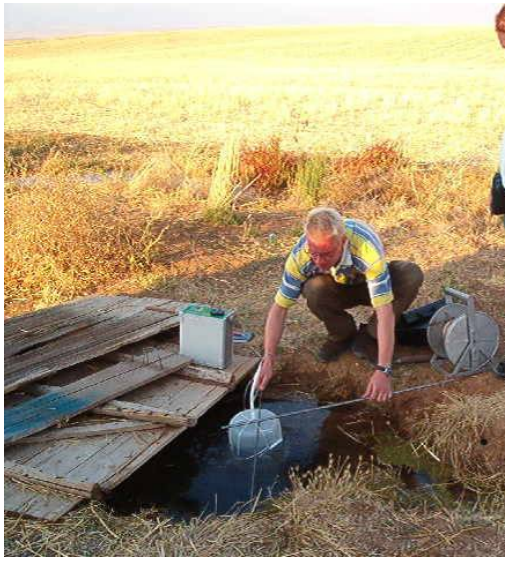
A) Sağ yanal D-B doğrultulu Kuzey Anadolu Fayına uygun gelişmiş K45B doğrultulu normal faylar üzerine yerleşmiş genç havzalar, deprem öncesi deformasyonların maksimum görüldüğü alanlar olmaktadır.

B) Kuyu seviye değişimleri genç havzalarda deprem öncesi değişimin sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bundan dolayı, Eskişehir, İnönü, Alpu havzaları yeraltı su seviyesi ve kuyu seviyesi değişimleri deprem öncesi değişimleri gözlemek için ideal alanlardır (Yaltırak vd. 2005).

3.2. İstasyon Yerleri Ve İstasyonların Kurulma Çalışmaları

İstasyon yerlerine monte edilecek cihazların tümü yurt dışından (Tübitak projesinin proje ortağı olan Sarad firmasından) alınmıştır. Projelerin başlangıcında Alman SARAD şirketi yetkilileri ve projedeki diğer Türk ortaklar ile birlikte istasyon yerlerindeki sularda ve toprak içerisindeki doğal/varolan radon değerleri ve diğer kimyasal parametreler (EC, sıcaklık, pH, Eh) ölçülerek (Şekil 3.2), istasyon yerlerinin (Şekil 3.3) ve konfigürasyonlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

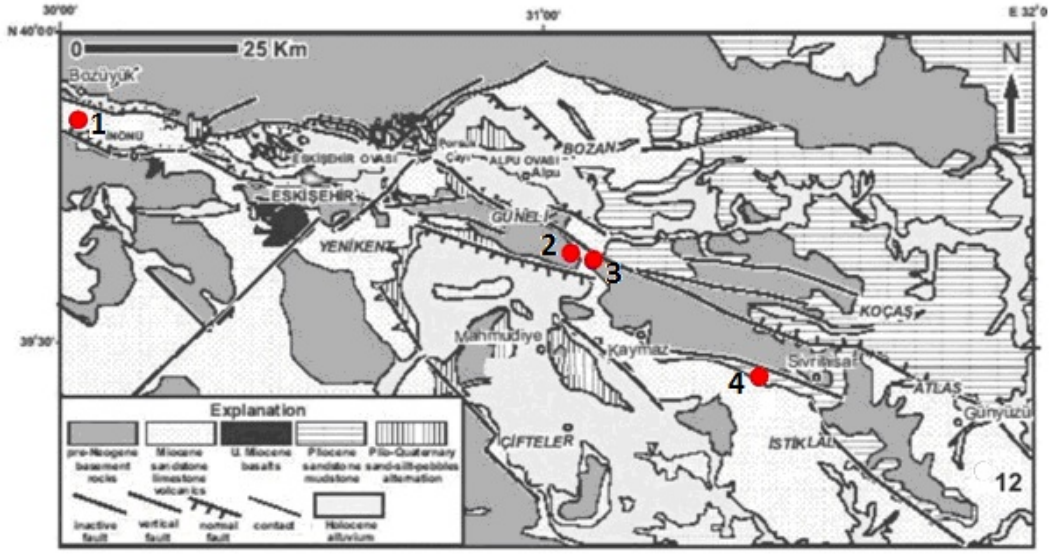


Şekil 3.2. İstasyon yerlerinin tespiti için ilksel ölçümlerin yapılması.

İstasyonlar yerleri olarak İnönü-Kandilli, Alpu Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve Alpu Uyuzhamam soğuksu kuyusu ve Sivrihisar kuyusu seçilmiştir (Çizelge 3.1; Şekil 3.3).

Çizelge 3.1 İstasyon yerlerinin koordinatları

İstasyon No	**Adı**	**Koordinatı**
1	Kandilli	0252620 D - 4412719 K
2	Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	0331756 D - 4395118 K
3	Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu	0333704 D -4394145 K
4	Sivrihisar	0367600 D- 4366200 K



Şekil 3.3. Gözlem istasyonlarının yerleri (Yaltırak et al., 2005'ten değiştirilerek).

Sivrihisar ve İnönü-Kandilli istasyonlarının kurulduğu kuyular DSİ Kurumu tarafından açılan araştırma amaçlı sondaj kuyularıdır. Söz konusu kuyuların kullanımı ve gerekli görülen kuyularda yeniden teçhiz ve temizlik çalışmasının yapılması, sondaj kuyusu barakalarının inşaa edilmesi, enerji tesisisinin kurulması gibi çalışmaların yapılmasının bir kısmı projelerden sağlanan bütçe ile bedeli karşılığında bir protokol dahilinde DSİ 3ncü Bölge Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmiştir. 3 nolu istasyon yerinde bulunan teçhizsiz durumdaki, bol CO_2 gaz çıkışı ve artezyen özelliği gösteren şahıs kuyusu DSİ tarafından temizlenerek, teçhiz edilmiştir (Şekil 3.4, Şekil 3.5).

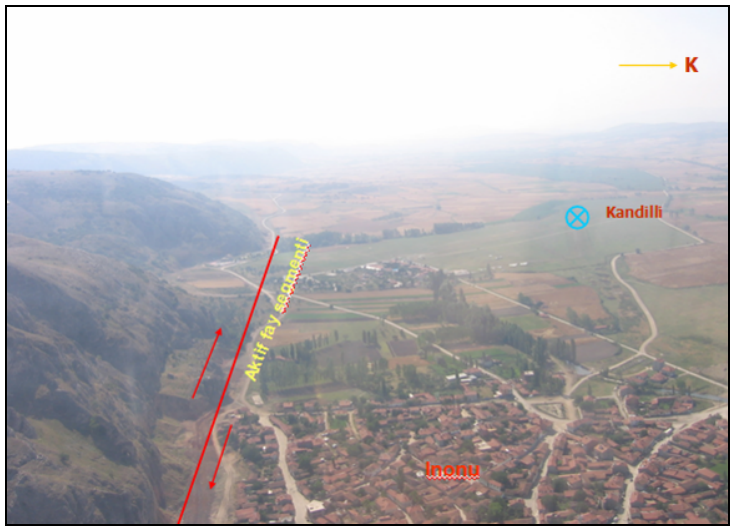


Şekil 3.4. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu kuyusunun techiz inilmeden önceki hali.



Şekil 3.5. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu kuyusunun techiz inildikten sonraki hali.

1 nolu istasyon, Eskişehir-İnönü arasında uzanan fay segmentine yalnızca 2 km uzaklıkta bulunmaktadır (Şekil 3.6). İstasyon yerinde temel betonu hazırlanmış ve belirli aralıklar ile çalışacak pompadan 20 metre mesafedeki kanala boşaltılacak suyun sıcaklığın -27 ^{o}C'ye kadar düştüğü koşullarda donmaması ve çevresindeki ekili araziye zarar vermemesi için deşarjın toprak içerisine gömülü şekilde yapılması için kanal kazısı yapılmıştır (Şekil 3.7, Şekil 3.8).



Şekil 3.6. Kandilli istasyondan Eskişehir-İnönü fay segmentinin görünümü.



Şekil 3.7. Kandilli istasyonunda 15 dakikada bir çekim yapılarak, ölçüm yapılacak taze yeraltısuyunun boşalımının araziye zarar vermesini önlemek amacı ile deşarjın toprak içerisine gömülü şekilde yeralması için yapılan kanal kazı çalışması.



Şekil 3.8. Kandilli istasyonunda suyun kanala deşarjı.

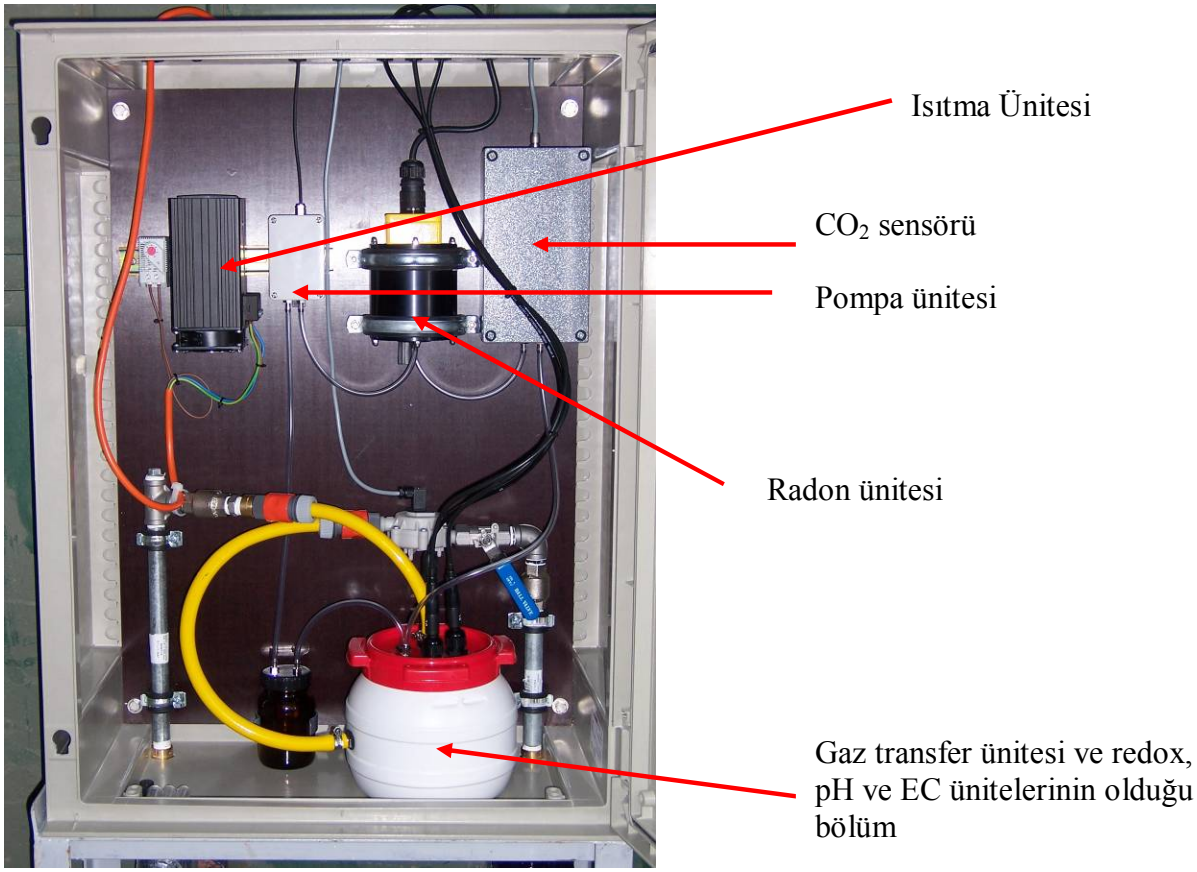
3.3. İstasyonlara Yerleştirilen Aygıtlar Ve Çalışma Prensibleri

Aygıtlar DSİ'den sağlanan barakalar içerisine yerleştirilerek (Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11), donmaya karşı gerekli yalıtımlar yapılmıştır (Şekil 3.12). Söz konusu istasyonun çalıştırılmasında DSİ Eskişehir Bölge Müdürlüğüne bağlı Sondaj Şube Müdürlüğü ile Jeoteknik Hizmetler Yeraltısuları Şube Müdürlüğü ve 31. Şube Müdürlüğü elemanlarının değerli katkıları olmuştur.

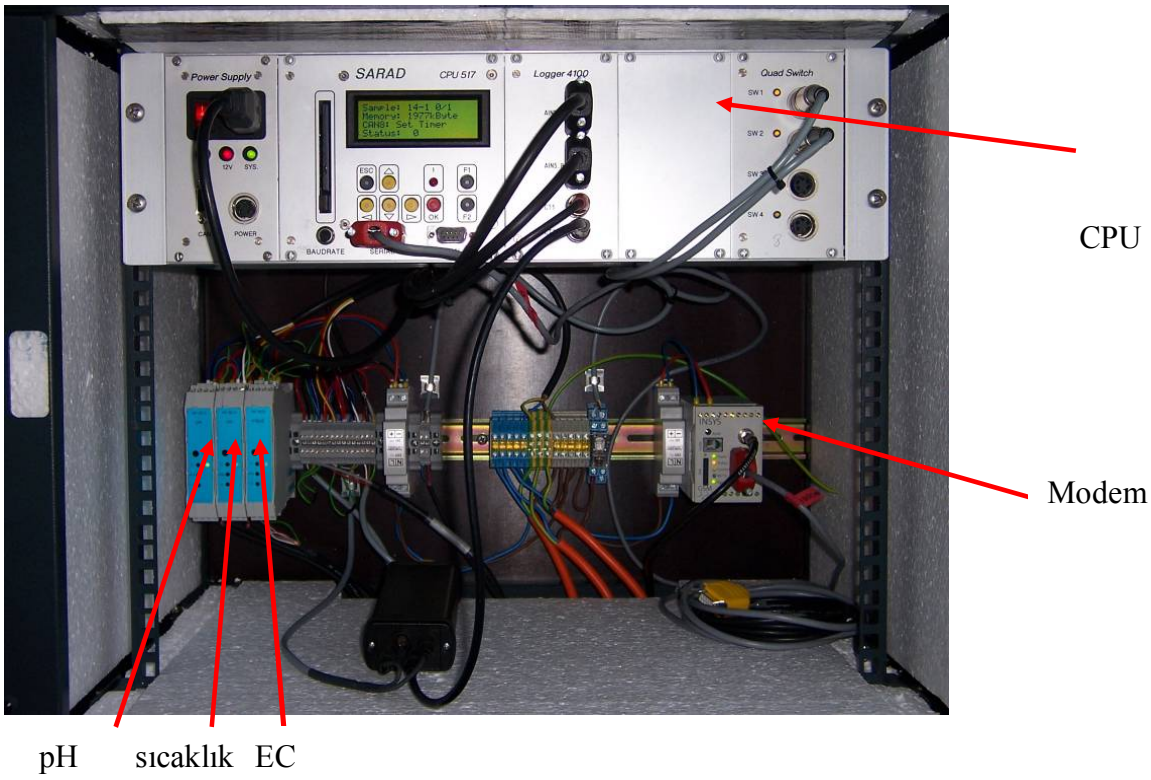
İstasyonların çalışma prensibi şu şekildedir:

Suyun akiferden pompa vasıtası ile probların (EC, pH, su sıcaklığı, redoks) yerleştirildiği barrele gelmesi ve 15 dak boyunca yapılan ölçümlerin ortalamasının alınması ile veriler kaydediciye aktarılmaktadır. Pompaj süresi ve ölçüm aralığı MEDAS ünitesi tarafından istenilen şekilde konfigüre edilebilmektedir. Ölçülen veriler elektriksel iletkenlik (EC), pH, su sıcaklığı, redoks potansiyeli, kuyularda su seviyesi, hem sisteme suyun girişini kontrol etmek hem de giriş miktarındaki değişikleri algılamakta kullanılan su akış oranı, radon ve karbondioksit gazlarıdır. Bunlardan EC, pH, redoks, su sıcaklığı, su seviyesi, sisteme su akış oranı problar aracılığıyla

ölçülmektedir. Radon ve CO_2 gazlarının ölçümleri ise sudan havayı vakumlayarak sisteme ileten ve burada Rn gazının okunduğu bir ünitesi olan ve yine bu veriyi veri kaydediciye aktaran bir döngü bulunmaktadır. Ayrıca iç ve dış hava sıcaklığı ve nemin bu gazlar üzerine olabilecek olumsuz etkileri (yoğunlaşma ya da buharlaşma) gaz ölçüm düzeneklerindeki sıcaklık ve nemölçerleri ile kontrol edilmektedir. Yoğunlaşma sonucu gaz ölçüm ünitesine suyun girmesini engellemek amacıyla yedek bir kap bulunmaktadır.



Şekil 3.9. İstasyonlara yerleştirilen aygıtlar.



Şekil 3.10. İstasyonlara yerleştirilen ana kontrol ünitesi (CPU).

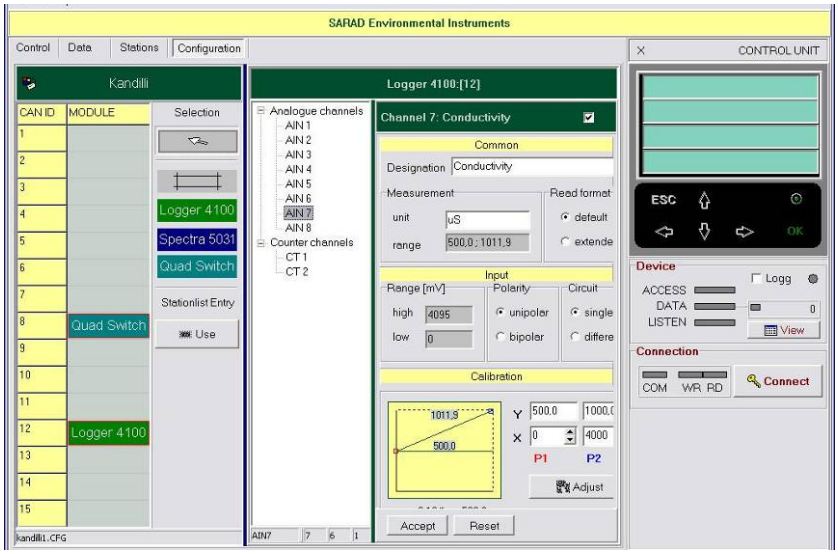


Şekil 3.11. İstasyonlara yerleştirilen cihazların genel görünümü.



Şekil 3.12. Donmaya karşı yapılan ısı yalıtımı.

Verilerin sağımı yerinde RS232 kablosu yardımıyla doğrudan bilgisayara MEDAS programı (düzeneğe adını veren) yardımıyla olmaktadır. MEDAS'tan alınan ham veriler deprem izleme programına yüklenmektedir. Verilerin istasyondan sağılmasından önce her istasyondaki suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre MEDAS programının konfigürasyonu yapılmıştır. MEDAS programı konfigürasyon arayüzü Şekil 3.13' te verilmektedir. Konfigürasyon sonucunda istasyondan okunan değerler mV cinsinden değer olarak ham veri şeklinde veri kayıtçısına aktarılmakta ve daha sonra MEDAS programı yardımıyla ölçülen niceliğin birimlerine dönüştürülmektedir. İstasyonlardan kaydedilen veriler kayıt zamanı ile etiketlenmektedir. İstasyonun hiçbir kesinti olmaksızın çalışması halinde her 15 dakikada bir veri kaydı olması gerekir. Ancak istasyonlarda sık sık oluşan şehir elektriğindeki kesintiler nedeni ile istasyon çalışmadığı zamanlardaki ölçümler alınamamış ve bu nedenle veri zamanlarında boşluklar oluşmuştur.



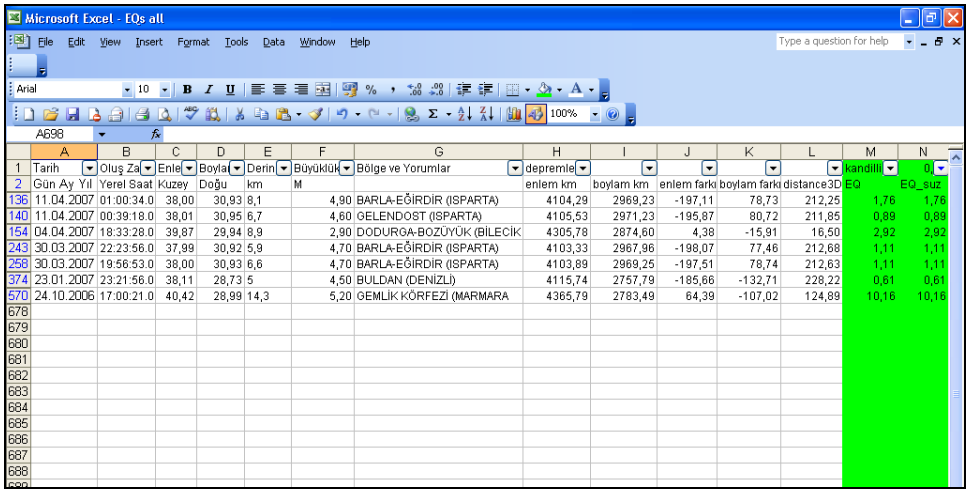
Şekil 3.13. MEDAS programı konfigürasyon arayüzü.

Kullanılan cihazlar:

- İstasyon Donanım Sistemi
- CPU 517
- Güç kaynağı
- Logger 4100
- Quad Switch Modülü
- Peltier kurutucu
- CO_2 sensörü
- Radon ölçüm ünitesi
- Hızlı gaz transfer ünitesi
- Çoklu parametre ölçüm elektrot ve dönüştürücü
- Su akış oranı (debi) metre
- Su seviyesi ölçüm sensörü
- GSM modem
- Yeraltısuyu pompası

3.4. Verilerin Değerlendirilmesine İlişkin Yöntem

İstasyonlardan elde edilen veriler değerlendirilirken, istasyonlarda meydana gelen elektrik kesintilerinin grafik çizimlerinde keskin düşümler oluşturması ve bunların da yanlış yorumlara yol açmasını önlemek amacı ile kesintili eksik veriler interpolasyon yapılarak makro programı yardımı ile doldurulmuştur. Makro programı iki kademede çalışmaktadır. Birinci kademe zaman dilimlerinde hiç boşluk kalmayacak şekilde 15'şer dakikalık dilimleri eklenmekte, ikinci kademede ise bu eklenen zaman dilimlerine karşı gelen veriler interpolasyon ile doldurulmaktadır. Sismik olaylardaki etkilerin (E), sismik olaydan ötürü ortaya çıkan enerjinin alansal değişimi ile orantılı olduğu hipotezi dikkate alınarak (Hartman and Levy, 2006), Eskişehir merkez olmak üzere merkeze uzaklığı 500 km olan tüm depremlere ilişkin olarak, her istasyonun merkez üssüne olan uzaklığı (D) ve deprem büyüklüğünün üssel değeri (10^M) belirlenerek, $10^M/D^2$ değerleri, yani her bir depremin o istasyondaki etki değeri hesaplanmıştır. Sözü edilen deprem etkilerinin hesaplanması (Şekil 3.14) için ayrı bir makro programı oluşturulmuştur.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Tarih	Oluş Za	Enle	Boyla	Derin	Büyüklük	Bölge ve Yorumlar	depremle					kandilli	0,
2	Gün Ay Yıl	Yerel Saat	Kuzey	Doğu	km	M		enlem km	boylam km	enlem farkı	boylam farkı	distance3D	EQ	EQ_suz
136	11.04.2007	01:00:34.0	38,00	30,93	8,1	4,90	BARLA-EĞİRDİR (ISPARTA)	4104,29	2969,23	-197,11	78,73	212,25	1,76	1,76
140	11.04.2007	00:39:18.0	38,01	30,95	6,7	4,60	GELENDOST (ISPARTA)	4105,53	2971,23	-195,87	80,72	211,85	0,89	0,89
154	04.04.2007	18:33:28.0	39,87	29,94	8,9	2,90	DODURGA-BOZÜYÜK (BİLECİK	4305,78	2874,60	4,38	-15,91	16,50	2,92	2,92
243	30.03.2007	22:23:56.0	37,99	30,92	5,9	4,70	BARLA-EĞİRDİR (ISPARTA)	4103,33	2967,96	-198,07	77,46	212,68	1,11	1,11
256	30.03.2007	19:56:53.0	38,00	30,93	6,6	4,70	BARLA-EĞİRDİR (ISPARTA)	4103,89	2969,25	-197,51	78,74	212,63	1,11	1,11
374	23.01.2007	23:21:56.0	38,11	28,73	5	4,50	BULDAN (DENİZLİ)	4115,74	2757,79	-185,66	-132,71	228,22	0,61	0,61
570	24.10.2006	17:00:21.0	40,42	28,99	14,3	5,20	GEMLİK KÖRFEZİ (MARMARA	4365,79	2783,49	64,39	-107,02	124,89	10,16	10,16
678														
679														
680														
681														
682														
683														
684														
685														
686														
687														
688														

Şekil 3.14. Deprem etkilerinin hesaplamak ve E (deprem etkisi) >0.35 olan depremler seçebilmek için hazırlanan makro programı.

Makro programı ile her bir istasyondaki etki değeri 0.35'ten büyük olan depremler ve bölgenin tektoniği ile ilgili havzalarda meydana gelen depremler seçilerek Çizelge 3.2 de verilmiştir. (Hartman and Levy, 2006'da 0.20'den büyük değerler dikkate alınmıştır). Her bir istasyon için deprem etki değeri 0,35'ten büyük olan

depremlerin olmadığı dönem sismik açıdan hareketsiz dönemi oluşturmaktadır. Havza içinde varolan bir depremin etki değeri 0,35 kadar küçük olduğu için ilgili depremi izlemek adına 0,35 seçilmiştir. Etki değeri 0.35 ten büyük olan depremlerde istasyonların episantra uzaklıkları ise Çizelge 3.3'de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Makro programı ile hesaplanan deprem etki değerleri

Deprem No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyüklük	Yer	Etki Değeri			
							Sivrihisar	Kandilli	U.Sıcaksu	U.Soğuksu
1	23.8.06 6:25	39,04	31,83	5,4	3,1	ÇELTİK(KONYA)	**0,41**	0,04	0,12	0,12
2	15.10.06 8:05	38,76	31,6	5	3,7	YUNAK (KONYA)	**0,92**	0,15	**0,39**	**0,4**
3	24.10.06 17:00	40,42	28,99	14,3	5,2	GEMLIK KÖRFEZI	**2,35**	**1,16**	**3,54**	**3,46**
4	29.10.06 4:15	39,35	31,09	12,1	3,3	ÇIFTELER (ESKIŞEHIR)	**1,5**	0,17	**1,44**	**1,54**
5	20.11.06 11:57	39,88	30,66	18,3	3	HEKIMDAĞ (ESKIŞEHIR)	0,12	**0,36**	**0,57**	**0,51**
6	4.12.06 12:11	39,58	30,65	10,5	3,1	SEYITGAZI (ESKIŞEHIR)	0,2	**0,37**	**0,83**	**0,76**
7	14.12.06 21:43	38,97	31,65	5,1	3	ÇELTIK(KONYA)	**0,35**	0,03	0,11	0,11
8	12.12.06 6:16	39,01	31,39	5,4	3,4	ÇELTIK(KONYA)	**0,97**	0,08	0,27	0,28
9	12.12.06 6:37	38,95	31,69	4,9	3,1	ÇELTIK(KONYA)	**0,39**	0,04	0,12	0,13
10	12.12.06 7:23	38,93	31,7	5,6	3,1	ÇELTIK(KONYA)	**0,37**	0,04	0,12	0,12
11	7.1.07 14:23	38.97	31.67	15,7	3	ÇELTIK(KONYA)	**0.34**	0.03	0.1	0.11
12	4.4.07 18:33	39,87	29,94	8,9	2,9	DODURGA (BOZÜYÜK)	0,03	**1,92**	0,07	0,07
13	19.4.07 16:21	38,58	31,24	8,2	4	SULTANDAĞI (AFYON)	**1,12**	0,33	**0,68**	**0,7**
14	24.5.10 8:07	39,62	30,76	17,2	2,5	Seyitgazi (ESKİŞEHİR)	0,06	0,07	**0,41**	**0,36**
15	2.6.10 20:02	39,74	30,88	15,7	2,5	Alpu (ESKİŞEHİR)	0,07	0,06	**1,15**	**0,88**
16	11.6.10 13:56	40,43	28,92	12,1	4,2	Gemlik Körfezi (MARMARA D.)	0,22	**0,92**	0,33	0,33
17	21.6.10 18:32	39,75	30,24	12,5	2,5	İnönü (ESKİŞEHİR)	0,02	**1,34**	0,05	0,05
18	2.7.10 17:58	39,65	30,78	17,7	2,5	Alpu (ESKİŞEHİR)	0,07	0,07	**0,51**	**0,43**
19	5.8.10 11:22	39,70	30,78	13,3	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	0,08	0,09	**0,66**	**0,55**
20	12.8.10 5:23	39,69	27,55	12,0	4,8	Balya (BALIKESİR)	**0,45**	**1,04**	**0,56**	**0,56**
21	21.8.10 18:01	39,91	29,92	12,4	2,5	Bozüyük (BİLECİK)	0,01	**0,79**	0,03	0,03
22	3.10.10 20:49	40,85	28,11	11,2	4,40	MARMARA DENİZİ	0,20	**0,51**	0,27	0,26
23	26.10.10 11:12	39,85	31,33	17,3	2,6	Mihalıççık (ESKİŞEHİR)	0,18	0,03	**0,38**	**0,41**
24	3.12.10 6:39	39,80	30,72	21,3	2,9	ESKİŞEHİR	0,12	0,23	**0,75**	**0,66**
25	10.2.11 16:37	39,51	31,42	11,7	2,8	Sivrihisar (ESKİŞEHİR)	**7,96**	0,04	0,37	0,42
26	22.3.11 12:54	39,66	30,73	11,4	2,7	ESKİŞEHİR	0,09	0,13	**0,56**	**0,49**

Çizelge 3.2 (devamı). Makro programı ile hesaplanan deprem etki değerleri

Deprem No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyüklük	Yer	Etki Değeri			
							Sivrihisar	Kandilli	U.Sıcaksu	U.Soğuksu
27	6.4.11 13:46	39,66	30,80	11,2	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	0,09	0,09	**0,72**	**0,61**
28	7.5.11 13:55	39,69	30,78	10,2	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	0,08	0,09	**0,63**	**0,53**
29	17.5.11 13:32	39,63	30,84	14,4	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	0,1	0,07	**1,02**	**0,85**
30	19.5.11 15:32	39,86	30,37	5,6	3,3	ESKİŞEHİR	0,15	**3,6**	**0,45**	**0,42**
31	19.5.11 23:15	39,15	29,09	7,6	5,9	Simav (KÜTAHYA)	**15,04**	**53,17**	**20,69**	**20,31**
32	19.5.11 23:25	39,12	29,08	5	4,6	Simav (KÜTAHYA)	**0,74**	**2,56**	**1,02**	**1,00**
33	20.5.11 0:12	39,12	29,04	7,6	4,6	Simav (KÜTAHYA)	**0,72**	**2,43**	**0,98**	**0,96**
34	20.5.11 0:21	39,11	29,01	5	4,5	Simav (KÜTAHYA)	**0,56**	**1,85**	**0,76**	**0,75**
35	20.5.11 0:33	39,15	29,11	5,5	4,4	Simav (KÜTAHYA)	**0,48**	**1,72**	**0,67**	**0,65**
36	26.5.11 13:10	39,18	29,10	5	3,8	Hisarcık (KÜTAHYA)	0,12	**0,44**	0,17	0,16
37	27.5.11 10:43	39,12	29,04	7,9	4,5	Simav (KÜTAHYA)	**0,57**	**1,92**	**0,78**	**0,76**
38	28.5.11 8:47	39,11	29,03	8,2	5	Simav (KÜTAHYA)	**1,79**	**5,96**	**2,43**	**2,39**
39	28.5.11 10:35	39,11	29,09	7,3	4	Simav (KÜTAHYA)	0,19	**0,64**	0,26	0,25
40	28.5.11 12:28	39,09	29,04	5,4	3,9	Simav (KÜTAHYA)	0,14	**0,47**	0,19	0,19
41	28.5.11 21:06	39,11	29,04	5	4,1	Simav (KÜTAHYA)	0,23	**0,76**	0,31	0,3
42	29.5.11 4:31	39,12	29,08	10	4,6	Simav (KÜTAHYA)	**0,75**	**2,58**	**1,02**	**1,01**
43	31.5.11 1:03	39,13	29,06	5,2	3,8	Simav (KÜTAHYA)	0,12	**0,40**	0,16	0,3
44	3.6.11 19:38	39,14	29,13	5	3,8	Hisarcık (KÜTAHYA)	0,12	**0,44**	0,17	0,17
45	4.6.11 16:51	39,13	29,09	5,2	4,2	Simav (KÜTAHYA)	0,3	**1,03**	**0,41**	**0,40**
46	5.6.11 12:41	39,68	30,69	11,9	2,8	ESKİŞEHİR	0,1	0,19	**0,57**	**0,5**
47	6.6.11 0:29	39,17	29,09	8,6	4	Simav (KÜTAHYA)	0,19	**0,68**	0,26	0,26
48	8.6.11 1:52	39,09	29,06	5	3,9	Simav (KÜTAHYA)	0,15	**0,48**	0,2	0,19

Çizelge 3.3. Hesaplanan episantra uzaklık değerleri

Deprem No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyüklük	Yer	Episantra uzaklık			
							Sivrihisar	Kandilli	U.Sıcaksu	U.Soğuksu
1	23.8.06 6:25	39,04	31,83	5,4	3,1	ÇELTİK(KONYA)	55,40	185,70	103,38	101,17
2	15.10.06 8:05	38,76	31,6	5	3,7	YUNAK (KONYA)	73,70	183,60	113,63	111,18
3	24.10.06 17:00	40,42	28,99	14,3	5,2	GEMLIK KÖRFEZI	259,79	124,89	211,63	213,99
4	29.10.06 4:15	39,35	31,09	12,1	3,3	ÇIFTELER (ESKIŞEHIR)	36,45	107,79	37,18	36,03
5	20.11.06 11:57	39,88	30,66	18,3	3	HEKIMDAĞ (ESKIŞEHIR)	90,70	52,83	41,75	44,10
6	4.12.06 12:11	39,58	30,65	10,5	3,1	SEYITGAZI (ESKIŞEHIR)	79,31	58,47	38,84	40,69
7	14.12.06 21:43	38,97	31,65	5,1	3	ÇELTIK(KONYA)	53,50	174,74	97,56	95,53
8	12.12.06 6:16	39,01	31,39	5,4	3,4	ÇELTIK(KONYA)	50,91	175,49	96,40	94,31
9	12.12.06 6:37	38,95	31,69	4,9	3,1	ÇELTIK(KONYA)	56,70	179,11	101,47	99,42
10	12.12.06 7:23	38,93	31,7	5,6	3,1	ÇELTIK(KONYA)	58,62	180,54	103,26	101,21
11	7.1.07 14:23	38.97	31.67	15,7	3	ÇELTIK(KONYA)	54,12	176,29	98,65	96,6
12	4.4.07 18:33	39,87	29,94	8,9	2,9	DODURGA (BOZÜYÜK)	153,03	16,50	106,84	109,15
13	19.4.07 16:21	38,58	31,24	8,2	4	SULTANDAĞI (AFYON)	94,30	172,98	121,04	119,81
14	24.5.10 8:07	39,62	30,76	17,2	2,5	Seyitgazi (ESKİŞEHİR)	70,41	66,17	27,63	29,55
15	2.6.10 20:02	39,74	30,88	15,7	2,5	Alpu (ESKİŞEHİR)	65,26	74,16	16,59	18,95
16	11.6.10 13:56	40,43	28,92	12,1	4,2	Gemlik Körfezi (MARMARA D.)	266,19	131,03	218,11	220,48
17	21.6.10 18:32	39,75	30,24	12,5	2,5	İnönü (ESKİŞEHİR)	121,98	15,35	76,89	79,14
18	2.7.10 17:58	39,65	30,78	17,7	2,5	Alpu (ESKİŞEHİR)	69,35	67,26	24,99	27,03
19	5.8.10 11:22	39,70	30,78	13,3	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	71,34	65,99	24,60	26,85
20	12.8.10 5:23	39,69	27,55	12,0	4,8	Balya (BALIKESİR)	376,41	246,08	334,78	336,96
21	21.8.10 18:01	39,91	29,92	12,4	2,5	Bozüyük (BİLECİK)	156,37	19,99	109,73	112,06
22	3.10.10 20:49	40,85	28,11	11,2	4,40	MARMARA DENİZİ	356,03	221,24	307,65	310,01
23	26.10.10 11:12	39,85	31,33	17,3	2,6	Mihalıççık (ESKİŞEHİR)	46,47	116,81	32,52	31,20
24	3.12.10 6:39	39,80	30,72	21,3	2,9	ESKİŞEHİR	81,00	58,97	32,46	34,82
25	10.2.11 16:37	39,51	31,42	11,7	2,8	Sivrihisar (ESKİŞEHİR)	8,90	130,15	41,29	38,94

Çizelge 3.3 (devamı). Hesaplanan episantra uzaklık değerleri

Deprem No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyüklük	Yer	Episantra uzaklık			
							Sivrihisar	Kandilli	U.Sıcaksu	U.Soğuksu
26	22.3.11 12:54	39,66	30,73	11,4	2,7	ESKİŞEHİR	74,47	62,11	29,81	31,92
27	6.4.11 13:46	39,66	30,80	11,2	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	68,41	68,30	23,44	25,53
28	7.5.11 13:55	39,69	30,78	10,2	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	71,20	65,81	25,08	27,28
29	17.5.11 13:32	39,63	30,84	14,4	2,6	Alpu (ESKİŞEHİR)	62,97	73,61	19,76	21,59
30	19.5.11 15:32	39,86	30,37	5,6	3,3	ESKİŞEHİR	114,45	25,12	66,82	69,17
31	19.5.11 23:15	39,15	29,09	7,6	5,9	Simav (KÜTAHYA)	229,83	122,22	195,95	197,78
32	19.5.11 23:25	39,12	29,08	5	4,6	Simav (KÜTAHYA)	231,17	124,80	197,76	199,57
33	20.5.11 0:12	39,12	29,04	7,6	4,6	Simav (KÜTAHYA)	234,79	127,99	201,33	203,15
34	20.5.11 0:21	39,11	29,01	5	4,5	Simav (KÜTAHYA)	237,65	130,67	204,21	206,02
35	20.5.11 0:33	39,15	29,11	5,5	4,4	Simav (KÜTAHYA)	227,84	120,77	194,09	195,91
36	26.5.11 13:10	39,18	29,10	5	3,8	Hisarcık (KÜTAHYA)	228,13	119,37	193,81	195,66
37	27.5.11 10:43	39,12	29,04	7,9	4,5	Simav (KÜTAHYA)	235,34	128,30	201,82	203,63
38	28.5.11 8:47	39,11	29,03	8,2	5	Simav (KÜTAHYA)	236,40	129,49	202,95	204,76
39	28.5.11 10:35	39,11	29,09	7,3	4	Simav (KÜTAHYA)	230,50	124,80	197,29	199,09
40	28.5.11 12:28	39,09	29,04	5,4	3,9	Simav (KÜTAHYA)	235,72	130,33	202,78	204,57
41	28.5.11 21:06	39,11	29,04	5	4,1	Simav (KÜTAHYA)	234,68	128,55	201,45	203,25
42	29.5.11 4:31	39,12	29,08	10	4,6	Simav (KÜTAHYA)	230,60	124,31	197,20	199,00
43	31.5.11 1:03	39,13	29,06	5,2	3,8	Simav (KÜTAHYA)	233,07	126,21	199,54	201,36
44	3.6.11 19:38	39,14	29,13	5	3,8	Hisarcık (KÜTAHYA)	226,35	120,12	173,46	194,65
45	4.6.11 16:51	39,13	29,09	5,2	4,2	Simav (KÜTAHYA)	230,19	123,81	196,74	198,55
46	5.6.11 12:41	39,68	30,69	11,9	2,8	ESKİŞEHİR	78,65	57,98	33,37	35,55
47	6.6.11 0:29	39,17	29,09	8,6	4	Simav (KÜTAHYA)	229,01	120,83	194,91	196,75
48	8.6.11 1:52	39,09	29,06	5	3,9	Simav (KÜTAHYA)	233,47	128,62	200,65	202,43

3.5. İstasyonların Kurulmasında ve İşletilmesinde İdari ve Teknik Sorunlar

Öncelikle cihazları satın alma aşamasında yeni ihale yasasının getirdiği sorunlar nedeni ile yurtdışından doğrudan satın almanın zorluğu; satın alınacak ürünlerin Türkiye'de temsilci bir firma aracılığı ile sağlanmasındaki gecikmeler nedeni ile yurtdışından cihazların satın alınmasında güçlükler yaşanmıştır.

İstasyonlarda kimi kez önceden görülemeyen aksaklıklar ile karşılaşılmıştır.. Örneğin, İnönü civarında bulunan Kandilli istasyon için tamamlanmış olan elektrifikasyon işleminin, elektrik direklerine 300 m mesafede bulunan Türk Hava Kurumu'na ait İnönü tesislerindeki uçuş eğitimi güvenliğinin tehlikeye sokacağı gerekçesi ile elektrik direklerinin sökülerek bağlantının yeraltından geçirilmesi şeklindeki yeniden düzenlenme çalışmaları gibi önceden öngörülemeyen plan değişiklerinin ortaya çıkması ve bunlarla ilgili yeni düzenlemelere gidilmesi ve bunların yapılabilmesi için gerekli iznin alınması, tüm bunlara ilişkin yazışmalar oldukça zaman alan süreçler olmuştur. Diğer örnek olarak, kurulan trafoların çalıştırılması öncesinde Tedaş'ın trafoların yer aldığı yerleşim birimlerinin yöneticilerine (muhtar, belediye başkanı) imzalanmasını şart koştuğu beyan formunun ilgili yetkililere ikna edilerek imzalatılmasında yaşanan güçlükler verilebilinir. Ayrıca Kandilli istasyonunu besleyen trafoya yıldırım düşmesi sonucu trafo yanmış ve trafo bakıma gönderilmiş ve istasyon yeniden faal hale gelmiştir.

İstasyonların merkez yerleşiminden uzak olması, birçok bilinmeyen nedenden dolayı çok sık ve uzun süreli elektrik kesintilerinin yaşanmasına neden olmaktadır. İstasyonlarda sık sık gerek elektrik kesintisinin gerekse istasyonlarda bulunan trafoların sigortalarının yanması sonucunda sorunlar ortaya çıkmıştır. İstasyonlardaki elektrik kesintilerinden kaynaklı sorunların önlenmesi ve istasyonların sürekli çalışır durumda olmasını sağlamak amacıyla Üniversitemiz Rektörlüğü tarafından Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş. Eskişehir Müessese Müdürlüğüne (TEDAŞ) resmi yazılar da gönderilmiştir. Devamlı elektrik sağlayabilecek güneş paneli vs sistemler pompaları çalıştırmaya yetmemektedir, UPS (kesintisiz güç kaynağı) ise kesintilerin 1 haftadan

fazla sürmesi sonucu yine yetersiz kalmaktadır. Sonuç olarak, istasyonlarda görülen aksaklıkların en önemli nedeni devamlı enerji kaynağı sağlanamamasıdır.

İstasyonlarda gerek elektrik kesintisinin yol açtığı sorunlar (veri kaybı, cihazların bozulması v.b) ve gerekse sıcak suların kimyasal özelliğinden kaynaklanan aksamalar (probların arızalanması, barel ve tüplerdeki tıkanmalar, sıkça kalibrasyon gerekliliği) nedeni ile sıkça yapılan arazi çalışmaları sonucunda istasyonlardaki problar (pH, redoks, EC) periyodik aralıklarla kontrol ve kalibre edilmiş, yetersiz okuma aralıkları düzeltilmiş, barel ve tüpler temizlenerek tıkanıklıklar giderilmiş, CO_2, radon sensörleri ve su pompaları test edilmiştir (Şekil 3.15, Şekil 3.16). Yapılan kontrollerde arızalı olan parçalar sökülerek onarılması için zaman zaman projelerde istasyonlarda oluşabilecek büyük ölçüdeki elektronik sorunları çözme konusunda görev alan Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Başkanı Yrd. Doç. Dr. Nihat Adar'a teslim edilmiş ve onarılmış, zaman zaman ise Almanya'ya yetkili firmaya gönderilmiştir.



Şekil 3.15. Kontroller sırasında karşılaşılan suların kimyasal özelliğininin yol açtığı problardaki problem.



Şekil 3.16. Kontroller sırasında karşılaşılan suların kimyasal özelliğininin yol açtığı bareldeki problem.

Karşılaşılan sorunlar arasında istasyonlardaki trafo ve cihazların çalınma tehlikesi de olmuştur. Nitekim yapılan periyodik kontroller sırasında İnönü-Kandilli ve Sivrihisar istasyonlarının trafolarının çalınmaya teşebbüs edildiği ile karşılaşılmıştır. Ayrıca projelerin bitiminde istasyonların demonte edilerek, cihazların korunması için gerekli yazışma ve girişimlerde bulunulduğu sırada, İnönü-Kandilli'deki istasyonu besleyen trafonun çalınmış olduğu görülmüş ve gereken yerlere kovuşturma amaçlı ihbarlarda bulunulmuştur. Kısaca özetlemek gerekirse, istasyonlarda sürekliliğinin sağlanmasının oldukça zor ve yorucu olduğunun vurgulanmasında yarar vardır.

