

Gaz Ölçümleri İle Örtülü Kırık Zonlarının Belirlenmesi:
Güzelburç Kırığı, Antakya

Ahmet Hilmi Gülbay

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs 2015

The Determination of Buried Fissure Zones with Gas Measurements:
The Güzelburç Fissure, Antakya

Ahmet Hilmi Gülbay

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geology Engineering

May 2015

Gaz Ölçümleri İle Örtülü Kırık Zonlarının Belirlenmesi:
Güzelburç Kırığı Antakya

Ahmet Hilmi Gülbay

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Galip YÜCE
111Y090'nolu TÜBİTAK Projesi tarafından desteklenmiştir.
Mayıs 2015

ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Ahmet Hilmi Gülbay'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Amik Ovası (Hatay) Güneyinin Su ve Gaz Jeokimyasıyla Hidrojeolojik ve Tektonik Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Galip Yüce

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Galip Yüce

Üye : Prof. Dr. Fuat Bora Rojay

Üye : Prof. Dr. Halim Mutlu

Üye : Doç. Dr. Volkan Karabacak

Üye : Yrd. Doç. Dr. Didem Yasin

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

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Galip YÜCE danışmanlığında hazırlamış olduğum “Gaz Ölçümleri İle Örtülü Kırık Zonlarının Belirlenmesi: Güzelburç Kırığı, Antakya” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.
10.06.2015

Ahmet Hilmi GÜLBAY

İmza

ÖZET

Bu Yüksek Lisans tez çalışması, Türkiye'nin güneyinde, Hatay ilinin Antakya ilçesine bağlı Güzelburç ve Maşuklu beldelerinde, 2004 yılında oluşmaya başlayan ve gelişimi 2014 yılında pik yapan Güzelburç kırığı üzerinde ve çevresinde yapılan gaz ölçümleri hakkındadır.

Çalışma kapsamında kırık çevresinde 117 lokasyonda radon (Rn), karbondioksit konsantrasyon (CO₂ kons.) ve karbondioksit akış (CO₂ flux) gaz ölçümleri yapılmıştır. Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak seçilen ölçüm noktaları arazide kontrol edilerek uygun şekilde modifiye edilmiştir. Bölgede 2012-2014 yılları arasında yapılan gaz ölçümleri, Rn konsantrasyon değerleri 1- 95 kBeq/m³, CO₂ konsantrasyon değerleri 2,500- 28,500 ppm ve CO₂ akış değerlerinin 1.61- 60.91 g/(m²gün⁻¹) arasında değiştiği ortaya koymuştur. Elde edilen bu sonuçlar kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programı ile yoğunluk haritaları oluşturulmuştur.

Ayrıca 2012 ve 2014 yıllarında aynı lokasyonlarda tekrarlanan gaz ölçümleri ile zamansal gaz değişimi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte CO₂ gazının kökeninin belirlenmesi için İtalya Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) laboratuvarında δ¹³C analizleri yaptırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Radon, CO₂ akış ve konsantrasyon, toprak gazları, örtülü fay tespiti

SUMMARY

This study has been prepared as a MSc. Thesis and it is about the gas measurements at the Güzelburç fissure which have been seen firstly in 2004 and have deteriorated in 2014 near Güzelburç and Maşuklu areas in Antakya, Hatay.

Radon (Rn), CO₂ concentration, and CO₂ flux measurements have been conducted at 117 locations parallel and crossing to the fissure in the study. Soil gas measurement points selected by remote sensing techniques were suitably modified by on-site controls. Based on the in-situ Radon (Rn) measurements, Rn concentrations varied between 1 and 95 kBeq/m³, CO₂ concentrations changed between 2.500 and 28.500 ppm, and CO₂ flux values were between 1.61 and 60.91 g/(m²/day) according to the gas measurements which were conducted between 2012 and 2014. The concentration distribution maps of radon and CO₂, as well as CO₂ flux were drawn using Geographical Information System (GIS) software.

Furthermore, the variation of soil gas concentration values in time was analyzed by the repeated measurements between 2012 and 2014. Also, δ¹³C isotope values of soil gas samples, collected from the points which have higher Rn and CO₂, were analyzed in Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) laboratory in order to determine the origin of the CO₂ gas.

Key words: Radon, CO₂ flux and CO₂ concentration, soil gas, buried faults.

TEŞEKKÜRLER

Tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Galip Yüce'ye;

Tezimin geliştirme aşamalarında benden bilgi ve yardımlarını eksik etmeyen değerli hocam Yard. Doç. Dr. Didem Yasin'e;

Arazi çalışmalarında büyük yardımları dokunan Prof. Dr. Frank Yang (Merhum), Dr. Francesco Italiano, Dr. Walter D'Alessandro, Dr. Ching-Chou Fu, Chun-Wei Lai ve Yüksek Lisans öğrencisi Onur Çelikleş'a teşekkür ederim.

Bu süreçte maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen dayım Dursun Ali Yağcı ve ailesine sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması 111Y090'nolu TÜBİTAK-COST Projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜRLER.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı	1
1.2.Çalışma Alanının Tanıtılması.....	1
1.2.1.Çalışma alanının konumu	1
1.2.2.Sıcaklık ve Yağış.....	2
1.2.3.Akarsular.....	3
1.3. Bölgenin depremselliği.....	3
1.4. Genel Bilgiler.....	6
1.4.1.Radon Nedir?	6
1.4.2.Karbondioksit Nedir?.....	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
2.1. Bölgenin tektoniği ile ilgili yapılmış çalışmalar	9
2.2. Toprak gazları ile ilgili yapılmış çalışmalar	10
3. BÖLGENİN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ	13
3.1. Bölgenin Jeolojisi.....	13
3.2. Bölgenin Tektonik Özellikleri	15
3.2.1.Ölü Deniz Fayı (ÖDF).....	15
3.2.2.Doğu Anadolu Fayı (DAF)	15
3.2.3.Kıbrıs Yayı (KY).....	16
3.2.4.Karasu Fayı (KF).....	16
3.2.5.Antakya-Samandağ Koridoru (Antakya Grabeni)	16