3.6. Su Kimyası Çalışmaları

Aralık 2004, Mart 2005, Mayıs 2005, Temmuz 2005, Kasım 2005, Mart 2006, Ağustos 2006, Aralık 2006, Nisan 2007 ve Haziran 2007 olmak üzere toplam on dönem su örneklemesi yapılmıştır. Alınan su örneklerinde major iyon (Ca, Mg, Na, K, NH_4, Cl, F, Br, SO_4, PO_4, NO_2, NO_3), iz element (Pb, Zn, Hg, Fe, Cd, Cu dahil olmak üzere 50 adet element), çevresel izotoplar (Oksijen-18, döteryum ve trityum), toplam alfa ve toplam beta analizleri farklı laboratuarlarda yapılmıştır. Major iyon, iz element ve trityum analizleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası ve Çevresel Trityum

Laboratuarlarında, toplam alfa ve toplam beta analizleri DSİ-TAKK Dairesi İzotop Laboratuarında, oksijen-18 ve döteryum analizleri ise Utah Üniversitesi Duraylı İzotop laboratuarında yapılmıştır. Ayrıca yerinde ölçümler (sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC), pH, toplam çözünmüş katı miktarı (TDS), tuzluluk, oksijen indirgenme potansiyeli ve çözünmüş oksijen değer) YSI-556MPS model çoklu parametre ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

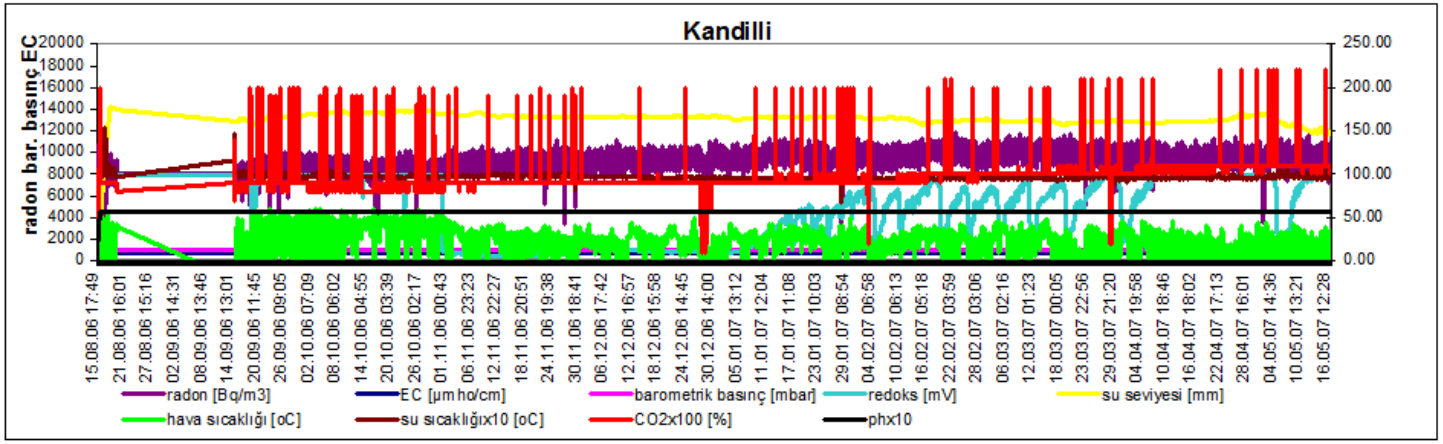
4.1 Verilerin Değerlendirilmesine Giriş

İstasyonlardan veri alma aralıkları Çizelge 4.1'de belirtilmektedir. Her bir istasyon için elde edilen veriler ise EK1, EK2, EK3 ve EK4'te verilmektedir. Veri alma aralığı (15 dakikada bir), veri alma süresi ve istasyon sayısı (4 adet) göz önüne alındığında tüm veriler yaklaşık 3000 sayfayı bulmaktadır. Bu yüzden CD ortamında EK1, EK2, EK3 ve EK4 olarak verilmektedir. Grafik çizimlerinde de verilerin çokluğundan dolayı 1000'lerce grafikler çizilmiş, fakat çarpıcı olanlar sunulmaktadır. Ayrıca istasyonlardan alınan verilerden mevsimselliğe bağlı birkaç örnek verilmiş, depremselliğe bağlı değişimlerden örneklere ağırlık verilmiştir.

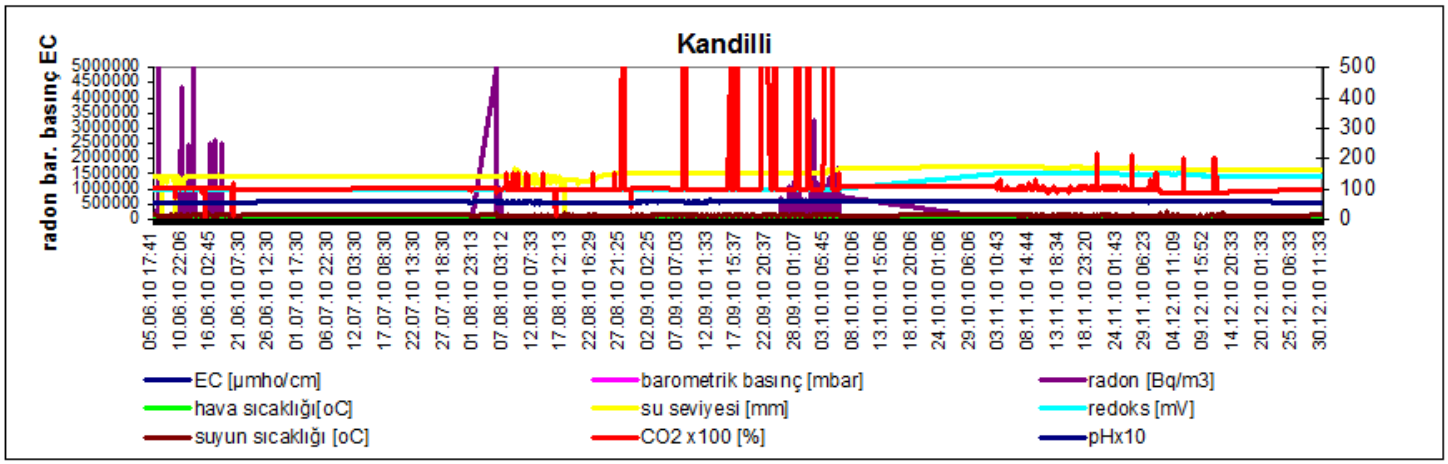
Çizelge 4.1. İstasyonlardan veri alma aralıkları.

İstasyon No	Adı	Veri alma aralığı
1	Kandilli	15 Ağustos 2006 -17 Mayıs 2007 5 Haziran 2010 - 9 Haziran 2011
2	Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	18 Ağustos 2006 -12 Nisan 2007 11 Haziran 2010 - 9 Haziran 2011
3	Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu	18 Ağustos 2006 -19 Mart 2007 8 Mayıs 2010 – 9 Haziran 2011
4	Sivrihisar	17 Ağustos 2006 – 29 Haziran 2007 8 Mayıs 2010 - 9 Haziran 2011

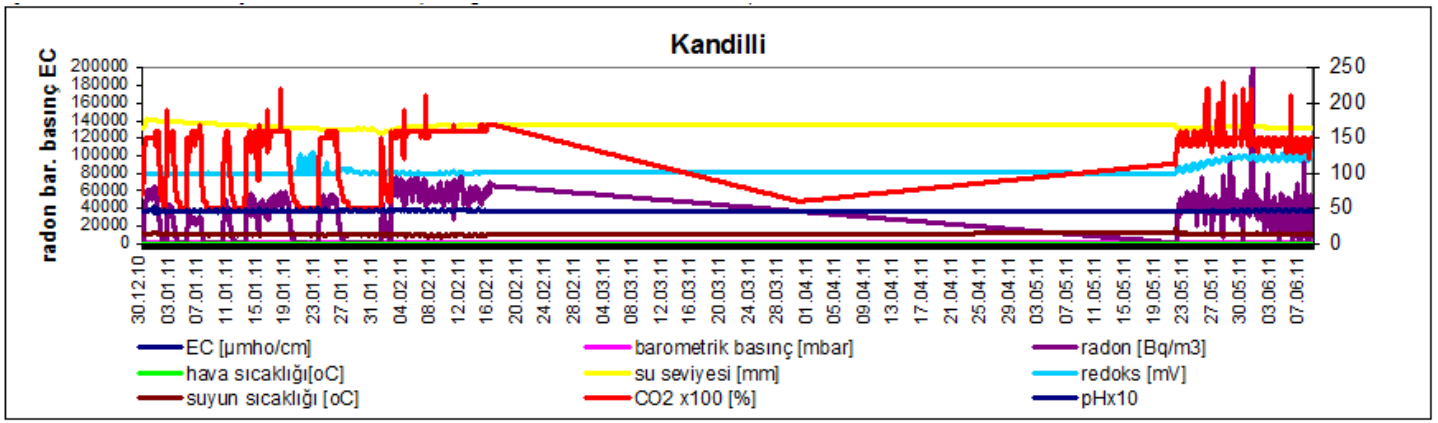
Her istasyona ait tüm verileri içeren grafikler Şekil 4.1a, Şekil 4.1b, Şekil 4.1c, Şekil 4.2a, Şekil 4.2b, Şekil 4.2c, Şekil 4.3a, Şekil 4.3b, Şekil 4.3c, Şekil 4.4a, Şekil 4.4b, Şekil 4.4c de görülmektedir. Şekillerde X ekseni zamanı göstermektedir. İkinci y ekseni ise altta lejantta görülen, birinci y ekseni yanında yazılı olmayan parametreleri ifade etmektedir.



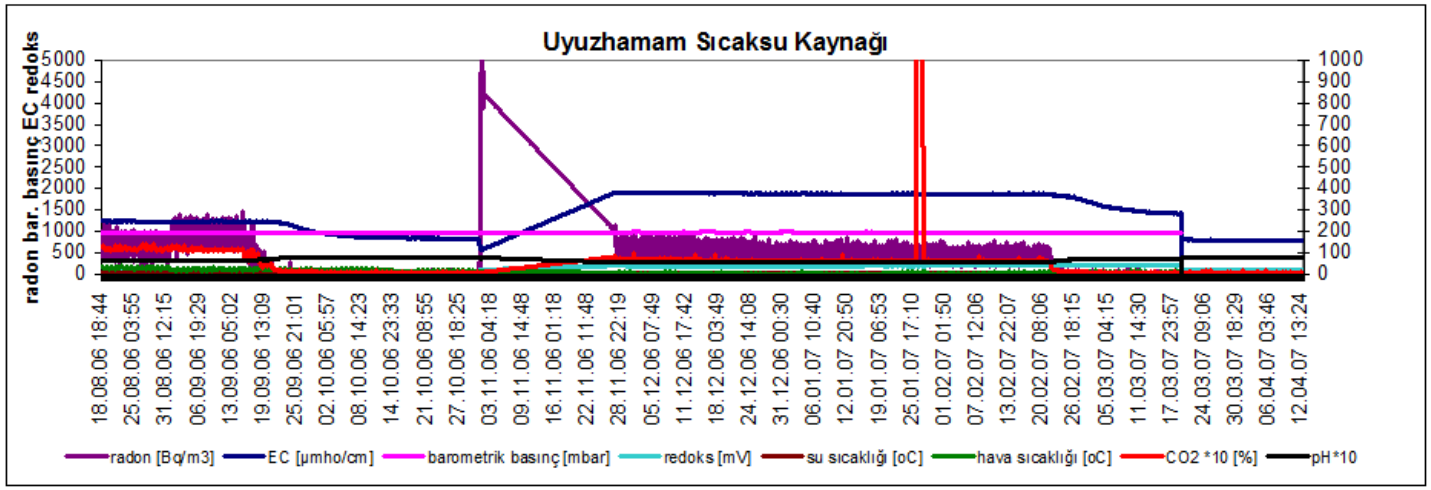
Şekil 4.1a. Kandilli istasyonuna ait veriler (15 Ağustos 2006 - 17 Mayıs 2007).



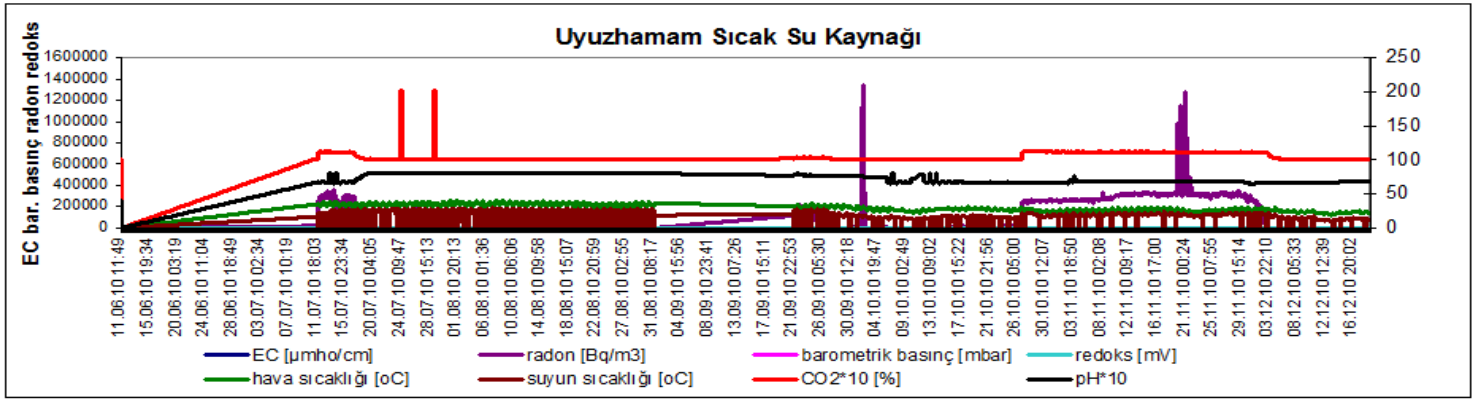
Şekil 4.1b. Kandilli istasyonuna ait veriler (15 Ağustos 2010 - 30 Aralık 2010).



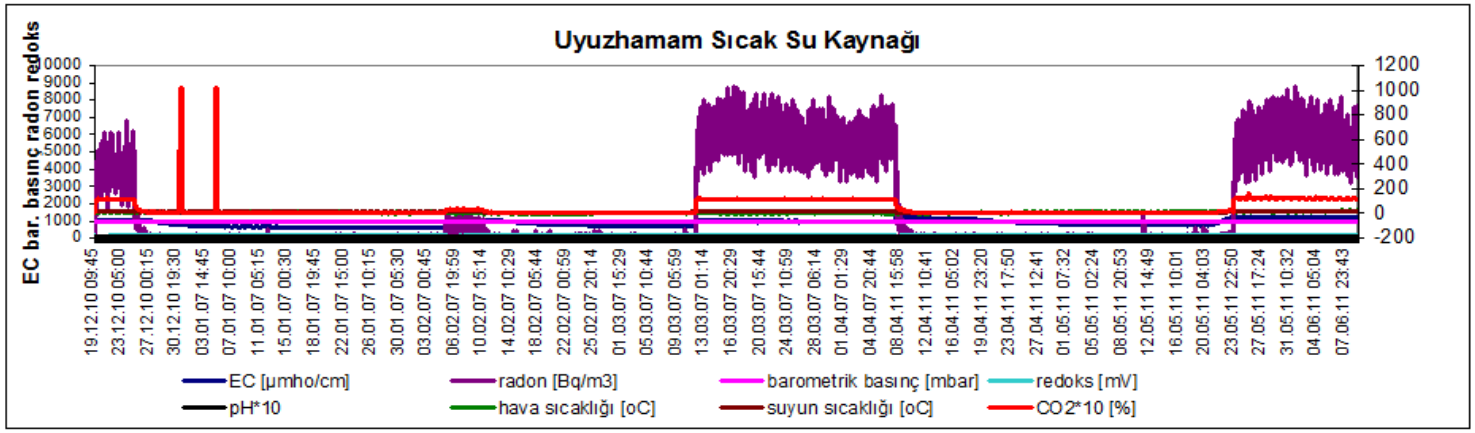
Şekil 4.1c. Kandilli istasyonuna ait veriler (30 Aralık 2010- 9 Haziran 2011)



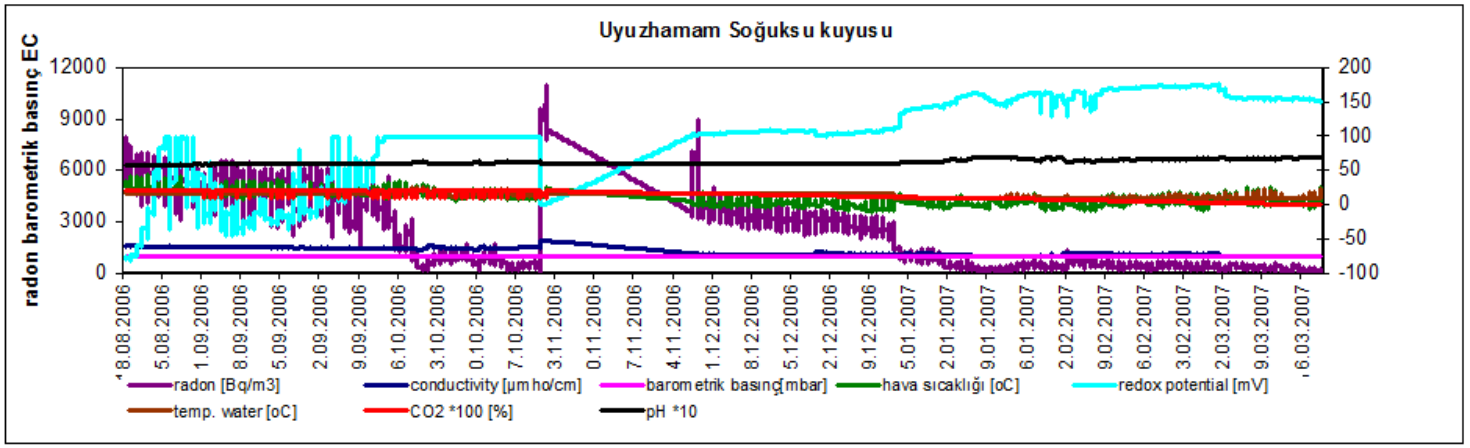
Şekil 4.2a. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait veriler (18 Ağustos 2006- 12 Nisan 2007)



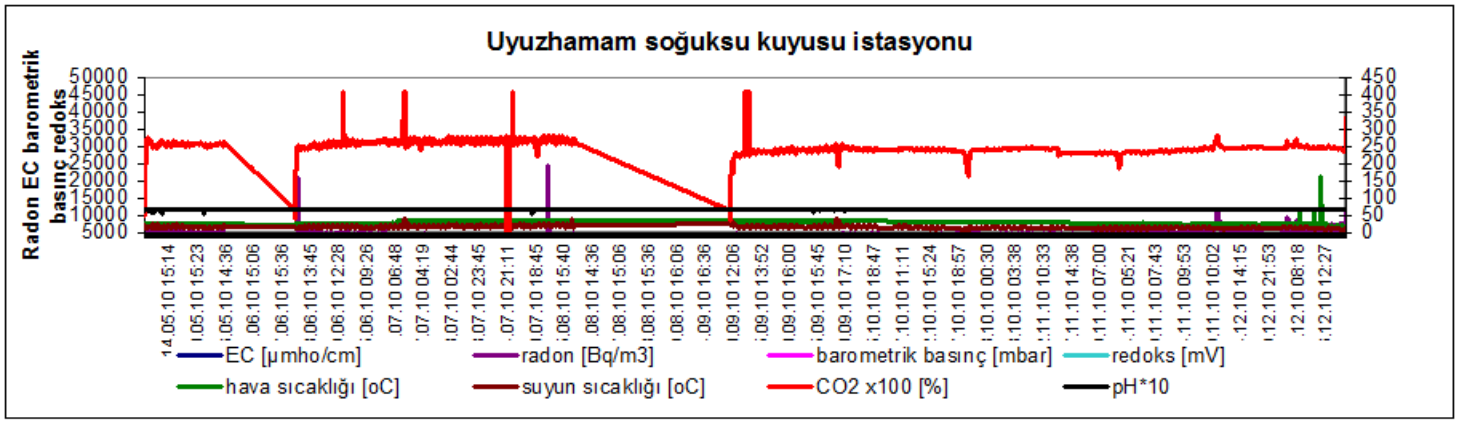
Şekil 4.2b. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait veriler (11 Haziran 2010 - 19 Aralık 2010).



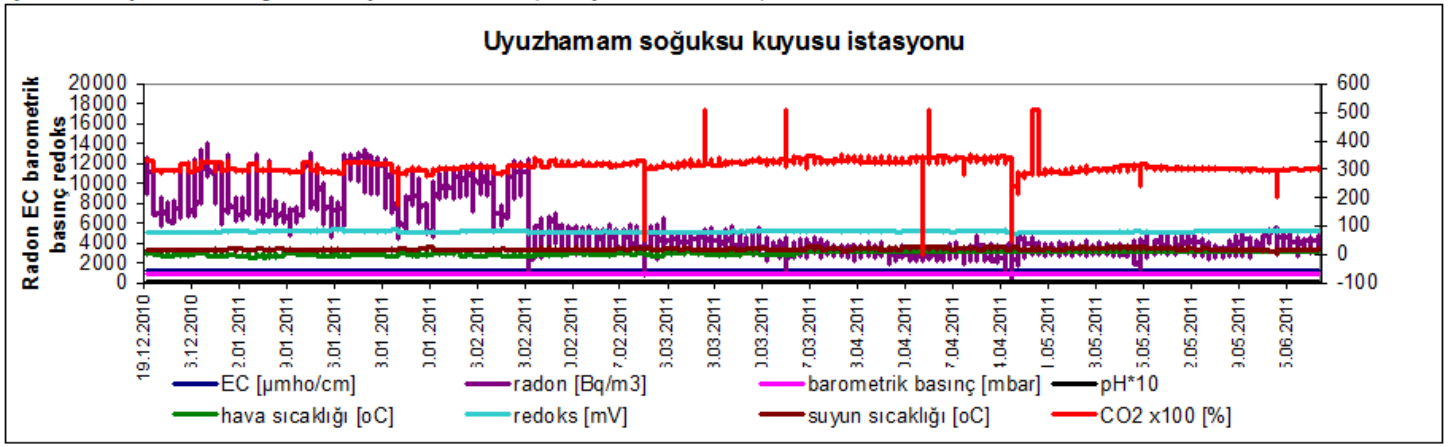
Şekil 4.2c. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait veriler (19 Aralık 2010 - 9 Haziran 2011).



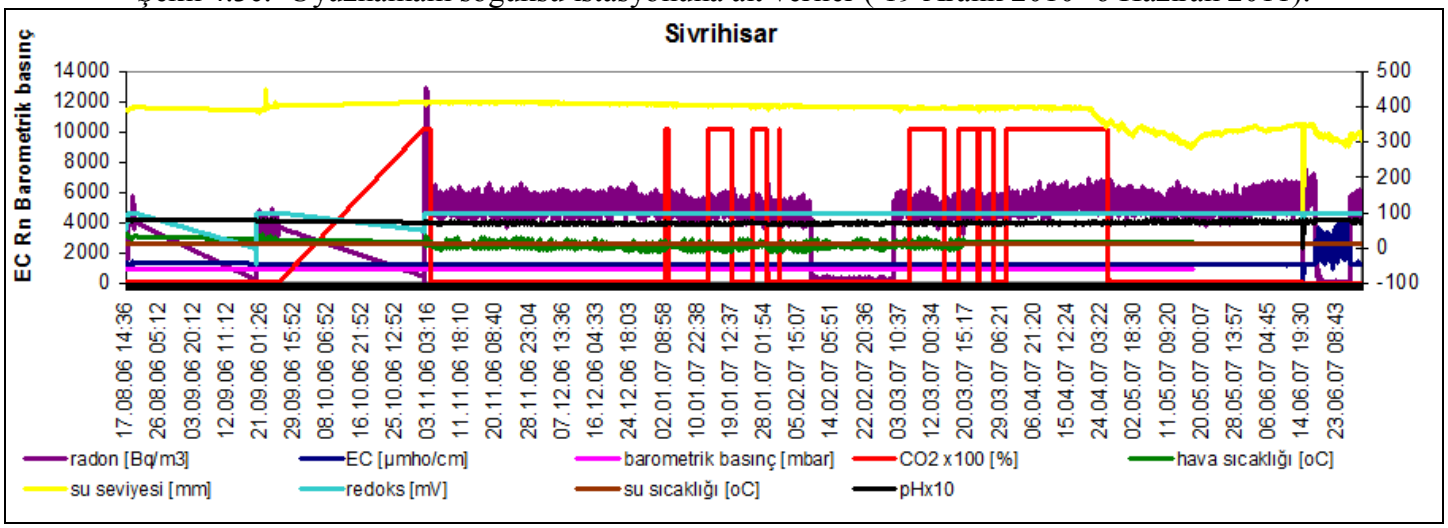
Şekil 4.3a. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait veriler (18 Ağustos 2006 -12 Nisan 2007).



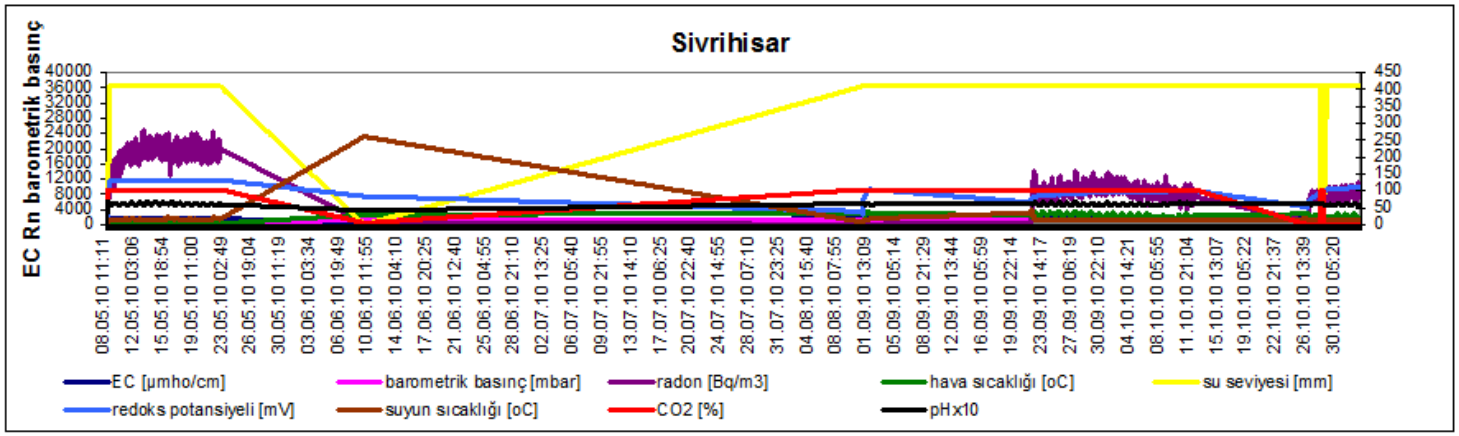
Şekil 4.3b. Uyuzhamam soğuksu istasyonuna ait veriler (8 Mayıs 19 Aralık 2010).



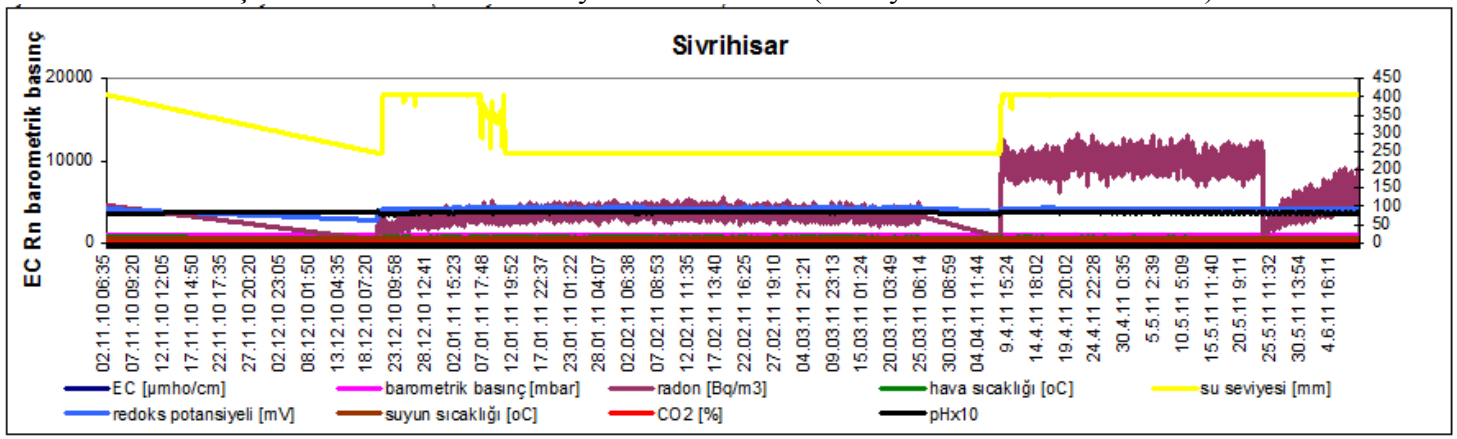
Şekil 4.3c. Uyuzhamam soğuksu istasyonuna ait veriler (19 Aralık 2010- 6 Haziran 2011).



Şekil 4.4a. Sivrihisar istasyonuna ait veriler (17 Ağustos 2006- 29 Haziran 2007).



Şekil 4.4b. Sivrihisar istasyonuna ait veriler (8 Mayıs 2010 - 2 Kasım 2010).



Şekil 4.4c. Sivrihisar istasyonuna ait veriler (2 Kasım 2010 - 9 Haziran 2011).

4.1.1. Meteorolojik veriler

CO_2 ve radon gazı konsantrasyonlarının meteorolojik etkiler ile değişimleri incelenmiştir. Meteorolojik veri olarak hava sıcaklığı ve hava basıncı (barometrik basınç) istasyonlarda ölçülmüştür. Yağış verileri ise Eskişehir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Sivrihisar istasyonununa ait veriler değerlendirlirken Sivrihisar meteoroloji istasyonu, İnönü Kandilli istasyonu değerlendirilirken Bozüyük meteoroloji istasyonu, Alpu Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve Alpu Uyuzhamam soğuksu kuyusu verileri değerlendirilirken ise Eskişehir meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış verileri kullanılmıştır.

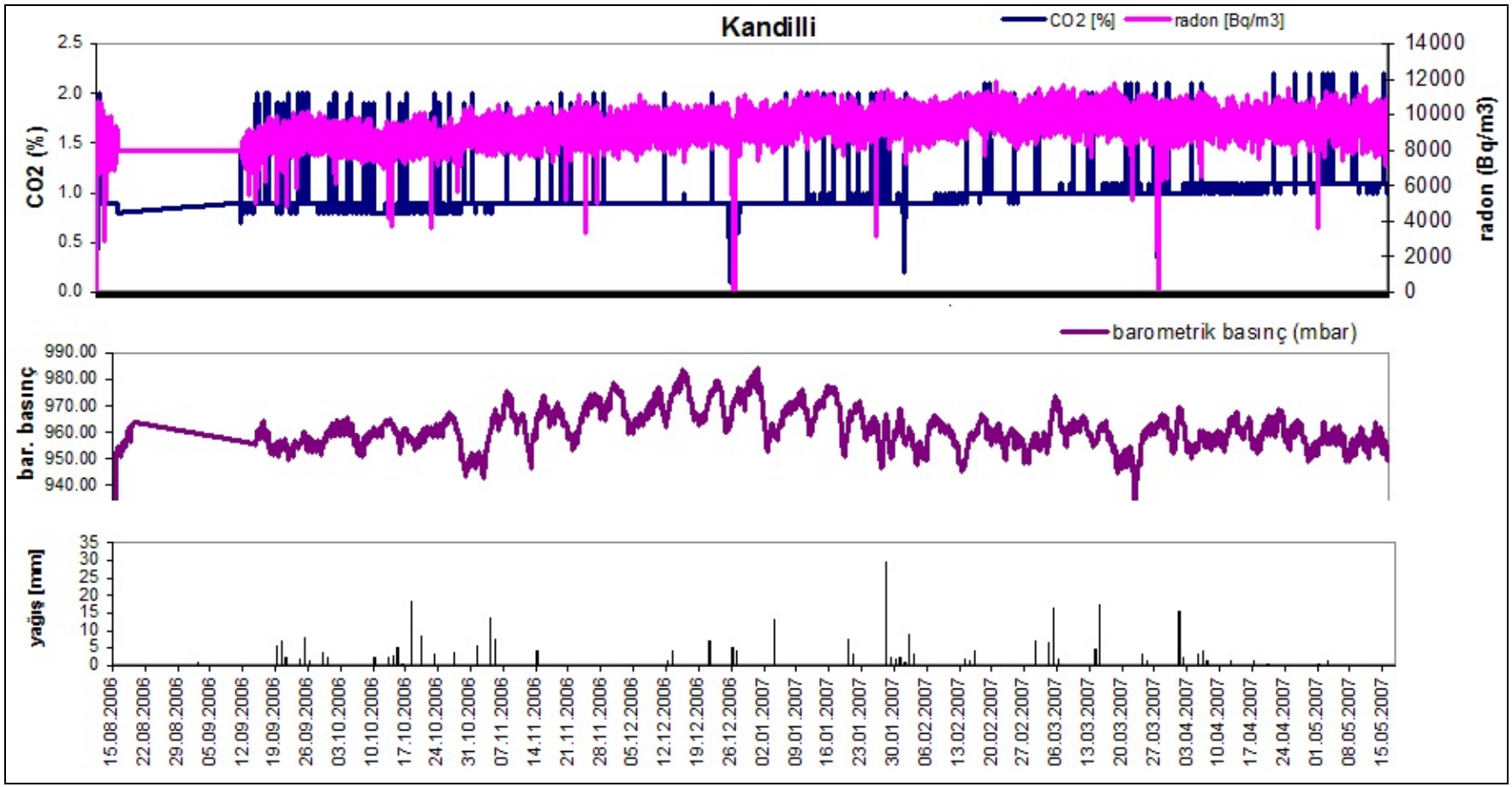
Parametrelerin normal durumdaki değişimlerinin aşağıdaki gibi olduğu dikkate alınmıştır: (Zmazek, et al.,2002; Walia, et al.,2005; Yüce, et al.,2010).

Hava sıcaklığı arttığında CO_2 ve radon gazlarında moleküler hızın artmasına paralel olarak yükselme olduğu, yağış olduğunda CO_2 ve radon gazlarının seyrelmeden dolayı azaldığı, suyun sıcaklığının arttıkça elektriksel iletkenliğinde arttığıdır.

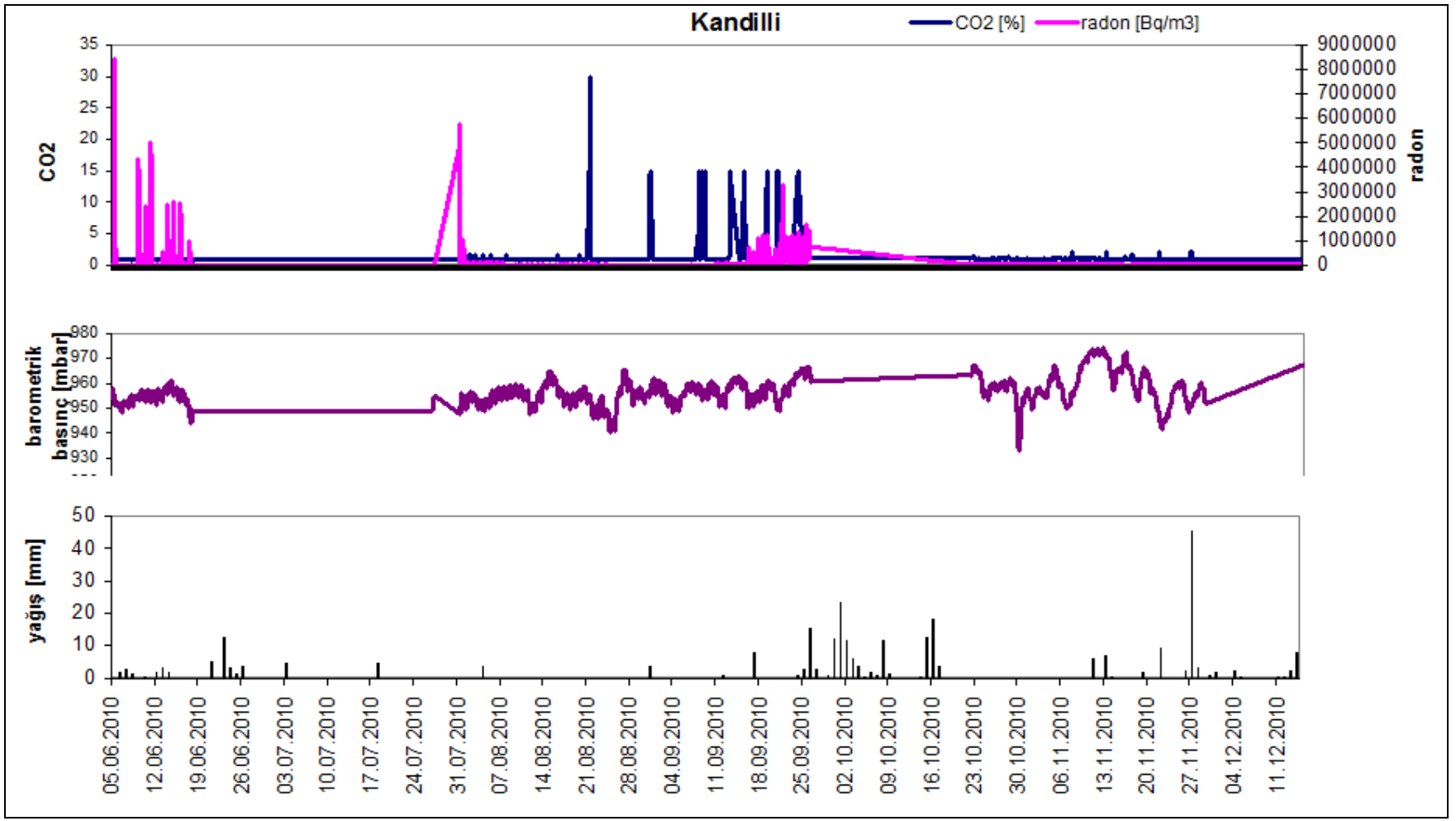
İstasyonlardan alınan ve makro programı ile düzenlenen veriler Çizelge 3.2 de verilen depremler dikkate alınarak ölçülen parametrelerin zamana karşı grafikleri çizilmiş ve çarpıcı olanlar sunulmaktadır.
Buna göre veriler incelendiğinde,

4.1.1.1 Kandilli istasyonu:

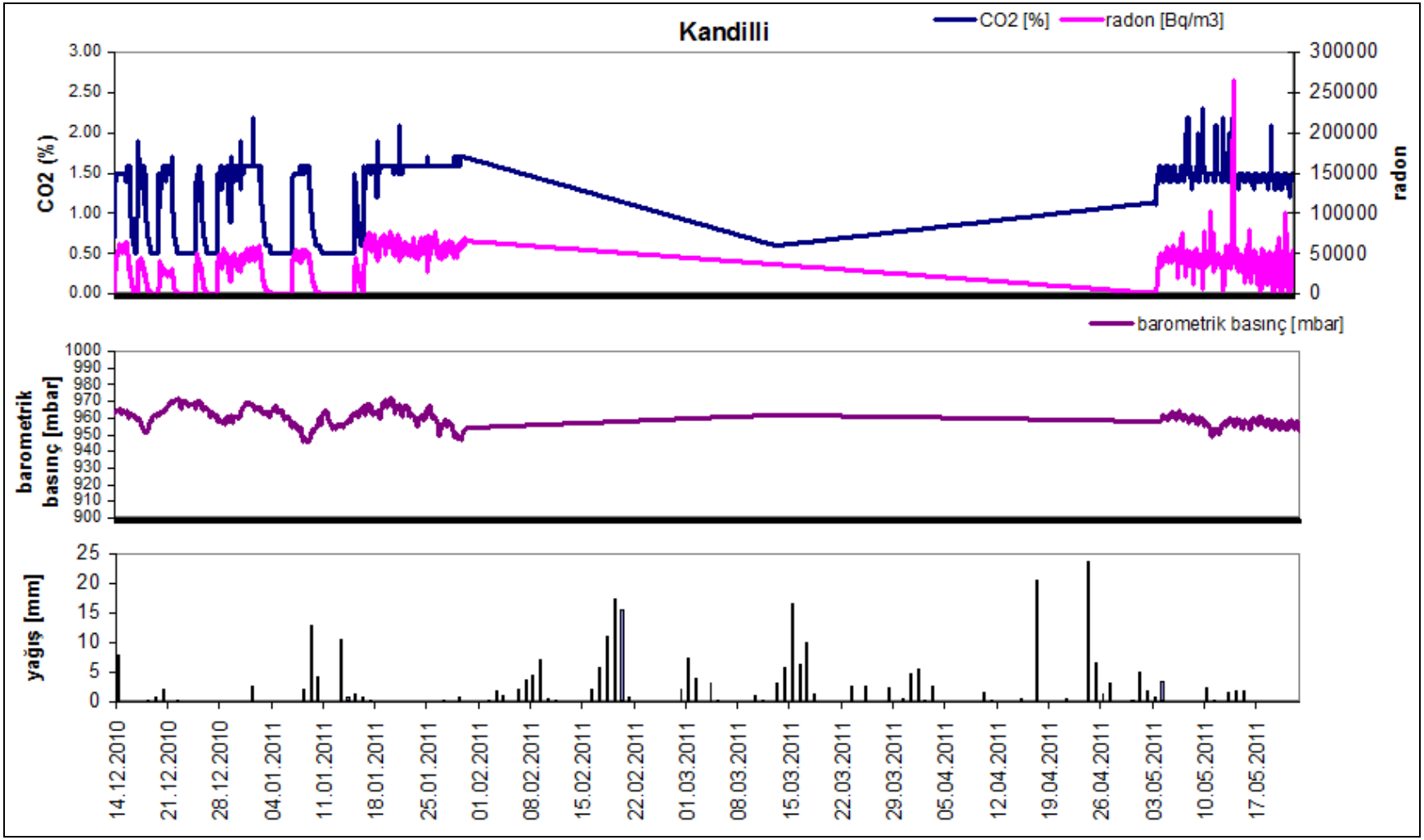
Kandilli istasyonuna ait tüm zaman aralıklarına ait radon, CO_2, barometrik basınç ve yağış grafikleri Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7'de verilmektedir. Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7'de çizilen grafiklerin değişimini daha net izleyebilmek için zaman aralıkları daraltılarak tekrar çizilmiştir (Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14). Şekil 4.8'de 1, 2, 3 numaralar ile gösterilen zaman aralığında yağıştan dolayı barometrik basınçta ve radonda azalma görülmektedir. Bu azalmanın yağıştan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



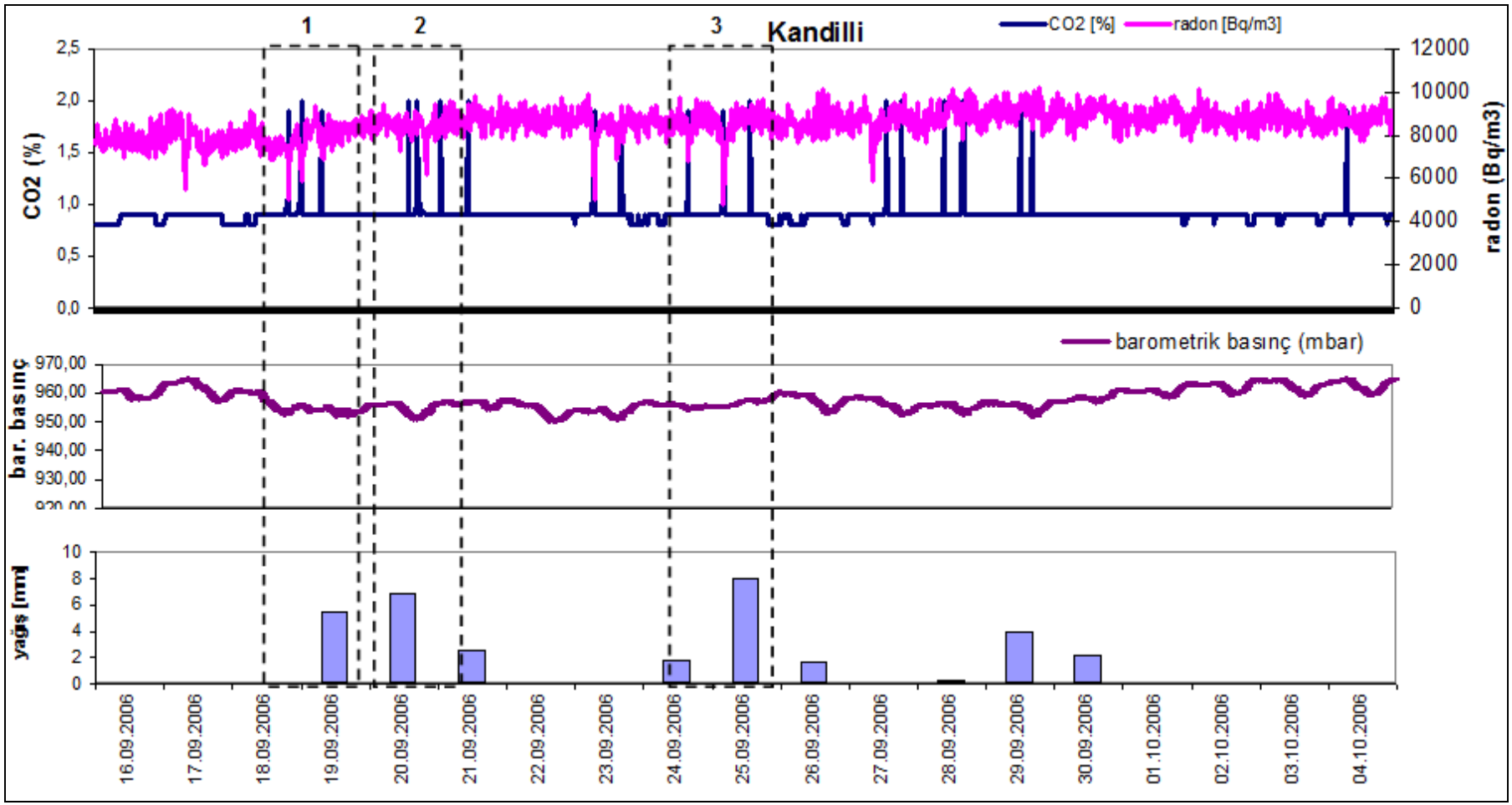
Şekil 4.5. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç ve yağış grafiği (15 Ağustos 2006-15 Mayıs 2007).



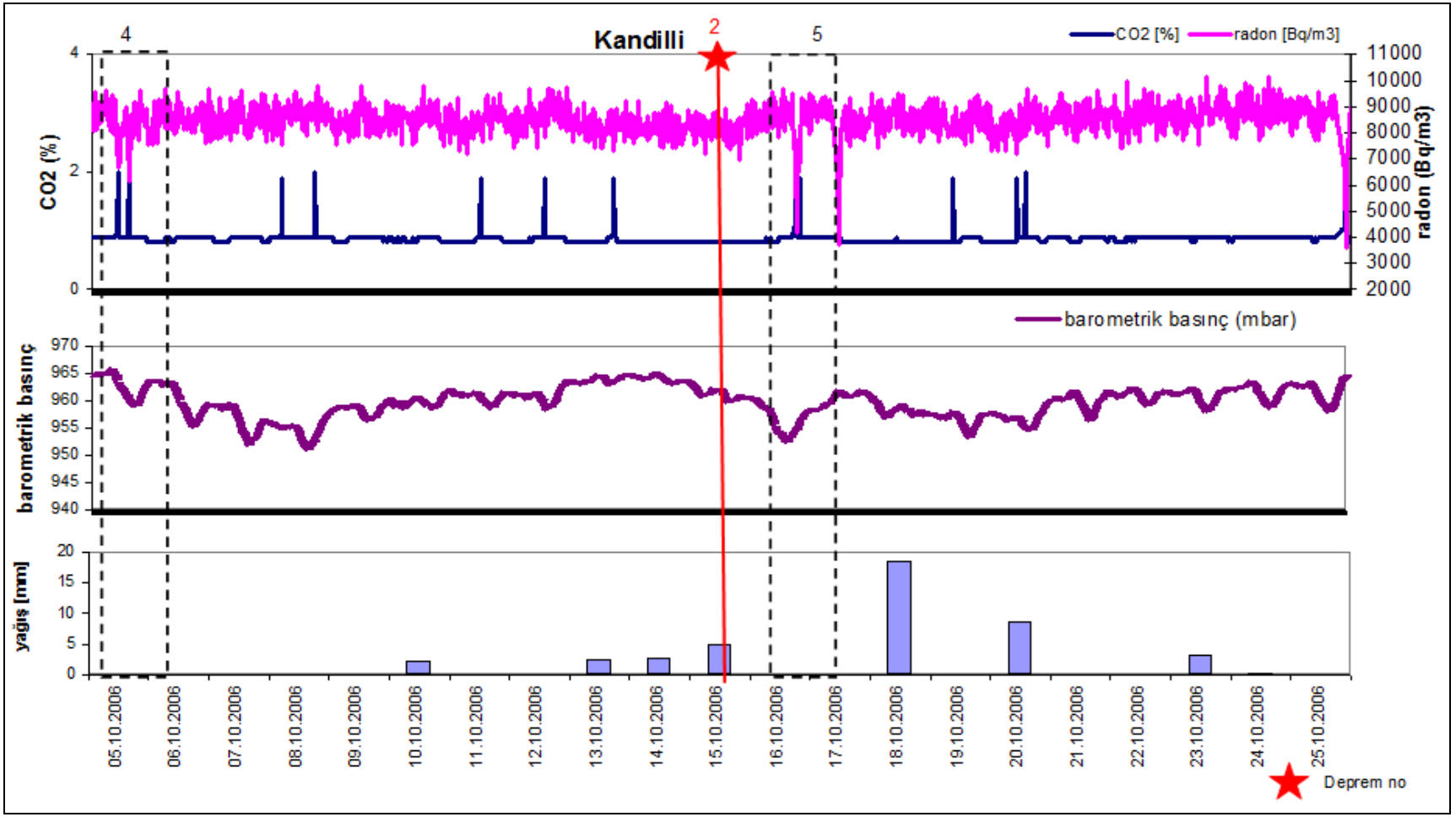
Şekil 4.6. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (6 Haziran 2010-11 Aralık 2010).



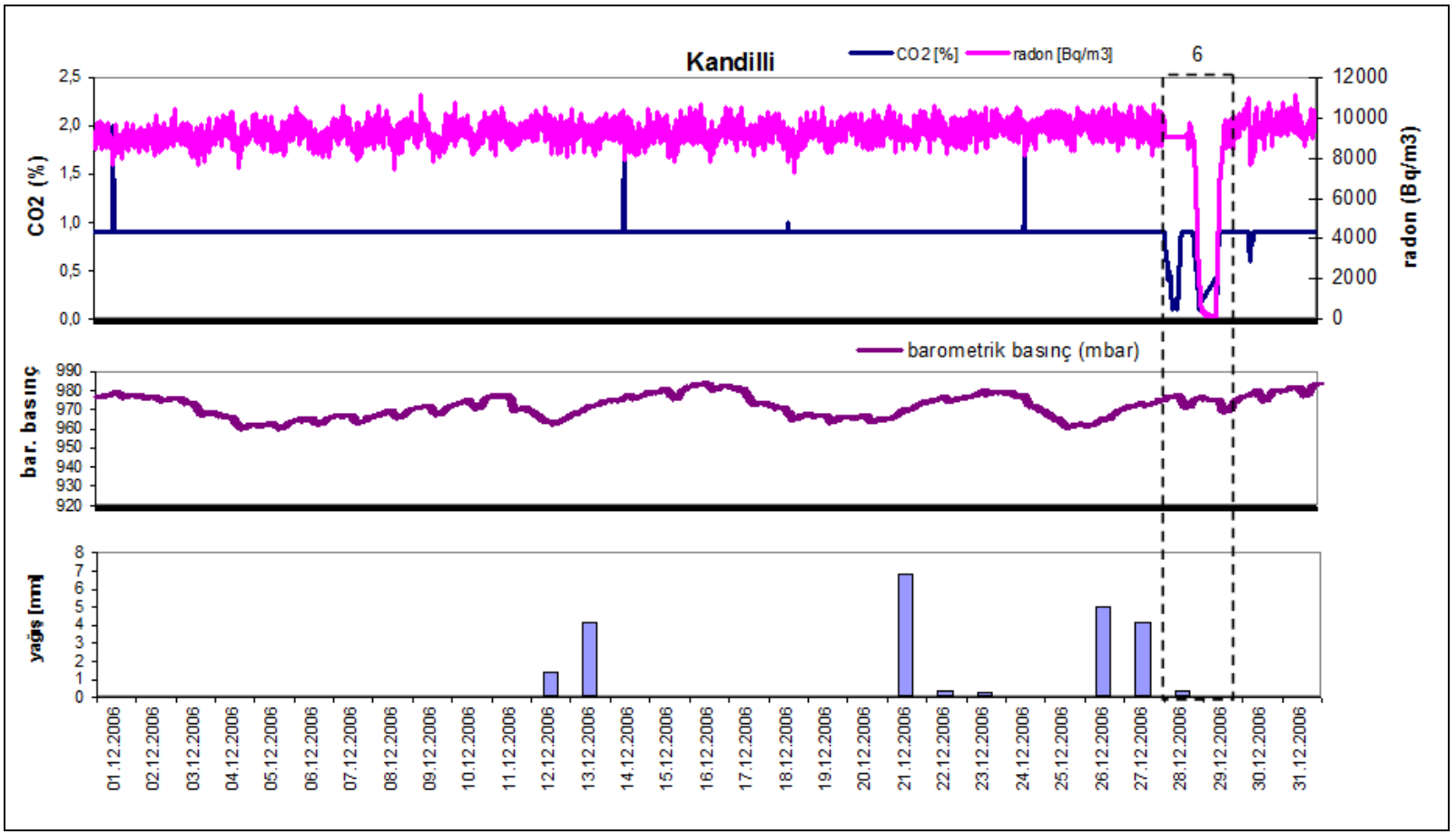
Şekil 4.7. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (14 Aralık 2010 -17 Mayıs 2011).



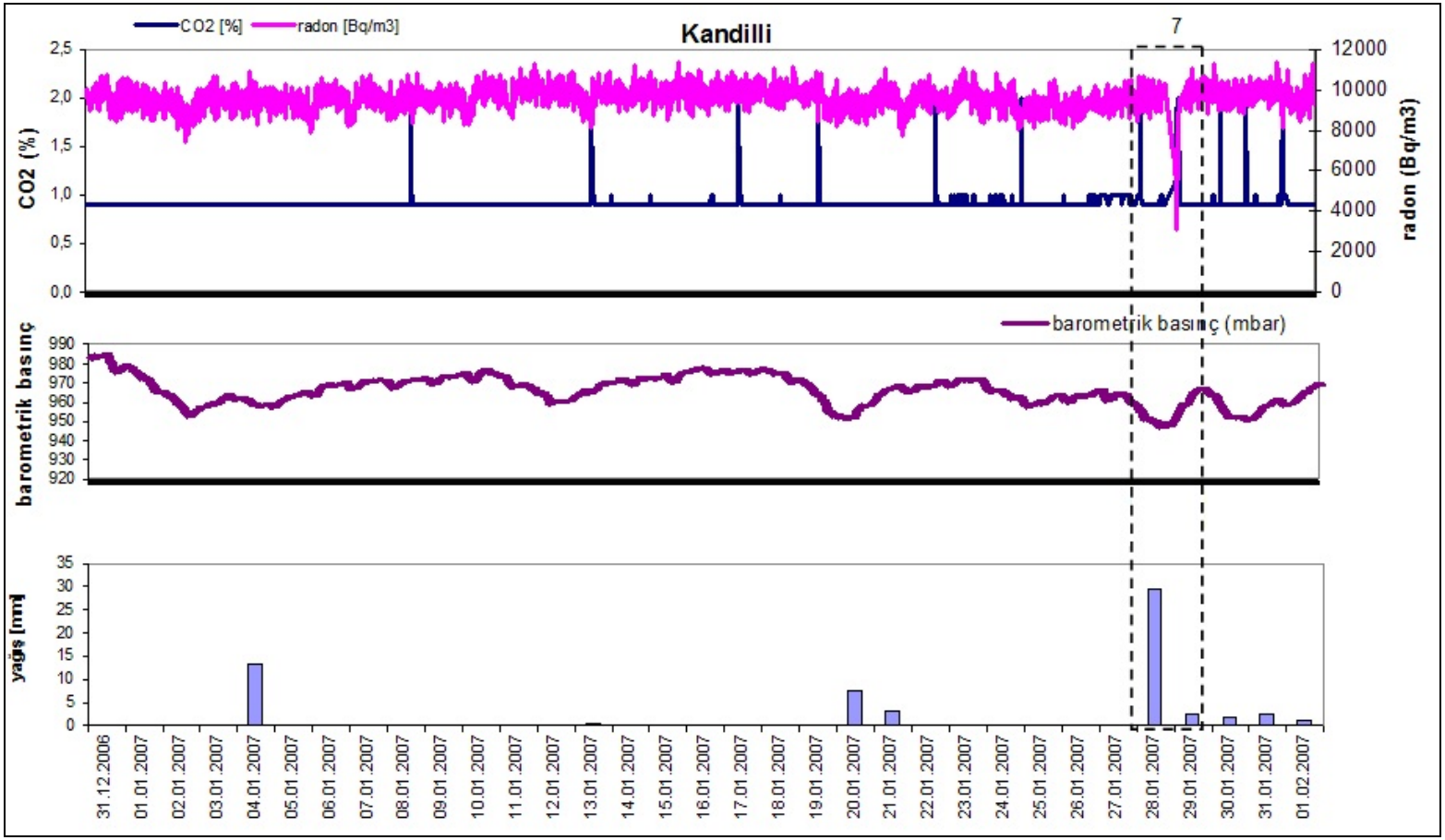
Şekil 4.8. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (16 Eylül- 4 Ekim 2006).



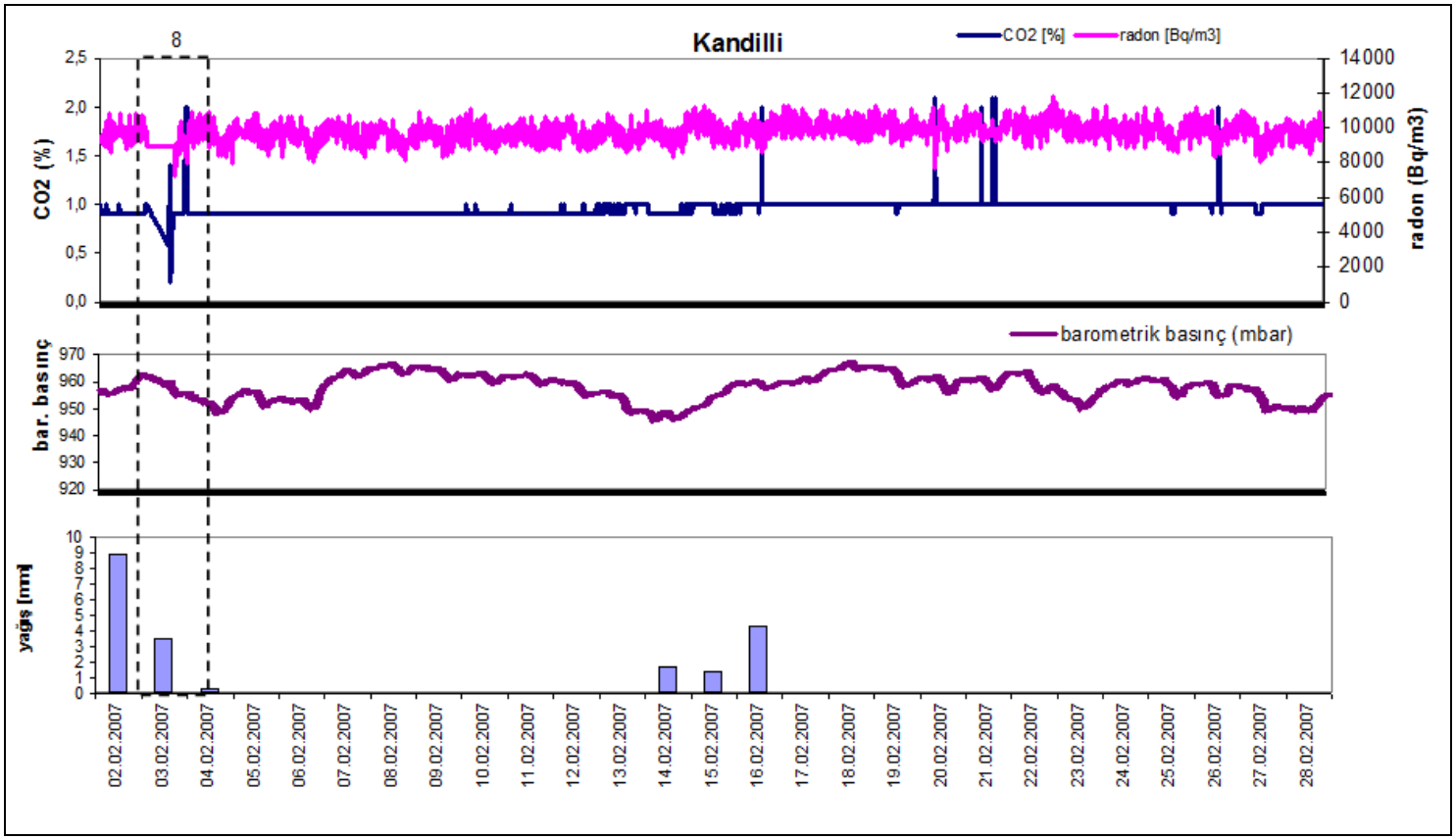
Şekil 4.9. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (5 Ekim-25 Ekim 2006).



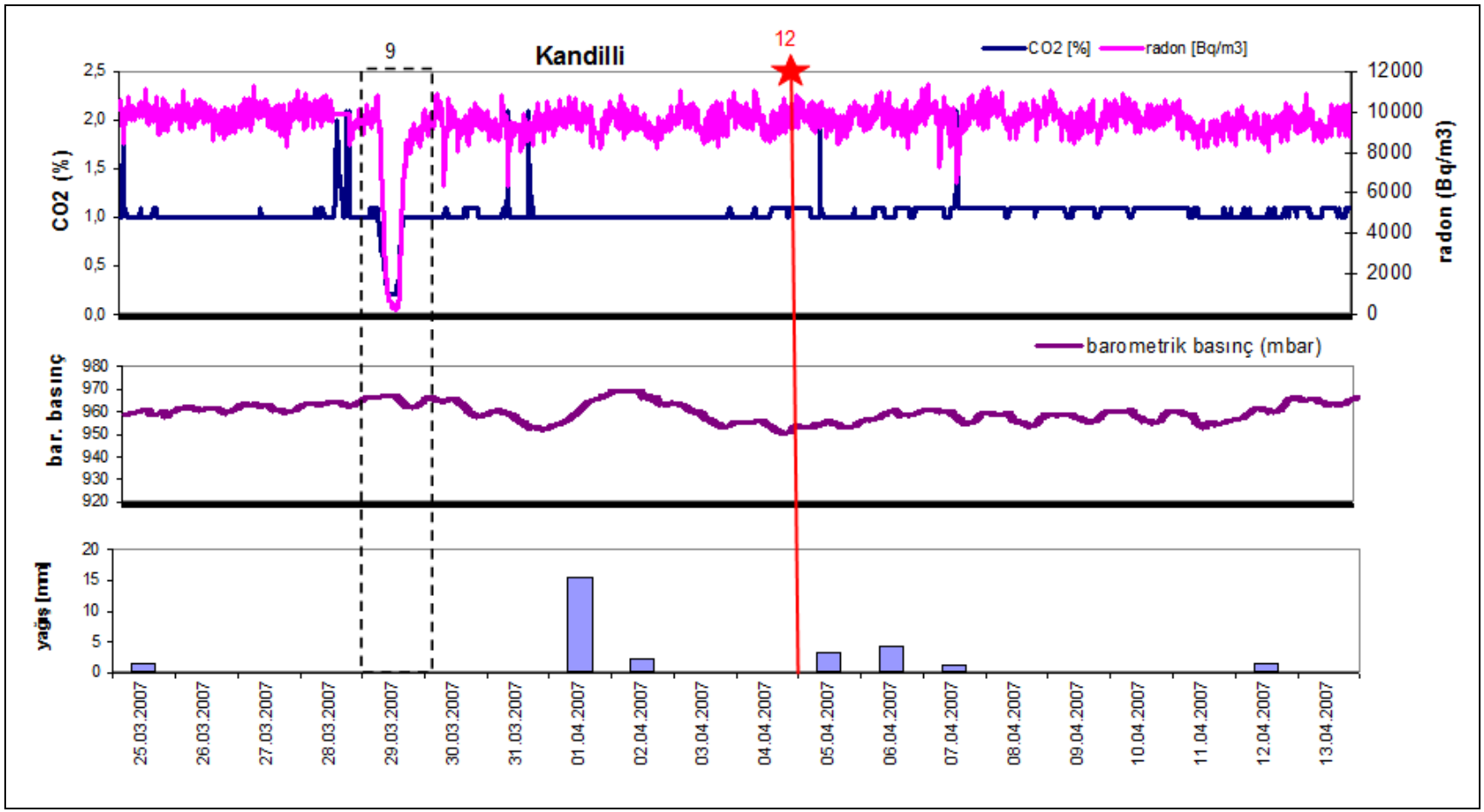
Şekil 4.10. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (1 Aralık-31 Aralık 2006).



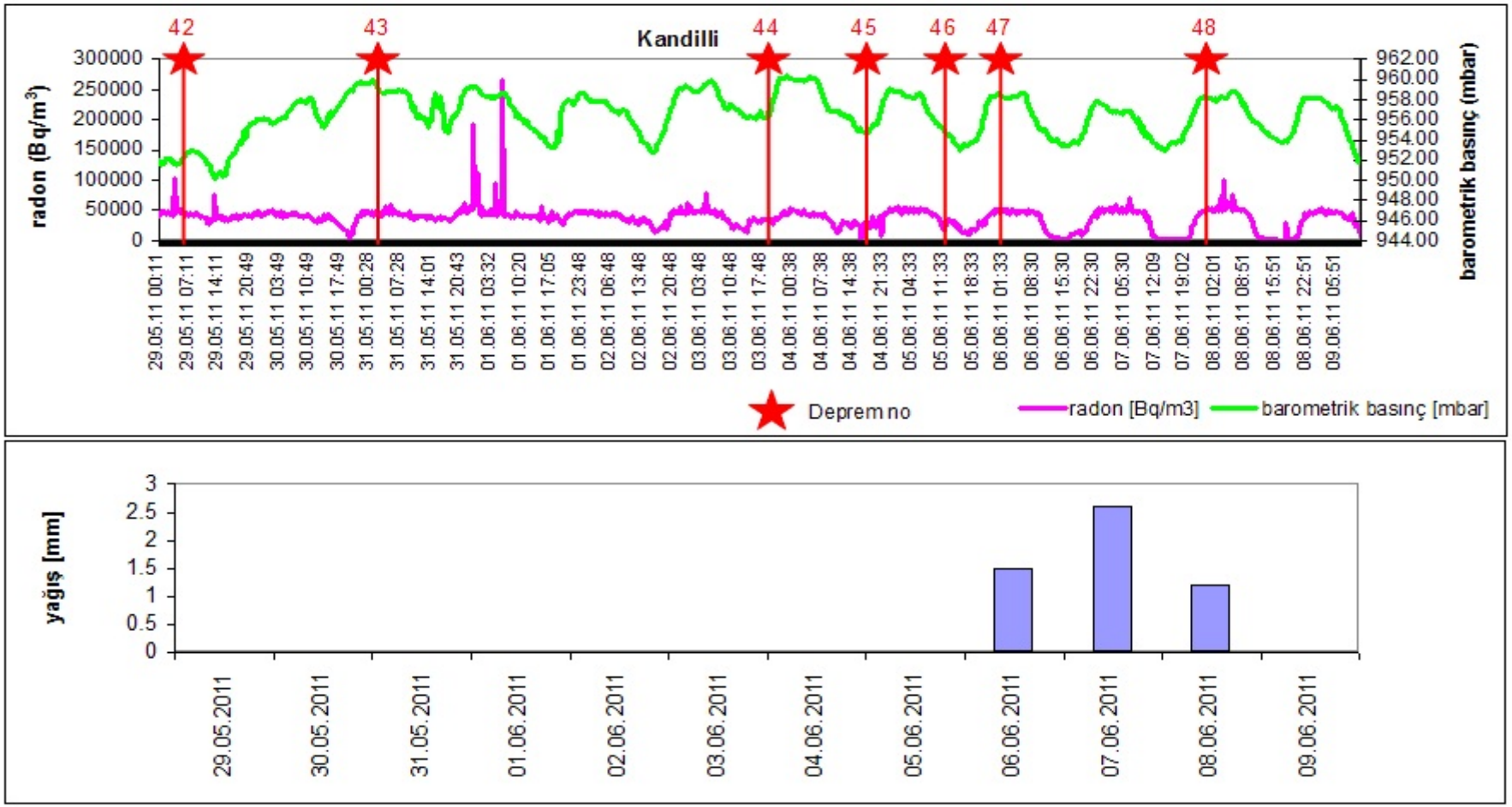
Şekil 4.11. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (31 Aralık 2006-1 Şubat 2007).



Şekil 4.12. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (2 Şubat- 28 Şubat 2007).



Şekil 4.13. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (25 Mart-15 Nisan 2007).



Şekil 4.14. Kandilli istasyonuna ait CO_2, radon, barometrik basınç, yağış grafiği (29 Mayıs-9 Haziran 2011).

Şekil 4.9'da 4 ve 5 numaralar ile gösterilen zaman aralığında radonda ve barometrik basınçta da düşüşler görülmektedir. Bu zaman aralığında yağış yoktur. 2 numaralı deprem olmuştur. Şekil 4.10' da 6 numara, Şekil 4.11' de 7 numara, Şekil 4.12'de ise 8 numara ile gösterilen zaman aralıklarında CO_2 ve radonda ani düşüşler izlenmiş, fakat gösterilen zaman aralıklarında istasyonda doğru okuma yapılmamıştır. Şekil 4.13'te 9 numara ile belirtilen zaman aralığında CO_2 ve radonda düşüş gözlenmiştir. Aynı zaman aralığında 12 numaralı (Çizelge 3.1) Dodurga depremi meydana gelmiştir. 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 nolu depremlerin meydana geldiği zaman aralığında ise radonda artış olmuş ve bu dönemlerde barometrik basınçta da artışlar izlenmiştir. Değişimin ise yağıştan olmadığı görülmektedir (Şekil 4.14).

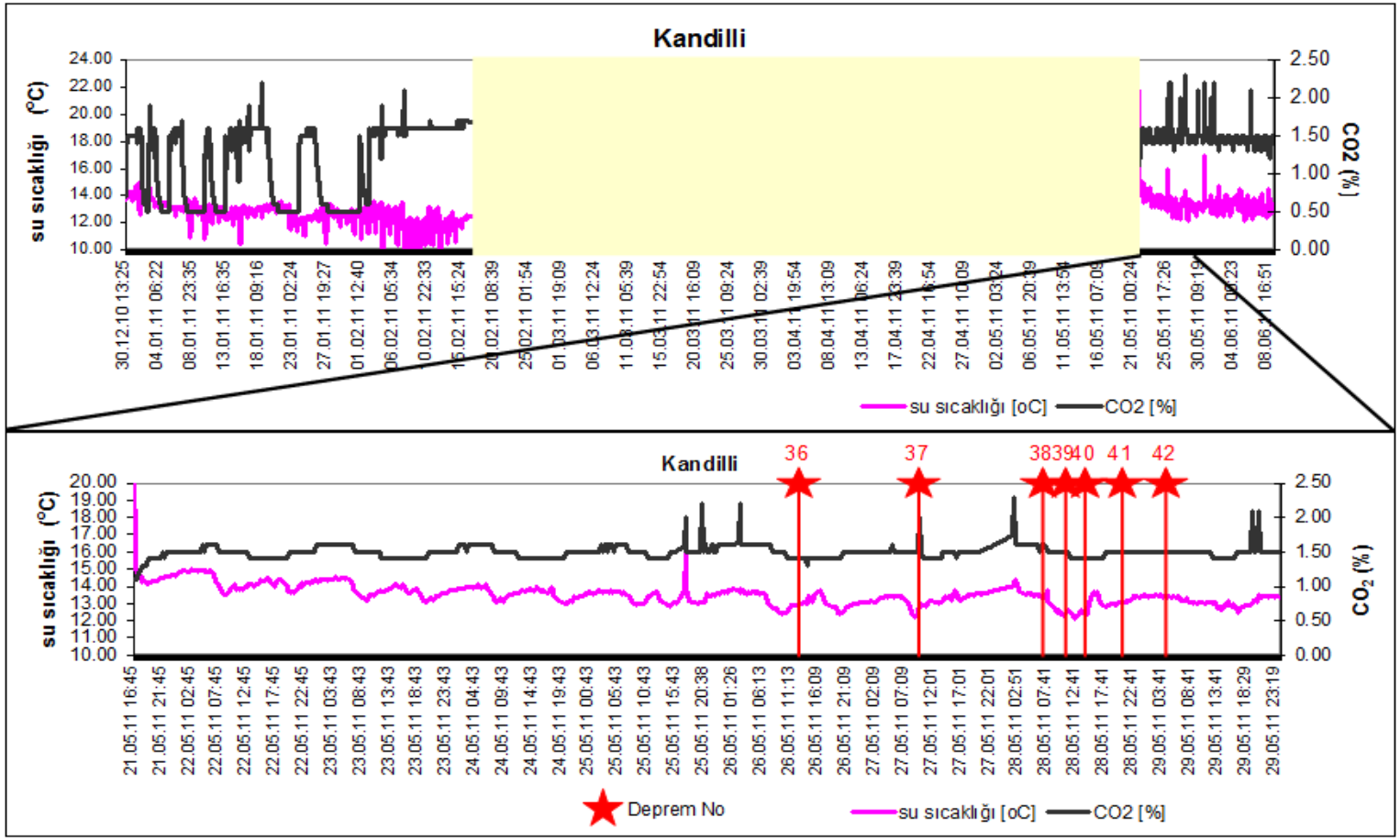
36 numaralı deprem öncesinde su sıcaklığı ve CO_2 artmış, 36, 38, 39, 40, 41, 42 nolu depremler öncesinde CO_2 artmıştır (Şekil 4.15, Şekil 4.16). Normal durumda suyun sıcaklığı arttığında EC'nin de artması beklenirken, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 44, 45, 46 47 ve 48 nolu depremlerin ortaya çıkış zamanlarında ve öncesinde su sıcaklığı ile EC arasında doğrusallıktan farklı davranışlar görülmektedir (Şekil 4.17). Bu farklıların, yani su sıcaklığındaki artışın (Şekil 4.18) artçı Simav depremleri sırasında ortaya çıkan ısının konvektif yayılmasından ileri gelebileceği (Fulton vd., 2009) veya daha derin kökenli bir akışkanın yukarı doğru karışımı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Şekil 4.15 ve 4.17 'deki alttaki grafik üstteki grafiğin belirtilen bölgesinin büyütülmüş halini ifade etmektedir.

4.1.1.2. Sivrihisar istasyonu

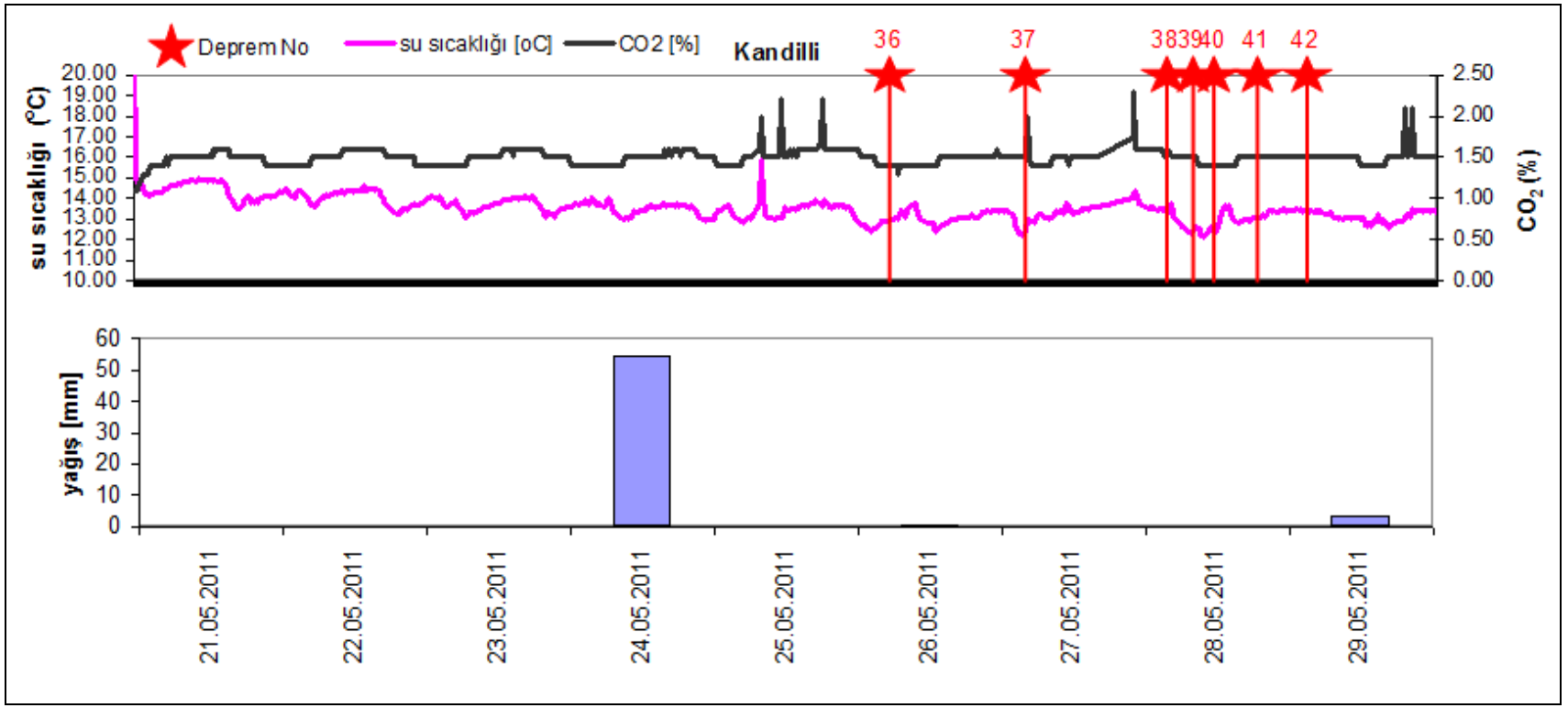
Sivrihisar istasyonu ile ilgili yapılan değerlendirmelerde istasyonunda sismisite ile ilgili olabilecek önemli bir değişim izlenmemiştir (Şekil 4.4a, Şekil 4.4b, Şekil 4.4c)

4.1.1.3 Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı İstasyonu

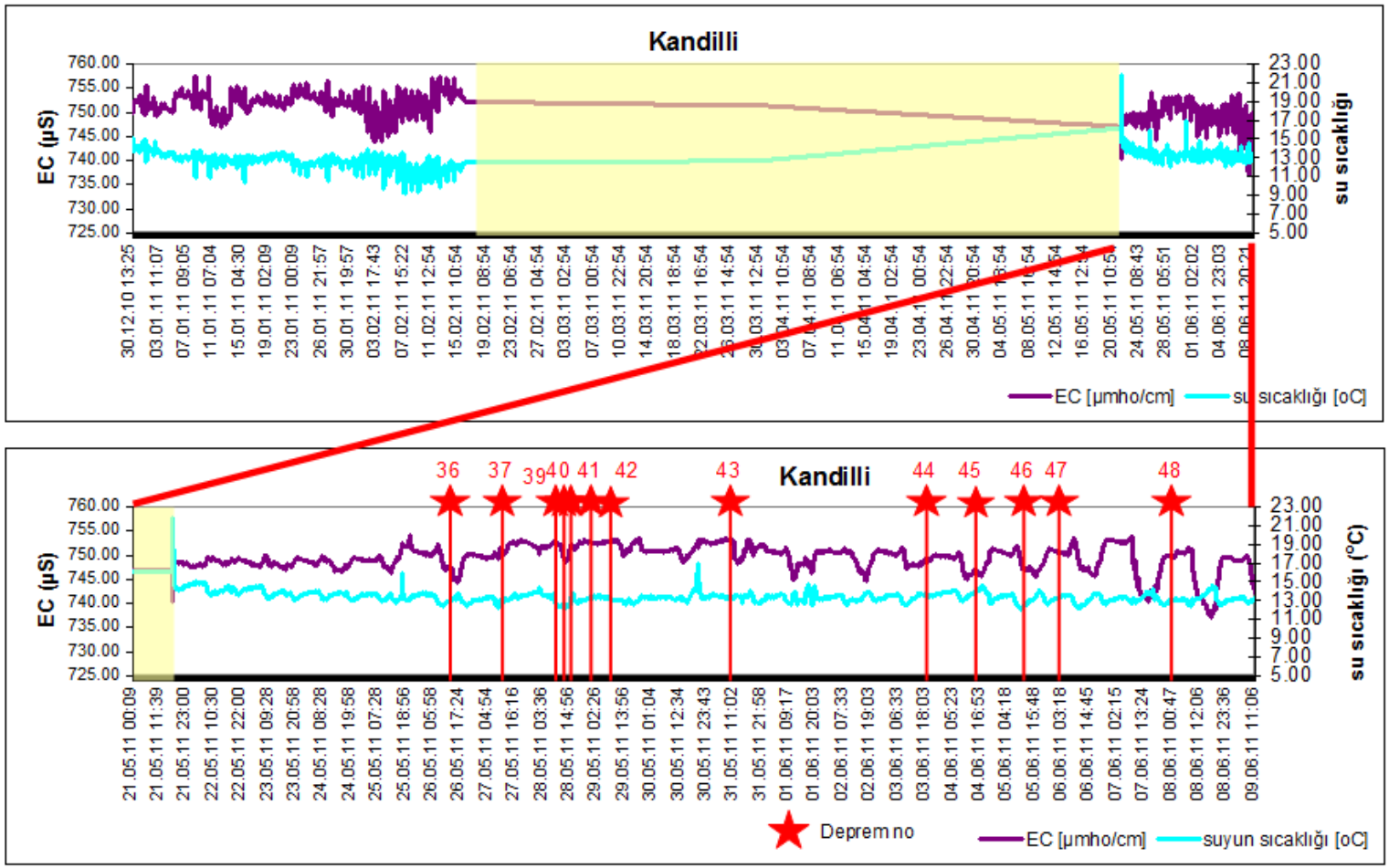
Su sıcaklığı arttıkça elektriksel iletkenliğin artması, su sıcaklığı arttığında redoksun azalması beklenirken 6, 7, 8, 9, 10 nolu depremlerinin meydana geldiği zaman aralığında beklenenin tersine değişim görülmüştür. (Şekil 4.19, Şekil 4.20).



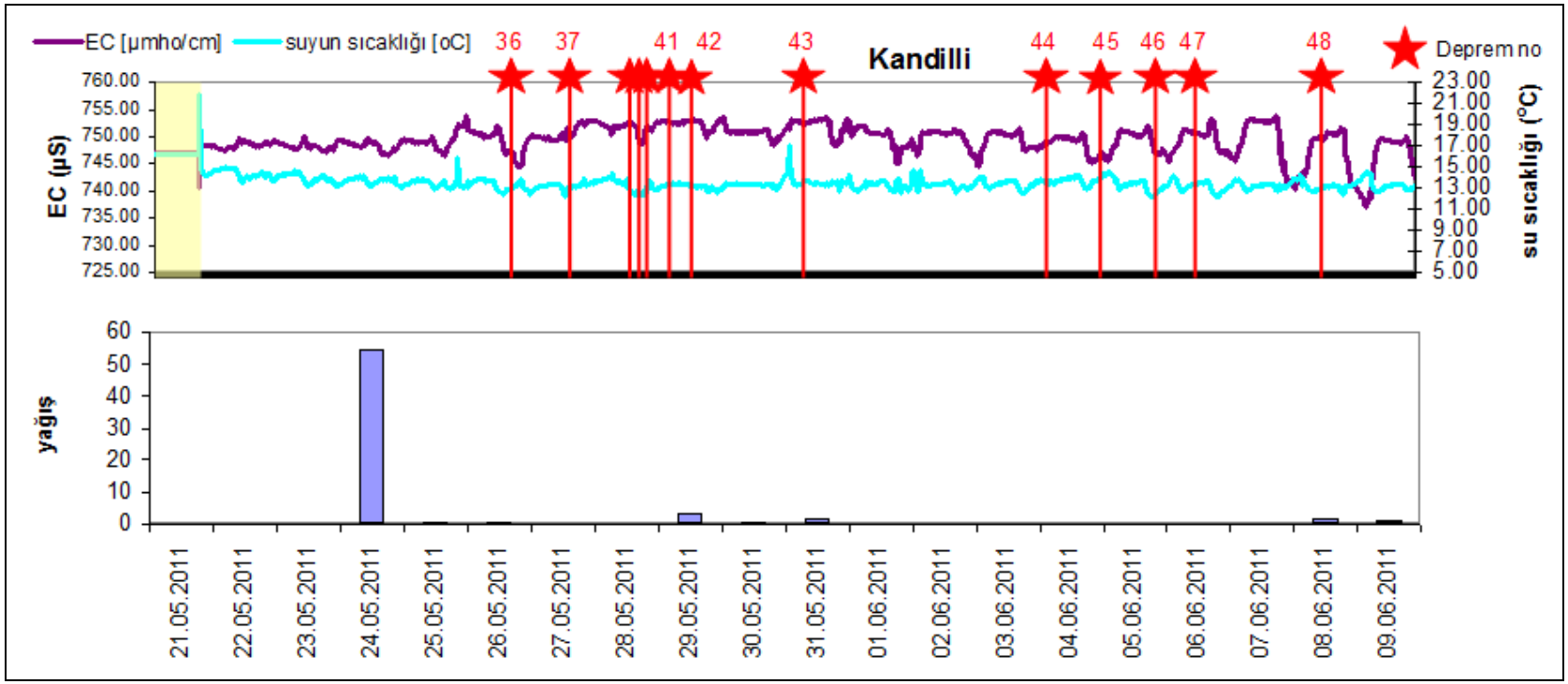
Şekil 4.15. Kandilli istasyonuna ait su sıcaklığı CO_2 grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011).



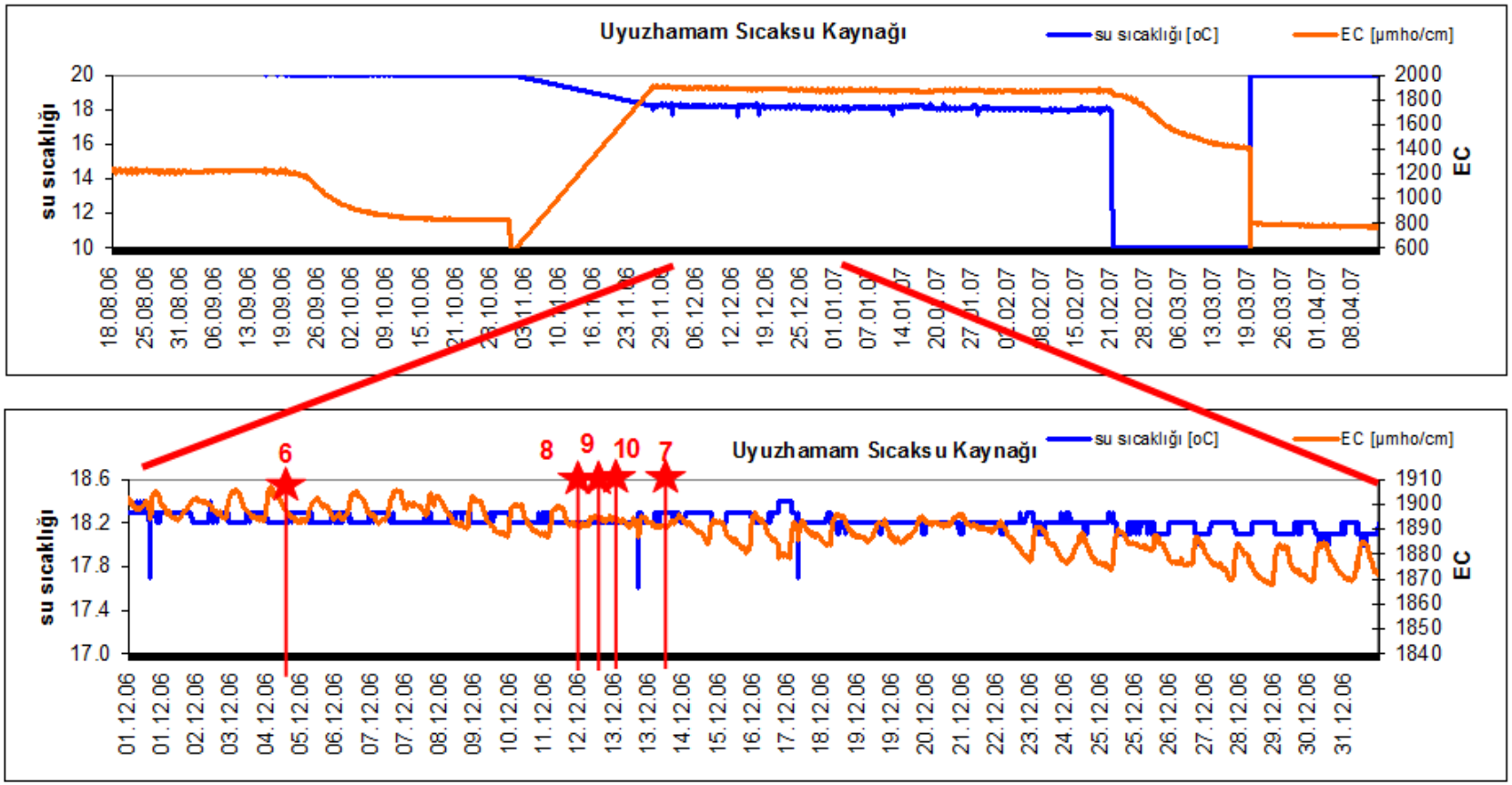
Şekil 4.16. Kandilli istasyonuna ait su sıcaklığı-CO_2-yağış grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011).



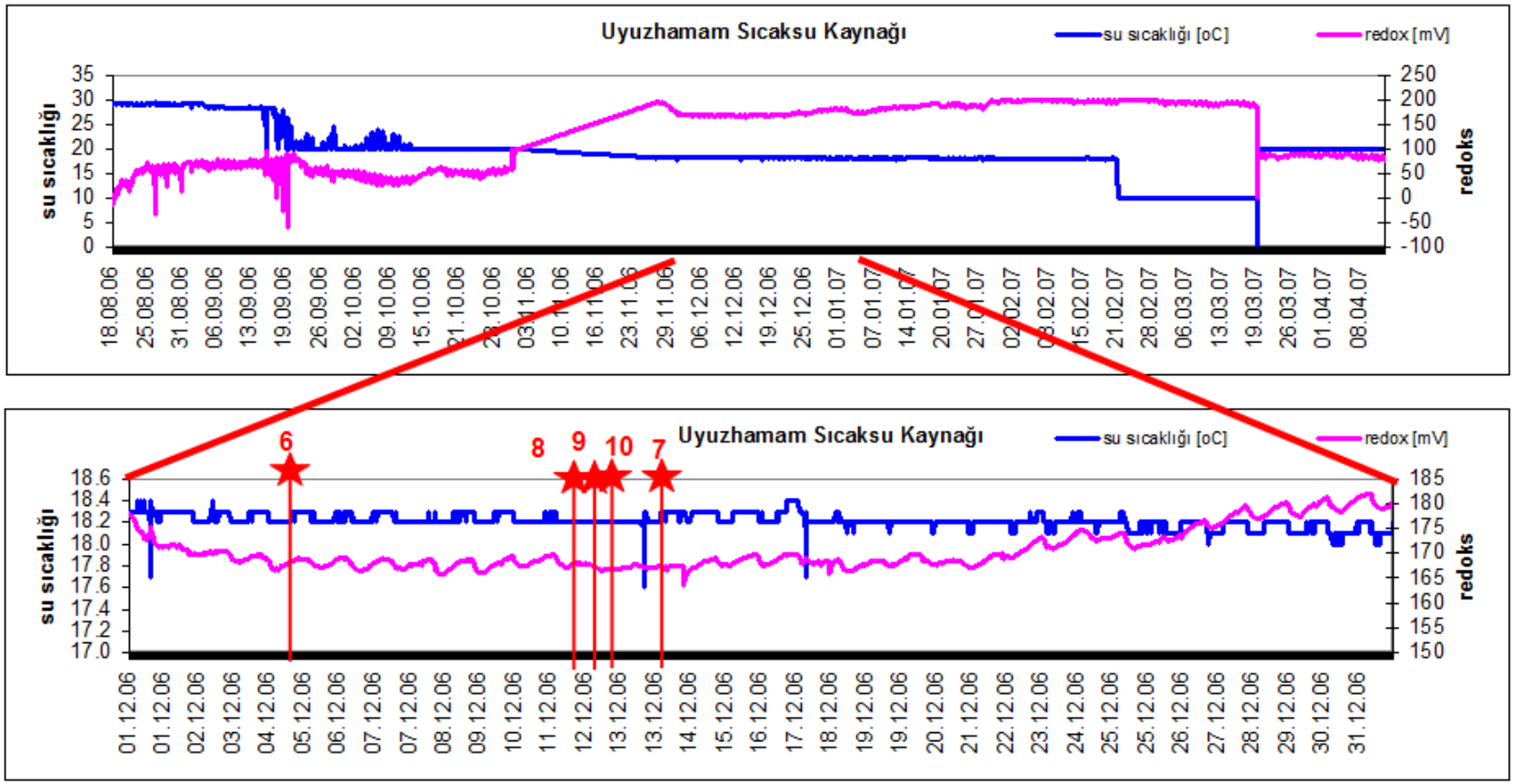
Şekil 4.17.Kandilli istasyonuna ait EC-su sıcaklığı değişim grafiği (21 Mayıs-9 Haziran 2011).