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

4.	BÖLGENİN HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ.....	19
	4.1.1.Yüzey Suları.....	19
	4.1.2.Yeraltı Suları.....	22
5.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
5.1.	Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar ve Ekipmanlar.....	23
	5.1.1.GEO-RTM 2128 Radon Ölçüm Cihazı ve Çalışma Prensibi.....	23
	5.1.2.West Sistem CO ₂ Ölçüm Cihazı ve Çalışma Prensibi.....	24
	5.1.3.Düdüklü-Işıklı Metre Su Seviye Ölçüm Cihazı ve Çalışma Prensibi.....	25
	5.1.4.Ekipmanlar.....	25
5.2.	Ölçümlerde kullanılan yöntem.....	27
	5.2.1.Ölçüm Noktası İçin Yer Seçimi.....	27
	5.2.2.Rn, CO ₂ akış ve CO ₂ Konsantrasyon Ölçüm Metodu.....	28
	5.2.3.δ ¹³ C analizi için örnek alım metodu.....	34
6.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
6.1.	Güzelburç kırığı.....	35
6.2.	Güzelburç kırığı civarındaki hidrolik yük dağılımı.....	39
6.3.	Güzelburç kırığı çevresindeki gaz ölçümleri.....	40
6.4.	Güzelburç kırığı üzerinde ve yakınlarında yapılan δ ¹³ C izotop ölçümleri.....	53
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
8.	KAYNAKÇA.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.	2
1.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü Resmi İnternet sayfasından alınmıştır)	3
1.3. Khair, vd. (2000)'ne göre ÖDF'nin kuzey kesimlerinde tarihsel yıkıcı depremler daha fazladır (Karabacak, 2007).	5
1.4. Uranyum bozunma serisi (USGS).	6
1.5. Oratamlardaki radon miktarı (1 beq = 27 picocurie) (USGS).	8
3.1. Çalışma alanı jeolojik kesiti (Line 2) (Karabacak vd., 2010'dan değiştirilmiştir).	14
3.2. Bölgenin tektonik haritası (Yüce, vd., 2014).	17
3.3. ÖDF, DAF ve KY haritası (Karabacak, 2013'den değiştirilmiştir).	18
4.1. Bölgenin havza haritası (Karataş ve Korkmaz, 2012'den değiştirilmiştir).	21
5.1. GEO-RTM 2128 Radon Ölçüm Cihazı.	23
5.2. CO ₂ akış ve CO ₂ konsantrasyon ölçüm cihazı.	24
5.3. Düdüklü ve ışıklı metre su seviye ölçüm cihazı.	25
5.4. Arazi çalışmalarında kullanılan diğer ekipmanlar (a:konik uç, b: elektronik pompa, c: demir çubuk, d: çekiç, e: el pompası, f: tadler bag (örnek poşeti).	26
5.5. Üzeri farklı türde topraklarla kapatılmış tek veya dallanmış fay zonlarının anomalilerinin dağılım şekli. (A) ve (D) yüksek gözenekli kumdan dolayı genellikle çok net anomali gösterir. Buna karşın (B) ve (E) düşük porpziteli çamurlu topraktan dolayı daha az anomaliler gösterir. (C) ve (F) altta fay olmasına rağmen tanelerden dolayı hava ile temas eden gazın konsantrasyonu düşer (Fu, vd., 2005).	27
5.6. Konik ucun demir çubuk ile kullanımı.	28
5.7. İçi boş demir çubuğun ölçüm noktasına çakılması.	29
5.8. Gaz gelişi olup olmadığının kontrol edilmesi.	29
5.9. GEO-RTM 2128 cihazından verilerin aktarılması.	30
5.10. Arazide CO ₂ akış ölçümü yapılırken.	32
5.11. Arazi çalışmasında CO ₂ konsantrasyon ölçümü yapılırken.	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.12. CO ₂ akış ölçümlerinde karbondioksiti toplamak için kullanılan ekipman.....	33
5.13. Arazi çalışmaları sırasında $\delta^{13}\text{C}$ analizi için gaz örneği alımı.	34
6.1. Güzelburç kırığının haritası.	36
6.2. Arazi çalışmaları sırasında rastlanılan hasarlı yapılardan bazılarının yerleri.	37
6.3. Kırık üzerinde inşa edilmiş yapılarda görülen hasarlar.	38
6.4. YAS seviyesi ölçümü yapılırken.	39
6.5. YAS seviyesi ölçülen kuyuların lokasyonlarını gösteren harita.	40
6.6. Arazi çalışmasında toprak gazı ölçümleri yapılan lokasyonlar.	44
6.7. Güzelburç kırığı üzerinde gaz çıkışı düşük olan kırık zonu ölçüm noktası.	45
6.8. Rn dağılım haritası.	46
6.9. CO ₂ konsantrasyon dağılım haritası.	47
6.10. CO ₂ akış dağılım haritası.	48
6.11. Dağılım haritalarındaki gaz anomali türleri (Ciotoli, vd., 2007).	49
6.12. Tekrarlanan ölçüm noktalarının lokasyonları.	50
6.13. G-2 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.	51
6.14. G-11 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.	51
6.15. G-58 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.	52
6.16. G-59 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.	52
6.17. Topraktan alınan serbest gaz lokasyonları.	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Hatay’da meydana gelmiş tarihi depremler	4
5.1. Ölçüm yapılan kuyu bilgileri.	39
5.2. CO ₂ konsantrasyon, Rn ve CO ₂ akış ölçüm değerleri.	41
5.3. Tekrarlanan gaz ölçüm noktalarının bilgileri.	50
5.4. Yapılan serbest gaz analiz sonuçları.	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- CO₂ : Karbondioksit
DAF : Doğu Anadolu Fayı
Ha : Hektar
He : Helyum
IDW : Inverse Distance Weight
INGV : Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
KF : Karasu Fayı
Km :Kilometre
Kons. : Konsantrasyon
KY : Kıbrıs Yayı
Lt : Litre
Mm : Milimetre
M.Ö. : Milattan önce
N₂ : Nitrojen
ÖDF : Ölü Deniz Fayı
Ra : Radyum
Rn : Radon
USGS : U.S. Geological Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma)