Şekil 4.18. Kandilli istasyonuna ait EC- su sıcaklığı- yağış grafiği (21 Mayıs-9 Haziran 2011)



Şekil 4.19. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı EC grafiği (1 Aralık-31 Aralık 2006).



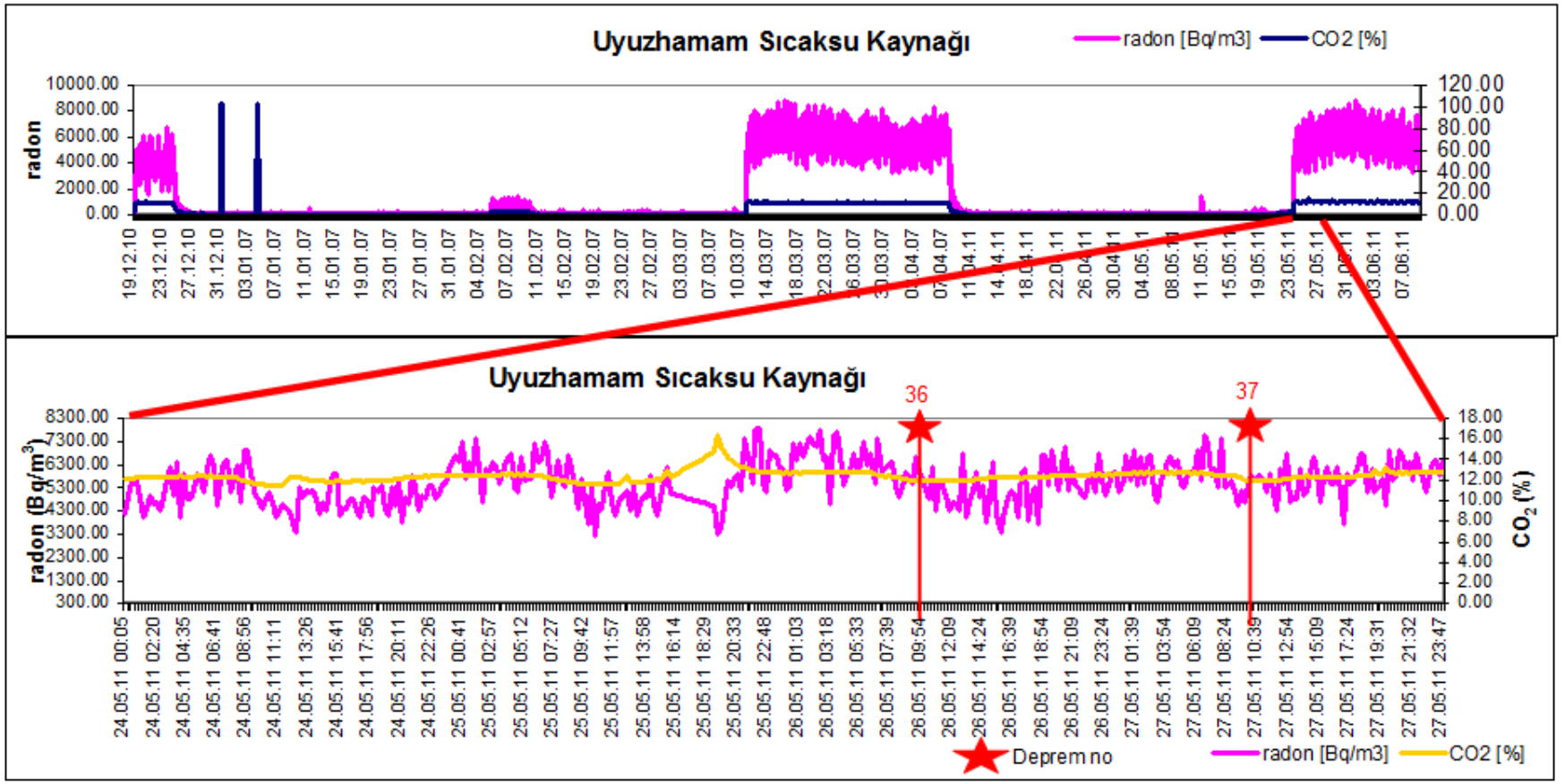
Şekil 4.20. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı redoks grafiği (1 Aralık -31 Aralık 2006).

Yağış verileri ile beraber değerlendirildiğinde 7 nolu deprem öncesinde su sıcaklığındaki azalmasını yağışa bağlı olabileceği düşünülmektedir (Şekil 4.22, Şekil 4.23).

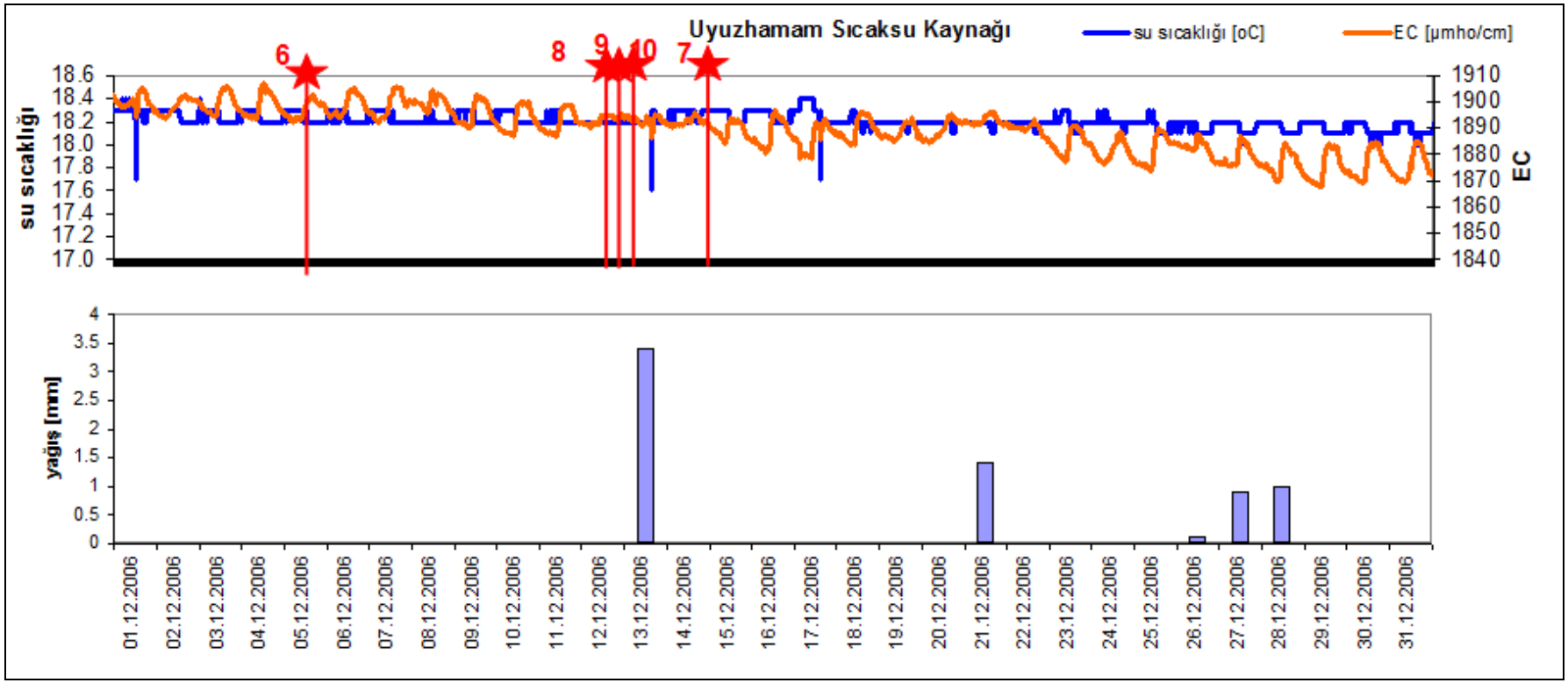
36 nolu deprem öncesinde CO_2'de artış görülürken, radonda ani düşüş görülmektedir (Şekil 4.21). Şekil 19, 20 ve 21'deki alttaki grafik üstteki grafiğin belirtilen bölgesinin büyütülmüş halini ifade etmektedir. Yağış verileri de eklenerek grafik değerlendirildiğinde değişimlerin yağışa bağlı olmadığı görülmektedir (Şekil 4.24).

4.1.1.4. Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu

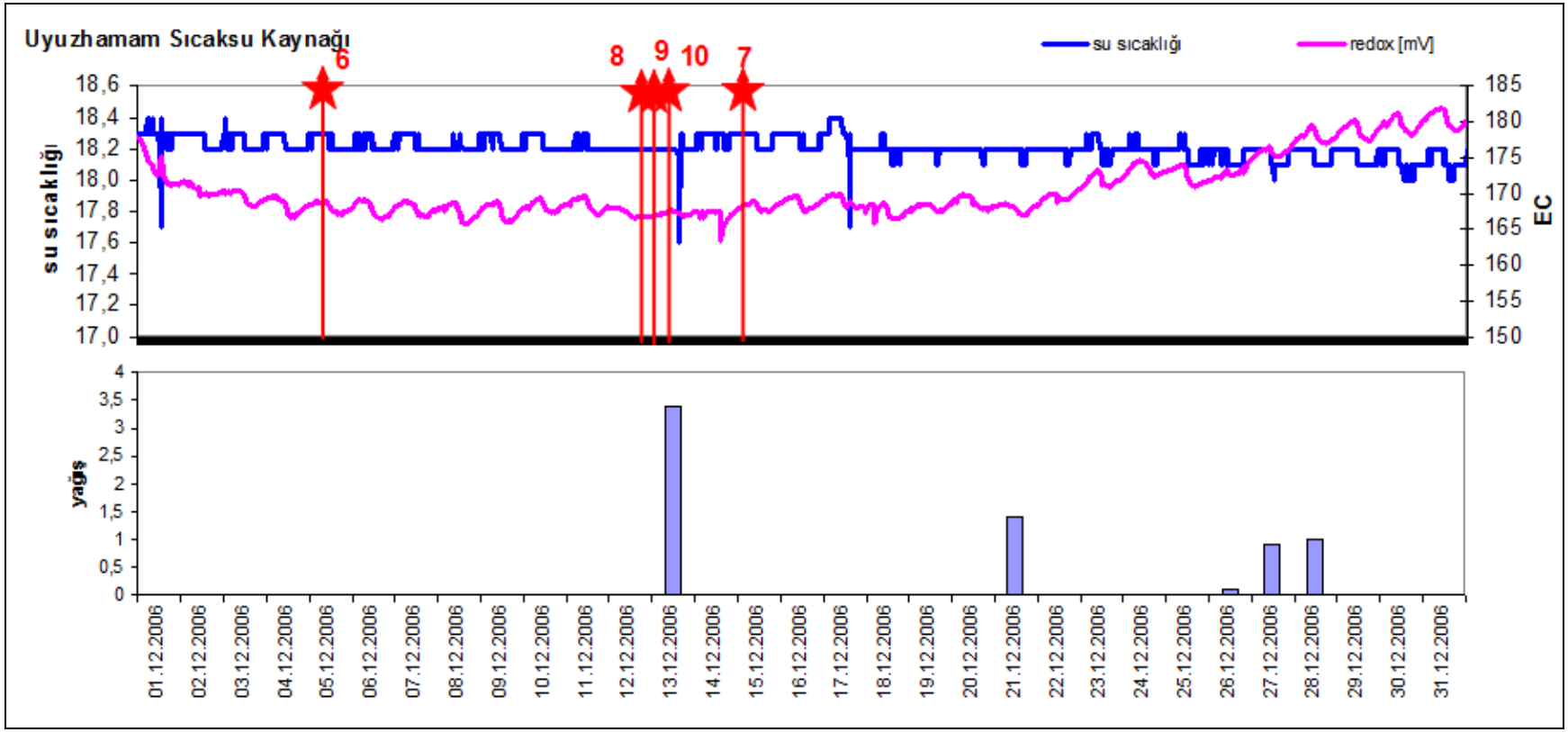
2 Temmuz 2010 Alpu (Eskişehir) (18 nolu) depremi oluş zamanında CO_2 ve EC'de ani artış, redoks potansiyeli ve radonda ise ani azalış görülmektedir (Şekil 4.26, Şekil 4.27). Depremin büyüklüğünün mikro ölçekte olmasına karşın, deprem üssünün istasyona yakın (~25 km) olmasından ötürü gözlenen bu değişikliklerin anomali olabileceği düşünülmektedir. Nitekim redoks potansiyelindeki azalma da ortama CO_2'çe zengin olan bir suyun girişine işaret etmektedir. Buradaki akifer CO_2'çe zengin olup, akiferin alt kısmından yukarı doğru bir sızma olmuş olabilir. 18 nolu deprem ile ilişkili olabilecek parametrelerdeki değişimlerin Uyuzhamam sıcak su kaynağında da izlenip izlenmediği kontrol edilmiş, ancak 18 nolu deprem öncesi ve sonrasında istasyonun arızalı olduğu, aktif olmadığı belirlenmiştir. Yağış verileri de eklenerek grafiklerin değerlendiridiğinde değişimlerin yağışa bağlı olmadığı görülmektedir (Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27).



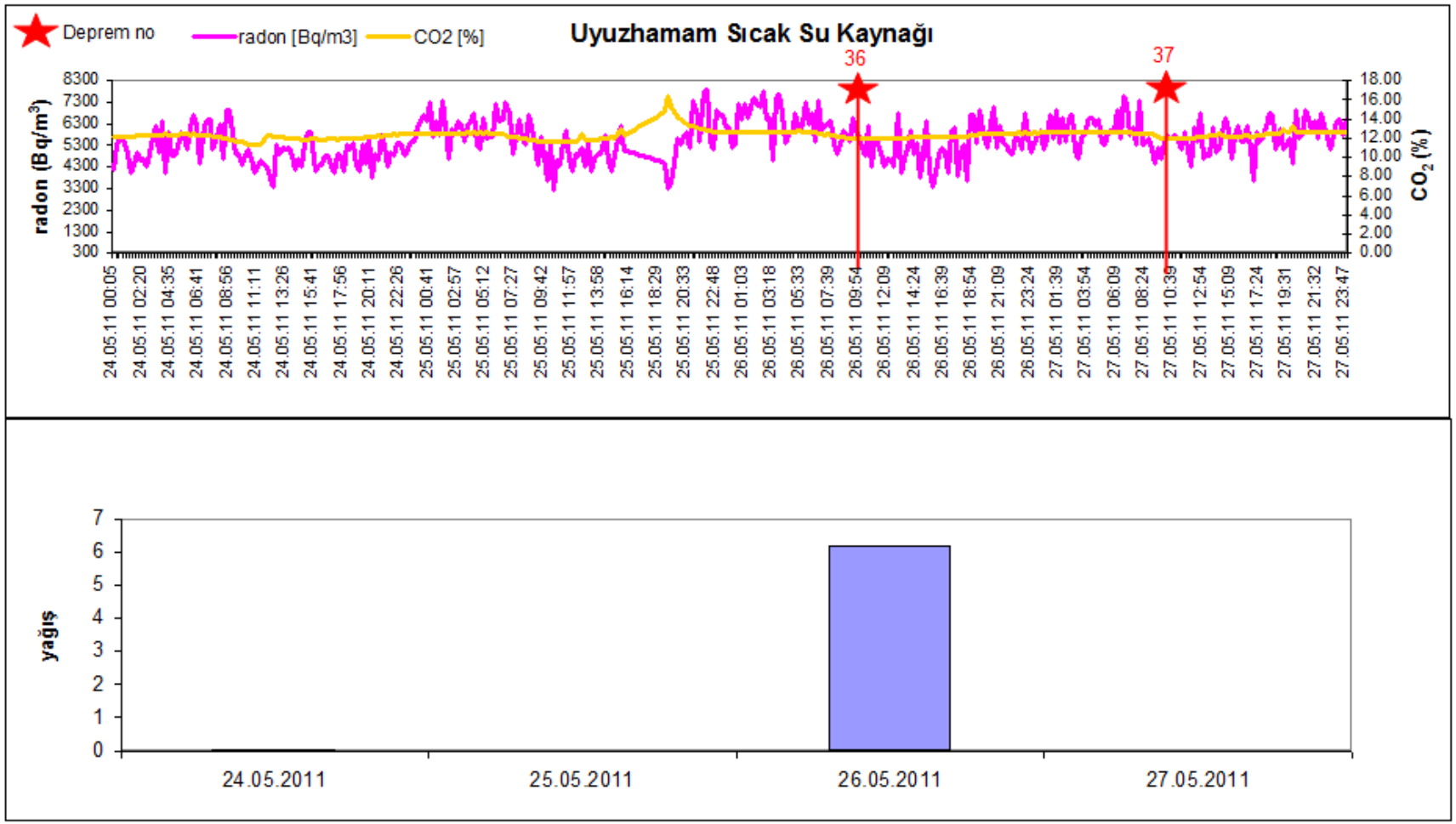
Şekil 4.21. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait radon-CO_2 grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011).



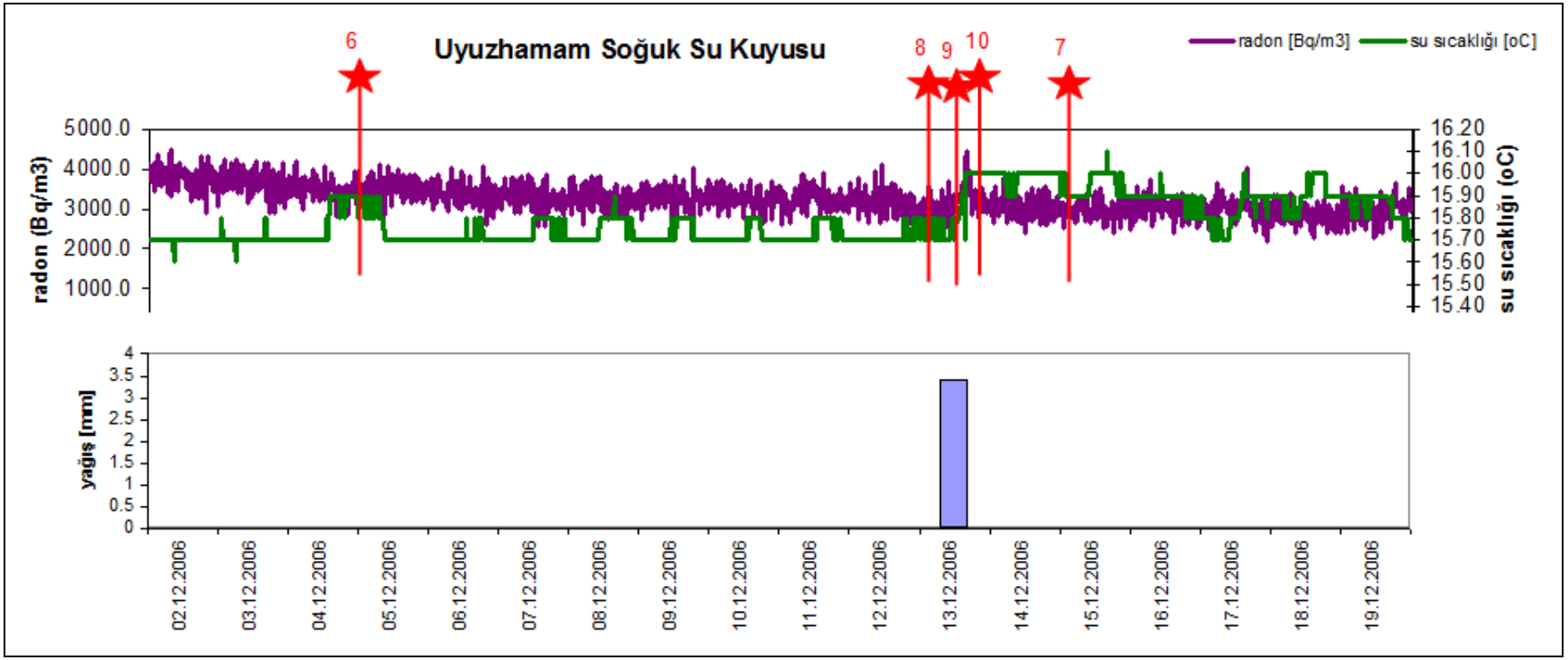
Şekil 4.22. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı EC grafiği (1 Aralık-31 Aralık 2006).



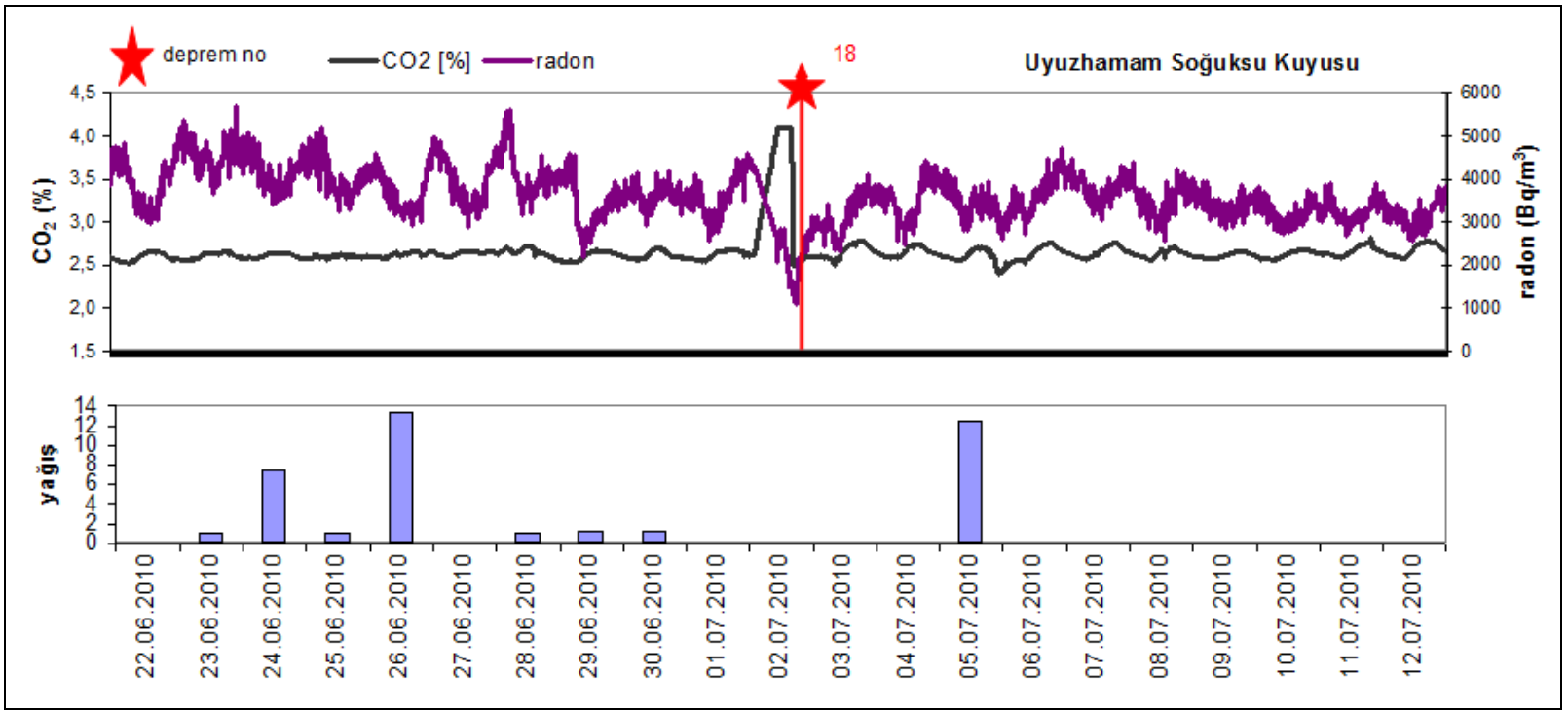
Şekil 4.23. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait su sıcaklığı EC grafiği (1 Aralık -31 Aralık 2006).



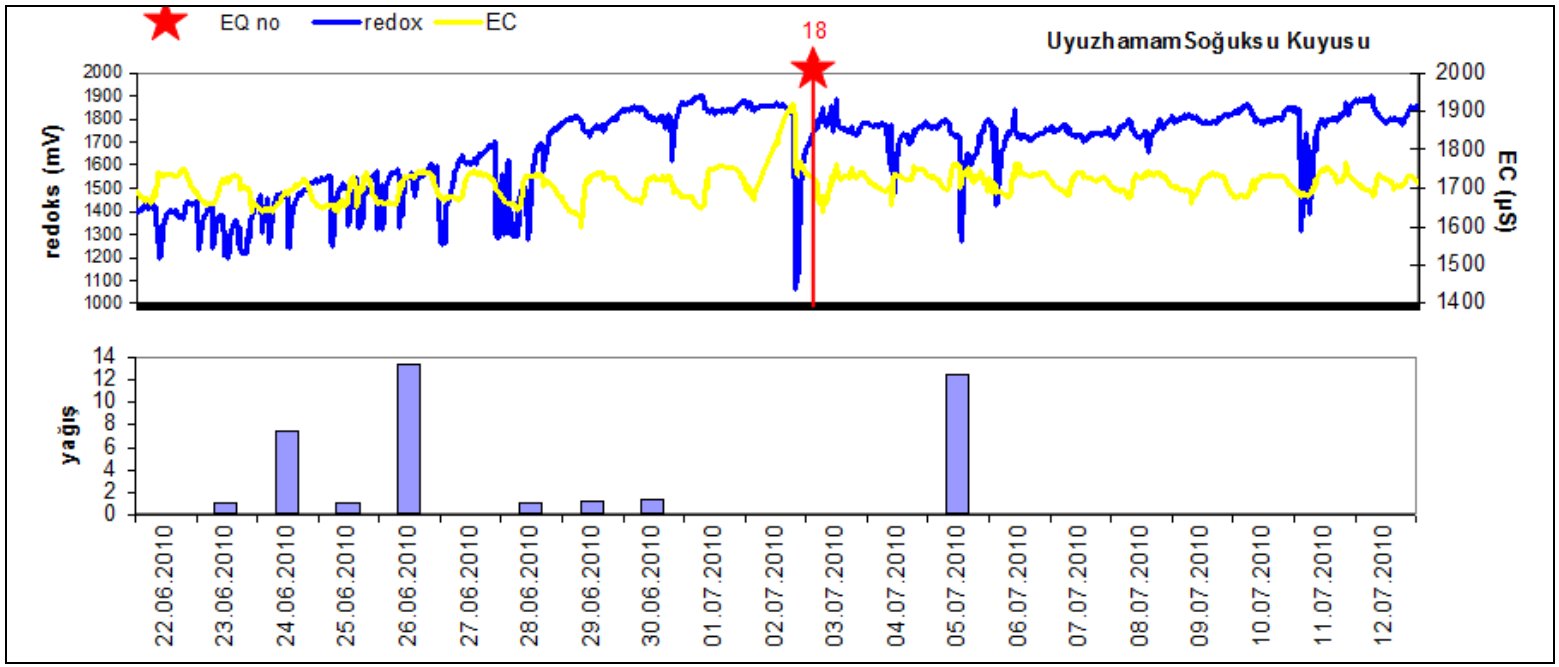
Şekil 4.24. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait radon-CO_2-yağış grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011).



Şekil 4.25. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait radon su sıcaklığı grafiği (2-19 Aralık 2006).



Şekil 4.26. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait CO_2 radon grafiği (22 Haziran -12 Temmuz 2010).

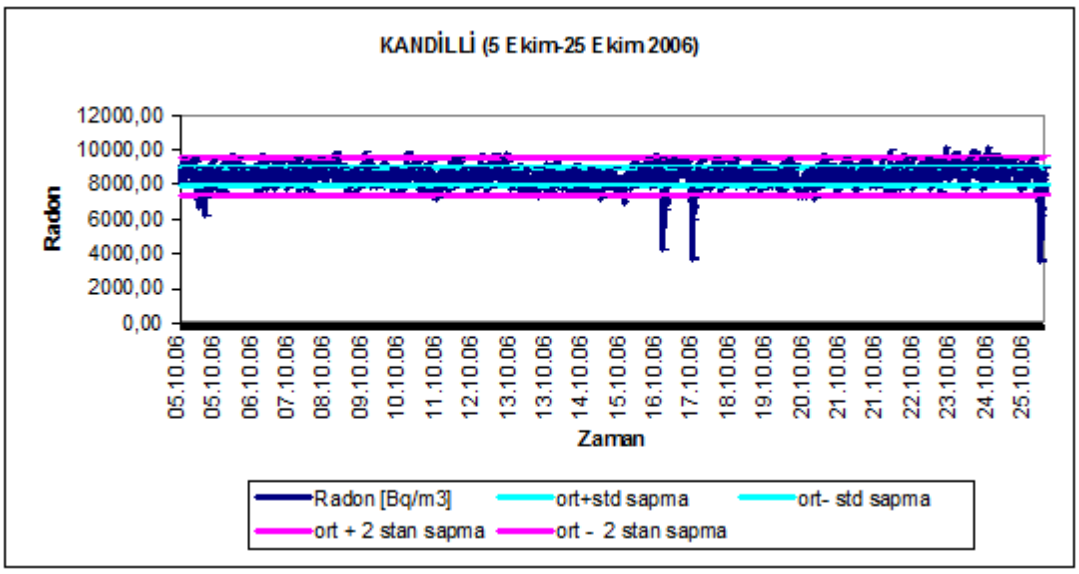


Şekil 4.27. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait EC redoks grafiği (22 Haziran -12 Temmuz 2010).

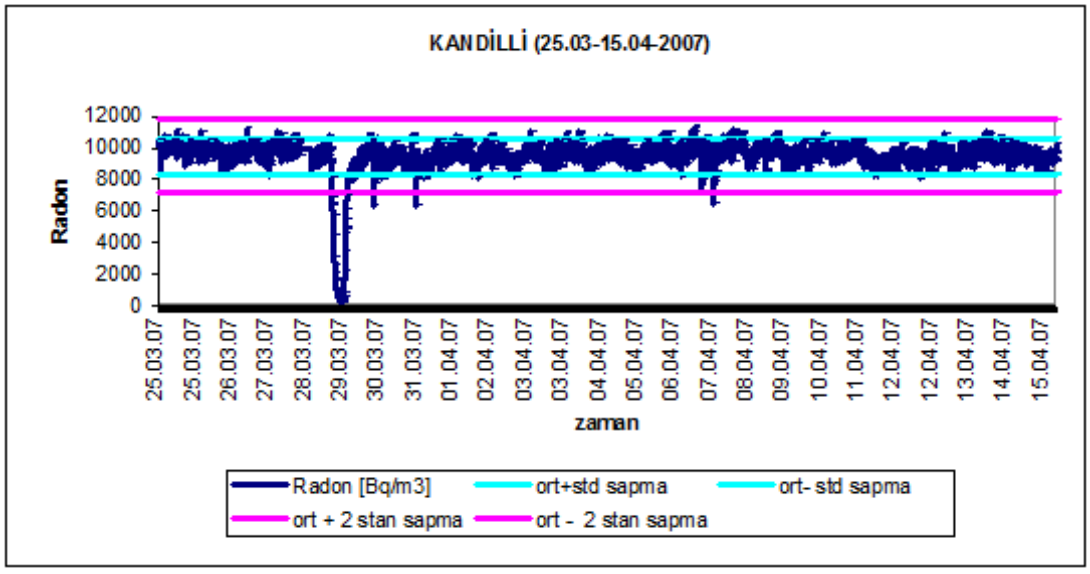
İstasyonlardan elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile anomali olabileceği düşünülen parametreler Çizelge 4.2'de verilmektedir. Anomali olabilecek parametrelere ait parametrelerin ortalama + standart sapma, ortalama – standart sapma, ortalama + 2standart sapma, ortalama – 2standart sapma sınır değerleri grafikleri de çizildiğinde anomali olabilecek parametrelerin sınır değerleri aştığı görülmektedir (Şekil 4.28- 4.41).

Çizelge 4.2. Anomali Olabileceği Düşünülen Parametreler

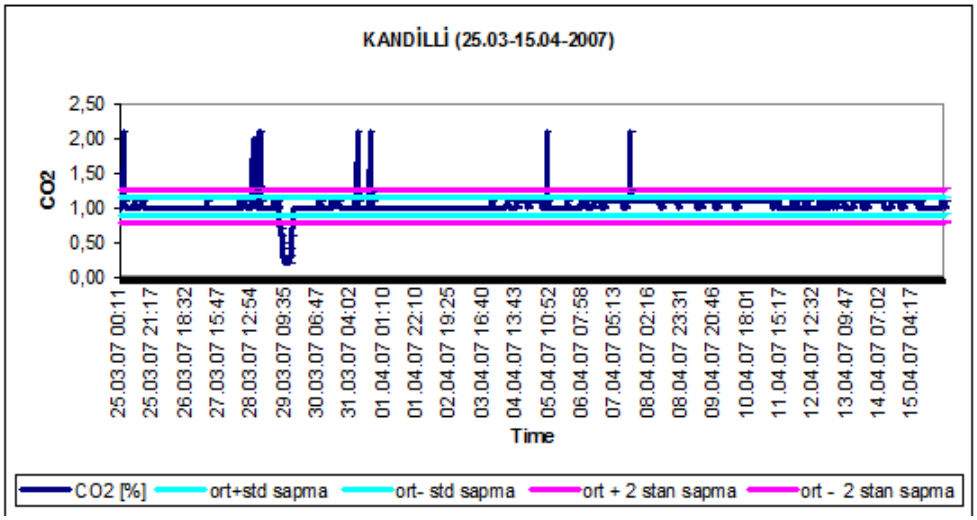
İstasyon Adı	Deprem No	Parametreler	Episantra uzaklık (km)	Şekil No
Kandilli	2	Radon-barometrik basınç	183.6	4.9
Kandilli	12	Radon-CO_2	16.5	4.13
Kandilli	42	Radon-barometrik basınç	124	4.14
Kandilli	43	Radon-barometrik basınç	126	4.14
Kandilli	44	Radon-barometrik basınç	120.12	4.14
Kandilli	45	Radon-barometrik basınç	123.81	4.14
Kandilli	46	Radon-barometrik basınç	57.98	4.14
Kandilli	47	Radon-barometrik basınç	120.83	4.14
Kandilli	48	Radon-barometrik basınç	128.62	4.14
Kandilli	36	Su sıcaklığı-CO_2	119.37	4.16
Kandilli	38	CO_2	129.49	4.16
Kandilli	39	CO_2	124.80	4.16
Kandilli	40	CO_2	130.33	4.16
Kandilli	41	CO_2	128.55	4.16
Kandilli	42	CO_2	124.31	4.16
Kandilli	36	EC-su sıcaklığı	119.37	4.18
Kandilli	37	EC-su sıcaklığı	128.30	4.18
Kandilli	38	EC-su sıcaklığı	129.49	4.18
Kandilli	39	EC-su sıcaklığı	124.80	4.18
Kandilli	40	EC-su sıcaklığı	130.33	4.18
Kandilli	41	EC-su sıcaklığı	128.55	4.18
Kandilli	42	EC-su sıcaklığı	124.31	4.18
Kandilli	43	EC-su sıcaklığı	126.21	4.18
Kandilli	44	EC-su sıcaklığı	120.12	4.18
Kandilli	45	EC-su sıcaklığı	123.81	4.18
Kandilli	46	EC-su sıcaklığı	57.98	4.18
Kandilli	47	EC-su sıcaklığı	120.83	4.18
Kandilli	48	EC-su sıcaklığı	128.62	4.18
Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	6	Redoks-su sıcaklığı	38.84	4.23
Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	8	Redoks-su sıcaklığı	96.40	4.23
Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	10	Redoks-su sıcaklığı	103.26	4.23
Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	36	Radon-CO_2	193.81	4.24
Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu	18	CO2-radon Redoks-EC	27.03	4.26 4.27



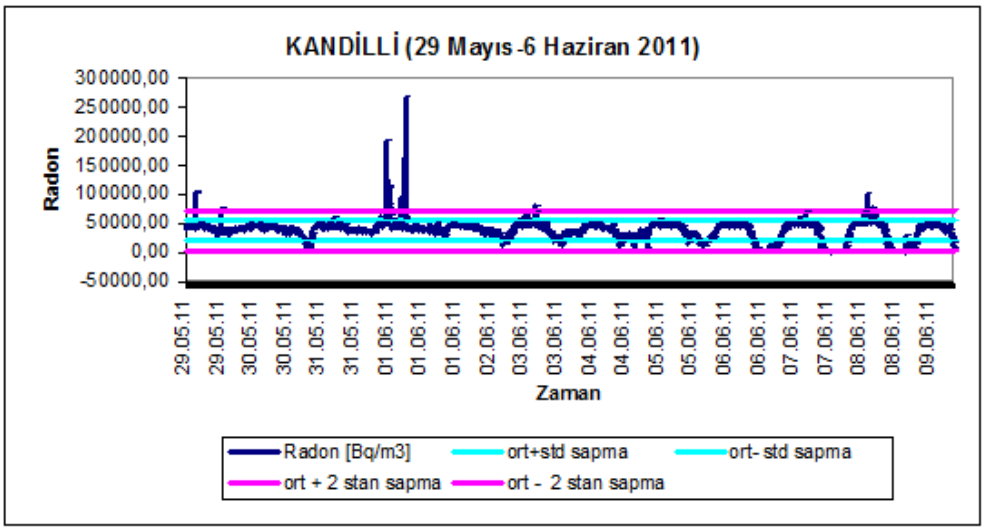
Şekil 4.28. Kandilli istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (5 Ekim-25 Ekim 2006)



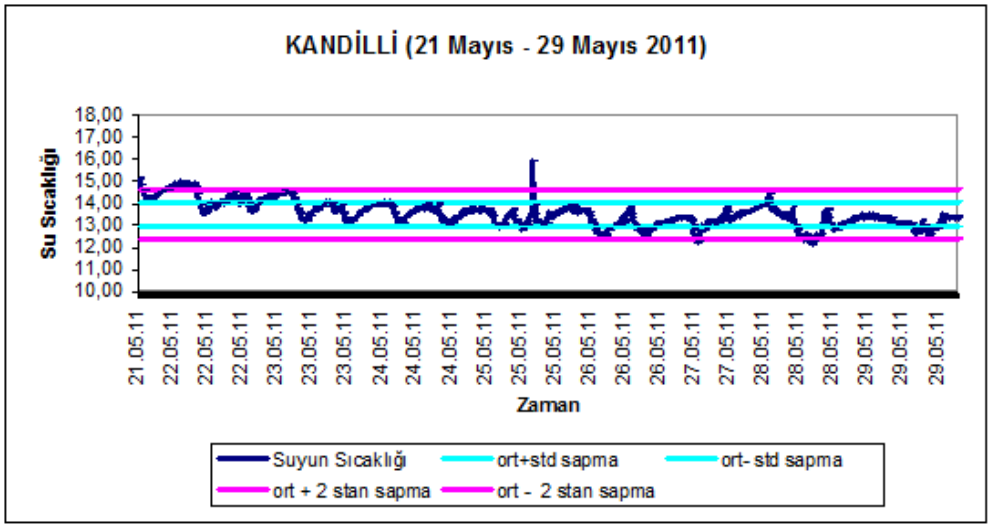
Şekil 4.29. Kandilli istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (25 Mart – 15 Nisan 2007)



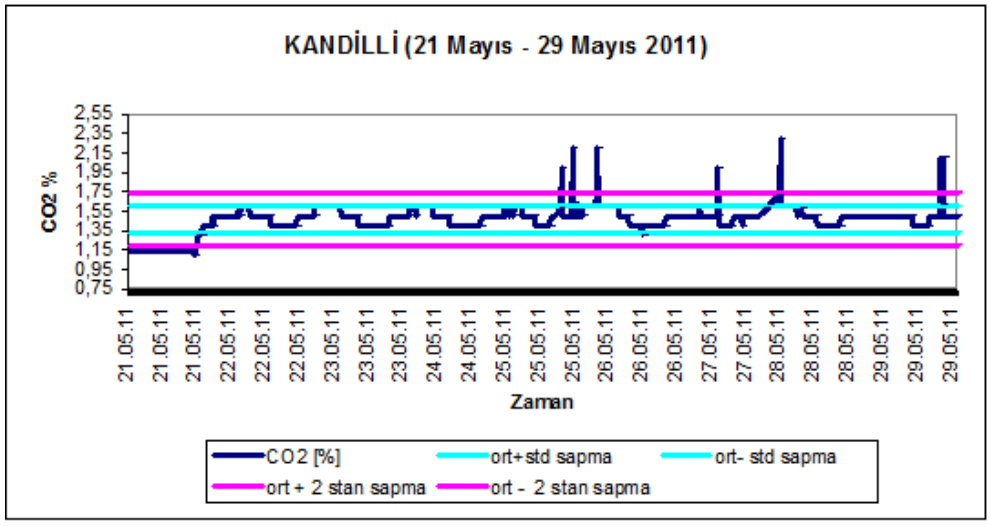
Şekil 4.30. Kandilli istasyonu CO_2 değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (25 Mart – 15 Nisan 2007).



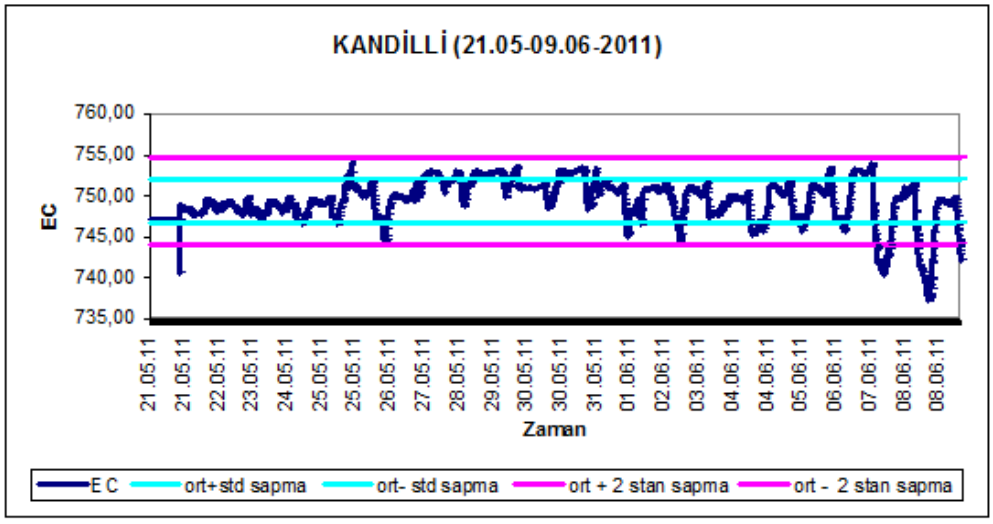
Şekil 4.31. Kandilli istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (29 Mayıs- 6 Haziran 2011).



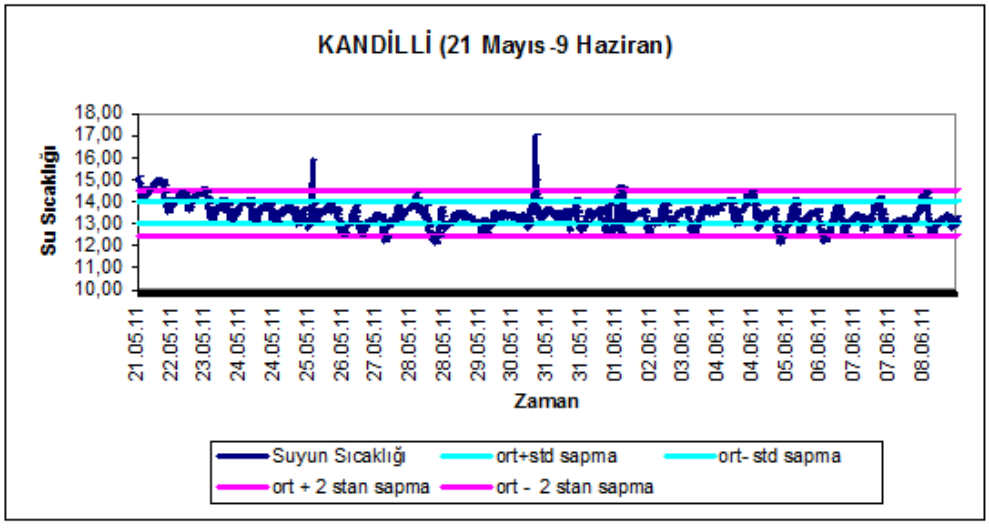
Şekil 4.32. Kandilli istasyonu su sıcaklığı değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011).