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

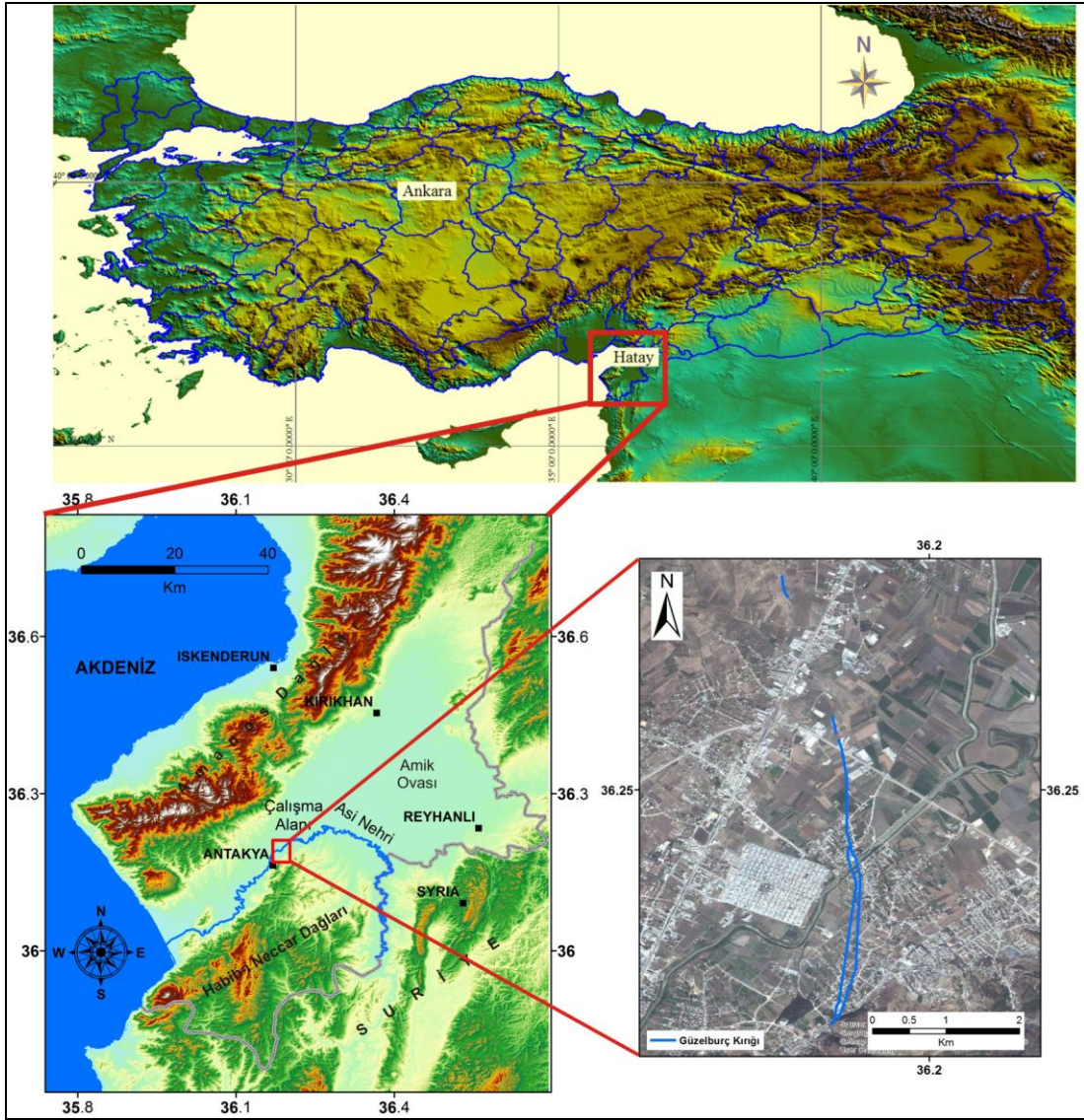
Çalışmanın amacı, tektonik olarak aktif olan Hatay'ın (Antakya) Güzelburç ve Maşuklu Beldelerinde çökmeden dolayı meydana gelen kırıkların toprak gazı ölçümleri ile ilişkilerini belirlemektir. Bu amaç kapsamında Güzelburç ve Maşuklu beldelerinde toprakta radon (Rn), karbondioksit akış (CO₂ flux) ve karbondioksit konsantrasyon (CO₂) gaz ölçümleri yapılarak kırıkların gazlar ile ilişkisi ve varsa kırıkların gömülü olan kısımlarının yerinin tespit edilmesine çalışılmıştır. Rn ve CO₂ kökeni daha çok yer altı olduğundan dolayı kırık ve fayları yüzeye çıkış yolu olarak kullanır ve yüzeye ulaşır. Ölçülen Rn ve CO₂ gazlarının çizgisel olarak yoğunluk gösterdiği yerler kırık ve fayları işaret eder.

Ayrıca yüksek gaz konsantrasyonuna sahip bazı noktalardan CO₂'in kökenini saptamaya yönelik olarak karbon-13 (¹³C) analizleri için gaz örnekleri alınmıştır ve İtalya'daki Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) laboratuvarında analizleri yaptırılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

1.2.1. Çalışma alanının konumu

Çalışma alanı, Hatay ili, Antakya ilçesi, Amik Ovası'nın güneyinde yer almaktadır.(Şekil 1.1). Hatay ülkemizin güneyinde, İskenderun körfezinin doğu kıyılarında yer alır. Batıdan Akdeniz, güney ve doğudan Suriye, kuzeybatıdan Adana, kuzeyden Osmaniye ve kuzeydoğudan Gaziantep ile çevrilidir (Hatay Valiliği, 2011). Morfolojik olarak Hatay batıda Amanos Dağları, güneyde Habibi Neccar Dağları bulunmaktadır. Hatayı çevreleyen bu dağların merkezinde Amik Ovası bulunmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2.2. Sıcaklık ve Yağış

Hatay ili, Akdeniz Havzası'nda ve genel anlamda deniz etkisine açık bir konumda olduğu için Akdeniz ikliminin hakimiyet sahası içerisinde yer almaktadır. Yıllık sıcaklık ortalamalarının 15,1-20 °C arasında değiştiği Hatay'da aylık sıcaklık ortalamaları bütün istasyonlarda Ocak ayında en düşük değerleri gösterirken ağustos ayında en yüksek seviyelere ulaşır. Bölgede yıllık ortalama toplam yağış miktarı 562.2–1216.3 mm'ler arasında değişir. Yağışta dikkat çeken bir diğer özellik ise, Dört Yol'un doğusundaki