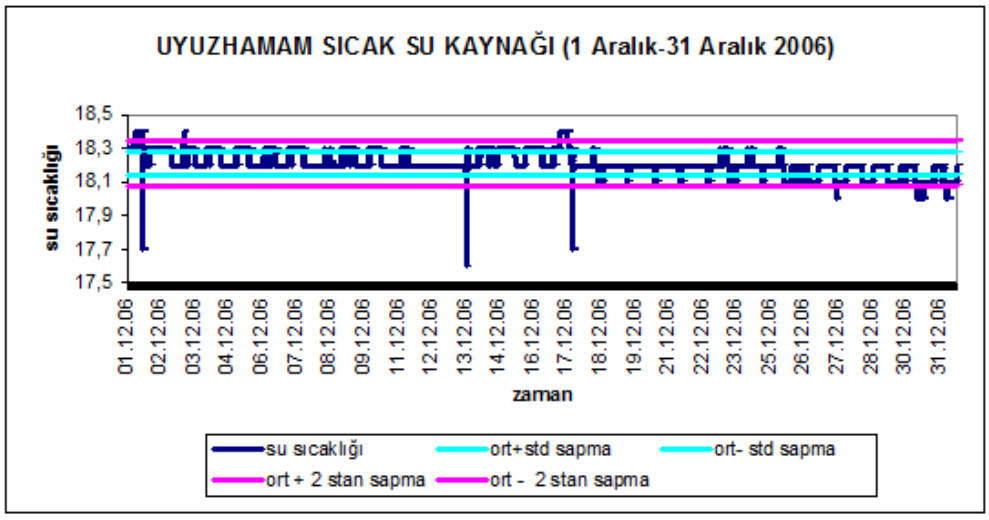
Şekil 4.33. Kandilli istasyonu CO_2 değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)



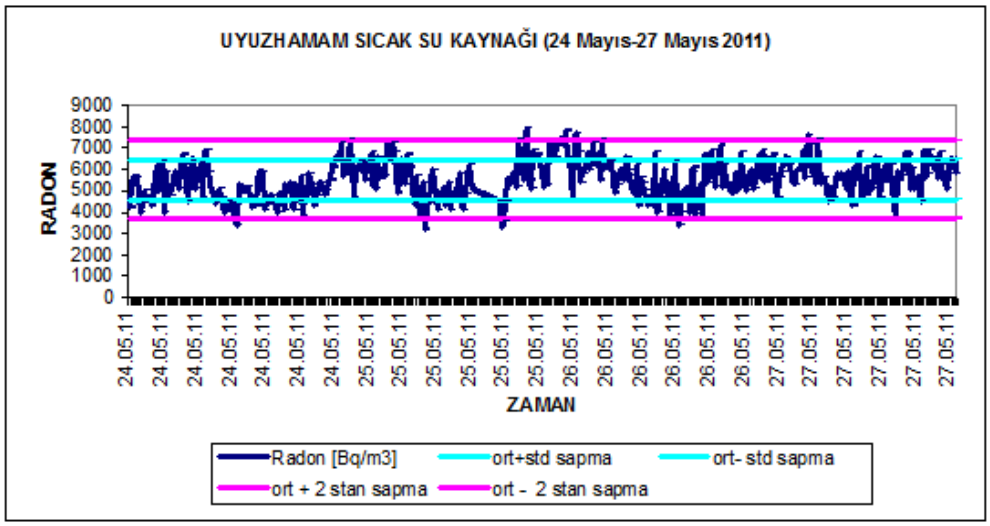
Şekil 4.34. Kandilli istasyonu EC değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)



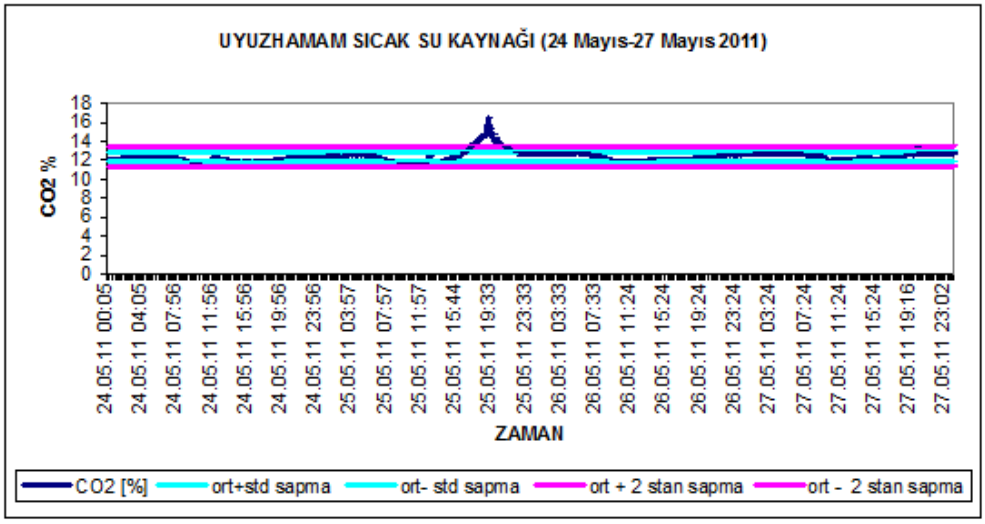
Şekil 4.35. Kandilli istasyonu su sıcaklığı değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011)



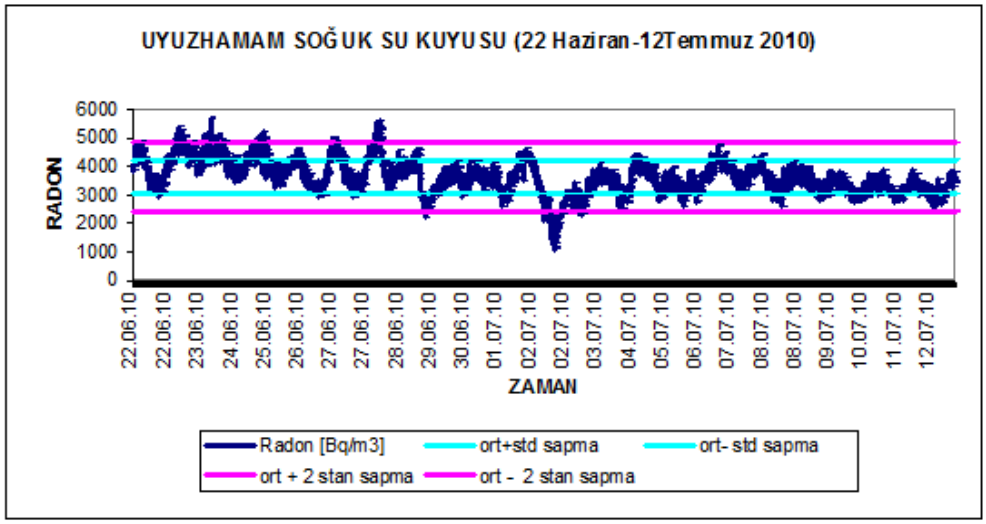
Şekil 4.36. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonu su sıcaklığı değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (1 Aralık-31 Aralık 2006)



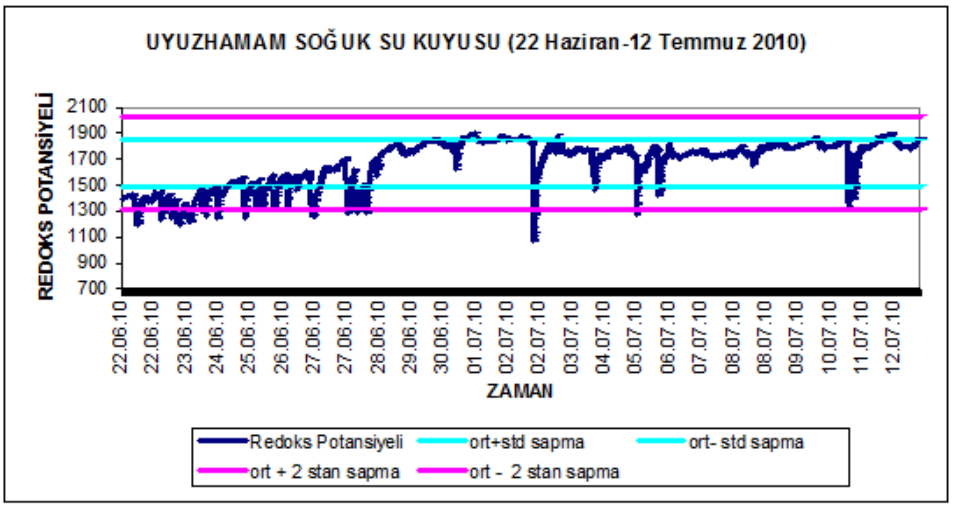
Şekil 4.37. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (21 Mayıs-27 Mayıs 2011).



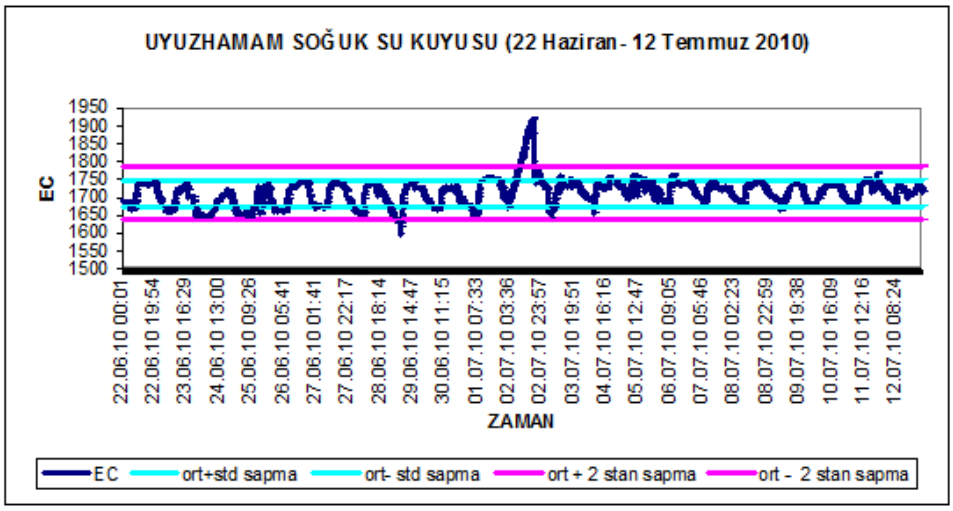
Şekil 4.38. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonu CO_2 değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011)



Şekil 4.39. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu radon değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (22 Haziran – 12 Temmuz 2011).



Şekil 4.40. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu redoks potansiyeli değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (22 Haziran – 12 Temmuz 2011)



Şekil 4.41. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonu elektriksel iletkenlik değerinin ortalama+σ, ortalama-σ; ortalama+2σ, ortalama-2σ grafiği (22 Haziran – 12 Temmuz 2011)

4.1.2. Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT)

Anomali olabileceği düşünülen parmametrelere ait veriler Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) ile de değerlendirilmiştir. Fourier Dönüşümü zaman tanım kümesindeki bir işaretin frekans içeriğini analiz etmede kullanılır. Teorik olarak her kompleks dalganın periyodik dalgaya indirgenmesidir. Fourier serileri ısı iletiminde,

denizbiliminde, tibbi görüntüleme sistemlerinde, plazma fiziğinde, deprem tahminlerinde vb. kullanılmaktadır.

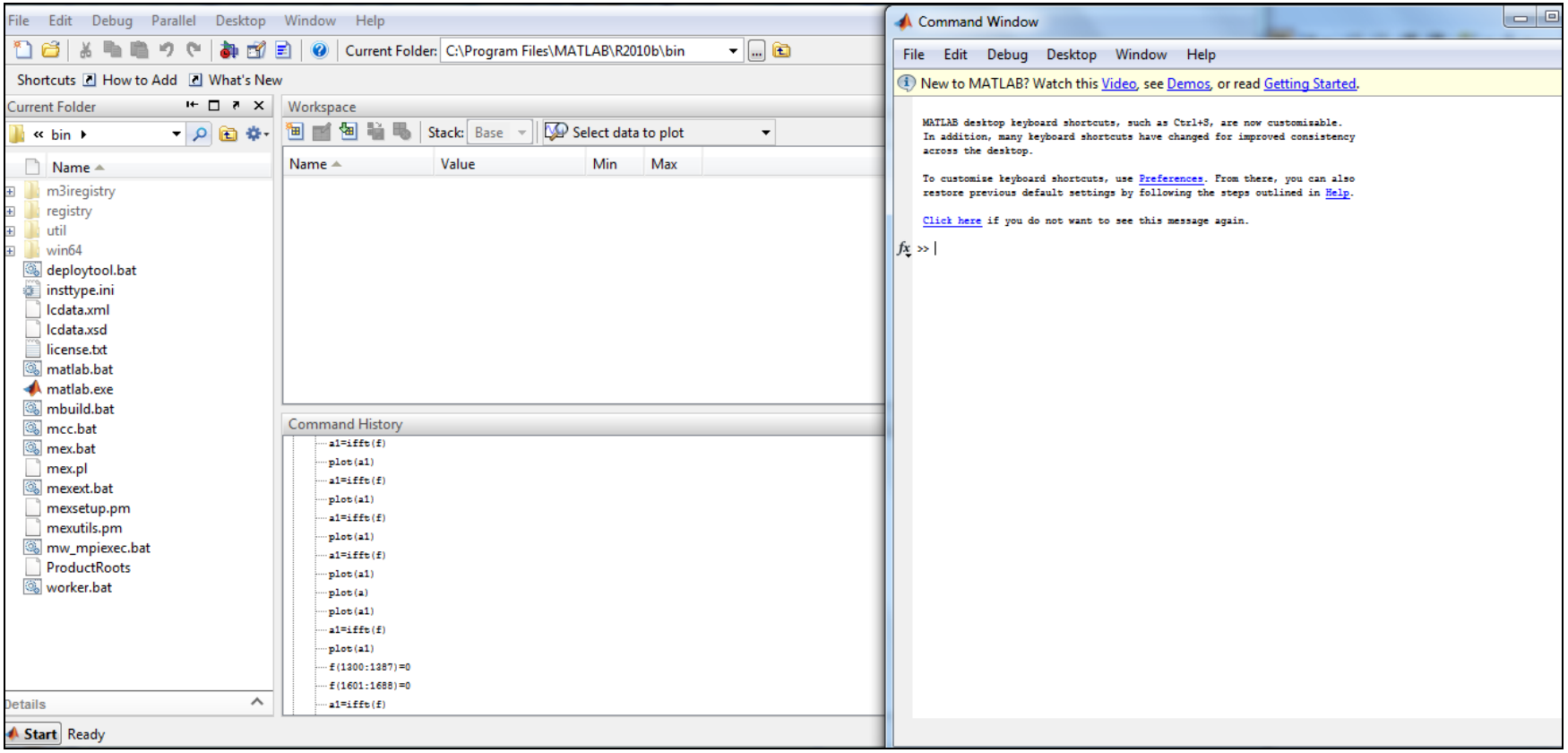
Dönüşüm tanım kümesi zaman olan bir fonksiyonu tanım kümesi frekans olan bir fonksiyona çevirerek çalışmaktadır (Alp vd, 2008, www.docstoc.com).

FFT analizi için Matlab 7.11 programı kullanılmıştır. Matlab 7.11 programının arayüzü Şekil 4.42'de verilmektedir. İstasyonlardan elde edilen veriler (sinyaller) içindeki sensör yada çevresel etkileri yok ederek incelemek için Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) analizi yapılmıştır. Çizelge 4.2'de verilen anomali olabilecek değişimlerin FFT analizi yapılarak, parametrelerdeki değişimler daha net olarak izlenebilmiştir. Çizelge 4.2'deki aynı grafikler içerisindeki anomaliler birleştirilerek Çizelge 4.3'te görülen şekillerin tamamı FFT analizine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.3'te FFT analizi ile ilgili bilgiler görülmektedir.

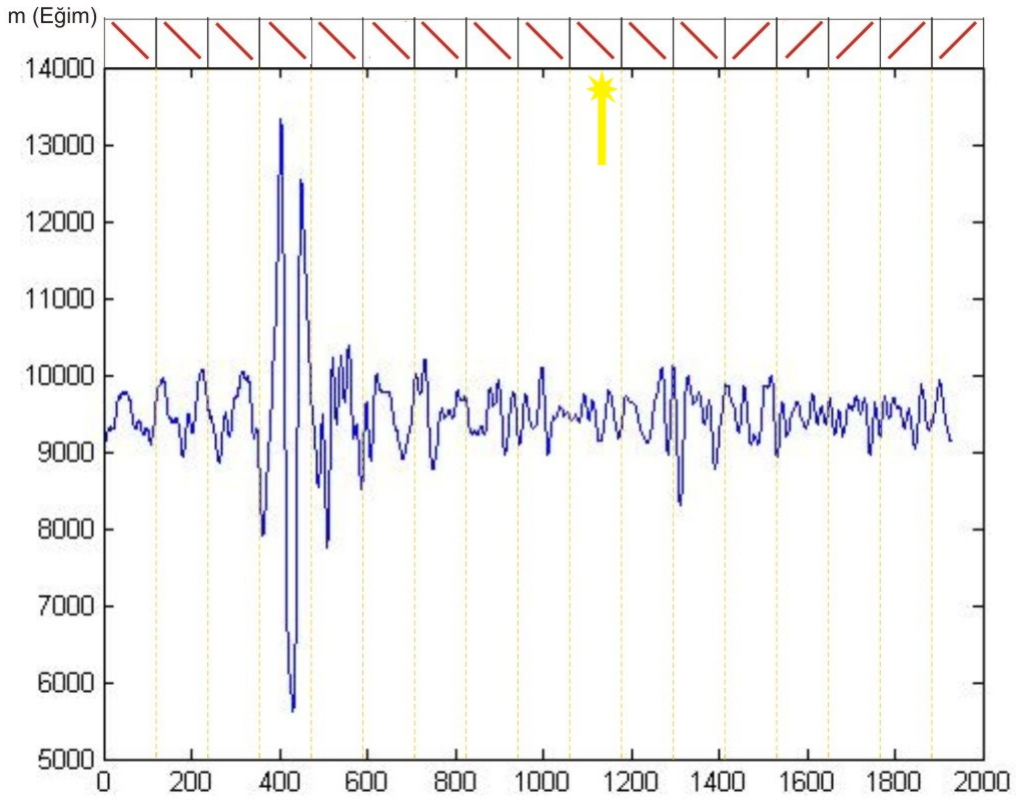
Çizelge 4.3. FFT analizi ile ilgili bilgiler

Şekil No	Parametre	Gün Sayısı	Veri sayısı	Ölçüm Aralığı	İstasyon Adı	FFT Şekil No
4.9	Rn	21	2023	15 dakika	Kandilli	4.43
4.13	Rn	20	1927	15 dakika	Kandilli	4.44
4.14	Rn	12	1114	15 dakika	Kandilli	4.45
4.16	CO_2	9	803	15 dakika	Kandilli	4.46
4.18	Su sıcaklığı	20	1887	15 dakika	Kandilli	4.47
4.24	Rn	4	388	15 dakika	Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	4.48
4.26	Rn	21	2056	15 dakika	Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu	4.49
4.27	Redoks	21	2056	15 dakika	Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu	4.50

FFT analizi yapılan verilerden oluşan grafiklerde, her bir grafik eşit zaman aralığına bölünmüş ve bölünmüş olan zaman aralığındaki veriler ait eğim değerleri hesaplanmıştır. Grafiklerde grafiğin üst kısmında kırmızı ile gösterilen çizgiler artış ya da azalışı belirtmektedir (\ :azalış; / : artış). Sarı yıldızlı çizgiler ise depremleri göstermektedir (Şekil 4.43-Şekil 4.50).

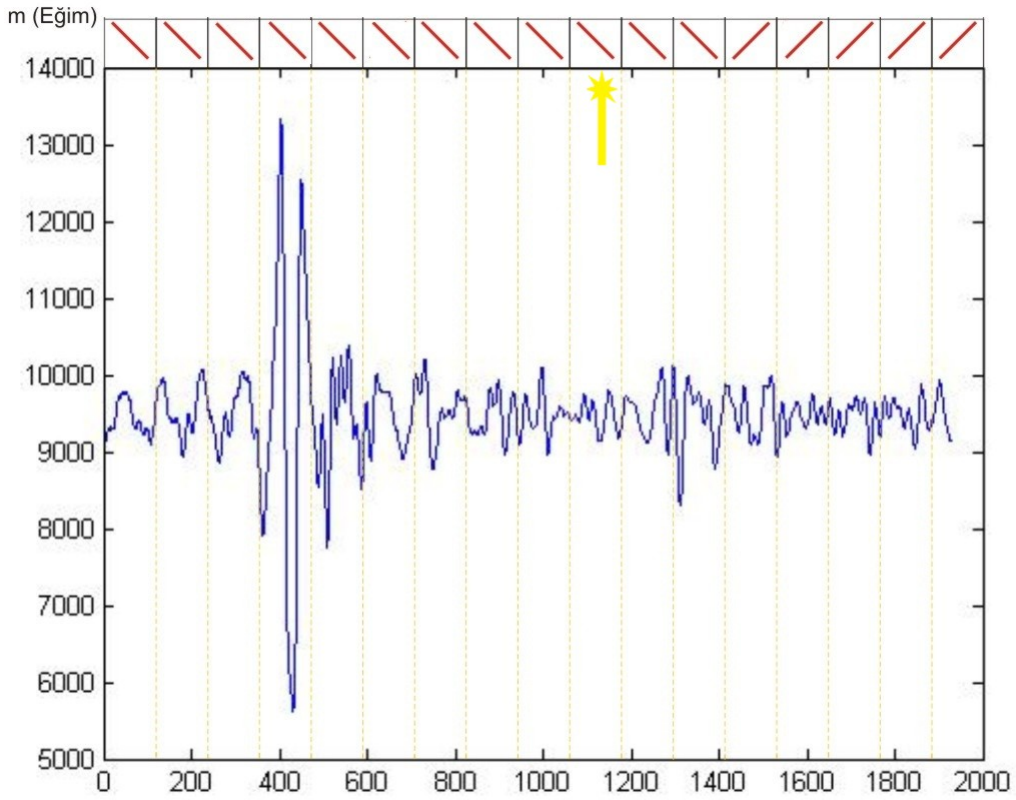


Şekil 4.42. Matlab 7.11 programının arayüzü.



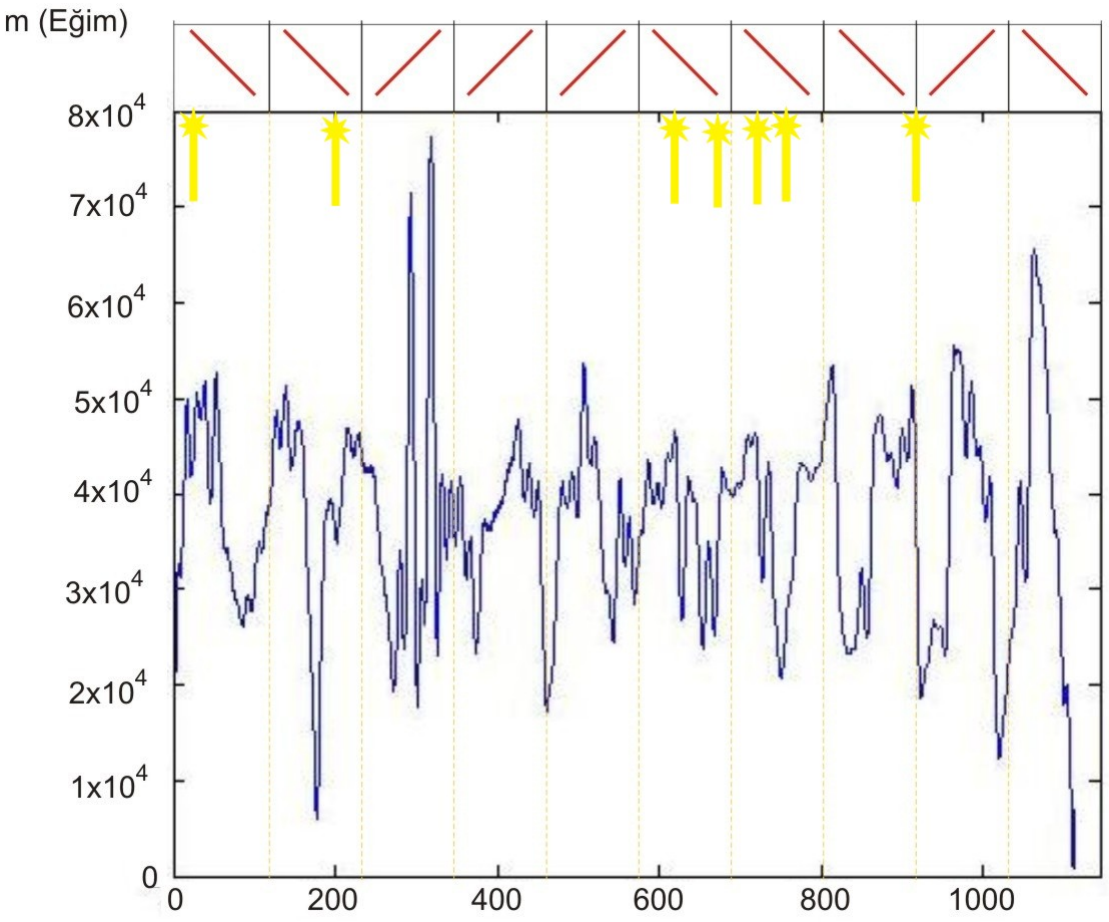
Şekil 4.43. Kandilli istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (5 Ekim-25 Ekim 2006)

Şekil 4.43'te görüldüğü gibi deprem öncesinde ve anında radon gazında azalma olmuştur. Zaman sinyal grafiğinden dönüştürülen, Şekil 4.43'teki grafiğin üst kısmında yeralan (kırmızı renk ile), zaman eğim grafiğine bakıldığında eğimlerin deprem anında ve öncesinde azaldığı görülmektedir.



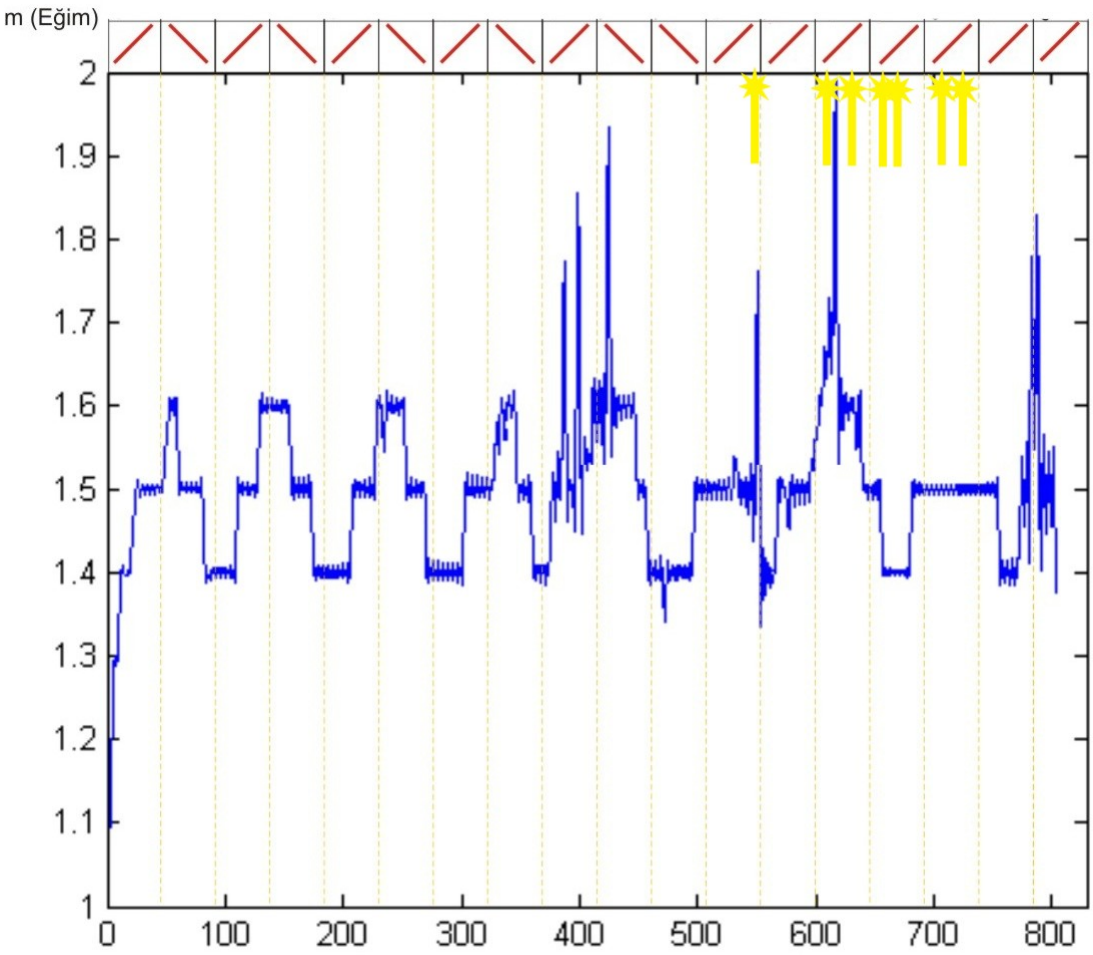
Şekil 4.44. Kandilli istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (25 Mart- 15 Nisan 2007)

Şekil 4.44'te depremden önce ve deprem anında radon gazında azalma olmuştur. Grafiğin üst kısmında yeralan eğim grafiklerine bakıldığında eğimlerin deprem anında ve öncesinde azaldığı görülmektedir.



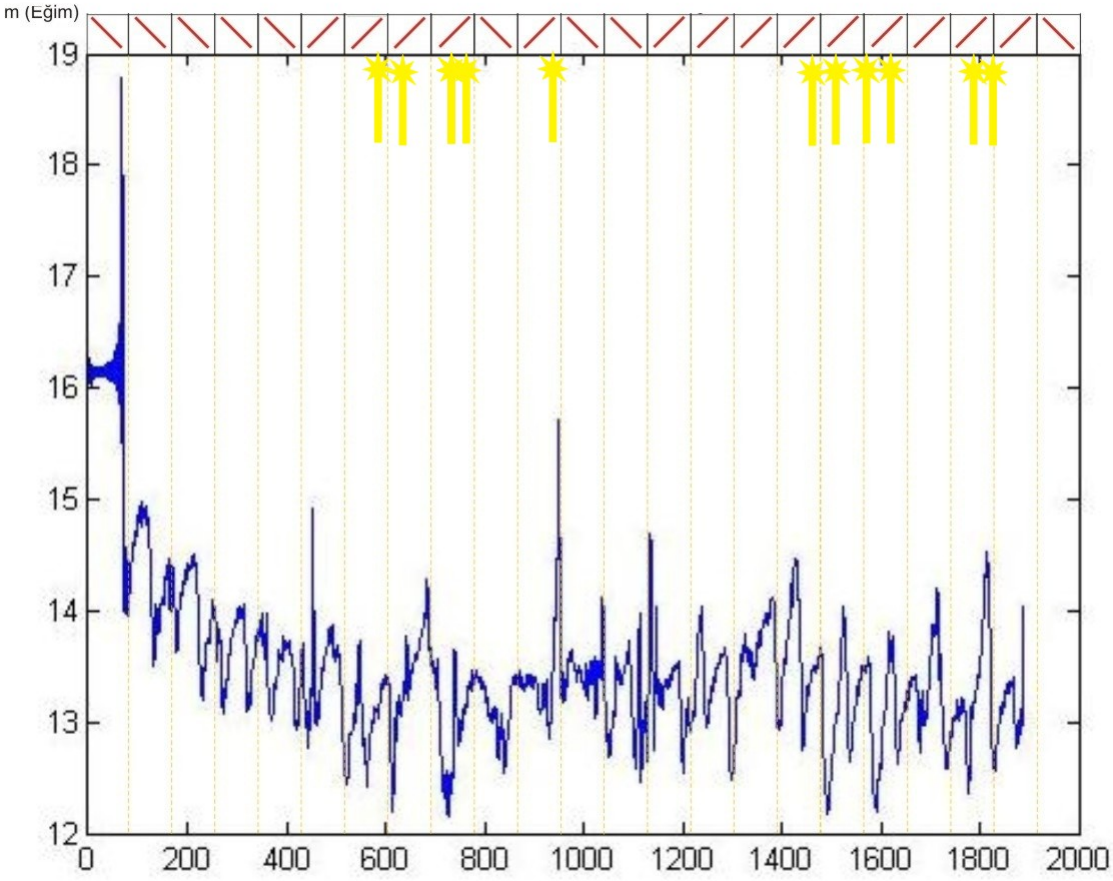
Şekil 4.45. Kandilli istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (29 Mayıs- 9 Haziran 2011).

Şekil 4.45'te Kütahya ve Eskişehir depremlerinin meydana geldiği zaman aralığında depremden önce ve deprem anında radon gazında azalma olmuştur. Grafiğin üst kısmında yeralan eğim grafiklerine bakıldığında eğimlerin deprem anında ve öncesinde azaldığı görülmektedir.



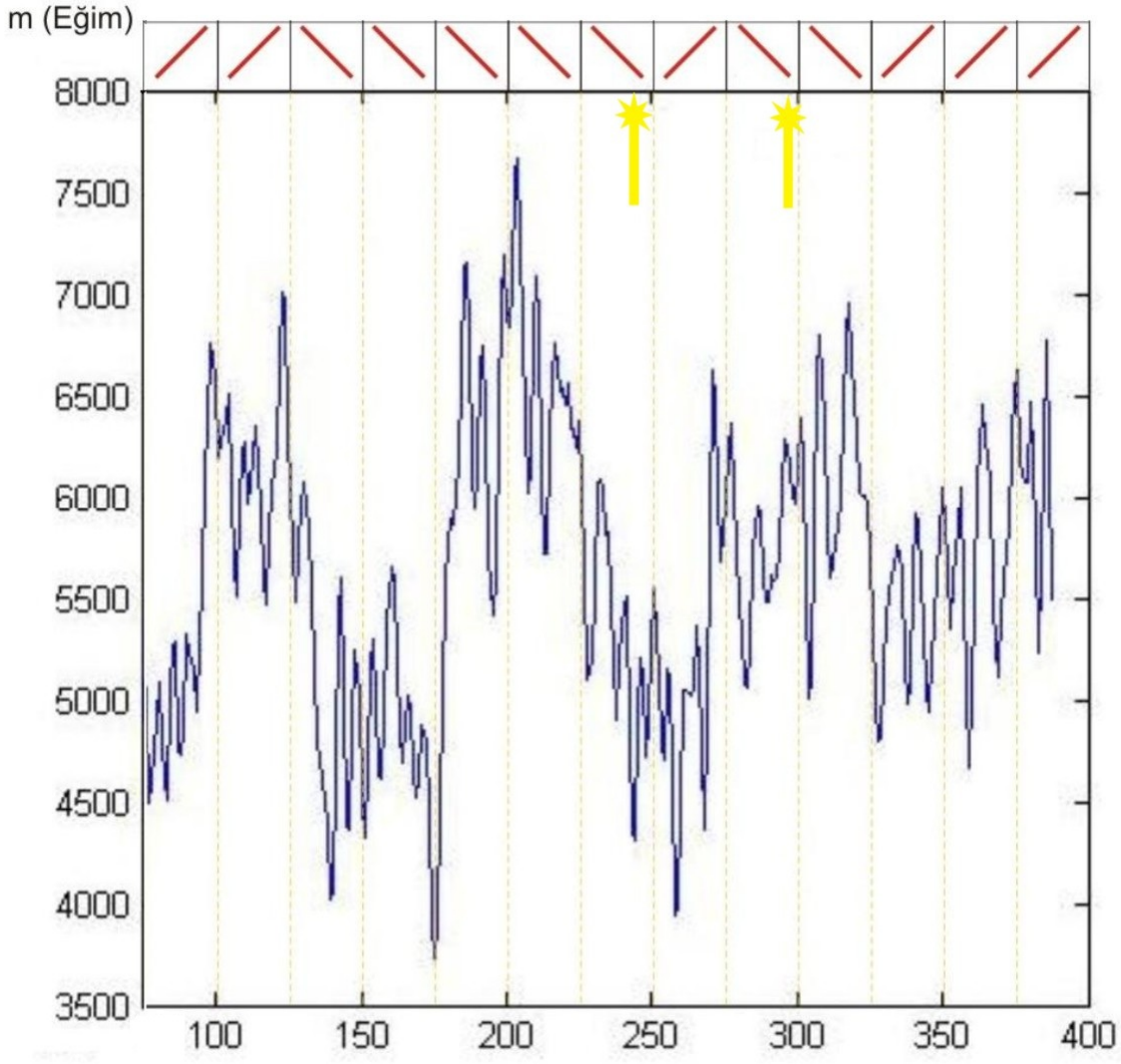
Şekil 4.46. Kandilli istasyonuna ait CO_2 verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011).

Şekil 4.46'da depremler anında CO_2 gazında artış olmuştur. Grafiğin üst kısmında yeralan eğim grafiklerine bakıldığında eğimlerin deprem anında arttığı görülmektedir.



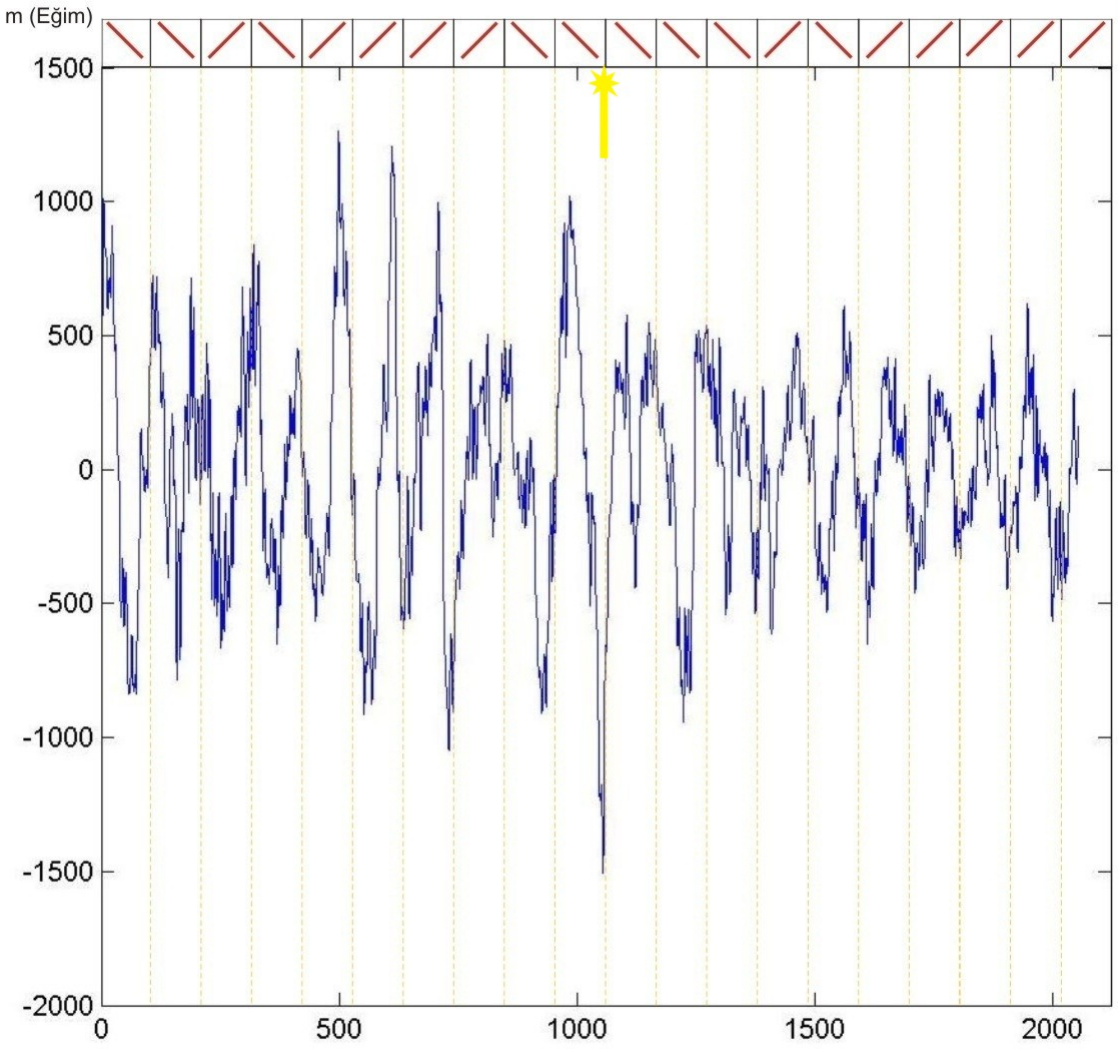
Şekil 4.47. Kandilli istasyonuna ait su sıcaklığı verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (21 Mayıs-29 Mayıs 2011).

Şekil 4.47'de deprem oluş zamanlarında su sıcaklığında artış olmuştur. Grafiğin üst kısmında yeralan eğim grafiklerine bakıldığında eğimlerin deprem anında arttığı görülmektedir.



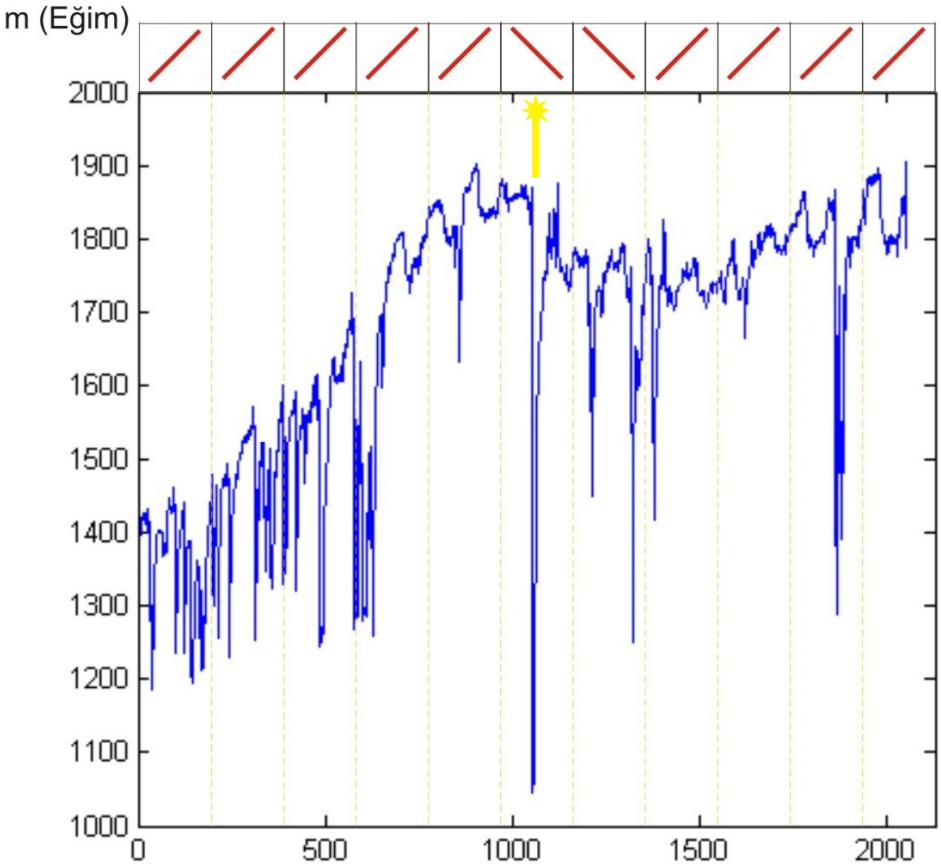
Şekil 4.48. Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (24 Mayıs-27 Mayıs 2011).

Şekil 4.48'de deprem öncesinde ve anında radon gazında azalma olmuştur. Grafiğin üst kısmında yeralan eğim grafiklerine bakıldığında eğimlerin deprem öncesinde ve anında azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.49. Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu istasyonuna ait radon verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (22 Haziran-12 Temmuz 2010).

Şekil 4.49'da deprem oluş zamanında radon gazı değerinde ani düşüş olmuştur. Grafiğin üst kısmında yeralan eğim grafiklerine bakıldığında eğimlerin deprem anında azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.50. Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu istasyonuna ait redoks potansiyeli verisinin Hızlı Fourier Dönüşüm grafiği (22 Haziran-12 Temmuz 2010).

Şekil 4.50'de redoks potansiyelinde deprem anında ani azalış olmuştur. Grafiğin üst kısmında yeralan eğim grafiklerine bakıldığında eğimlerin deprem anında azaldığı görülmektedir.

Sonuç olarak, Kandilli istasyonunda deprem anında ve depremler öncesinde radon gazında azalış, deprem anında CO_2 gazında ve su sıcaklığında artış; Uyuzhamam sıcaksu kaynağında deprem öncesi ve deprem anında radon gazında azalış; Uyuzhamam soğuksu kuyusunda ise deprem oluş zamanında radon gazında ve redoks potansiyelinde azalılş görülmektedir. Özellikle Kandilli istasyonunda farklı zamanlardaki depremler ile aynı davranış izlenmiştir.

4.1.3. Su Kimyası Sonuçları

Su analizlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4, 4.5, 4.6, 4.7'de görülmektedir. Yerinde yapılan ölçümler ise Çizelge 4.8'de verilmektedir.

Sivrihisar istasyonunda ölçülen su sıcaklığının 16,0 °C ile 19,0 °C arasında değişmektedir. Bu su noktasının elektriksel iletkenlik değeri 287 ile 358 µS/cm arasındadır. Suların anyon, katyon, izotop ve radyoaktivite değerlerinin de mevsimsel bir farklılık ortaya koymadığı görülmektedir. Bu su noktası kimyasal açıdan $CaHCO_3$ tipi yeraltı suyu olarak sınıflandırılmıştır. Küresel meteorik su hattı üzerinde yer alıp köken açısından meteorik sudur (Şekil 4.51).

Çizelge 4.4 Sivrihisar istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları

Ölçülen özellik	Birim	Mart 2005	Mayıs 2005	Temmuz 2005	Kasım 2005	Mart 2006	Ağustos 2006	Aralık 2006	Nisan 2007	Haziran 2007
Sıcaklık	°C	-	18.3	18.9	16.0	16.7	18	16.6	19.0	17.6
EC	µS/cm	-	287	300	336	335	320	358	292	310
pH	-	-	6.5	6.6	7.6	7.8	8.0	7.7	6.7	6.6
Na	ppm	10.6	7.8	6.7	8.0	7.8	8.0	6.6	7.5	7.0
K	ppm	0.8	0.8	1.2	1.2	0.8	1.6	0.8	0.7	2.6
Mg	ppm	6.2	6.5	5.4	5.3	6.7	6.4	6.4	6.4	5.2
Ca	ppm	66.8	67.2	58.2	58.0	70.2	56.8	64.8	69.1	55.7
Cl	ppm	5.3	6.4	7.5	7.1	6.7	7.5	4.6	4.6	9.0
SO_4	ppm	13	14.4	16.8	18.2	16.3	15.8	11.4	10.7	13.3
HCO_3	ppm	198.9	197.0	171.4	183.6	214.1	187.9	198.0	241.5	176.0
Toplam	meq/lt	4.33	4.25	3.68	3.71	4.42	3.76	4.07	4.33	3.58
Toplam	meq/lt	3.68	3.71	3.37	3.59	4.04	3.62	3.61	4.31	3.42
Hata payı	%	8.12	6.84	4.33	1.72	4.53	1.84	6	0.16	2.4
NO_3	ppm	-	-	-	-	-	-	-	16.9	18.6
Al	ppb	-	-	-	-	-	20.2	-		-
B	ppb	28.5	12.7	17.5	-	-	-	-		21.58
Br	ppb	11	12	12	-	19.1	33.8	-	14.3	10.63
Co	ppb	-			-	-	-	350.4	587	-
Cr	ppb	-	3.6	3.5	-	2.0	1.4	-	1.6	1.5
Cu	ppb	-	13.6	8.0	-	-	6	-		-
Fe_{total}	ppb	-	2.7	-	-	-	3.2	2.04	3.42	3.66
Mn	ppb	3.9	6.3	-	-	2	1.3	-		-
I	ppb	1	1	1	-	1.7	5.4	-	1.01	-
F	ppb	-	-	-	-	-	-	-	1170	760
Li	ppb	-	8.5	3.38	-	-	-	-		-
Sr	ppb	212.3	270.7	274.7	-	210.5	256.0	-		-
Zn	ppb	2.6	-		-	-	9.9	-		8.44
$\delta^{18}O_{SMOW}$	‰	-10.6	-	-10.5	-10.6	-11.0	-10	-10.7	-10.7	-10.5
$\delta^{2}H_{SMOW}$	‰	-74	-	-75	-74	-74	-	-76	-74	-76
^{3}H	TU	7.2	8.6	8.6	8.5	8.8	9.0	8.60	6.57	7.04
Toplam α	Bq/l	0.013	0.023	0.012	0.017	-	0.012	0.035	0.035	0.028
Toplam β	Bq/l	0.05	0.05	0.09	0.05	-	0.15	0.22	0.18	0.31

Çizelge 4.5. Uyuzhamam Soğuksu kuyusu istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları.

Ölçülen özellik	**Birim**	23 Aralık 2004	24 Mart 2005	26 Mayıs 2005	10 Kasım 2005	27 Mart 2006	17 Ağustos 2006	19 Aralık 2006	27 Haziran 2007
Sıcaklık	°C	15.8	16.1	16.5	15.4	15.5	17.0	15.7	16.4
Elek. iletkenlik	µS/cm	1708	1190	1280	1570	1639	1800	1920	1840
pH	-	6.0	5.9	6.1	6.0	6.1	6.2	6.3	6.6
Na	ppm	163.5	160.8	160.8	145.6	168.8	158.2	140.1	143.1
K	ppm	7.0	7.0	7.4	6.6	7.8	7.8	7.2	6.96
Mg	ppm	57.8	56.0	58.9	47.5	61.8	58.8	58.3	54.4
Ca	ppm	233.8	227.6	234.2	201.6	234.0	231.2	216.4	194.7
Cl	ppm	51.5	47.9	52.1	53.2	66.0	58.2	42.3	41.5
SO_4	ppm	18.7	18.2	18.7	19.3	22.6	23.0	14.5	18.0
HCO_3	ppm	1191.9	1185.2	1197.4	1196.8	1318.8	1220.0	1156.2	1238.9
Toplam katyon	meq/lt	23.77	23.19	23.78	20.52	24.37	23.52	21.93	20.65
Toplam anyon	meq/lt	21.38	21.16	21.49	21.52	23.95	22.12	20.45	21.85
Hata payı	%	5.3	4.59	5.05	2.38	0.86	3.06	3.5	2.83
NO_3	ppm	-	-	-	-	-	-	-	5.7
Al	ppb	-	-	-	-	-	103.9	30.4	-
B	ppb	1068.0	851.7	803.4	-	851.7	957.2	-	-
Br	ppb	47	92.7	59	-	-	180.9	59	40.01
Co	ppb	2.9	3.1	3.6	-	-	-	-	-
Cr	ppb	1.2	1.3	2.5	-	1.36	7.7	-	7.5
Cu	ppb	-	-	11.5	-	-	-	7.2	-
Fe_{total}	ppb	-	-	334.0	-	-	175.7	480	243
Mn	ppb	299.0	387.1	339.3	-	387.1	156	149	-
Li	ppb	-	-	12.7	-	-	-	19.5	
Sr	ppb	1126	1075	1386	-	1075	1328	-	-
Zn	ppb	-	-	-	-	-	-	-	-
$\delta^{18}O_{SMOW}$	‰	-10.8	-11.1	-	-10.5	-11.1	-10.8	-10.9	-10.9
$\delta^{2}H_{SMOW}$	‰	-77	-81	-	-76	-80	-	-81	-77
^{3}H	TU	0.0	0.0	-	0.5	0.6	-	0.53	0.14
Toplam α	Bq/l	0.319	0.108	0.107	0.243	-	0.122	0.129	0.097
Toplam β	Bq/l	0.86	0.51	0.40	0.58	-	0.87	0.46	1.09

Çizelge 4.6. Uyuzhamam Sıcaksu kaynağı istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları.

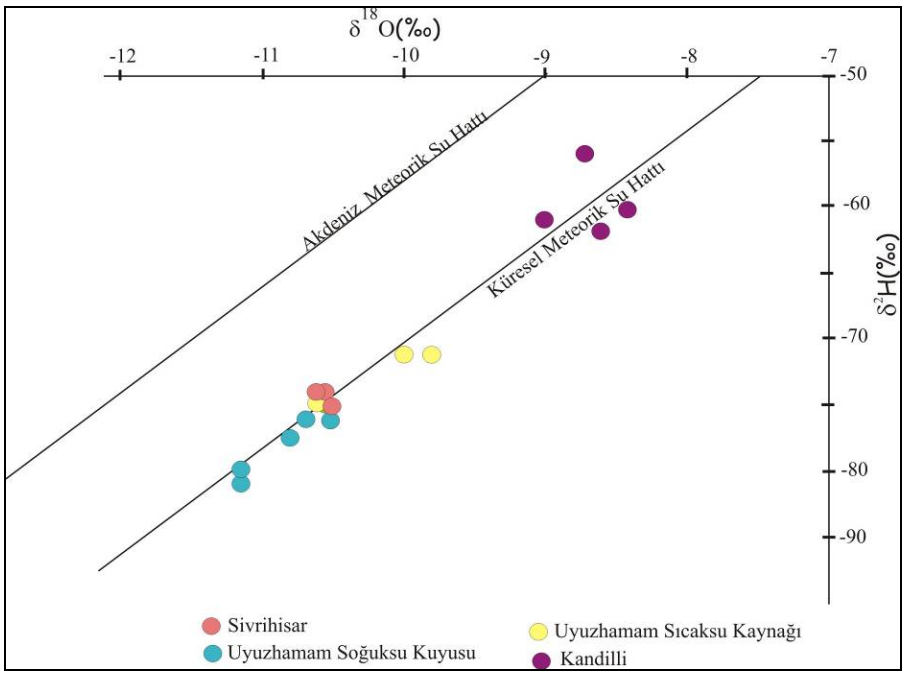
Ölçülen özellik	**Birim**	23 Aralık 2004	26 Mayıs 2005	28 Temmuz 2005	10 Kasım 2005	27 Mart 2006	17 Ağustos 2006	19 Aralık 2006	27 Haziran 2007
Sıcaklık	°C	28.7	29.3	29.0	27.6	25.1	29.8	28.4	28.4
Elek. iletkenlik	µS/cm	1080	1100	1085	1195	1291	1345	1377	1342
pH	-	6.4	6.3	6.3	6.7	6.9	6.7	6.9	6.4
Na	ppm	40.7	39.6	35.4	35.4	39.3	39.1	35.1	31.5
K	ppm	7.8	7.4	7.4	7.0	7.8	7.4	8.3	6.35
Mg	ppm	83.8	86.2	71.6	75.0	89.8	87.4	85.5	68.4
Ca	ppm	122	127.6	105.6	110.8	125.0	121.4	112.3	123.2
Cl	ppm	17.8	18.8	23.0	21.3	19.9	21.3	15.6	15.3
SO_4	ppm	19.7	19.7	23.5	28.8	23.0	24.5	16.5	17.4
HCO_3	ppm	718.6	811.3	655.8	802.8	904.6	775.9	754.2	830.1
Toplan katyon	meq/lt	15.04	15.46	12.97	13.5	15.63	15.23	14.47	13.38
Toplam anyon	meq/lt	12.69	14.24	11.89	14.36	15.87	13.83	13.15	14.40
Hata payı	%	8.47	4.11	4.33	3.1	0.76	4.82	4.78	3.68
NO_3	ppm	-	-	-	-	-	-	-	0.5
Al	ppb	-	-	-	-	-	91.0	123	129
B	ppb	404.2	280.8	315.1	-	270.3	178.7	172	128.8
Br	ppb	17	22	23	-	38.1	77.0	27.6	10.71
Co	ppb	0.8	0.8	0.8	-	0.2	-	-	-
Cr	ppb	0.5	1.8	2.0	-	6.2	4.4	-	5.6
Cu	ppb	-	10.0	6.9	-	-	-	-	4.48
Fe_{total}	ppb	-	-	-	-	-	270.8	251	181.5
Mn	ppb	14.8	91.1	38.0	-	13.5	10.7	16.3	-
I	ppb	1	7	6	-	8.2	13.7	6.4	7.8
As	ppb	18.1	15.2	13.9	-	6.8	18.5	9.9	13.7
F	ppb	-	-	-	-	-	-	-	-
Li	ppb	-	43.2	63.3		-	-	67	60
Sr	ppb	530.7	661.7	661.2	-	512.9	674.2	-	-
Zn	ppb	-	-	-	-	-	90.4	55.6	-
$\delta^{18}O_{SMOW}$	‰	-10.0	-	-9.8	-9.5	-10.6	-10.1	-10	-10.3
$\delta^{2}H_{SMOW}$	‰	-71	-	-71	-63	-75	-	-74	-74
^{3}H	TU	0.26	0.25	0.09	1.41	1.06	-	0.66	0
Toplam α	Bq/l	0.181	0.056	0.057	0.024	-	0.066	0.07	0.043
Toplam β	Bq/l	0.51	0.30	0.31	0.13	-	0.47	0.45	0.4

Çizelge 4.7. Kandilli istasyonuna Ait Kimyasal, İzotopik ve Radyoaktivite Analiz Sonuçları.

Ölçülen özellik	**Birim**	26 Mayıs 2005	28 Temmuz 2005	10 Kasım 2005	27 Mart 2006	17 Ağus 2006	19 Aralık 2006	27 Nisan 2007
Sıcaklık	°C	12.5	15.0	13.0	12.5	-	12.0	12.4
Elek. iletkenlik	µS/cm	735	650	550	556	-	767	742
pH	-	7.1	6.8	7.5	7.9	-	7.6	7.4
Na	ppm	11.7	11.0	11.0	9.9	10.1	8.6	9.2
K	ppm	1.6	1.6	1.2	1.6	1.6	1.1	1.1
Mg	ppm	45.0	39.7	33.6	51.8	49.4	47.4	46.5
Ca	ppm	59.8	54.6	67.8	80.4	75.8	73.5	73.5
Cl	ppm	9.2	9.9	-	10.7	12.8	8.2	8.3
SO_4	ppm	30.7	34.6	32.6	44.2	46.0	31.3	29.7
HCO_3	ppm	357.5	306.8	367.8	404.4	410.0	374.3	433.5
Toplam katyon	meq/lt	7.28	6.55	6.69	8.8	8.38	8.02	7.97
Toplam anyon	meq/lt	6.76	6.01	6.71	7.85	8.04	7.02	7.96
Hata payı	%	3.73	4.16	0.12	5.7	2.06	6.65	0.07
NO_3	ppm	-	-	-	-	-	-	13.2
Al	ppb	-	-	-	-	27.5	-	-
B	ppb	97.0	74.9	-	41.2	37.9	52.7	92.5
Br	ppb	11	11	-	20.8	54.9	65	36
Co	ppb	0.01	0.01	-	0.02	0.08	-	-
Cr	ppb	3.6	4.4	-	7.5	2.1	6.4	5.5
Cu	ppb	29.2	8.4	-	-	6	-	10.2
Mn	ppb	2.2	-	-	0.9	8.84	-	-
I	ppb	20	30	-	28	20.6	14.5	-
As	ppb	1.8	1.8	-	1.7	3.9	2.2	3.5
Li	ppb	45.0	53.9	-	-	-	-	-
Sr	ppb	250.8	251.5	-	245.9	327.5	-	-
Zn	ppb	550	-	-	119.8	516.5	-	-
$\delta^{18}O_{SMOW}$	‰	-	-8.6	-8.7	-9.1	-8.3	-8.5	-8.4
$\delta^{2}H_{SMOW}$	‰	-	-62	-56	-62	-	-61	-60
^{3}H	TU	9.37	8.64	9.14	9.18	8.43	8.29	6.57
Toplam α	Bq/l	0.025	0.014	0.047	-	0.038	0.047	0.033
Toplam β	Bq/l	0.03	0.09	0.13	-	0.96	0.2	0.10

Çizelge 4.8. Yerinde yapılan ölçümler.

İstasyon Adı	Tarih	EC	Sıcaklık (°C)	pH	TDS (g/l)	Tuzluluk	ORP	DO (%)	DO
Sivrihisar	26.05.2005	287	18.3	6.5					
	28.07.2005	300	18.9	6.61					
	10.11.2005	336	16	7.59	0.262	0.19			
	27.03.2006	335	16.7	7.82	0.260	0.19	108.2	84.3	
	17.08.2006	320	18	8	0.2	0.2	121	89	
	19.12.2006	358	16.58	7.73	0.262	0.20	152	92	
	Nisan 2007	292	19	6,7	0,26	0,21	142	84	
	Haziran 2007	310	17.6	6.6	0.258	0.20	134	87	
Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu	23.12.2004	1708	15.8	6.02					
	26.05.2005	1280	16.5	6.10					
	11.11.2005	1570	15.4	5.95	1.250				
	27.03.2006	1639	15.5	6.11		1.03	63.8	24.2	2.39
	18.08.2006	1800	17	6.2	1.4	1.08	62	28	
	19.12.2006	1920	15.71	6.33	1,369	1.08		33.3	3.72
	Haziran 2007	1840	16.4	6.58	1.54	1.06	61	32	3.42
Uyuzhamam Sıcaksu Kaynağı	26.05.2005	1100	29.3	6.3					
	28.07.2005	1085	29	6.3					
	11.11.2005	1195	27.61	6.71					
	27.03.2006	1291	25.12	6.9	0.835	0.64	42	49.5	4.01
	17.08.2006	1345	29.8	6.69	0.875	0.67	37.1	44	3.8
	19.12.2006	1377	28.37	6.89	0.869	0.66	37.9	53.5	4.25
Kandilli	25.05.2005	735	12.5	7.1					
	28.07.2005	650	15	6.8					
	10.11.2005	550	13	7.5	0.419	0.32			
	27.03.2006	556	12.45	7.88	0.476	0.36	180.1	62.5	6.0
	20.12.2006	767	12.06	7.64	0.498	0.38	196.6	112	14.27
	Nisan 2007	742	12.4	7.40	0,457	0,39	185.6		



Şekil 4.51. $\delta^{18}O$-δD grafiği.

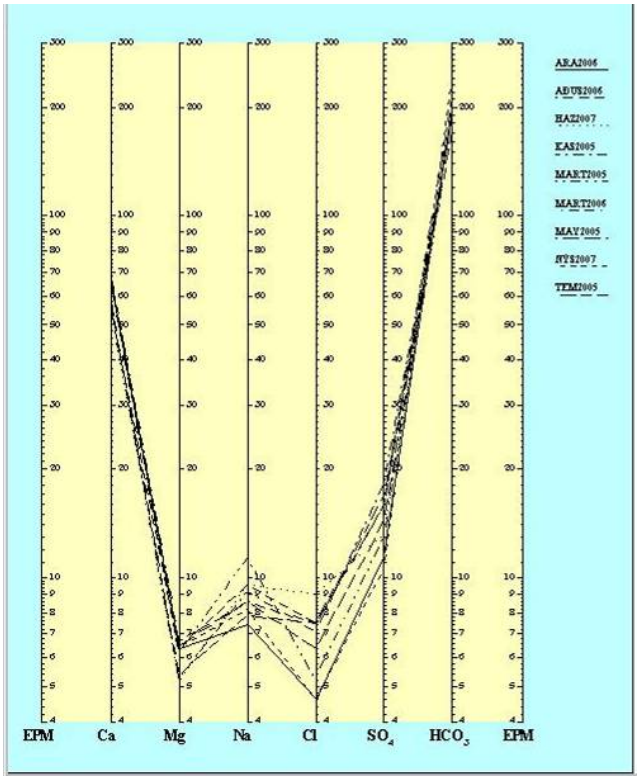
Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonunda suyun pH'ı hafifçe asidik (5,85-6,58 arası) olup, bol CO_2 gazı içermektedir. Sudaki yüksek bikarbonat değeri de yüksek CO_2 girişinden kaynaklanmaktadır. Suyun CO_2 ile artan asiditesi suyun civar kayaçlardan daha fazla madde eritmesine neden olmuştur. Suda erimiş madde miktarının 1000 mg/l'den fazla olması bu suya "maden suyu" niteliği kazandırmıştır Suyun içerdiği anyon ve katyon miktarları göz önüne alındığında, bu su noktası kimyasal açıdan $CaNaMgHCO_3$ karakterindedir. Çok az oranda trityum içermesi suyun dolaşım yaşının 50 yıldan fazla olduğunu ve derin dolaşımlı bir su kaynağı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, incelenen su noktaları arasında radyoaktivite açısından en yüksek toplam α ve toplam β değerlerine sahiptir. Bu su noktası küresel meteorik su hattı üzerinde yer alıp köken açısından meteorik sudur (Şekil 4.51).

Uyuzhamam sıcak su kaynağı istasyonunda su sıcaklığı 25,1°C ile 29,8°C, ECsi 1085-1377 µmho/cm aralığında değişmektedir. Suyun 6,3 ile 6,9 arasında değişen pH değerleri suyun Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna benzer şekilde hafif asidik karakterde olduğunu gösterir. Uyuzhamam sıcak su kaynağı istasyonu kimyasal açıdan $MgCaHCO_3$ tipi termal yeraltı suyu olarak sınıflandırılmıştır. Çok az oranda trityum

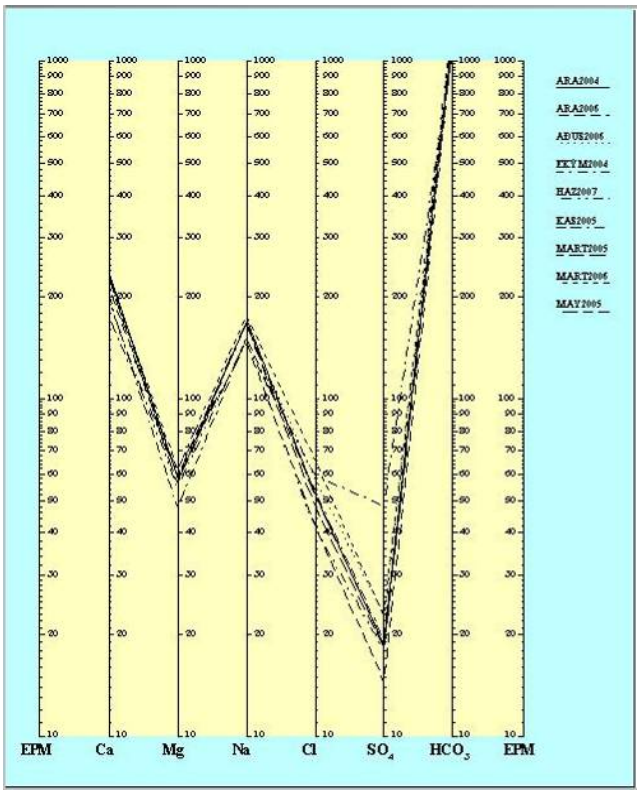
içermesi ve suyun ılık olması suyun derin dolaşımlı bir su kaynağı olduğunu ve dolaşım yaşının 50 yıldan fazla olduğunu göstermektedir. Küresel meteorik su hattı üzerinde yer alıp köken açısından meteorik sudur (Şekil 4.51).

Kandilli istasyonunda ölçülen su sıcaklıkları 12,0°C ile 15,0°C arasında değişmektedir. pH değerlerinin 6,8 ile 7,9 arası olması suyun genelde nötr karakterde olduğunu gösterir. Çok az oranda trityum içermesi suyun dolaşım yaşının 50 yıldan fazla olduğunu göstermektedir. Kimyasal açıdan $MgCaHCO_3$ tipi yeraltı suyu olarak sınıflandırılmıştır. Bu su noktası küresel meteorik su hattı üzerinde yer alıp köken açısından meteorik sudur (Şekil 4.51). Ancak izotopik açıdan incelenen diğer su noktalarına göre en yüksek oksijen-18 ve döteryum değerlerine sahiptir. Bu değerler, bu su noktasının diğer su noktalarına oranla topoğrafik olarak alçak bir noktadan beslendiğini göstermektedir.

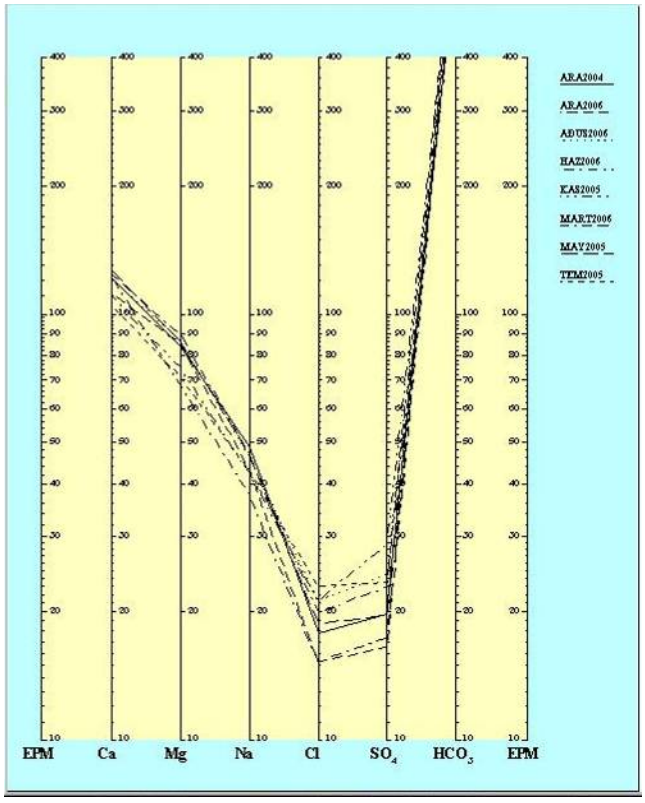
Su örnekleri Şekil 4.52, 4.53, 4.54, 4.55'te verilen Schoeller diyagramı üzerinde değerlendirildiğinde Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve Kandilli istasyonu $CaMg\ HCO_3$, Uyuzhamam soğuksu kuyusu $CaNaHCO_3$, Sivrihisar istasyonunun ise $CaHCO_3$'lı sular sınıfında yer aldığı görülmektedir. Benzer durum Şekil 4.56, 4.57, 4.58, 4.59'da verilen Piper diyagramlarında da izlenmektedir.



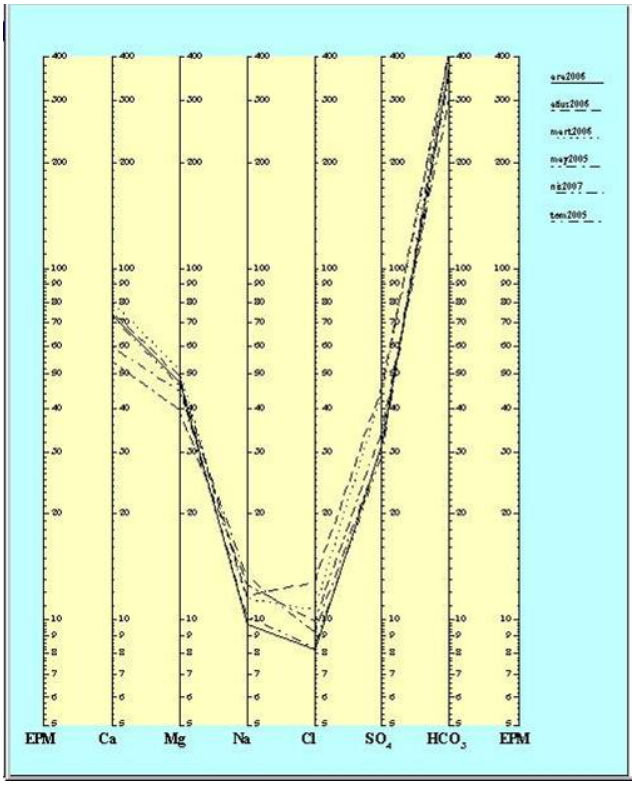
Şekil 4.52 . Sivrihisar istasyonuna ait Scholler diyagramı.



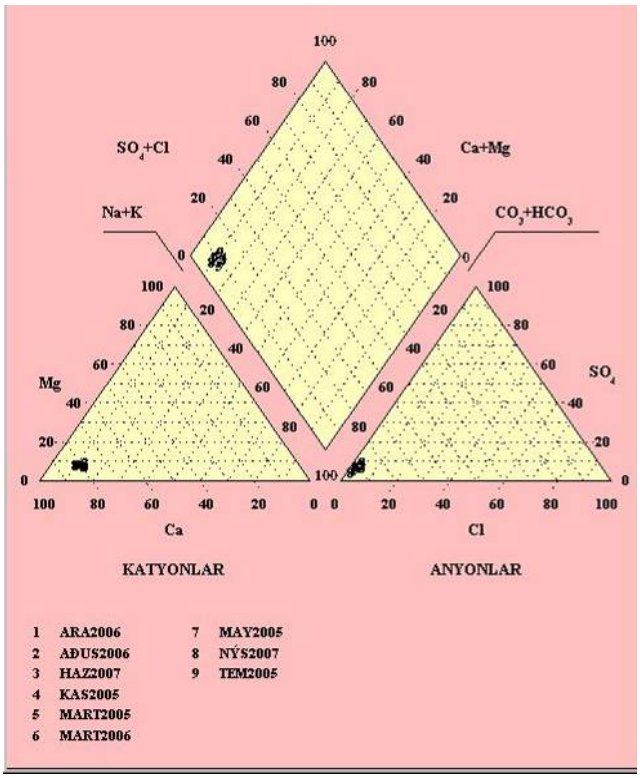
Şekil 4.53. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait Scholler diyagramı.



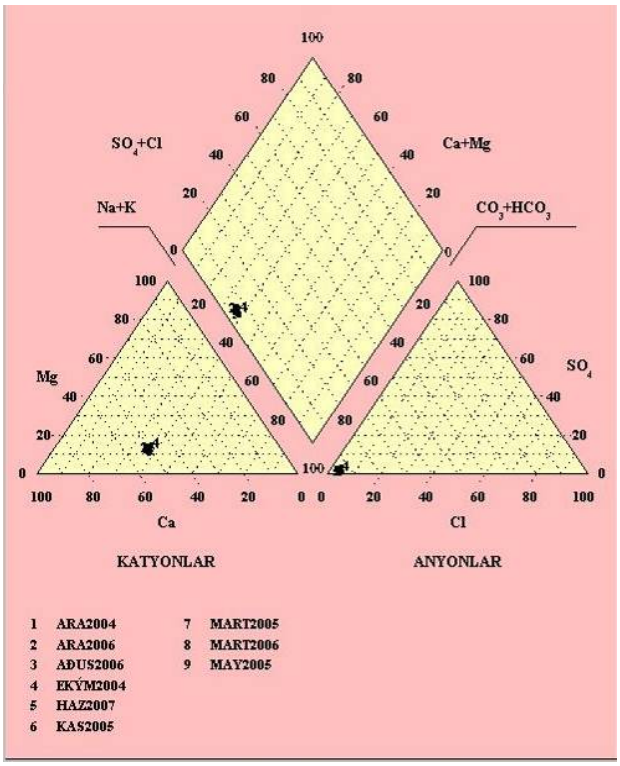
Şekil 4.54. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait Scholler diyagramı.



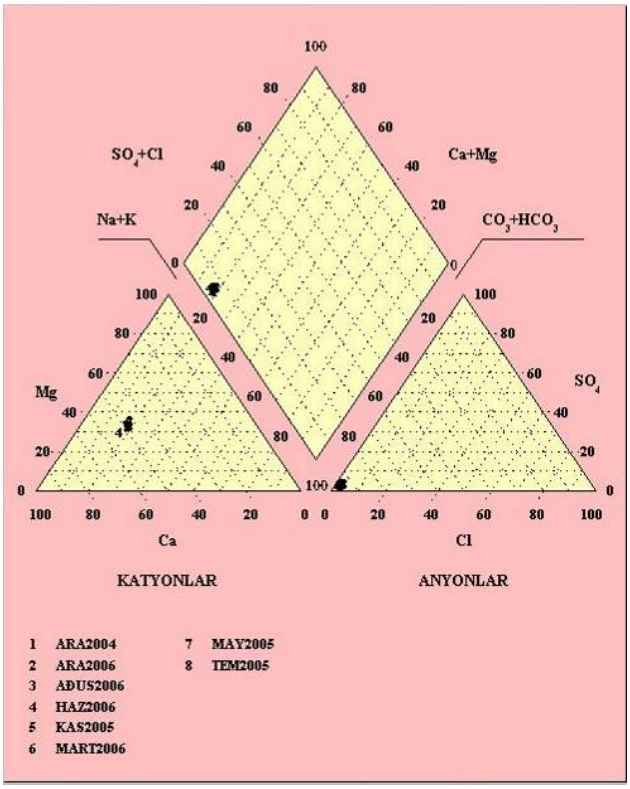
Şekil 4.55. Kandilli istasyonuna ait Scholler diyagramı.



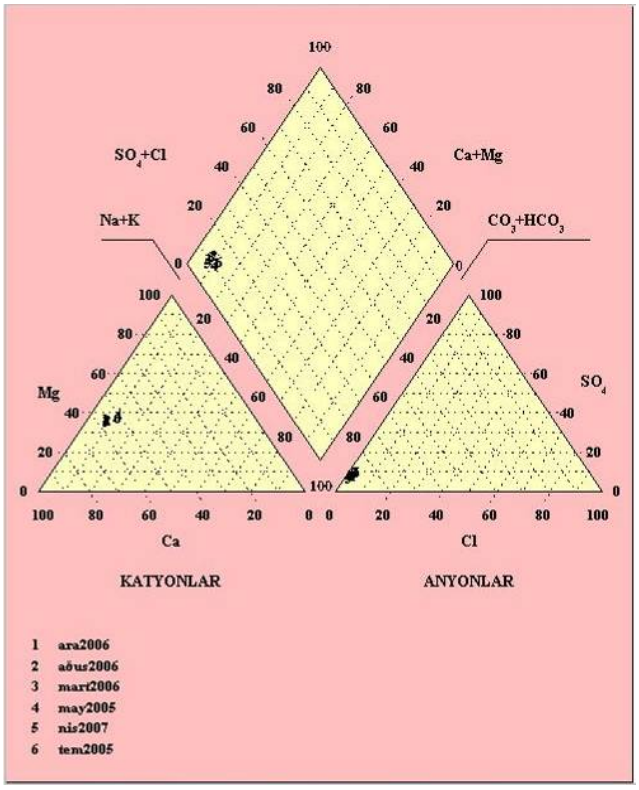
Şekil 4.56. Sivrihisar istasyonuna ait Piper diyagramı.



Şekil 4.57. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait Piper diyagramı.



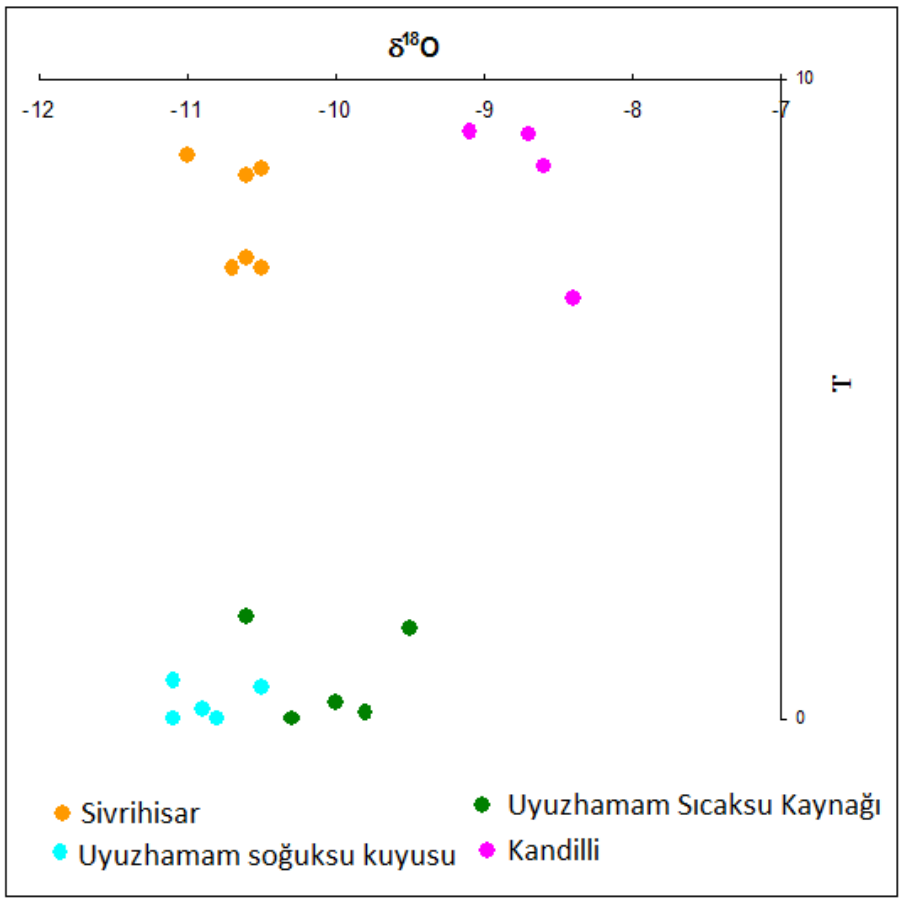
Şekil 4.58. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait Piper diyagramı.



Şekil 4.59. Kandilli istasyonuna ait Piper diyagramı.

Şekil 4.60'da sunulan $\delta^{18}O$-T grafiğinde Sivrihisar istasyonu dışındaki hemen tüm suların trityum değerleri düşük (0-2.16 TU) bulunmuş olup, 1963 öncesi yağışlardan beslenen yaşlı sulardır. Sivrihisar su örneği ise statik seviyesi yüzeye çok yakın (2-5 metre) basınçlı Neojen yaşlı akiferden alınmış olup, kış dönemi yağışlarının akifere daha hızlı ulaştığı trityum değerinin yüksekliğinden anlaşılmaktadır.

Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonlarına ait suların toplam alfa aktiviteleri TS 266 ve Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standartları açısından (sınır değeri 0.1 Bq/l) yüksek değerlerde (0.101±0.035–0.447±0.102 Bq/l arasında) bulunmuş, ancak bu suların sıcak su oldukları dikkate alındığında Türkiye Doğal ve Mineralli Sular Yönetmeliğince öngörülen sınır değerleri (gross alfa: 1.5 Bq/l ve gross beta: 2 Bq/l) içerisinde kaldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.60. $\delta^{18}O$ -T grafiği

4.1.3.1. Sulardaki izotop, ağır metal, anyon katyon ve radyoaktivite değerlerinin zaman içerisinde ve sismisite ile olan değişimleri

Su kimyası örnekleme çalışmaları istasyonlardan veri alma döneminden önce başlamıştır (2004-2007 yılları arasında örnekleme yapılmıştır). Su kimyası örneklemesinin yapıldığı zaman aralığına denk gelen depremlerden makro programı ile her bir istasyondaki etki değeri 0.35'ten büyük olan ve ilgili havzalarda meydana gelen depremler seçilerek Çizelge 4.9'da verilmektedir

Sivrihisar lokasyonunda 01.07.2005 tarihinde meydana gelen Eskişehir (Beylikova) depremi (26 nolu deprem) ile 24.07.2005 tarihinde meydana gelen (28 nolu deprem) Eskişehir Hekimdağ depremlerinden sonra Na, Ca ve HCO_3 değerlerinde azalma, Cl ve SO_4 değerlerinde artış gözlenmektedir. Bu mevsimsel bir değişimdir. 30.10.2005 tarihinde meydana gelen Eskişehir depremi (42 nolu deprem) sonrasında Na konsantrasyonunda ufak bir artış görülmekte olup, bu değişim de kurak dönemle ilgilidir (Şekil 4.61 a-4.61 d). Ağır metal konsantrasyonlarında önemli bir değişim saptanmamıştır (Şekil 4.62 a-4.62 f).

Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu lokasyonunda Kasım 2005 deki Ca ve Na değerlerinde görülen azalmanın, 30.10.2005 tarihinde meydana gelen M_w=2.8 büyüklüğündeki Eskişehir depremi (Çizelge 4.9'da 42 nolu deprem) ile ilişkili olma olasılığı araştırılmış ancak diğer veriler ile desteklenmediği görülmüştür. Dolayısıyla Ca ve Na değerlerinde görülen azalma da mevsimsel değişimden dolayıdır. Ayrıca Mart 2006'da da Na, Mg, Ca, Cl, SO_4 ve HCO_3 değerlerinde deprem öncesi görülen artışın, istasyonun çok yakınında Beylikova'da meydana gelen (Çizelge 4.9'da 62 nolu deprem-Mayıs 2006) Mw=3.0 büyüklüğündeki depremden dolayı olup olmadığı incelendiğinde, diğer parametrelerin bunu desteklemediği görülmüştür. Dolayısı ile bu artışın yağışlı dönemde taze su girişi ile kimyasal çözünmeden kaynaklandığı düşünülmüştür (Şekil 4.63a-4.63d). Ağustos 2006'da Mn ve Fe azalırken Sr ve Br değerleri artış göstermiş olup, bu artışın Çizelge 4.9'da verilen 68 nolu depremle ilişkisi araştırılmış ve diğer parametrelerde bir değişim görülmediğinden anlamlı bulunmamıştır (Şekil 4.64a-4.64e).

Uyuzmamam Sıcaksu Kaynağı lokasyonunda 42 nolu deprem sonrası HCO_3 ve Cl değerlerinde artış, toplam alfa ve beta değerlerinde azalma görülmektedir. Ancak bu artış ve azalışların nedeninin mevsimsel değişime bağlı olduğu ve Uyuzmamam Sıcaksu Kaynağı yakınındaki diğer istasyon olan Uyuzhamam Soğuksu Kuyusu istasyonunda gözlenmediği anlaşılmaktadır. Uyuzmamam Sıcaksu Kaynağı lokasyonunda 62 nolu deprem öncesinde katyonlarda görülen değişimler de deprem-su kimyası ilişkisi açısından anlamlı görülmemiştir(Şekil 4.65a-4.65d). Ağustos 2006 için görülen Br ve Sr değerlerindeki artış da sismisite ile anlamlı bulunmamıştır (Şekil 4.66a-4.66e).

Kandilli istasyonunda Çizelge 4.9'da verilen M_w= 2.8 büyüklüğündeki 61 nolu deprem öncesinde Mart 2006'da Ca, HCO_3 ve SO_4 değerlerinde görülen artış mevsimsel etki olup, çözünürlük ile ilişkilidir (Şekil 4.67a-4.67b). Ağustos 2006'da görülen Br, Sr ve B bazen Zn değerlerindeki artışın sismisite ile ilişkili olmadığı, artışın kurak dönem ile ilişkili olduğu söylenebilir (Şekil 4.68a-4.68f).

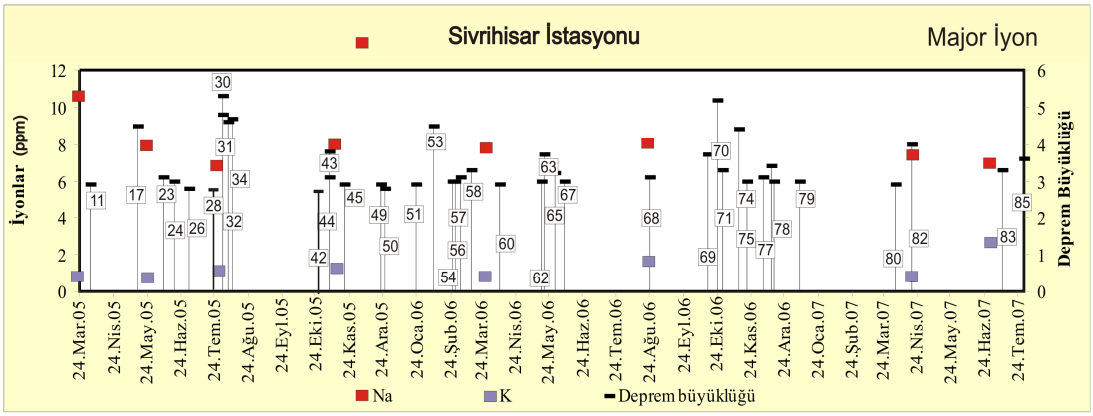
Genelde kurak dönemlerde radyoaktivite değerleri daha yüksek olmakla birlikte, sulardaki radyoaktivite değişimleri toplam alfa ve toplam beta parametreleri içerisine giren ^{238}U'dan türeyen, ^{226}Ra ve ^{222}Rn değerlerinin su içerisindeki çözünürlükleri pH-Eh değişimleri ve meteorolojik koşullardaki (yağış, nemlilik, barometrik basınç, sıcaklık gibi) değişimlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda istasyonlardan alınan sularda görülen küçük ölçekteki değişimlerin, mevsimsel etkiden ötürü olduğu ve sismisite ile ilişkili olmadığı anlaşılmıştır (Şekil 4.69, Şekil 4.70, Şekil 4.71, Şekil 4.72).