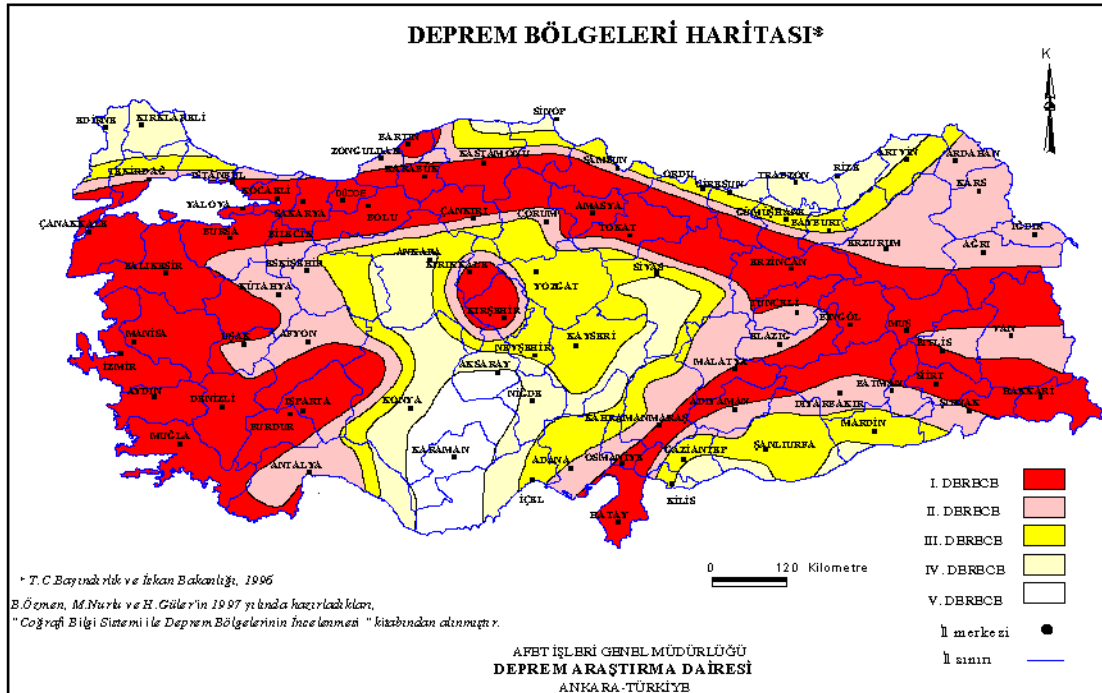
Amanos Dağları'nın denizden gelen hava akımlarına dik uzanış göstermesi ve buna bağlı oluşan orografik yağışlardan dolayı yıllık ortalama 1500 mm civarında yağış almasıdır (Hatay Valiliği, 2011).

1.2.3. Akarsular

Hatay ilinin en önemli akarsuyu, kaynağını Lübnan'daki Bekaa Vadisi'nden alan Asi Nehri'dir. Nehrin toplam uzunluğu 556 km olup, üç ülkeye yayılmış bulunan (Türkiye, Suriye, Lübnan) su toplama alanı ise 20.847 km²'dir. Diğer önemli akarsular ise; Asi Nehri'nin kolları olan Küçükkaracaçay, Büyükkaracaçay, Afrin ve Karasu çaylarıdır .

1.3. Bölgenin depremselliği

Hatay Türkiye'nin birinci derece deprem bölgelerinden biridir (Şekil 1.2) ve M.Ö. 5000 ile 6000 yıllarına dayanan bir tarihi vardır (Demir, 1996; Yener, 1998). Bölgede can kayıpları çok fazla olan birçok tarihi büyük deprem olmuştur (Tablo 1.1).



Şekil 1.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü Resmi İnternet sayfasından alınmıştır)

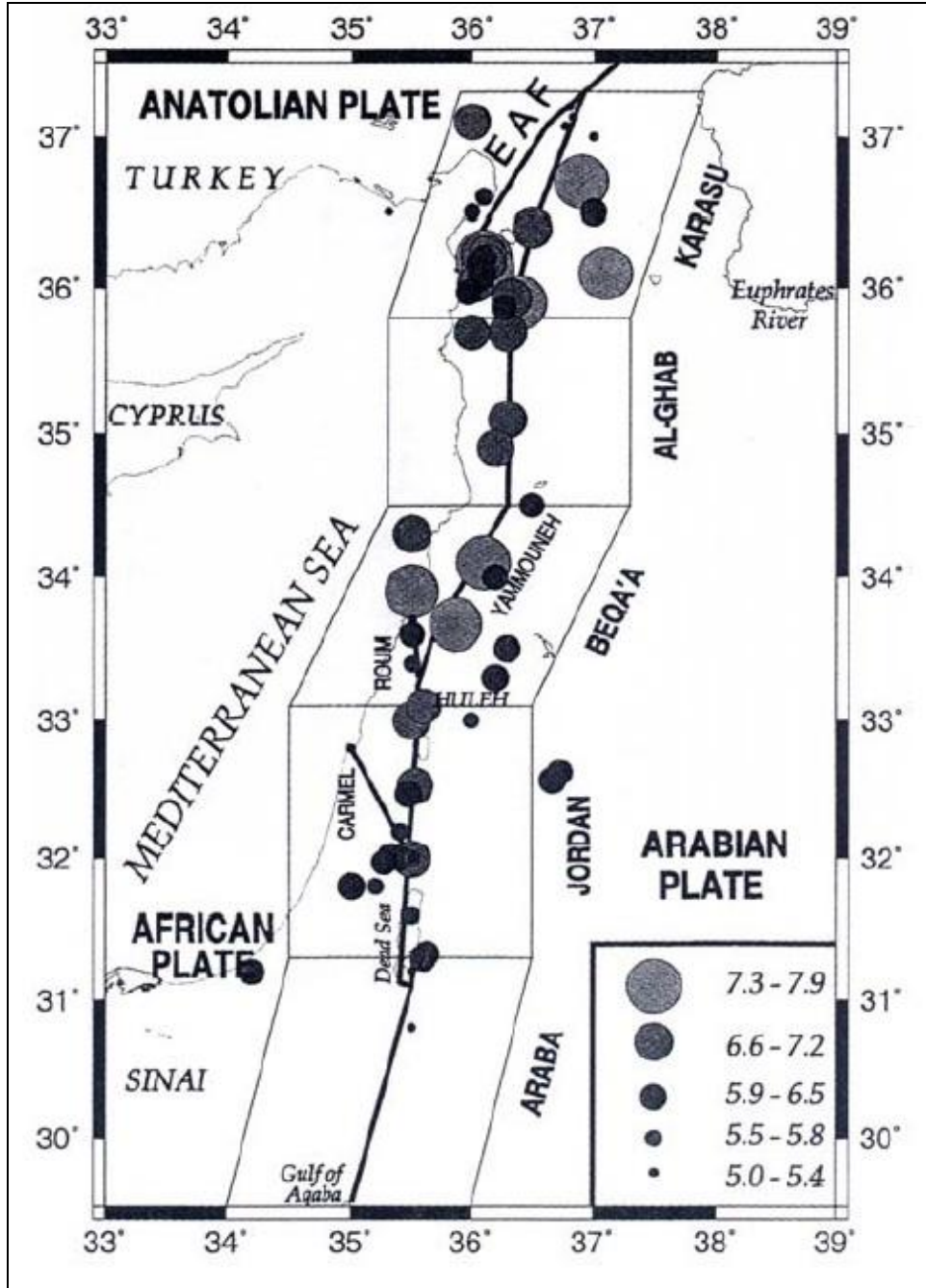
Çizelge 1.1. Hatay’da meydana gelmiş tarihi depremler (Karabacak vd.,2007).

N	Tarih	Enlem (N)- Boylam (E)	Yer	Can Kaybı	I	M	Referanslar
1	MÖ 140 (9) veya 148	36.25-36.10(3)	Antakya, Karasu Vadisi (9)	7	8(3)	7(9)	3, 6, 7, 8, 9
2	MÖ 64 (9) veya 65-66	36.20-36.10(9)	Karasu Vadisi (9)	7	7	7.5(9)	7,8,9
3	Aralık 13 115	36.10-36.10	Antakya, Karasu Vadisi (9)	250000(6)veya 260000(4)	9 , 6 (1)	7.3 (9) , 7.5(4)	I. 3, 4, 6, 7,8,9
4	499 veya 500 (4)	36.20-36.10 37.00-37.00 (4)	Karasu Vadisi, Antakya (4)	7	7	7.2 , 7(4)	4,9
5	Mayıs 29 526 veya 525 (4)	36.25-36.10	Antakya, Samandağ	250000- 300000	9	7(4)	1, 3, 4, 7, 8
6	Kasım29 528 veya 529	36.25-36.10 37.00-38.00 (4) 36.50-36.15(2)	Antakya, Karasu Vadisi (9)	4870	9 , 10- 11 (2)	7.1 (9) , 6.5(4)	1, 2, 3, 4, 7,8,9
7	Eylül 30 587	36.25-36.10	Antakya	60000	9	7	3,7,8
8	Mart 713	36.25-36.10	Antakya, Karasu Vadisi (9)	7	6,9(2)	6.8(9) ,6.5(4)	1,2,4, 7,8,9
9	Nisan 8 859	36.25-36.10	Antakya, Lattakia, Homs, Sergilla, Karasu Vadisi (9,2)	7	9 , 6 (1) , 10-11 (2)	7-7.5 ,7.9(9)	1,2, 3, 7, 8,9,10
10	Temmuz 15 (9) veya Ağustos 1157	35.10-36.30(9)	Apamea, Hama, Aleppo, Ghab Vadisi (9)	7	7	7-7.5 (9,10)	9,10,11
11	Haziran 29 1169 veya 1170(4)	35.90-36.40 36.50- 37.00(4) 36.50- 36.15(2) 34.40-35.80 (3)	MissyaC Shaızar. Homs, Hama, MissyaÇ Karasu Vadisi, Halep (4)	80000	9	-7.5 or 7.4(9)	2, 3, 4,9,10
12	Aralık 29 (9) 1408	35.90-36.30(9) 36.50-36.15(2)	Qalaat Blatnes, West of Aleppo, Lattakia, Karasu Vadisi (9), Antakya (5)	7	10-11 (2)	>7.5, 7.2(9)	2, 5, 9, 10
13	Ağustos 13 1822	36.40-36.20 36.70- 36.90(6,9) 36.00-3650(4)	Antakya, Samandağ (6), Karasu Vadisi (9), İskendrun- Küis (3)	1800- 60000(6), 20000(3)	10 , 9 (3) , 6 (1)	7.4 (6, 9), 7 (4)	1, 3, 4, 6, 9
14	Nisan 2 1872	36.25-36.10	Antakya, Samandağ Amik Gölü (4), Karasu Vadisi (9)	1800(4)	8 , 9(3)	7.2, 6.5(4)	1, 3, 4, 6, 9

(1)Ergin vd., 1967; (2) Poirier ve Taher, 1980; (3) Soysal vd., 1981;(4) Karaki, 1987; (5) Ambraseys ve Melville, 1995; (6) Ambraseys. 1989; (7) Guidoboni vd, 1994; (8) Ambraseys ve White, 1997; (9) Khair vd., 2000; (10) Meghraoui vd., 2003; (11) Guidoboni vd, 2004.

ÖDF'nin kuzey kesimlerinde yani Türkiye'nin güneyinde geç Kuvaterner zamanında ÖDF'nin aktivitesi bölgedeki tarihsel deprem kayıtları ile kendini ortaya koymaktadır. Bu

kayıtları inceleyen birçok araştırmacı (Ergin vd., 1967; Ambraseys, 1989; Ambraseys and Jackson, 1998; Khair, vd., 2000; Guidoboni, vd., 2004), yerleşimin Milattan Önce'ye uzandığı bu bölge ve çevresinde önemli hasarlara neden olmuş çok sayıda yıkıcı depremin varlığından söz etmektedir (Şekil 1.3).