Çizelge 4.9. Makro programı ile her bir istasyondaki etki değeri 0.35'ten büyük olan ve ilgili havzalarda meydana gelen depremler

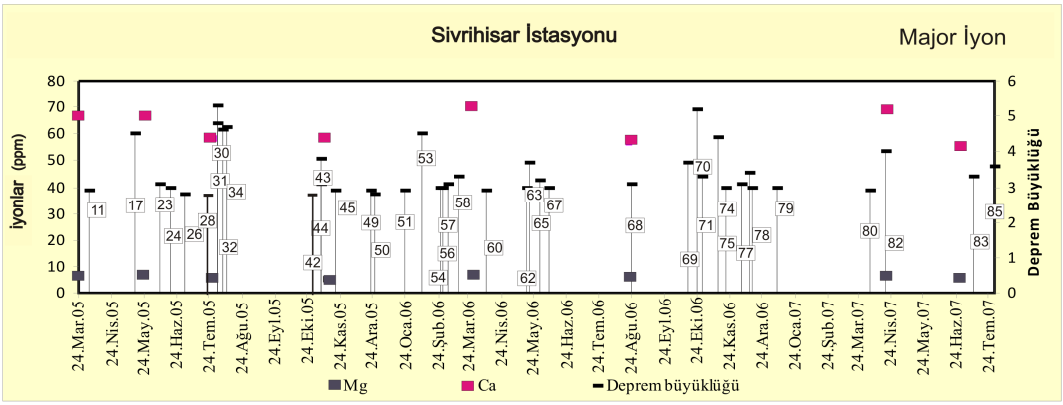
Deprem No	Tarih	Oluş Zamanı	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklük M	Bölge
1	01.11.2004	15:07:57.0	39.68	30.20	5	2.6	BOZÜYÜK (BİLECİK)
2	08.11.2004	23:17:04.0	38.67	30.92	3.6	3.6	BOLVADİN (AFYON)
3	10.11.2004	15:54:03.0	39.70	30.52	7.7	2.8	ESKİŞEHİR
4	12.12.2004	02:53:16.0	40.57	32.93	5	4.3	ORTA (ÇANKIRI)
5	13.12.2004	17:38:48.0	39.76	30.83	8.5	3.1	ESKİŞEHİR
6	27.12.2004	00:46:39.0	39.00	31.20	12.3	3.1	EMİRDAĞ (AFYON)
7	30.12.2004	00:22:22.0	40.40	32.96	32.1	4.6	ÇUBUK (ANKARA)
8	30.01.2005	18:23:48.0	35.78	29.62	33.8	5.3	AKDENİZ
9	06.03.2005	02:25:50.0	38.97	31.17	9.5	3.2	EMİRDAĞ (AFYON)
10	17.03.2005	12:53:04.0	39.06	31.14	27.9	3	EMİRDAĞ (AFYON)
11	02.04.2005	05:31:36.0	39.10	31.74	26.6	2.9	YUNAK (KONYA)
12	05.04.2005	05:07:34.0	39.88	30.51	8.9	3.1	ESKİŞEHİR
13	08.04.2005	16:02:23.0	39.94	30.11	29.8	2.9	BOZÜYÜK (BİLECİK)
14	13.04.2005	20:23:33.0	39.77	30.71	9.5	3.2	ESKİŞEHİR
15	24.04.2005	12:38:42.0	39.65	30.34	31.2	2.7	ESKİŞEHİR
16	05.O5.2005	19:14:38.0	39.76	30.74	5.3	3	ESKİŞEHİR
17	15.05.2005	13:54:26.0	38.62	30.78	5	4.5	ÇOBANLAR (AFYON)
18	16.05.2005	17:02:57.0	39.52	30.98	24	2.8	MAHMUDİYE (ESKİŞEHİR)
19	17.05.2005	10:23:52.0	39.91	30.15	30.4	2.9	BOZÜYÜK (BİLECİK)
20	29.05.2005	07:55:24.0	39.57	30.07	31.7	2.9	SABUNCU (KÜTAHYA)
21	30.05.2005	08:57:21.0	39.57	30.12	18.6	2.8	SABUNCU (KÜTAHYA)
22	31.05.2005	17:22:07.0	39.77	30.83	13.7	3	ALPU (ESKİŞEHİR)
23	08.06.2005	14:28:46.0	39.92	31.71	19.8	3.1	BEYPAZARI (ANKARA)
24	18.06.2005	16:46:13.0	39.57	31.57	19.5	3	SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR)
25	20.06.2005	22:50:04.0	39.72	29.12	14.5	4.2	HARMANCIK (BURSA)
26	01.07.2005	14:56:08.0	39.69	31.21	18	2.8	BEYLİKOVA (ESKİŞEHİR)
27	04.07.2005	18:42:22.0	39.43	30.07	22.1	2.9	KÜTAHYA
28	24.07.2005	03:54:37.0	39.87	30.66	31.2	2.9	HEKİMDAĞ (ESKİŞEHİR)
29	25.07.2005	10:19:02.0	39.94	30.07	27.6	2.8	BOZÜYÜK (BİLECİK)
30	31.07.2005	00:45:00.0	39.44	33.09	5	5.3	BALA (ANKARA)
31	01.08.2005	02:41:34.0	39.05	31.12		4.8	BALA (ANKARA)
32	06.08.2005	12:09:27.0	39.35	33.10	6.8	4.6	BALA (ANKARA)
33	07.08.2005	13:33:19.0	39.77	31.17	14.8	2.8	BEYLİKOVA (ESKİŞEHİR)
34	09.08.2005	04:28:04.0	40.55	32.96	5	4.7	ORTA (ÇANKIRI)
35	16.08.2005	02:32:01.0	39.53	30.05	29.7	3.0	SABUNCU (KÜTAHYA)
36	24.08.2005	06:06:19.0	39.72	25.27	36	5.1	EGE DENİZLİ
37	26.08.2005	14:54:46.0	39.93	30.06	19	2.8	BOZÜYÜK (BİLECİK)
38	28.08.2005	20:51:48.0	39.78	30.51	6.5	3.1	ESKİŞEHİR
39	07.09.2005	18:45:14.0	39.58	30.47	19.8	2.9	ESKİŞRHİR
40	12.09.2005	14:46:34.0	39.76	31.20	16.4	2.7	BEYLİKOVA (ESKİŞEHİR)
41	07.10.2005	17:50:32.0	39.86	29.99	25.1	2.9	BOZÜYÜK (BİLECİK)
42	30.10.2005	04:36:56.0	39.78	30.54	22.5	2.8	ESKİŞEHİR
43	05.11.2005	19:48:27.0	39.05	31.12	5	3.8	EMİRDAĞ (AFYON)
44	06.11.2005	03:34:37.0	39.05	31.17	11.3	3.1	EMİRDAĞ (AFYON)
45	19.11.2005	16:31:26.0	39.53	31.51	26	2.9	SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR)
46	09.12.2005	00:54:22.0	39.82	30.50	5.4	3.2	ESKİŞEHİR
47	17.12.2005	02:15:44.0	39.40	33.14	5.2	4.2	BALA (ANKARA)

Çizelge 4.9(devamı). Makro programı ile her bir istasyondaki etki değeri 0.35'ten büyük olan ve ilgili havzalarda meydana gelen depremler

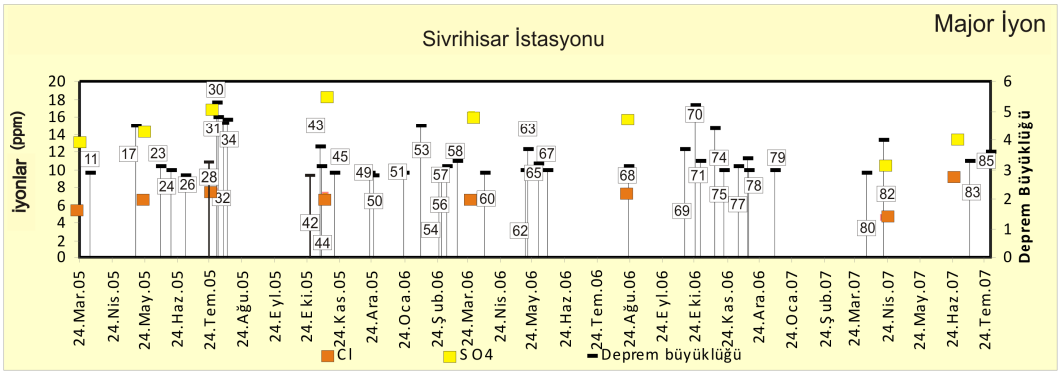
Deprem No	Tarih	Oluş Zamanı	Enlem	Boylam	Derinlik km	Büyüklük M	Bölge
48	19.12.2005	22:58:12.0	39.88	30.57	26.7	3.0	HEKİMDAĞ (ESKİŞEHİR)
49	22.12.2005	11:09:54.0	39.66	31.53	15	2.9	MİHALIÇÇIK (ESKİŞEHİR)
50	26.12.2005	15:54:24.0	39.50	31.53	26	2.8	SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR)
51	23.01.2007	23:21:56.0	38.11	28.73	5	4.5	BULDAN (DENİZLİ)
52	26.01.2006	09:21:26.0	38.99	29.63	8.9	3.7	GEDİZ (KÜTAHYA)
53	08.02.2006	06:07:41.0	40.70	30.35	8.8	4.5	ADAPAZARI (SAKARYA)
54	25.02.2006	21:32:54.0	39.03	31.69	9.3	3.0	ÇELTİK (KONYA)
55	26.02.2006	00:01:30.0	39.18	29.47	10.1	3.5	ÖRENCİK-EMET (KÜTAHYA)
56	28.02.2006	05:13:45.0	39.06	31.76	8.3	3.0	ÇELTİK (KONYA)
57	05.03.2006	02:06:20.0	39.06	31.73	11.6	3.1	ÇELTİK (KONYA)
58	14.03.2006	16:03:42.0	39.01	31.74	11	3.3	ÇELTİK (KONYA)
59	20.03.2006	15:22:46.0	39.90	30.07	22.1	2.9	BOZÜYÜK (BİLECİK)
60	09.04.2006	16:44:12.0	39.01	31.60	2.1	2.9	ÇELTİK (KONYA)
61	02.05.2006	15:57:26.0	39.88	30.00	9.5	2.8	BOZÜYÜK (BİLECİK)
62	17.05.2006	03:56:13.0	39.79	31.12	23.7	3.0	BEYLİKOVA (ESKİŞEHİR)
63	20.05.2006	08:17:38.0	38.60	31.21	5	3.7	SULTANDAĞI (AFYON)
64	27.05.2006	07:55:44.0	39.56	30.18	9.6	3.0	SABUNCU (KÜTAHYA)
65	30.05.2006	14:33:21.0	38.94	31.68	12.3	3.2	ÇELTİK (KONYA)
66	05.06.2006	07:23:29.0	37.93	28.67	5	4.5	BUHARKENT (AYDIN)
67	07.06.2006	19:23:07.0	38.99	31.69	10.9	3.0	ÇELTİK (KONYA)
68	23.08.2006	06:25:12.0	39.04	31.83	5.4	3.1	ÇELTİK (KONYA)
69	15.10.2006	08:35:27.0	38.76	31.60	5	3.7	YUNAK (KONYA)
70	24.10.2006	17:00:21.0	40.42	28.99	14.3	5.2	GEMLİK KÖRFEZİ
71	25.10.2006	14:56:03.0	40.44	29.02	14.4	3.8	GEMLİK KÖRFEZİ
72	28.10.2006	04:21:44.0	39.79	29.57	23.2	3.1	DOMANİÇ (KÜTAHYA)
73	29.10.2006	04:15:06.0	39.35	31.09	12.1	3.3	ÇİFTELER (ESKİŞEHİR)
74	12.11.2006	04:36:32.0	40.14	32.70	4.8	4.4	KAZAN (ANKARA)
75	20.11.2006	11:57:29.0	39.88	30.66	18.3	3.0	HEKİMDAĞ (ESKİŞEHİR)
76	21.11.2006	11:14:11.0	40.85	31.29	5.3	3.8	KAYNAŞLI (DÜZCE)
77	04.12.2006	12:11:37.0	39.58	30.65	10.5	3.1	SEYİTGAZİ (ESKİŞEHİR)
78	12.12.2006	06:16:51.0	39.01	31.69	5.4	3.4	ÇELTİK (KONYA)
79	14.12.2006	21:43:01.0	38.97	31.65	5.10	3	ÇELTİK (KONYA)
80	07.01.2007	14:23:10.0	38.97	31.67	15.70	3	ÇELTİK (KONYA)
81	23.01.2007	23:21:56.0	38.11	28.73	5	4.5	BULDAN (DENİZLİ)
82	04.04.2007	18:33:28.0	39.87	29.94	8.9	2.9	DODURGA-BOZÜYÜK
83	19.04.2007	16:21:59.0	38.58	31.24	8.2	4.0	SULTANDAĞI (AFYON)
84	18.07.2007	05:51:49.0	39.33	29.33	7.6	3.7	EMET (KÜTAHYA)
85	29.07.2007	05:40:26.0	38.70	30.92	5	3.6	BOLVADİN (AFYON)



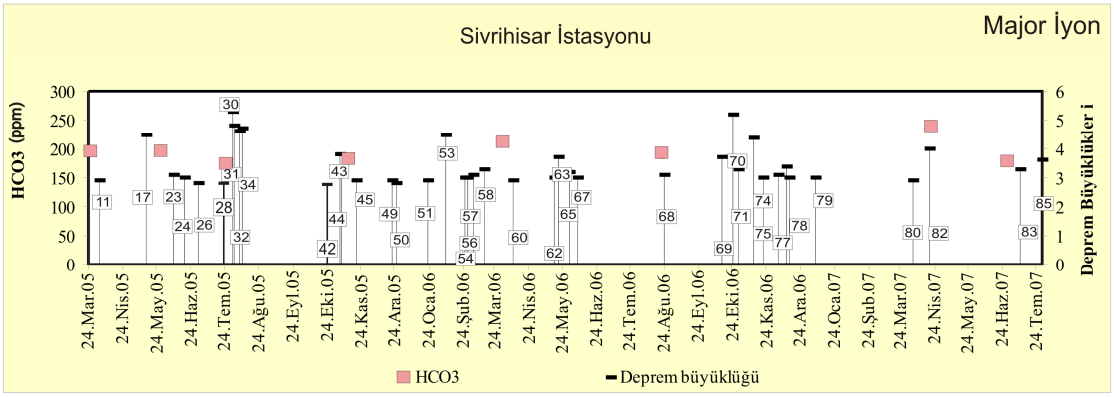
Şekil 4.61a. Sivrihisar istasyonuna ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği



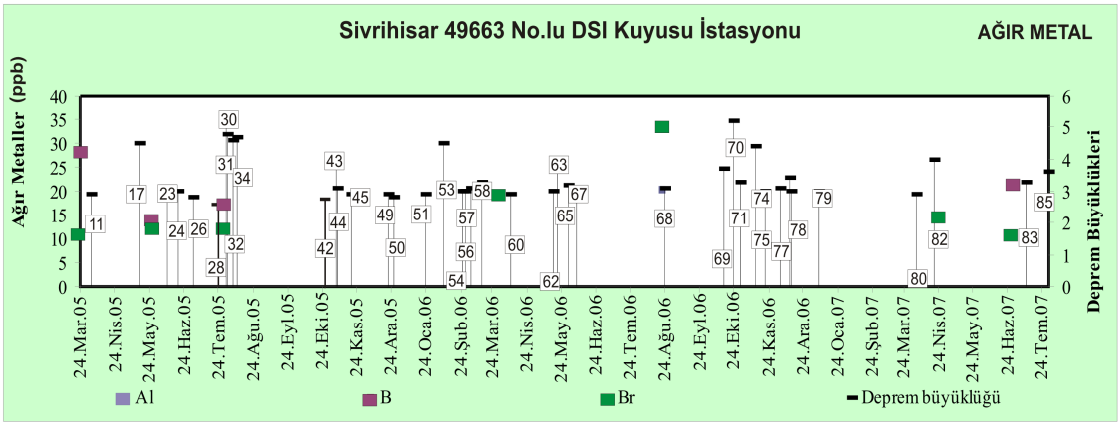
Şekil 4.61b. Sivrihisar istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği



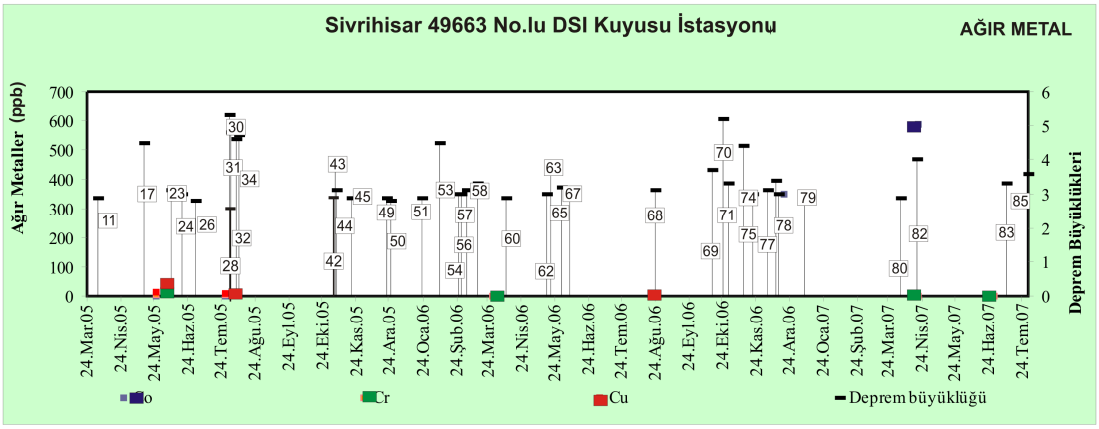
Şekil 4.61c. Sivrihisar istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği.



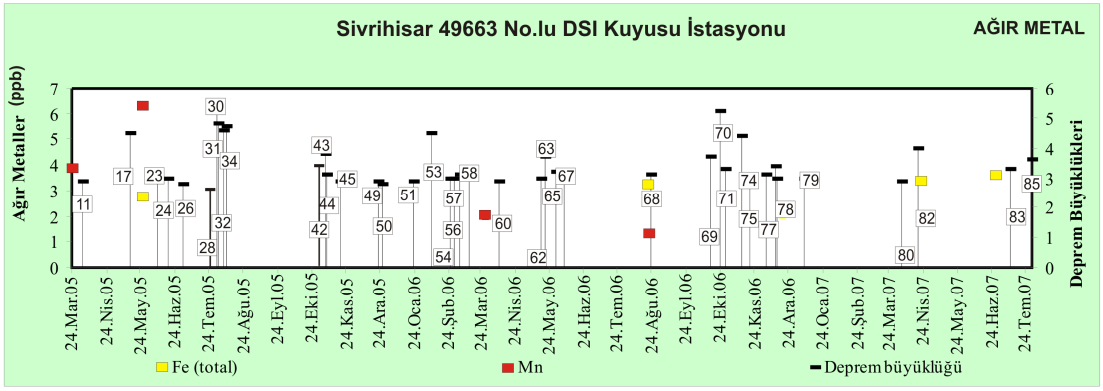
Şekil 4.61d. Sivrihisar istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği.



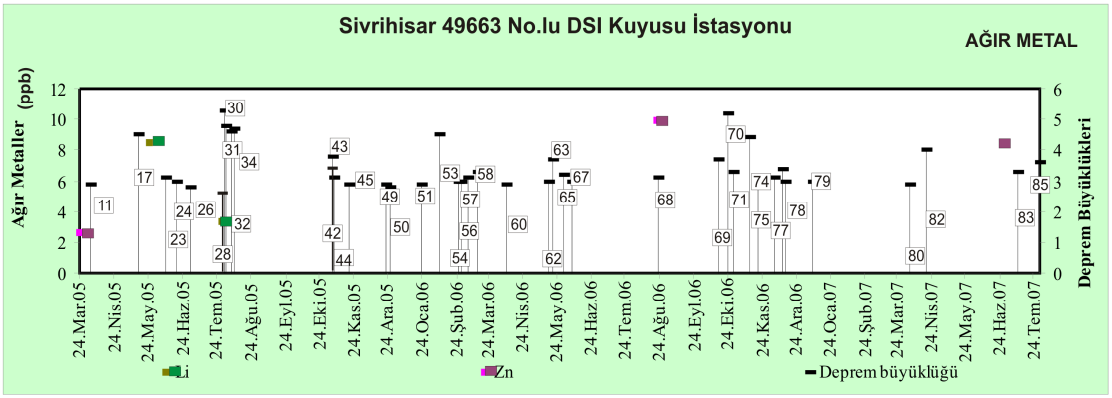
Şekil 4.62a. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği.



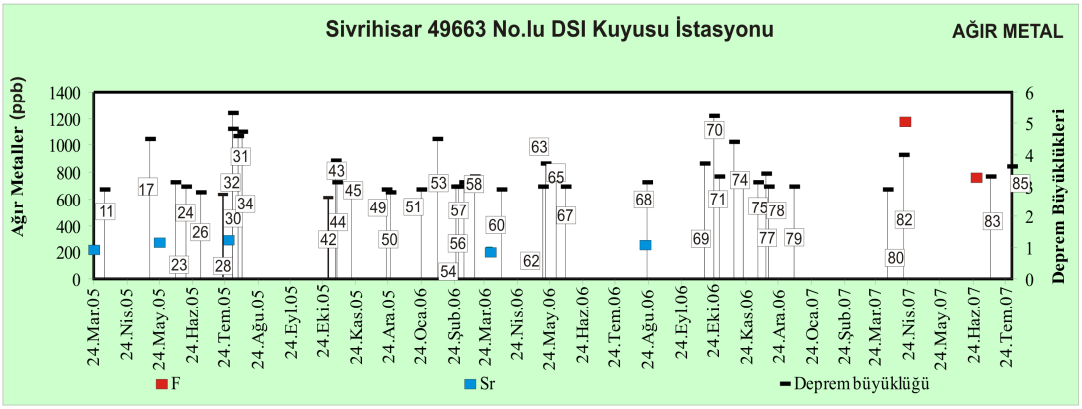
Şekil 4.62b. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği.



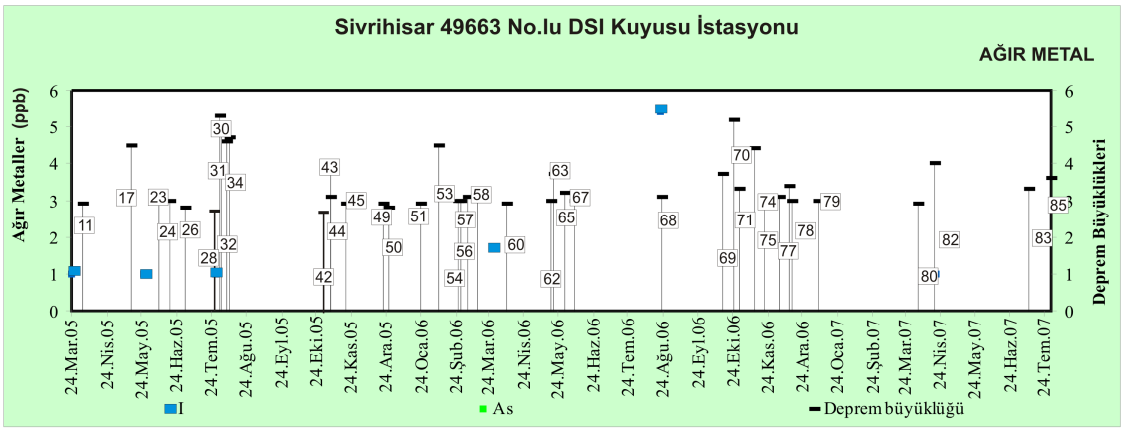
Şekil 4.62c. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği.



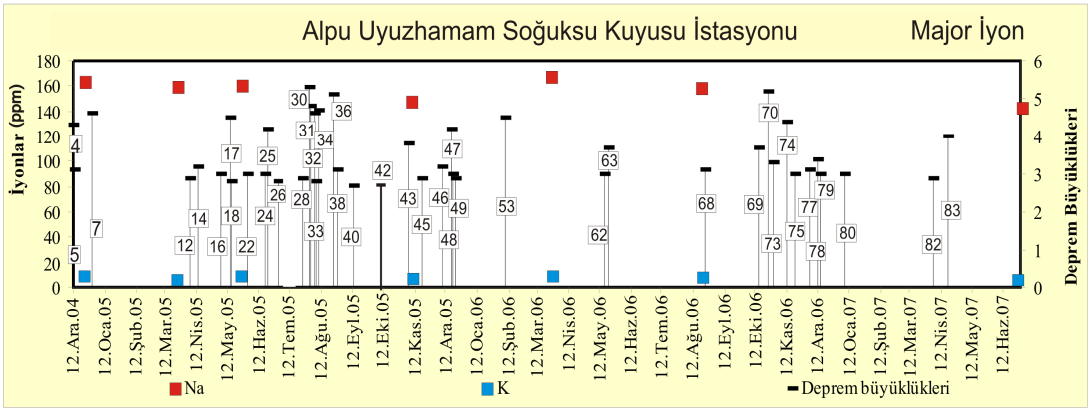
Şekil 4.62d. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (Li, Zn) zamana karşı değişim grafiği.



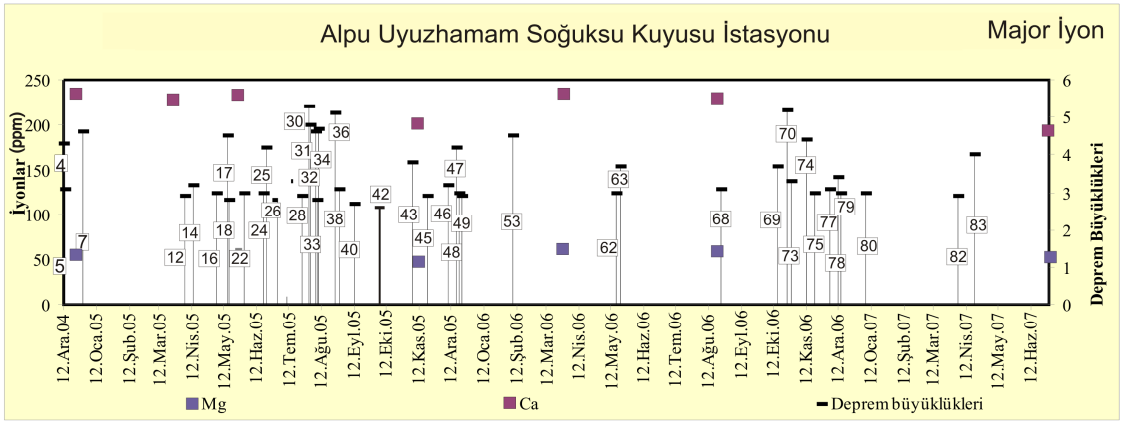
Şekil 4.62e. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği.



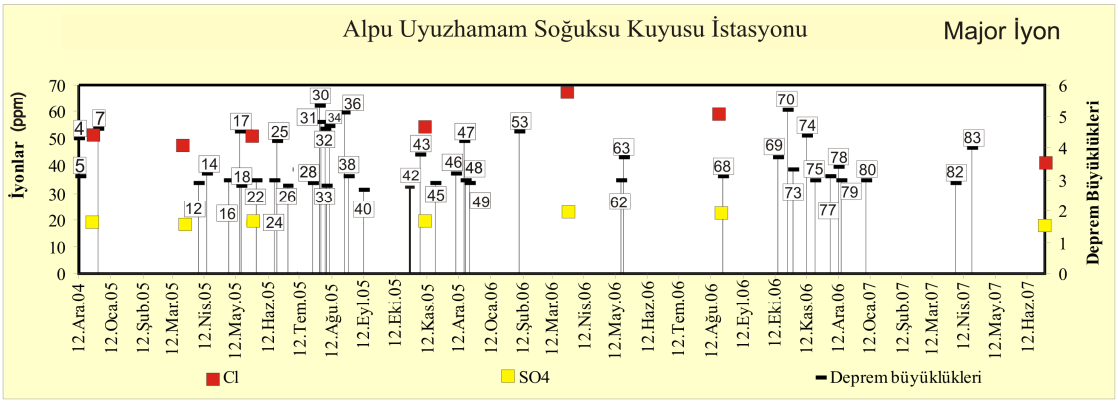
Şekil 4.62f. Sivrihisar istasyonuna ait ağır metallerin (I, As) zamana karşı değişim grafiği.



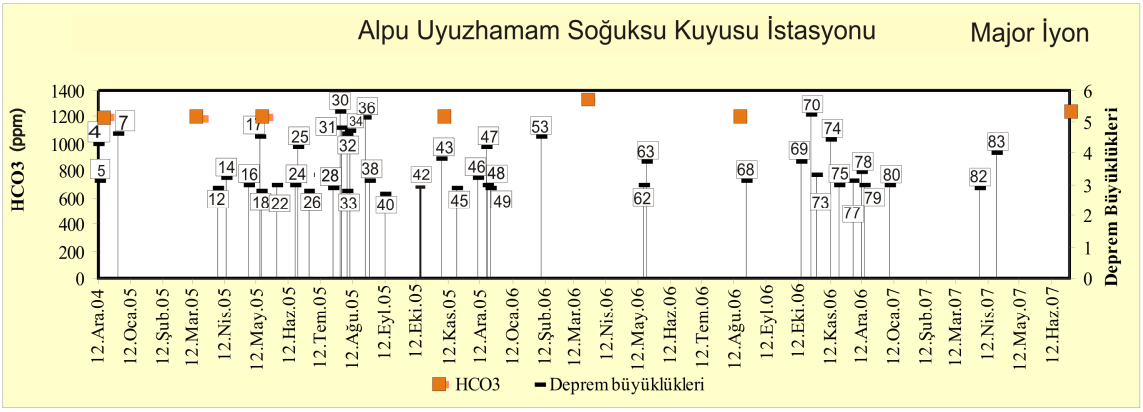
Şekil 4.63a. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonununa ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği.,



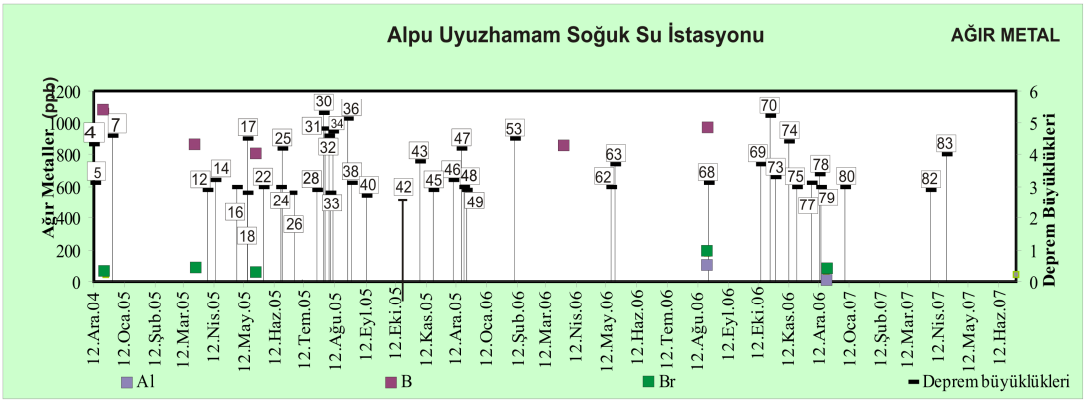
Şekil 4.63b. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği.



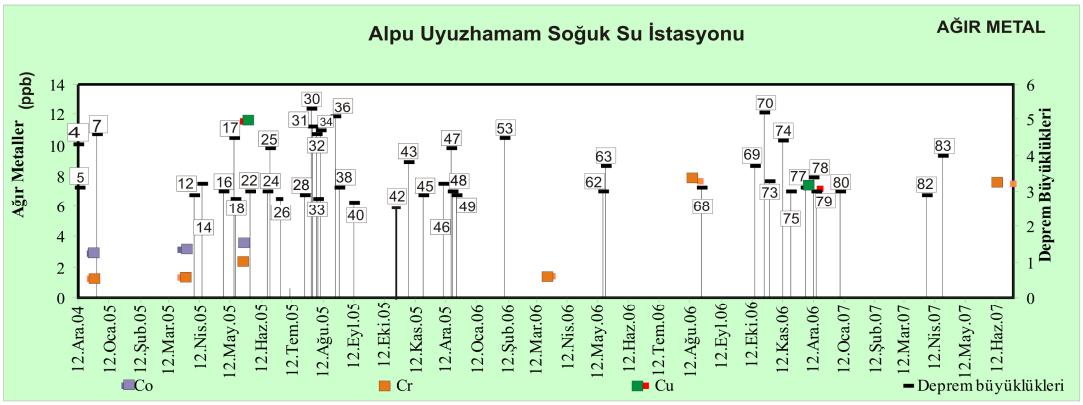
Şekil 4.63c. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği.



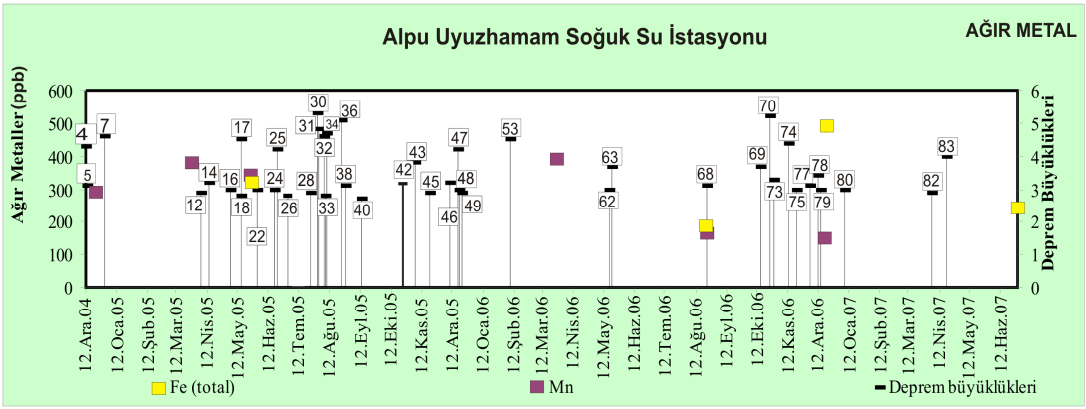
Şekil 4.63d. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği.



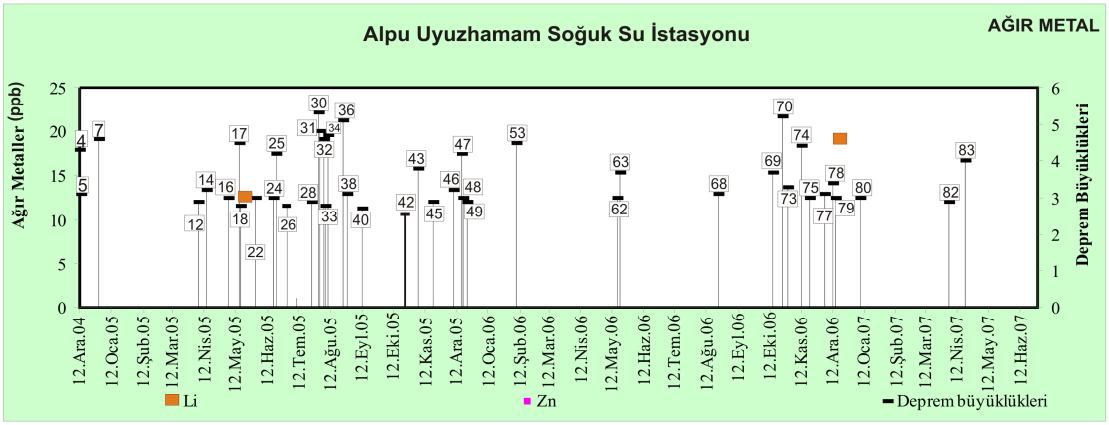
Şekil 4.64a. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği.



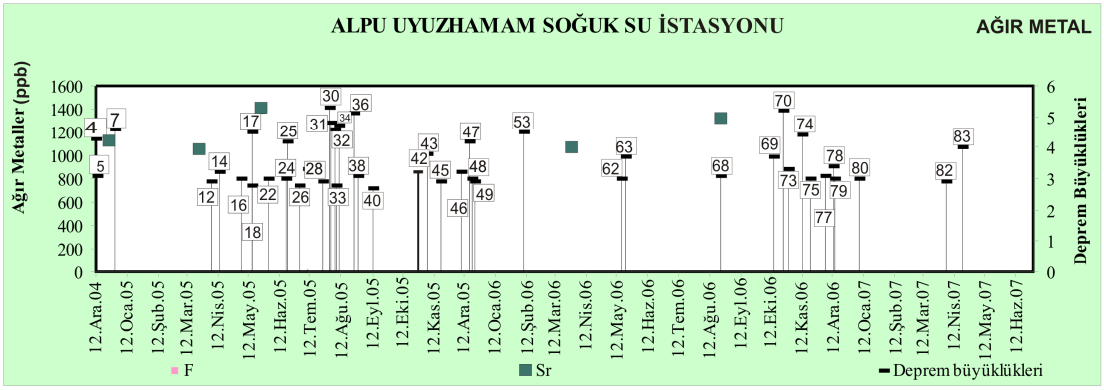
Şekil 4.64b. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği.



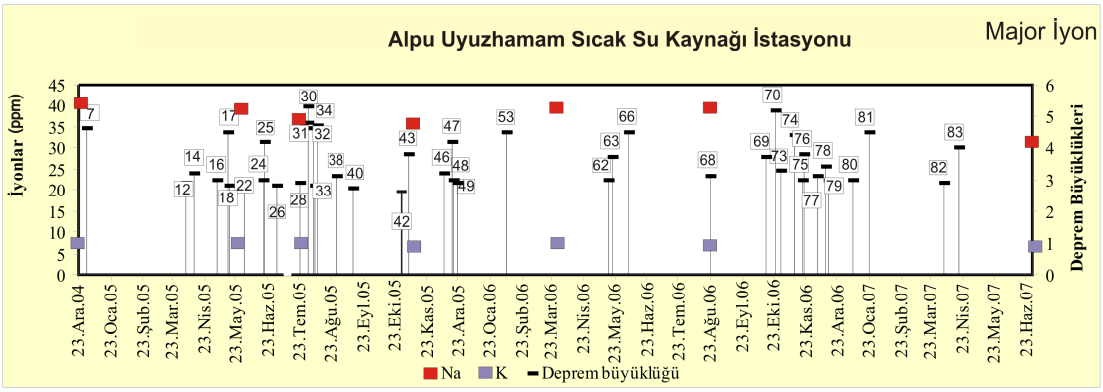
Şekil 4.64c. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği.



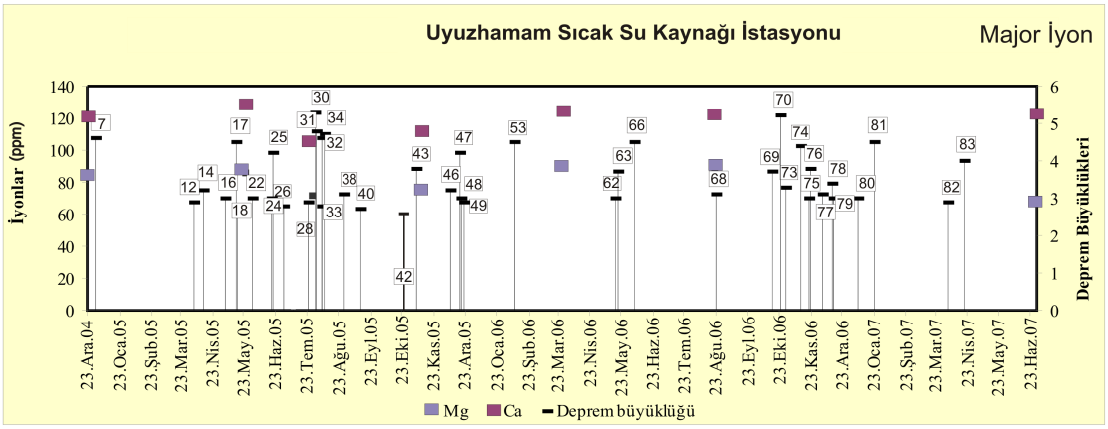
Şekil 4.64d. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (Li, Zn) zamana karşı değişim grafiği.



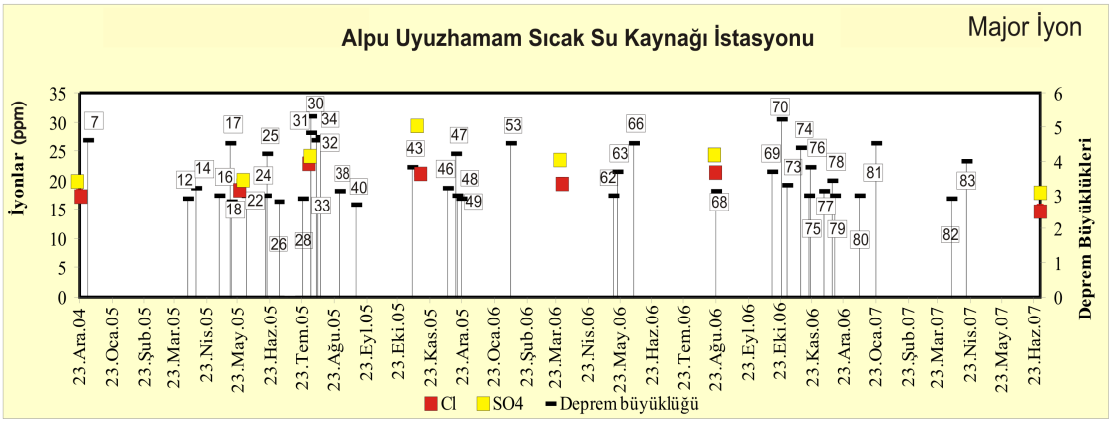
Şekil 4.64e. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği.



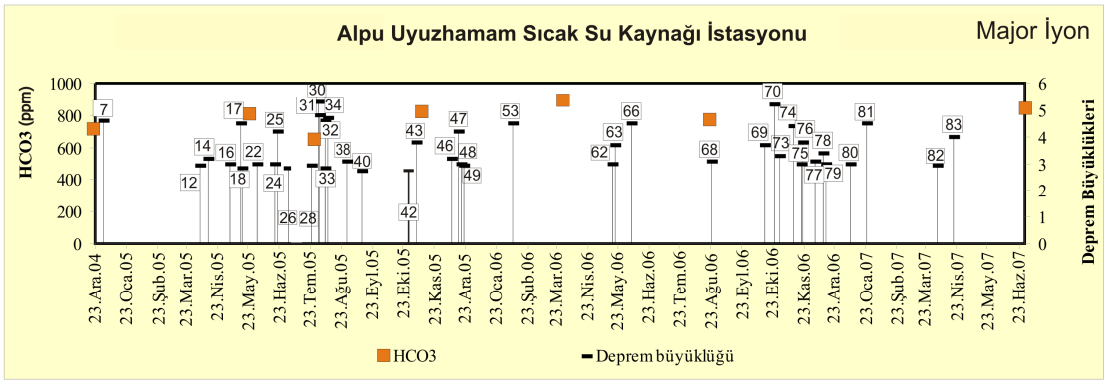
Şekil 4.65a. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonununa ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği.



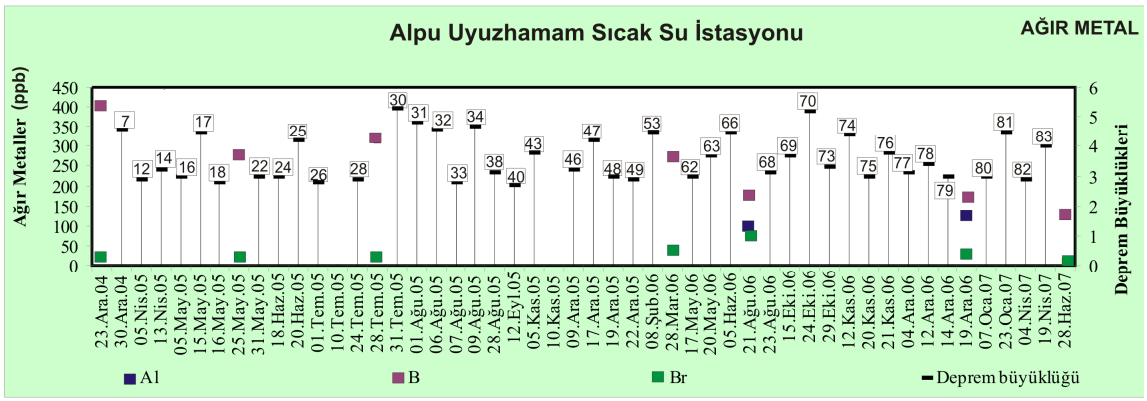
Şekil 4.65b. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği.



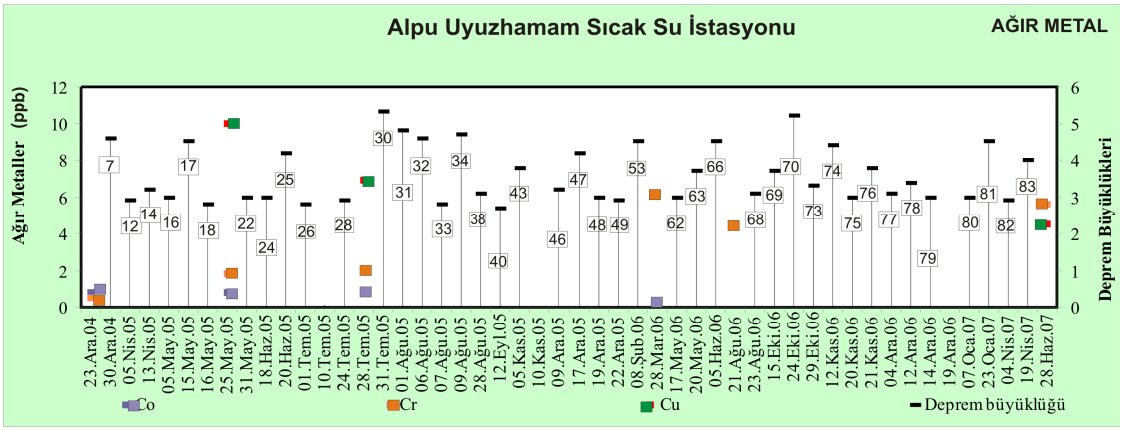
Şekil 4.65c. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği.



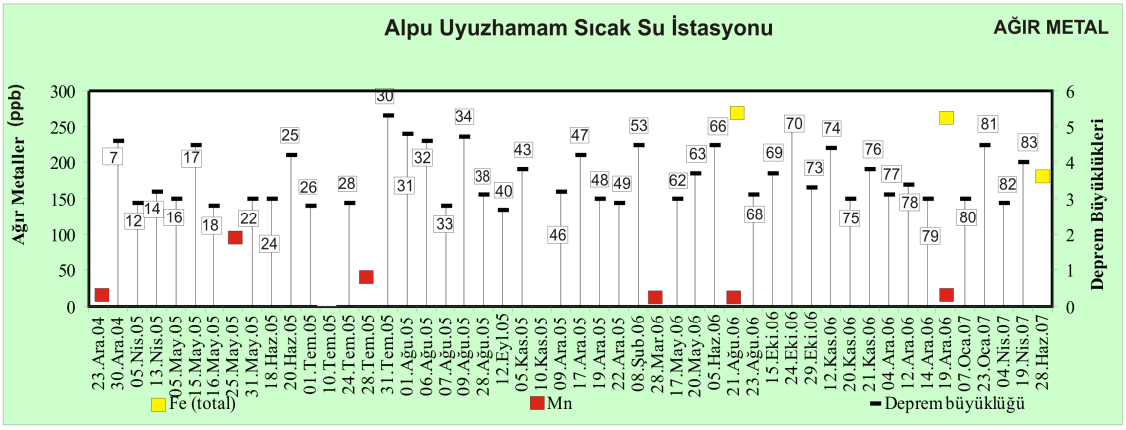
Şekil 4.65d. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği.



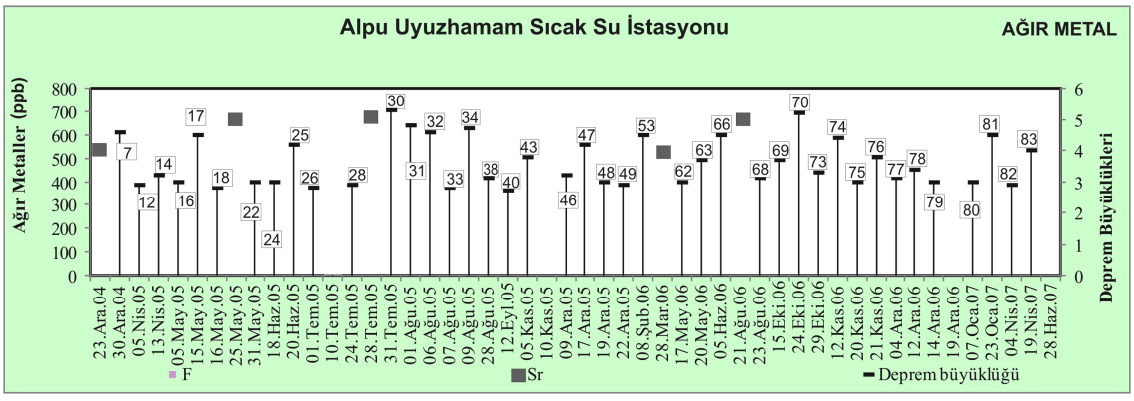
Şekil 4.66a. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği.



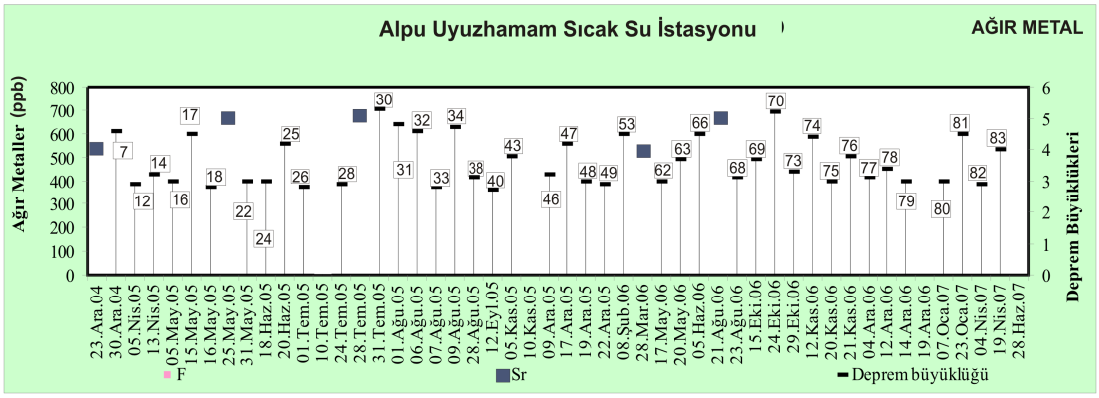
Şekil 4.66b. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği.



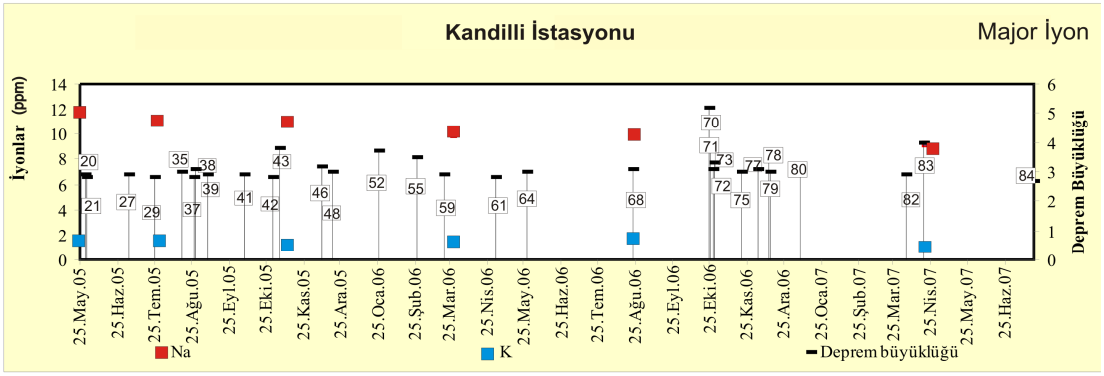
Şekil 4.66c. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği.