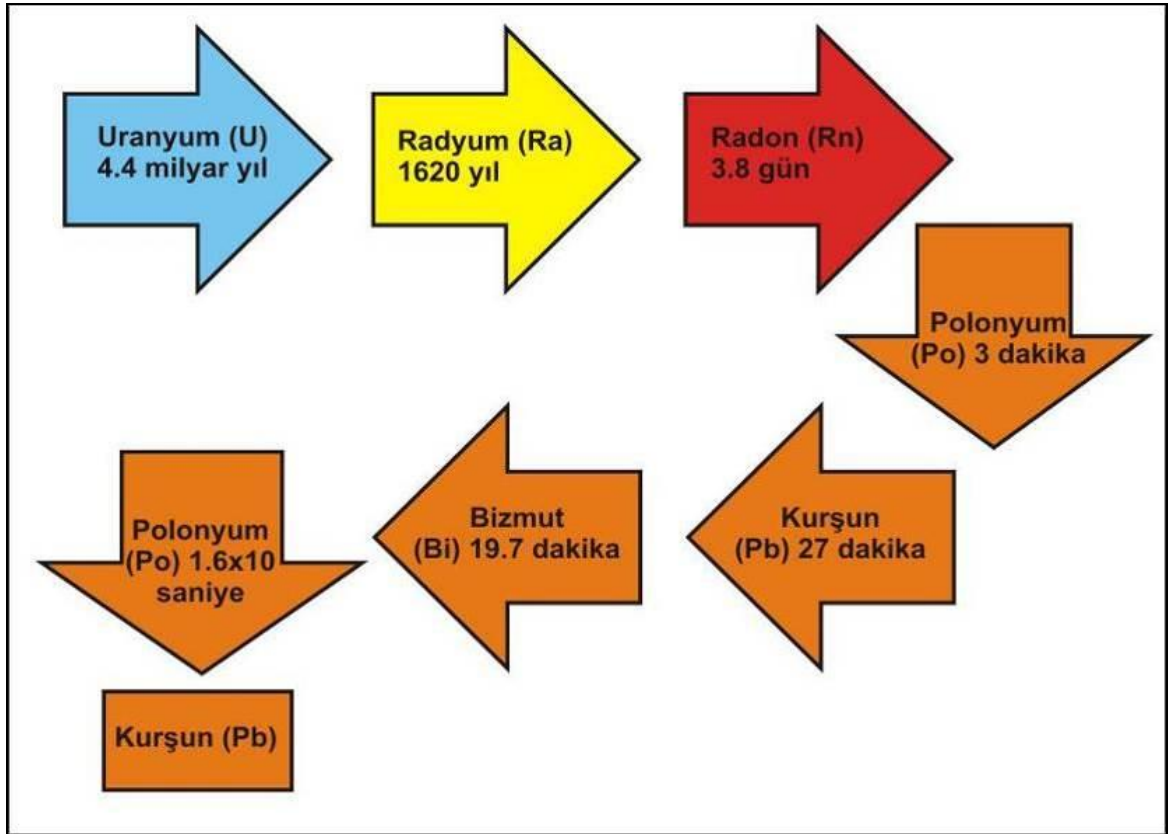
Şekil 1.3. Khair, vd. (2000)'ne göre ÖDF'nın kuzey kesimlerinde tarihsel yıkıcı depremler daha fazladır (Karabacak, 2007).

1.4. Genel Bilgiler

1.4.1. Radon Nedir?

Radon (Rn), periyodik cetvelin 8A grubunda, soygazlar arasında yer alır. Renksiz, kokusuz, tatsız ağır bir gazdır. Yarılanma ömrü 3,85 gündür.

Rn, uranyumdan başlayıp kurşuna kadar ilerleyen radyoaktif bozunma serisinde, radyumun bozunmasından sonra oluşan bir üründür. Bozunma sonucunda kararlı kurşun izotopu oluşur (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Uranyum bozunma serisi (USGS).

Yerkabuğundan atmosfere yayılan Rn miktarı azdır, fakat fay hatlarında, uranyum çökeltilerinde, jeotermal kaynaklarda ve depremler ile Rn miktarında anomaliler gözlenmektedir (Uludağ, 2010; Kulalı, 2009).

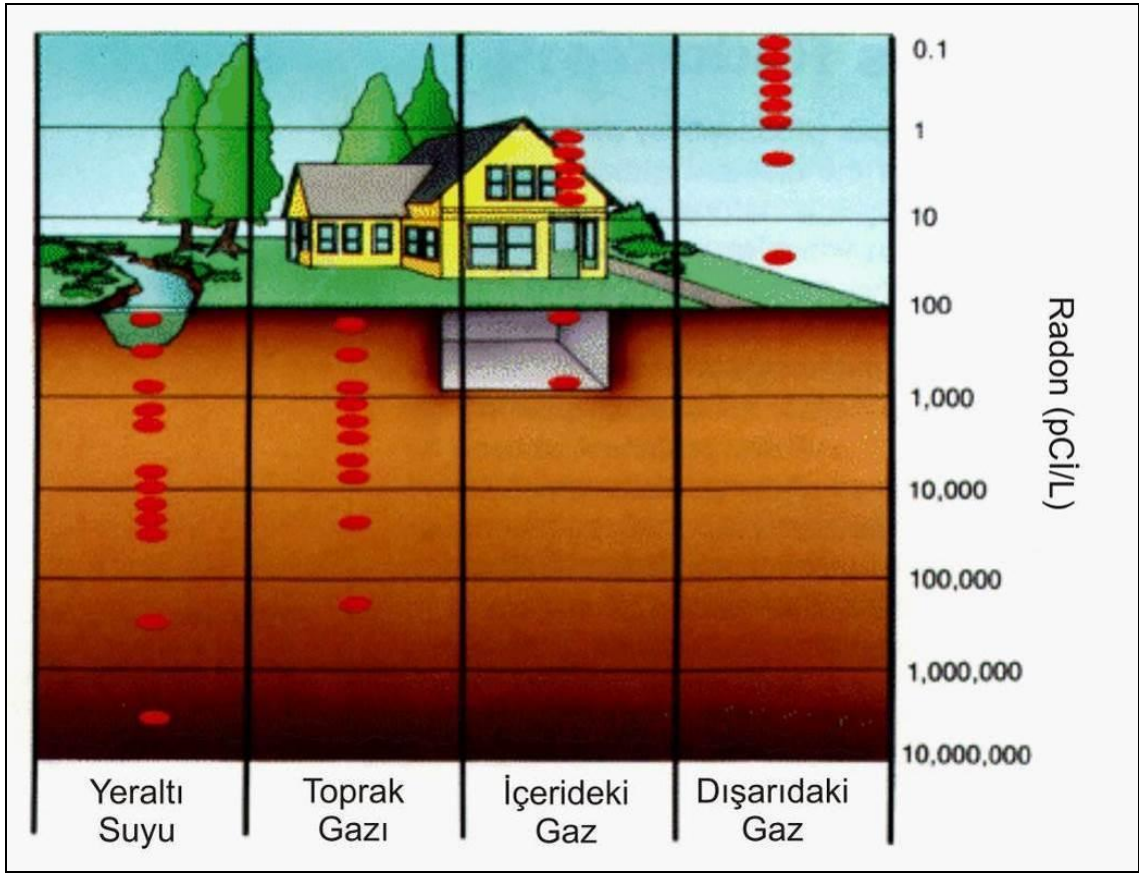
Rn çeşitli ortamlarda farklı miktarlarda bulunmaktadır (Şekil 1.5). Atmosferde 0,1-30 pCi/L, bina içerisindeki havada 1-3.000 pCi/L, toprak gazında 20-100.000 pCi/L, yeraltı sularındaki çözünmüş radon ise 100- ~3 milyon pCi/L 'dir (U.S. Geological Survey, 1995).

Rn toprak nemliliği, hava ve toprak sıcaklığı, barometrik basınç, yağmur (Ioannides, vd., 1996; Fujiyoshi, vd., 2002; Klusman ve Webster, 1981; Klusman ve Jaacks, 1987) ve rüzgar şiddeti ve yönü gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Riley, vd., 1996).

Rn fayları haritalamada (Etiopie and Lombardi, 1995; Ciotoli vd., 1999; Al-Taminmi and Abumurad, 2001; Guerra and Lombardi, 2001; Fu vd., 2005; Walia vd., 2005a) ve deprem tahmin çalışmalarında (Walia vd., 2005b, 2006; Yang vd., 2005, 2006) kullanılan çok yararlı bir gazdır.

Ancak birçok çalışma bize gösteriyor ki Rn uzun mesafeler boyunca göç etmesi yeraltı suyu veya taşıyıcı gazlar (CO_2 , CH_4 , He veya N_2) ile olmaktadır (Etiopie and Martinelli, 2002; Yang vd., 2003; Yüce vd., 2010).

Ayrıca radonun bozunmasıyla oluşan polonyum izotopunun insan vücuduna hava veya su gibi maddelerle girmesi durumunda akciğer zarına zarar vererek akciğer kanserine neden olduğu bilinmektedir (U.S. Geological Survey, 1995).



Şekil 1.5. Oratlardaki radon miktarı (1 beq = 27 picocurie) (USGS).

1.4.2. Karbondioksit Nedir?

Karbondioksit (CO_2) hidrotermal ve volkanik alanlarda bol bulunan gaz olduğu farz edilir. ^{222}Rn ve ^4He gibi düşük hareketlilik, kısa yarılanma ömrü ve çok az konsantrasyondan dolayı yüzeye ulaşamayan asal gazlar için iyi bir taşıyıcı gaz olarak tanımlanabilir (Durrance ve Gregory, 1990; Hermensson, vd., 1991; Etiope ve Lombardi, 1995a). Karbondioksit manto, karbonat kayaçlarının metamorfizması, organik materyalin bozunması ve yüzeysel biyolojik aktiviteler (Irwin ve Barnes, 1980) gibi kaynaklara sahiptir ve fay zonlarındaki CO_2 bu kaynakların bazılarında gelen karbondioksitin karışımıdır (Fu, vd., 2005).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Bölgenin tektoniği ile ilgili yapılmış çalışmalar

Rojay vd. (2001) yaptıkları çalışmada Ölü Deniz ve Doğu Anadolu Fay Zonları arasındaki geçiş zonu olan Karasu Fay Zonunun neotektonik ve volkanik karakteristiklerini belirlemişlerdir. Çalışmada Karasu vadisi boyunca alınan alkali bazaltik el örneklerde K-Ar yaşlandırması yapılmıştır (1.57 ± 0.08 ile 0.05 ± 0.03 milyon yıl). Bu yaşlandırmanın daha önce yapılan yaşlandırmalardan (2.10 ile 0.35 milyon yıl) daha genç olduğu belirlenmiştir. Ayrıca K-Ar yaşlandırması ile 80 000 yaşındaki lavların yer değiştirme miktarı yılda 4.1 mm olarak hesaplanmıştır. DSİ kuyu verilerinden elde edilen loglar yardımı ile nehir, göl ve alkali bazaltik volkanizma seviyeleri de belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen tüm verilerin değerlendirilmesinden ÖDF ve DAF zonları geçiş zonu olan ve 1.57 ± 0.08 ile 0.05 ± 0.03 milyon yıllar arasında Karasu Fay Zonu aktivitesine bazaltik volkanizmanın eşlik ettiği söylenmiştir.

Akyüz, vd., (2006) yaptıkları bu çalışmada Türkiye'nin ana aktif neotektonik yapılarından olan Ölü Deniz Fay Zonu'nun kuzey kesiminin Hacıpaşa Fayı olarak adlandırılan bölümünde morfolojik ve dereler, fay izleri, kapanma sırtı ve lineer diklikler gibi jeolojik kanıtlar haritalamışlardır. Fay araştırması için üç tane trenç açılmıştır. Bu trenç çalışmasından elde edilen veriler ile tarihi üç deprem hakkında kanıtlar sunmuştur. Trenç verileri ile tarihi depremler karşılaştırılmış ve bu depremlerin 859 AD, 1408 ve 1872 olduğu tespit edilmiştir. Arazi belirtileri, paleosismolojik çalışmalar ve tarihi deprem kayıtları Ölü Deniz Fay Zonu'nun kuzey kesimindeki atımın önemli miktarını Hacıpaşa Fayı'nın yaptığı görülmüştür ve bu fayın tekrar hareketinin 506 ± 42 olduğu tespit edilmiştir.

Karabacak, vd., (2010) yaptıkları çalışmada Ölü Deniz Fay Zonunun kuzey kesimini günümüz yeryüzeyi ve yeraltındaki jeolojik kanıtlardan yararlanarak Kuvaterner aktivitesini ve başlangıç yaşını incelemişlerdir. Amik Ovasında kuyu verileri analizleri ve elektrik öz direnç profil incelemeleri göstermiştir ki Amik Ovasında ÖDFZ Pliyosenden

sonra başlamıştır. Karasu Vadisi batı kenarında uzanan Karasu Fay Zonu ÖDFZ ile DAFZ arasındaki atımın önemli miktarını oluşturduğu belirlenmiştir.

Karabacak ve Altunel, (2013) yaptıkları çalışmada, daha önce yapılmış ve kendilerinin arazide yapmış oldukları çalışmalar neticesinde Ölü Deniz Fayı'nın Geç Pliyosen'den önce Antakya-Samandağ Koridoru arasında kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda olduğu ve Geç Pliyosen-Pleistosende ÖDF şu anki yerine geçtiği anlatılmıştır.

2.2. Toprak gazları ile ilgili yapılmış çalışmalar

Kuşçu, vd., (1992) yılında Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca bulunan bazı faylarda uzun süreli ve kısa süreli radon gazı ölçümü yapmışlardır. Yapılan bu ölçümlerde kısa süreli ölçümlerle muhtemel fay yerleri tespit edilmiştir. Uzun süreli ölçümlerde ise mevsimsel farklılıklar belirlenmiştir. Buna göre radon gazı sıcaklıkla çok yakından ilişkilidir.