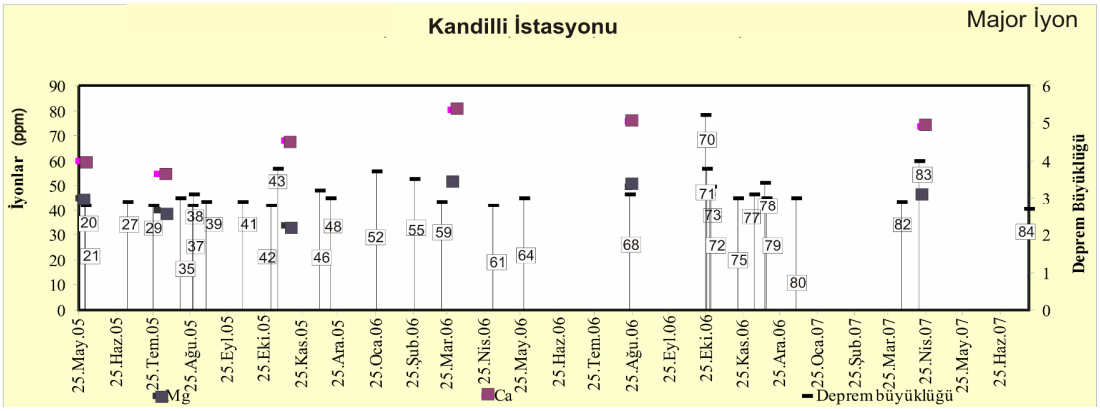
Şekil 4.66d. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği



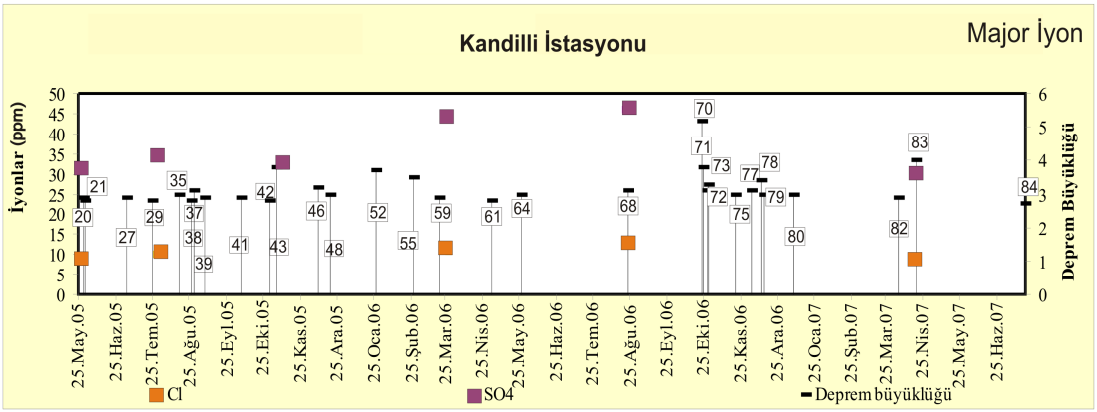
Şekil 4.66e. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği.



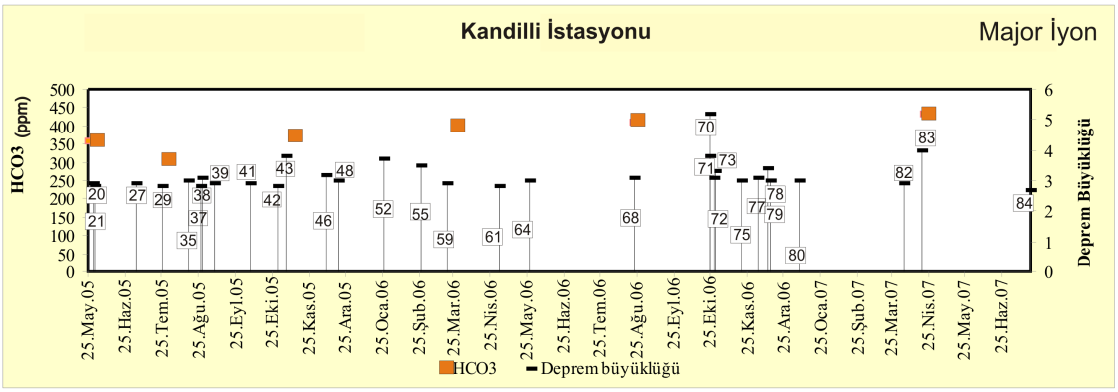
Şekil 4.67a. Kandilli istasyonununa ait major iyonun (Na, K) zamana karşı değişim grafiği.



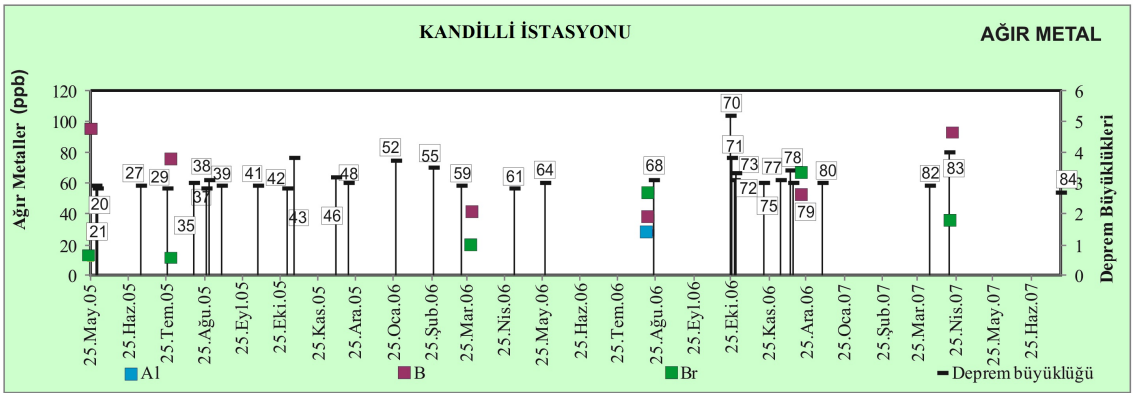
Şekil 4.67b. Kandilli istasyonuna ait major iyonun (Mg, Ca) zamana karşı değişim grafiği.



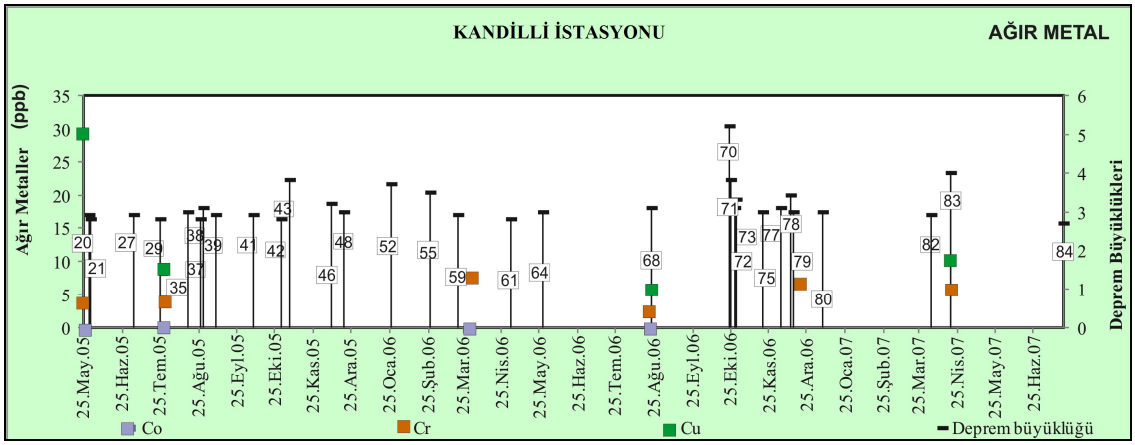
Şekil 4.67c. Kandilli istasyonuna ait major iyonun (Cl, SO_4) zamana karşı değişim grafiği.



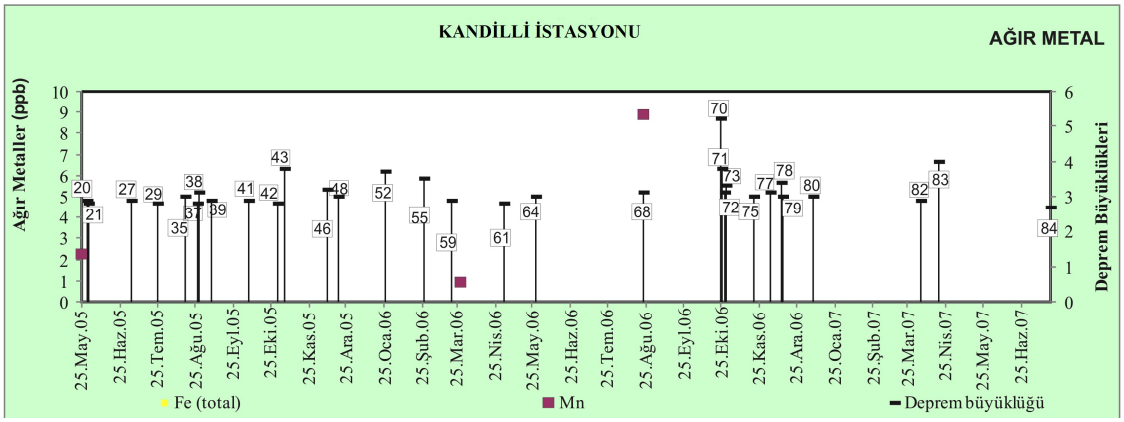
Şekil 4.67d. Kandilli istasyonuna ait major iyon (HCO_3) zamana karşı değişim grafiği.



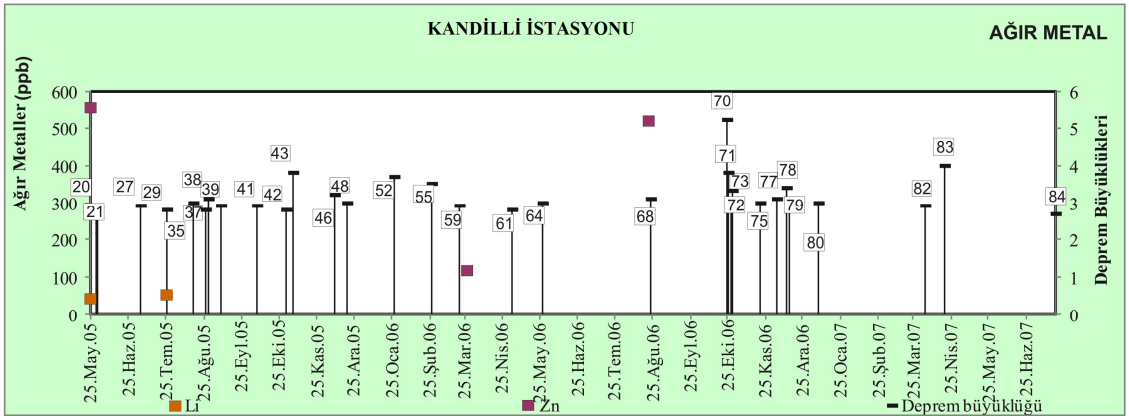
Şekil 4.68a. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Al, B, Br) zamana karşı değişim grafiği.



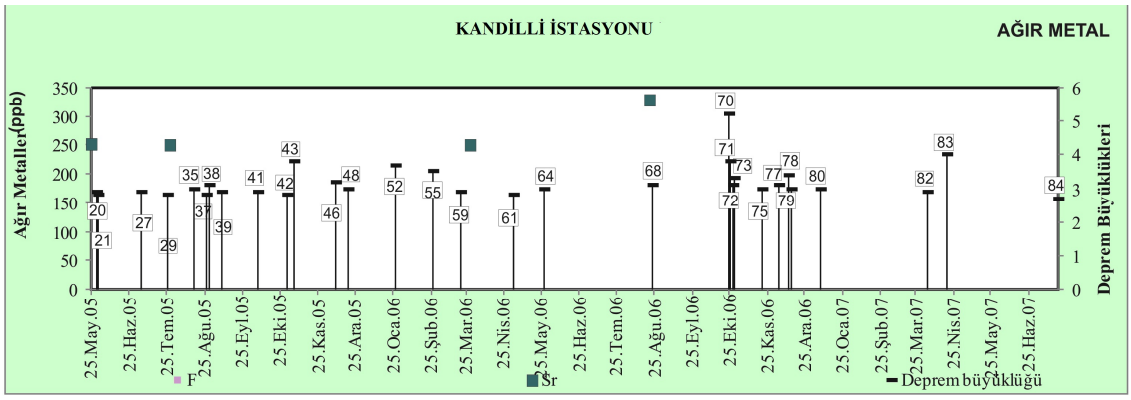
Şekil 4.68b. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Co, Cr, Cu) zamana karşı değişim grafiği.



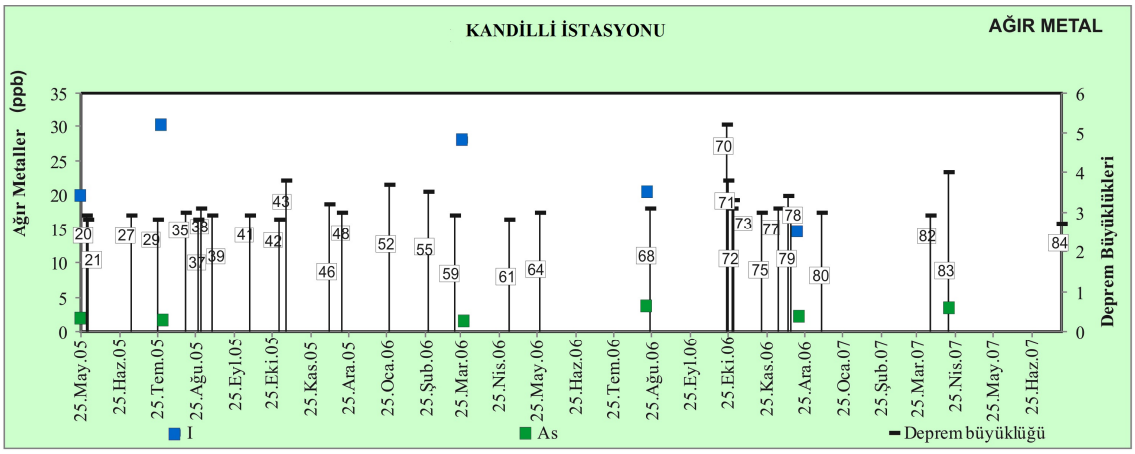
Şekil 4.68c. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Fe, Mn) zamana karşı değişim grafiği.



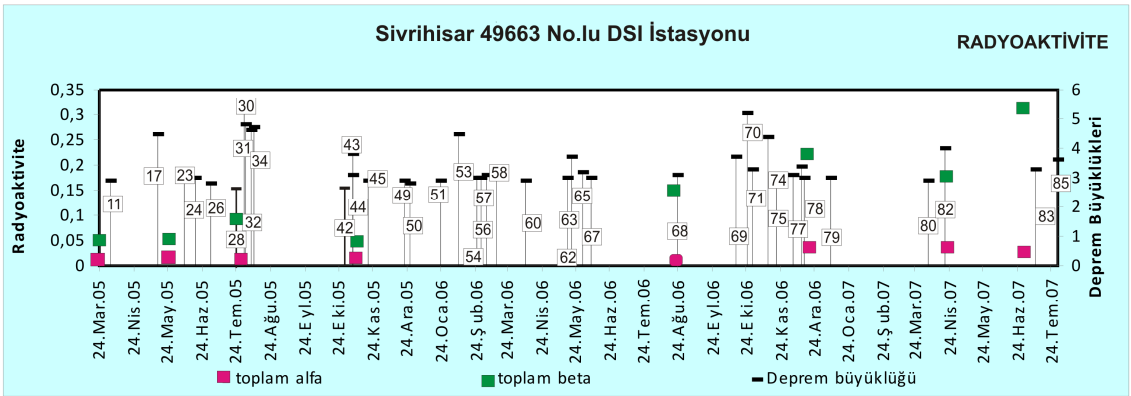
Şekil 4.68d. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (Li, Zn) zamana karşı değişim grafiği.



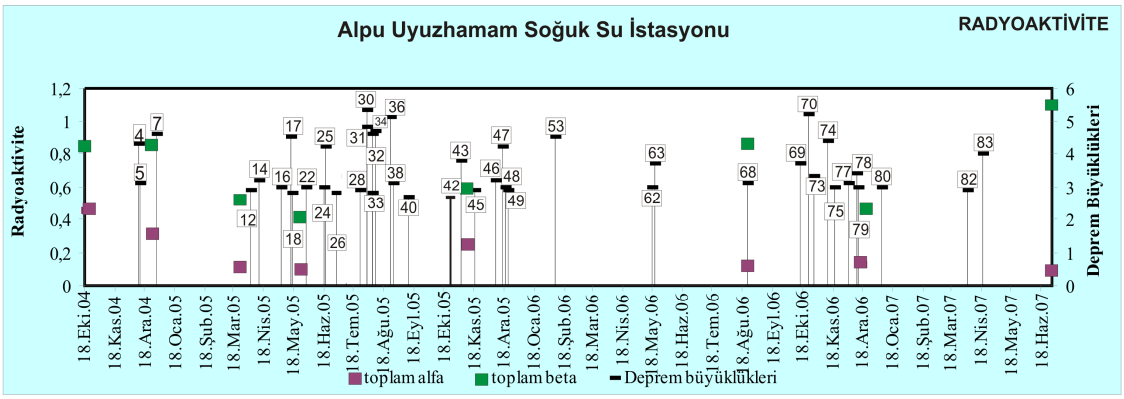
Şekil 4.68e. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (F, Sr) zamana karşı değişim grafiği.



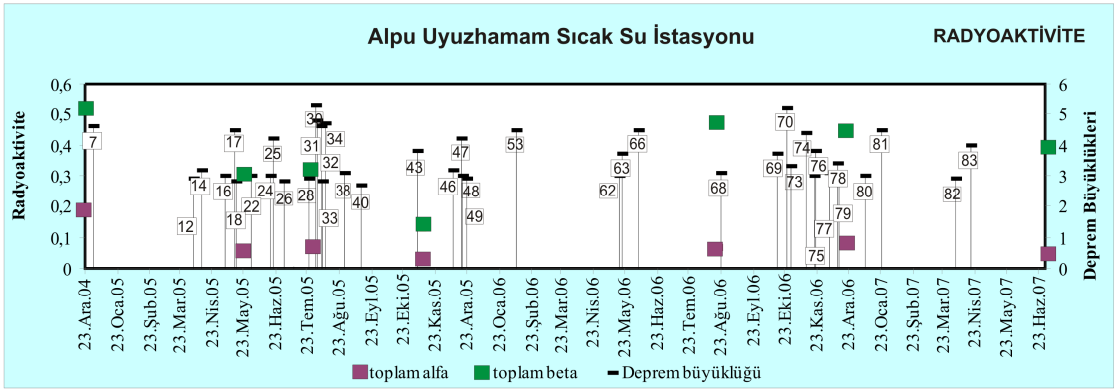
Şekil 4.68f. Kandilli istasyonuna ait ağır metallerin (I, As) zamana karşı değişim grafiği.



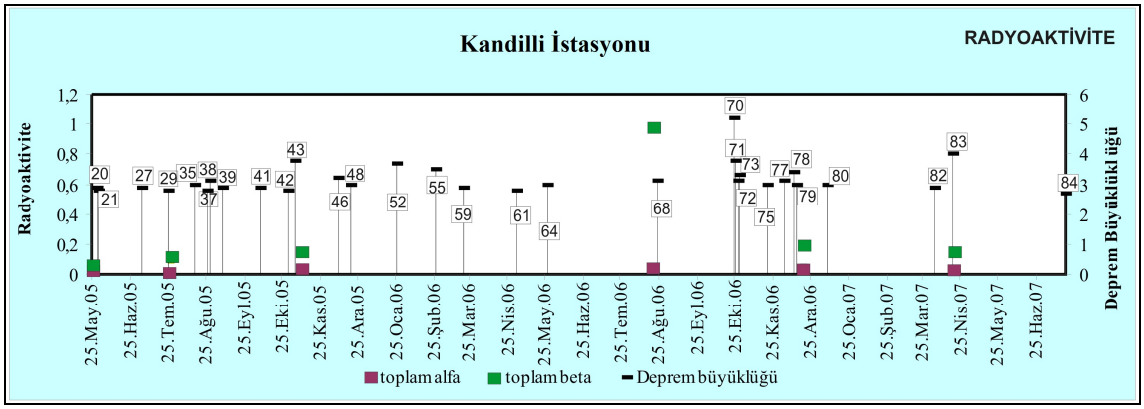
Şekil 4.69. Sivrihisar istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği.



Şekil 4.70. Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği.



Şekil 4.71. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği.



Şekil 4.72. Kandilli istasyonuna ait radyoaktivitenin (toplam alfa, toplam beta) zamana karşı değişim grafiği.

4.2. Genel Sonuçlar

- Bu tez çalışması kapsamında öncelikle, istasyonların yer aldığı bölgelerin tektoniği, jeolojisi, hidrolojisi özetlenmiş, bölgelere ait kuyu logları çizilmiştir. Ayrıca, yeraltısuyu seviye haritaları çizilerek, yağışlı ve kurak dönemler için yeraltısuyu akım yönleri belirlenmiştir. Çizilen yeraltısuyu seviye haritalarına göre Kandili, Uyuzhamam soğuksu kuyusu, Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonlarında yeraltısuyu akım yönü istasyonlara doğrudur. Sivrihisar istasyonunun bulunduğu bölgede ise yeraltısuyu seviyesi yüksektir. Bu bölgede fazla çekim olmadığından yeraltısuyu seviyesinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

- İstasyon yerleri ve istasyonlarda ölçülecek parametreler literatür incelemeleri ve arazi çalışmaları sonucunda belirlenmiş, dört adet (İnönü-Kandilli, Sivrihisar, Alpu-Uyuzhamam sıcaksu kaynağı, Alpu-Uyuzhamam soğuksu kuyusu) çoklu parametre gözlem istasyonu kurulmuştur.

- Verilen değerlendirilmesiyle anomali olabileceği düşünülen parametreler Çizelge 4.2' de görüldüğü gibi Kandilli istasyonunda Yunak, Kütahya ve Eskişehir depremlerinde (2, 42, 43, 44, 45, 46, 47 ve 48 numaralı depremler ile) radon-barometrik basınç, Kütahya ve Eskişehir depremlerinde (36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 numaralı depremler ile) EC – su sıcaklığı, Kütahya depemleri ile (38, 39, 40, 41, 42 numaralı depremler ile) CO_2, Dodurga depremi (12 numaralı) ile Rn-CO_2, Kütahya depremi ile (36 numaralı) su sıcaklığı–CO_2, Uyuzhamam sıcaksu kaynağı istasyonunda Seyitgazi ve Konya depremleri ile (6, 8, 10 nolu depremler) redoks – su sıcaklığı, Kütahya (36 numaralı) depremi ile radon – CO_2; Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonunda Alpu (18 numaralı) depremi ile sıra dışı değişimler izlenmiştir.

- İstasyonlarda ölçülen verilerden elde edilen sinyal zaman grafikleri, eğim zaman grafiklerine dönüştürülmüş ve depremler ile etkileşimleri incelenmiştir. Bu dönüşüm için öncelikle sinyal Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) ile sensör ve çevre

etkilerinden temizlenmiş, üzerine sabit aralıklı eğim analizi ile eğim zaman grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler incelendiğinde ise Kandilli istasyonunda deprem anında ve depremler öncesinde radon gazında azalış, deprem anında CO_2 gazında ve su sıcaklığında artış; Uyuzhamam sıcaksu kaynağında deprem öncesi ve deprem anında radon gazında azalış; Uyuzhamam soğuksu kuyusunda ise deprem oluş zamanında radon gazında ve redoks potansiyelinde azalış görülmektedir. Özellikle Kandilli istasyonunda farklı zamanlardaki depremler ile aynı davranış izlenmiştir.

- İzlenen değişimler sonucunda Kandilli istasyonunda yaklaşık 5 - 15 km (5-11.9 km) derinlikli, episantra uzaklığı ortalama 120 km (16.5-183.6 km), büyüklüğü 2.9 ile 5 arasında değişen, Uyuzhamam sıcaksu kaynağında yaklaşık 5- 10 km (5.4- 10.5) derinlikli, episantra uzaklığı ortalama 110 km (38.84 – 193.81 km), büyüklüğü 3.1-3.8 arasında değişen, Uyuzhamam soğuksu kuyusu istasyonunda 17.7 km derinlikli, episantra uzaklığı 27 km, büyüklüğü 2.5 olan depremlerin etkili olduğu görülmüştür.

- Her ne kadar anomali olabileceği düşünülen değişimler gözlenmiş ise de (Çizelge 4.2) söz konusu gözlemlerin güvenirliği açısından aynı yerde deprem tekrarı durumunda aynı parametre değişimlerinin gözlenmesinin daha doğru olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Kandilli istasyonunda farklı zamanlarda meydana gelen depremlerde radon–barometrik basınç parametre çiftinde değişimler tekrarlanmıştır. Bu değişimlerde eğim zaman grafiklerinde görülmüştür.

- Su kimyası analiz sonuçları değerlendirildiğinde, suların kimyasında Sismisite ile olabilecek bir anomali gözlenmemiştir. Uyuzhamam sıcaksu kaynağı ve Kandilli istasyonu $CaMgHCO_3$, Uyuzhamam soğuksu kuyusu $CaNaHCO_3$, Sivrihisar istasyonunun ise $CaHCO_3$'lı sular sınıfında yeralmaktadır. İzotop verileri değerlendirildiğinde sular küresel meteorik su hattı üzerinde yer alıp, köken açısından meteorik sulardır.

4.3. Çıkarımlar ve Öneriler

- Bu tür çalışmalarda istasyonlardan alınan verilerin yorumlanması için sinyallerin temizlenmesi ve eğim grafiklerine dönüştürülmesi önemlidir. İstasyonlardan alınan verilerin direkt kullanılarak yorumlanması göz yanılmalarından dolayı yanlış sonuçlara götüreceğinden mümkün değildir. Nitekim bu çalışmada öncelikle istasyonlardan elde edilen verilere ait grafiklerde ±2σ değeri ile anomali olabilecek noktalar tespit edilmiş, daha sonra Eskişehir merkez olmak üzere merkeze uzaklığı 500 km olan tüm depremlere ilişkin olarak, her istasyonun merkez üssüne olan uzaklığı (D) ve deprem büyüklüğünün üssel değeri (10^M) belirlenmiş, $10^M/D^2$ değerleri, yani her bir depremin o istasyondaki etki değeri hesaplanmıştır. Her bir istasyondaki etki değeri 0.35'ten büyük olan depremler ve bölgenin tektoniği ile ilgili havzalarda meydana gelen depremler seçilerek, depremler ile grafikler örtüştürülmüştür. Depremler ile örtüşen anomali noktaları için çizilen sinyal zaman grafiği, eğim zaman grafiğine dönüştürülerek analiz edilmiştir. Bu dönüşümlerde sinyal zaman grafiği üzerindeki sensör ve çevre etkileri FFT analizi ile elimine edilmiş, temizlenmiş, olası anomali bölgeleri üzerine eğim analizi yapılarak, depremler ile ilişkileri gözlenmiştir.

- Çalışma boyunca en fazla değişim fay segmentine yakın olan Kandilli istasyonunda gözlenmiştir. Yapılacak benzer çalışmalarda bu durum dikkate alınmalıdır.

- İstasyonlarda elektrik kesintisi ve diğer arızalar dışında 15 dakika aralıklar ile veriler elde edilmiştir. Bu veriler ileride bölgede yapılabilecek çalışmalara temel oluşturabilecektir.

- Yoğun emek ve sürekli takip gerektiren, bu tür çalışmalarda güvenilir sonuçların elde edilmesi, tektonik açıdan aktif alanlara kurulacak izleme istasyonlarının uzun süreli, kesintisiz veriler sağlayabilecek nitelikte olması

önerilir. Ayrıca öngörülemeyen sorunlara kısa sürede çözüm üretecek kapasitede hızlı bir ekibin ve bütçenin olması önemli bir husustur.

5. KAYNAKLAR DİZİNİ

Al-Hilal, M., 1998, Sbeinati, R. M and Darawcheh, R., Radon Variations and Microearthquakes in Western Syria.Appl. Radiat. Isot. Vol.49, No 1-2, 117-123.

Alp, H., Akıncı, Ç., Albora, M., 2008, Jeofizik Uygulamalarda Fourıer Ve Dalgacık Dönüşümlerinin Karşılaştırılması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 4, sayı 1, 67-76.

Altunel, E., Barka, A., 1998, Eskişehir Fay Zonunun İnönü-Sultandere Arasında Neotektonik Aktivitesi, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Ankara, Cilt: 41, No: 2, 41-52.

Amoruso, A., Crescentini, L., Marelli, A., Plastino, W., Bella, F., Scarpa, R., 2000, Strain Data, Groundwater, Geochemistry and Seismic Records During a Slow Earthquake Sequence in Central Italy in 1997. AGU-Fall Meeting, , San Francisco, 892.

Arabelos, D., Asteriadis, G., Contadakis, M., Zioutas, G., Xu, D., Zhang, C., Zheng, B., 2001, The Use of an Outlier Detecting Method in Time Series of Continuous Daily Measurements of Underground Water Level and Temperature in Earthquake Prediction Investigation, Elsevier Science B.V. Techtonophysics 338, 315-323.

Aslan, S., Bakoğlu., M., Ayberk, S., Başaran, E., 2003, Depremin Yeraltı Sularına Etkisinin İncelenmesi, Deprem Sempozyumu, , Kocaeli, 561-568.

Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. ve Şengör, A.M.C., 1995, The İsparta angle: its importance in the neotectonics of the eastern Mediterranean region. IESCA-1995 Proceedings.

Balderer, W., Leuenberger, F., Synal, A.A., Yalçın, T., Süner, F., Stichler, W., 2003, Isotope Investigations of thermal water systems in Western Turkey as bench mark systems of changing conditions due to human and tectonic influences. Final Report of the period June 1999 to March 2003, IAEA Coordinated Research Project, Zurich, No:10730/RO, 1-79.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Belin, B., Yalçın, T., Suner, F., Bozkurtoğlu, E., Gelir, A., Güven, H., 2002, Earthquake- related chemical and radyoactivity changes of thermal water in Kuzuluk-Adapazarı, Turkey. Journal of Environmental Radyoactivity, Elsevier.

Biçer, A., Mumcu, N., Dirik, M., Atalay, E., 1977, Eskişehir – Alpu Ovası DSİ Hidrojeolojik Etüt Raporu, Ankara.

Bozkurt, E., 2001, Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodinam. Acta, 14, 3–30.

Chia, Y.P., Wang, Y.S., Huang, C.C., Chen, J.S., Wu, H.P., 2002, Coseismic changes of groundwater level in response to the 1999 Chi–Chi earthquake. West Pacific Earth Sci. 2, 261–272.

Churikov, V., Hiroshi, I., 2000, Some Results of Tilt and Strain Observation by Borehole Instruments in Tono, Central Japan, AGU-Fall Meeting, , San Francisco, 892 p.

Claesson L., Skelton, A., Graham, C., Dietl, C., Mörth, M., Torssander, P., Kockum, 2004, Hydrochemical Changes Before and After a Mojor Earthquake, Geological Society of America, 641-644.

Cotta, B., Schaller, J., Wıttwer, W., Gırard, H., 1860, Briefe ueber Alexander von Humboldt's Cosmos, 4. Theil, Leipzig, 419 p.

Das, N. K., Choudhury, H., Bhandari, R. K., Ghose, D., Sen, P., Sinha, B., 2006, Continuous Monitoring of ^{222}Rn and İts Progeny at A Remote Station for Seismic Hazard Surveillance, 41, 634-637.

De Leeuw, G.A.M., Hilton, D.R., Güleç, N., Mutlu, H., 2010, Regional and temporal variations in CO2/3He, 3He/4He and 13C along the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Applied Geochemistry, 25, 524-539.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Demirbilek, M. ve Mutlu, H., 2011, Tavşanlı zonu (Günyüzü, Sivrihisar, Kaymaz) granitoyidlerinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri: Bildiriler, 64. Türkiye Jeoloji Kongresi, 25-29 Nisan 2011, Ankara.

Demiroğlu, M., Eskişehir – Sivrihisar – Günyüzü Havzası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası, 2008, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Dobrovolsky, I.P., Zubkov, S.I., Miachkin, V.I, Estimation of the Size of Earthquake Preparation Zones, Pure Appl. Geophys., 117, 1025-1044, (1979).

Esen, E., Yakal, M., Gökçen, M., Mumcu, N., Türkman, M., Dirik, M., Atalay, E., 1975 Eskişehir and İnönü Plains. DSI. Hydrogelogical Investigation Report, 49 p.

Esen, E., Atalay, E., 1978, Yukarı Sakarya Havzası DSİ. Hidrojeolojik Etüt Raporu.

Fulton., P., Haris, R., Safer, D., Brodsky, E., 2009. Does Hydrologic Circulation Mask Frictional Heat on Faults after Large Earthquakes? Journal Of Geophysıcal Research, VOL. 115, B09402, doi:10.1029/2009JB007103, 1-13.

Ghosh, D., Deb, A., Sengupta, R., Bera, S., Sahoo, S.R., Haldar, S., Patra, K.K., 2010, Comparative study of seismic surveillance on radon in active and non-active tectonic zone of West Bengal, India, Radiation Measurments, 46, 365-370.

Görür, Ş., 2006, Çevresel Radyoaktivite İle Bu Çevrede Yaşayanlara Ait Diş Örneklerindeki Radyoaktivite Arasındaki İlişkinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Gözler, M.Z., Cevher, F., Ergül, E., Asutay H. J., 1977, Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi, MTA, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Grecksch, G., 1999, Analyses and Inter-pretation of Well Level Changes Induced by The Roermond Earthquake of April, 1992. PhD Thesis, University of Bonn, Verlag. ISBN 3-8265-6117-1, 132 p.

Gupta S.K. and Deshpande R, D., 2003, Dissolved helium and TDS in groundwater from Blavnagar in Gujanat: Unrelated to seismic events between August 2000 and January 2001. Indian Acod. Sci. (Earth Planet Sci) 112, No:1,51-60, India.

Hartman , J., Levy, J., 2006, The influence of seismotectonics on precursory changes in groundwater composition for the 1995 Kobe earthquake, Japan, Hydrogeology Journal, Vol:14, No:8, 1307- 1318.

Hauksson, E., Goddard, J. G., 1981, Radon Earthquake Precursor Studies in Iceland, J. Geophys. Res., 86, 7073-7054.

Heincke, J. and Koch, U., 2000, Slug Flow-APossible Explanation for Hydrogeochemical Earthquake Precursors at Bad Brambach, Germany, Pure and Applied Geophysics, 157, 1621-1641.

Hsu, K.C. and Tung, C.C, 2005, On Estimating the Earthquake-Induced Changes in Hydrogeological Properties of the Choshuishi Alluvial Fan, Taiwan. Hydrogeology Journal, Vol: 13, Number 3, 467-480.

Italiano, F.,Caracausi, A., Favara, R., Innocenzi, P, Martinelli, G., 2005, Geochemical monitoring of cold waters during sesimicity: implications for earthquake-induced modification in shallow aquifers. TAO, Vol. 16, No:4, 709-729.

İnan, S., Ertekin, K., Seyis, C., Şimşek, Ş., Kulak, F., Dikbaş, A., Tan, O., Ergintav, S., Çakmak, R., Yörük, A., Çergel, M., Yakan, H., Karakuş, H., Saatçılar, R., Akçığ, Z., İravul, Y., and Tüzel, B., 2010, Multi-Disciplinary Earthquake Researches in Western Turkey: Hints to Select Sites to Study Geochemical Transients Associated to Seismicity, 767-813.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

İnan, S., Pabuçcu, Z., Kulak, F., Ergintav, S., Tatar, O., Altunel, E., Akyüz, S., Tan, O., Seyis, C., Çakmak, R., Saatçılar, R., Eyidoğan, H., 2012, Microplate Boundaries As Obstacles to Pre-Erathquake Strain Transfer in Western Turkey: Inferences From Continuous Geochemical Monitoring.

İnan, S., Balderer, P., West, F., Yakan, H., Özvan, A., Freund, F., 2012, Springwater chemical anomalies prior to the Mw=7 Van Earthquake (Turkey), Geochemical Journal, Vol. 46, e11- e16.

İnceoz, M., Baykara, O., Aksoy, E., Dogru, M., 2005, Measurements of soil gas radon in active fault systems: a case study along the North and East Anatolian fault systems in Turkey. Radiat. Meas. 41 (3), 349–353.

Kırmızıtaş, H., 2000, Depremlerin Yeraltısuyu Seviyelerinde Meydana Getirdiği Değişiklikler, 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara,116-117.

King, C. Y., 1978, Radon Emanation on San Andreas Fault, Nature Volume 271, 516-519.

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.

Koçyiğit, A., 2000, Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel Sayı:5, Aksaray, 1-25.

Kulalı, F., 2009, Topraktaki radon konsantrasyonu ölçümü ve deprem ilişkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kuo, T., Lin, C., Fan, K., Chang, G., Lewis, C., Han, Y., Wu, Y., Chen, W., Tsai, C., 2009, Radon Anomalies Precursory to The 2003 M_w=6.8 Chengkung and 2006 M_w=6.1 Taitung Earthquakes in Taivan, 44, 295-299.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Miklavcic, I., Radolic, V., Vukavic, B., Poje, M., Varga, M., Stanic D., Planinic, J., 2008, Radon Anomaly in Soil Gas As An Earthquake Precursor, 66, 1459-1466.

Mutlu, H., Sarıiz, K., 2000, 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi Sonrası Yöre Sıcak Sularının Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri, ATAG-3 Toplantısı Makaleler, Sivas, 1-5

Nishizawa, S., Igarashi, G., Sano, Y., Shoto, E., Tasaka, S., Sasaki, Y., 1998, Radon, Cl^- and SO_4^{-2} Anomalies in Hot Spring Water Associated With The 1995 Earthquake Swarm off The East Coast of the IZU Peninsula, Central Japan, Applied Geochemistry, Vol.13, 89-94.

Ocakoğlu, F., 2007, A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 31, 91-103.

Ölmez, E., Yücel, B., 1985, Eskişehir ve Yöresinin Jeotermal Enerji Olanakları. MTA Raporu, No: 7798, 28 s., Ankara.

Ramirez, , G. A., Taran, A. Y., Bernard, R., Cienfuegos, E., Morales, P., 2005, Variations in the Cl, SO_4, δD and $\delta^{18}O$ in water from thermal springs near Acapulco, Guerrero, Mexico, related to sesimic activity. TAO, Vol. 16, No:4, 731-743,

Roeloffs, E., 1988, Hydrologic Precursors to Earthquakes: A Review, Pageoph, Vol.126, No: 2-4, 177-209, USA.

Roeloffs, E., 2000, The Parkfield, California Earthquake Experiment: An Update in 2000. Current Science, Vol. 79, No: 9. 1226-1236, USA.

Roeloffs, E., Sneed, M., Galloway, D.L., Sorey, M.L., Farrar, C.D., Howle, J.F., Hughes, J., 2003, Water-level changes induced by local and distant earthquakes at long Valley Caldera, California. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Vol: 127, 269-803. Elsevier.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Süer, S., 2004, Monitoring of geochemical and ısotopic compositons of geothermal waters along the North Anatolian Fault Zone, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Sbson, H.R., 1990, Condition for Fault-Value Behaviour Deformation, Mechanism, Rheology and Tectonics, Geological Society Special Publication, No: 54, 15-28.

Süer, S., Güleç, N., Mutlu, H., Hilton, D. R., Çifter, C., Sayın, M., 2008, Geochemical Monitoring of Geothermal Waters (2002-2004) along the North Anatolian Fault Zone, Turkey: Spatial and temporal Variations and Relationship to Seismic Activity, Pure and Applied Geophysics, 165, 17-43.

Süer, S., 2010, Büyük Menderes grabeninin doğu kesimindeki sismik etkinliğin jeokimyasal olarak izlenmesi ve jeotermal sahaların asal gaz karakterizasyonu, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 253 s.

Steril, T., Balcazar, M., Oeser, V, 2002, EPDS- A Multiparameter Measuring System To Earthquake Research, Geofisical International Vol.41, Num 3, 289-293,

Sykes, L.R., 1996, Intermediate-and-long-term earthquake prediction, Proc. Notl. Acod. ci.Vol:93, 3732-3739, USA.

Şaroğlu, F., Emre, Ö and Kuşçu, I., 1992, Active Fault Map of Turkey, General Directorate of Mineral Research.

Şimşek, Ş., Yıldırım, N., 2000, Geothermal activity at 17 August an 12 November 1999 Estern Marmara Earthquake Region, Turkey. IGA Meeting 6-7 March 2000, 1-9.

Tabban, A., 1979, Deprem ve Sorunları, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 4., s.104-112. DSİ Matbaası, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tedesco, D., Scarsi, P., 1999, Chemical (He, H_2, CH_4, Ne, Ar, N_2) and isotopic isotopic (He,Ne,Ar,C) variations at the Solfata (Southern Italy): mixing of different sources in relation to seismic activity. Earth and Planetary Science Letters. Vol: 171, 465-480.

Teng, T.L., Sun, L.F., 1986, Research on Groundwater Radon as a Fluid Phase Precursor to Earthquakes, Journal of Geophysical Research, Vol. 91, No. B12, 12305-12313, USA, (1986).

Tezcan, L., Doğdu, N., ve Kırmızıtaş, H., 2000, Sismik Aktivitelere Bağlı Yeraltısuyu Seviye Değişimleri, 53. Türkiye Jeoloji kurultayı, 21-25 Şubat 2000, Bildiri Özleri, 164 -165.

Uludağ, İ., 2010, Radon Kirliliği ve Halk Sağlığı İlişkisi, Ege üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Bitirme Tezi.

Uysal, H. H., 2007, Eskişehir – Alpu Ovası Su Sondaj Verilerinin CBS Kullanılarak Yorumlanması, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Ünlü, F., 1998, Adana-Osmaniye-Hatay Bölgeleri 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan (M=6.4) Depremi Sonrası Su Kimyası Çalışmaları (Yayımlanmamış),

Ünlü, F., 2000, Türk-Alman İşbirliği Depremlerinin Önceden Kestirilmesi (Çoklu Parametre İstasyonları) 17 Ağustos 1999 depremi Sonrası Sıcak ve Mineralli Sularda Yapılan Araştırmalar, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu, BİB, AD, Ankara, 79-85.

Virk, H.S., Walia, V., 2001, Helium/radon precursory signals of Chamoli Earthquake, India. Radiation Measurements. Vol: 34, 379-384.

Walia, V., Virk, H.S., Yang, F.T., Mahajan, S., 2005, Earthquake studies using radon as a precursory in N-W Himalayas, India: A case study. TAO, Vol. 16, No: 4,. 775-804.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wakita, H., 1981, Precursory Changes In Groundwater Prior to The 1978 IZU-Oshima-Kinkai Earthquake, AGU- Earthquake Prediction An International Review, Maurice Ewing Series 4, 527-532, USA.

Wakita, H., 1996, Geochemical challenge to earthquake prediction. Proc. Natl. Acad. Sci. 93, 3781- 3786.

Woith, H., Wang, R., Mılkereıt, C., Zschau, J., Maıwald, U., Pekdeğer,A.,2003, Heterogenous responce of hydrogeological systems to the Izmit and Düzce (Turkey) earthquakes of 1999. Hydrogeology Journal 11, 113–121.

Woith, H., Pekdeğer, A.,Matthess, G., Enge, W., 1998, The Turkish-German Project on Earthquake Research-Radon, Radon In Ground, Air and Groundwater.http://www.gfz-potsdam.de/pb2/pb21/index_e.html (unpublished)

Wood, M., 1993, Neohydrotectonics, Z. Geomorph. N.E., Suppl.-Bd. 94, Berlin-Stuttgart, 1993, 275-284.

www.docstoc.com

Yaltırak, C., Yalçın, T., Bozkrutoğlu, E., Kırmızıtaş, H., 2001, Deprem önceden tahmin edilebilir mi ? 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremleri öncesi gerçekleşen sığ deformasyonlar ve etkileri örneği, ATAG-5 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 5. Toplantısı Bildiri Özleri, Ankara Üniversitesi, 18-19.

Yaltırak, C., Yalçın, T.,Yüce, G., Bozkurtoğlu, E., 2005, Water-Level Changes in Shallow Wells Before and After the 1999 İzmit and Düzce Earthquakes and Comparison with Long-Term Water-Level Observations (1999–2004), NW Turkey, Turkish J. Earth Sci., 14, 281-309.

Yang, T. F., 2008, Recent progress in the application of gasgeochemistry: examples from Taiwan and the 9th InternationalGas Geochemistry Conference. Geofluids 8, 219–229.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yaprak, G., Candan, O., Gür, F., Batmaz, İ., Cangöz, B., 2003, Aktif Gediz Grabeninde Yeralan Alaşehir/Manisa Yöresinde Tektonik Aktiviteye Dayalı Radon Anomalilerinin İncelenmesi, VIII. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 15- 17 Ekim 2003, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Yüce, G., Kuran, U., Gördük, S., 2001, Yeraltısuyu Seviye Değişimleri ile Depremler Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Eskişehir Civarı Gözlemler, ATAG-5: Aktif Tektonik Araştırma Grubu 5. Toplantısı Bildiri Özetleri, Ankara, 2001, 37-38.

Yüce, G., Pınarbaşı, A., Özçelik, Ş., 2002, Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Kirliliğinin İncelenmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 2001/28.

Yuce, G., Ugurluoglu, D., 2003, Earthquake dates and water level changes in Wells in the Eskisehir region, Turkey. Hydrol. Earth Syst. Sci. 7, 777–781 (technical note).

Yuce, G., Streil, T., Nadar, N., Yalcin, T., Yaltirak, C., Oeser, V., Ugurluoglu, Y.D., 2007, Multiparameter Hydrogeological Monitoring in Eskisehir region (Turkey) to analyze any precursors derived from earthquakes, International Gas Geochemistry Conference (ICGG9), 01-08 October2007, Taipei, Taiwan,

Yuce, G., Ugurluoglu, Y.D., Nadar, N., Yalcin, H.T., Yaltirak, C., Streil, T., Oeser, V., 2010, Monitoring of earthquake precursors by multi-parameter stations in Eskisehir Region (Turkey), Applied Geochemistry, Vol:25, no: 4, 572-579.

Zmazek, B., Italiano, F., Zivcic, M., Vaupotic, J., Kobal, I., Martinelli, G., 2002, Geocehmical Monitoring of Thermal Waters in Slovenia: Relationships to Seismic Activity. Applied Radiation and Isotopes, Vol:57, 919-930, (2002).

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Eskişehir'de doğdu. İlköğrenimini Eskişehir Yunusemre ilkokulunda, orta ve lise öğrenimini Eskişehir Özel Yakındoğu Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Haziran 2004'te aynı üniversitede yüksek lisansını tamamladı. Aralık 2003'te Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı üniversitede görevine devam etmektedir.