Ciotoli, vd., (1999) İtalya'nın Ofanta Vadisi'nde jeokimyasal, morfolojik ve kırık analizlerinin bütünü kullanarak killi sedimanlarla dolu alanda gömülü olan fayın yerini tespit etmişlerdir. 100'den fazla toprak gazı örneği radon (Rn), karbondioksit (CO₂) ve helyum (He) analizleri için toplanmıştır. CO₂, He ve Rn değerleri belirli çizgisellikler boyunca anomali göstermiştir. Gaz ölçümlerinin diğer tekniklere göre özellikle killi sedimanlar ile kaplı olan alanlardaki gaz sızıntılarından kırık yerlerinin tespitinde daha etkili olduğu düşünülmüştür.

Guerra ve Lombardi, (2001) Güney İtalya, Pisticci'de 95 km²'lik bir alanda 1991 ve 1993 yıllarında toplamda 400'den fazla toprak gazı örnekleme yapılmıştır. Bu örneklemelemin 1991 yılındaki analiz sonuçları ile 1993 yılındaki analiz sonuçları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda radon ve karbondioksit değerlerinde bir değişim görülmez iken helyumda önemli bir düşüş gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak 1991 yılındaki meydana gelen depremin olduğu kanısına varılmıştır.

Yang, vd., (2003) tarafından Güney Tayvan'da seçilen iki çamur volkanında (Yan-chao (YC) ve Chung-lun (CL)) çoklu gaz ölçümleri yapılmıştır. Çamur volkanlarından CL'deki Rn konsantrasyonu YC'dekinden daha fazla bulunmuştur. Bu farklılığın taşıyıcı gaz farklılığından kaynaklandığı tahmin edilmiştir.

Saç ve Camgöz, (2005) İzmir ve çevresinde meydana gelen sismik hareketler ile Radon gazı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sonuç olarak kurulan istasyonlardan alınan Rn gazı konsantrasyon değeri ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasthanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü sismik verileri arasında pozitif bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

Zmazek, vd., (2005) Slovenya Krsko havzasında bulunan Orlica fayı civarında açılan 3 (60-90 cm) kuyulardan belirli zaman aralıklarında 1999-2002 yılları boyunca Rn ölçümü yapılmıştır. Makalede Rn konsantrasyonlarının çevresel etkilerden ve sismik aktivitelerden nasıl etkilendiği incelenmiştir.

Ramola, vd., (2008) yaptıkları çalışmada Hindistan, Garwal Himalaya'da topraktaki radon gazının sürekli izlenmesinin sonuçlarını sunmaktadır. Meteorolojik ve sismik aktiviteler ile günlük topraktaki radon gazı izlenmesi Hindistan'da bulunan H.N.B. Garhwal University Campus, Tehri Garhwal'daki aynı laboratuvarında yapılmıştır. Meteorolojik parametreler ile radon anomalileri, büyüklüğü 6 ile 2 arasında ve izleme istasyonlarından merkez üssü uzaklığı 16- 250 km olan sismik olaylar için belirgin olarak bulunmuştur. Sonuç olarak Garhwal Himalaya'da topraktaki radon konsantrasyonunun değişimi sismik aktivite ile ilişkili olduğu saptanmıştır.

Kulalı, (2009) Yunanistan'ın Midilli adasında sürekli Rn ölçümü yaparak depremlerle Rn arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sismik hareketler ile Rn arasında bir ilişki saptanmıştır fakat Rn deprem tahmini için tek başına yeterli olmayıp jeolojik veriler ile birlikte değerlendirildiğinde çok daha sağlıklı bilgiler elde edileceği kanısına ulaşılmıştır.

Fu, vd., (2009) Tayvanın doğusunda Longitudinal vadisinde yer alan, Avrasya plakası ve Filipinler deniz plakası sınırının bir parçası olan aktif Chihshang fayı üzerinde çeşitli gaz (He, Rn, CO₂ ve N) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucunda çalışma

alanında oluşan depremlerin gaz artışları ile ilgili olabileceği ve gömülü fayların yerinin tespit edilebileceği düşünülmüştür. Ayrıca gaz konsantrasyonlarının çevresel nedenlerden etkilenebileceği gözlemlenmiştir.

Al-Hilal ve Al-Ali, (2010) yaptıkları çalışmada, Suriye’de bulunan Afamia B barajının altında gömülü olarak bulunan fay kırıklarından su kaçakları gerçekleşmektedir. Bu gömülü kırıkların yerinin tespit edilmesi için 300x300’lük bir alanda 82 noktada radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda sahada iki kırık hattı tespit edilmiştir.

Kop, (2010) yaptığı çalışmada Kahramanmaraş’ta yer alan Sır Barajı’nın altında kalan Hartlap sıcak su kaynağının sondaj ile yüzeye çıkarılmasını konu almıştır. Bu kapsamda yapılan jeolojik gözlemler neticesinde üzeri alüvyun ile kaplı fayın yerini tespit etmek için Radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Yapılan bu ölçümler sonucunda Radon gazının faya yaklaştıkça arttığı görülmüştür. En yüksek radon yoğunluğu olan yeri sondaj kuyu lokasyonu olarak seçmişlerdir ve burada açılan sondajdan yaklaşık 100 lt/sn debi çıkan 37-38 °C sıcaklıkta su bulunmuştur.

Walia, vd., (2010), Tayvan’daki Hsinhua fay çizgisini ve tektonik özelliklerini belirlemek amacıyla Rn, He, CO₂ ve N₂ gazı ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde Rn gazının taşıyıcısı CO₂, He gazının taşıyıcısı ise N₂ olduğu düşünülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki, Hsinhua fayının doğu-kuzeydoğu ve güney-güneybatısı boyunca belirgin gaz anomalilerine rastlanmıştır.

İç hedef, vd., (2013), Bu çalışmada, İzmir-Seferhisar’da Tuzla fayı civarında lokasyon, yatay toprak tabakaları ve büyük toprak gruplarına göre radon gazı konsantrasyonu araştırılması konu alınmıştır. 10 farklı lokasyondan belirli periyotlarla 2009’dan 2011’e kadar yapılan ölçümlere göre; yüzeye yaklaştıkça radon konsantrasyonu meteorolojik faktörlerden dolayı azaldığı ve kolüvyal malzemelerde eğim ve taneli parçalardan dolayı daha fazla radon konsantrasyonu olduğu düşünülmüştür.

3. BÖLGENİN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

3.1. Bölgenin Jeolojisi

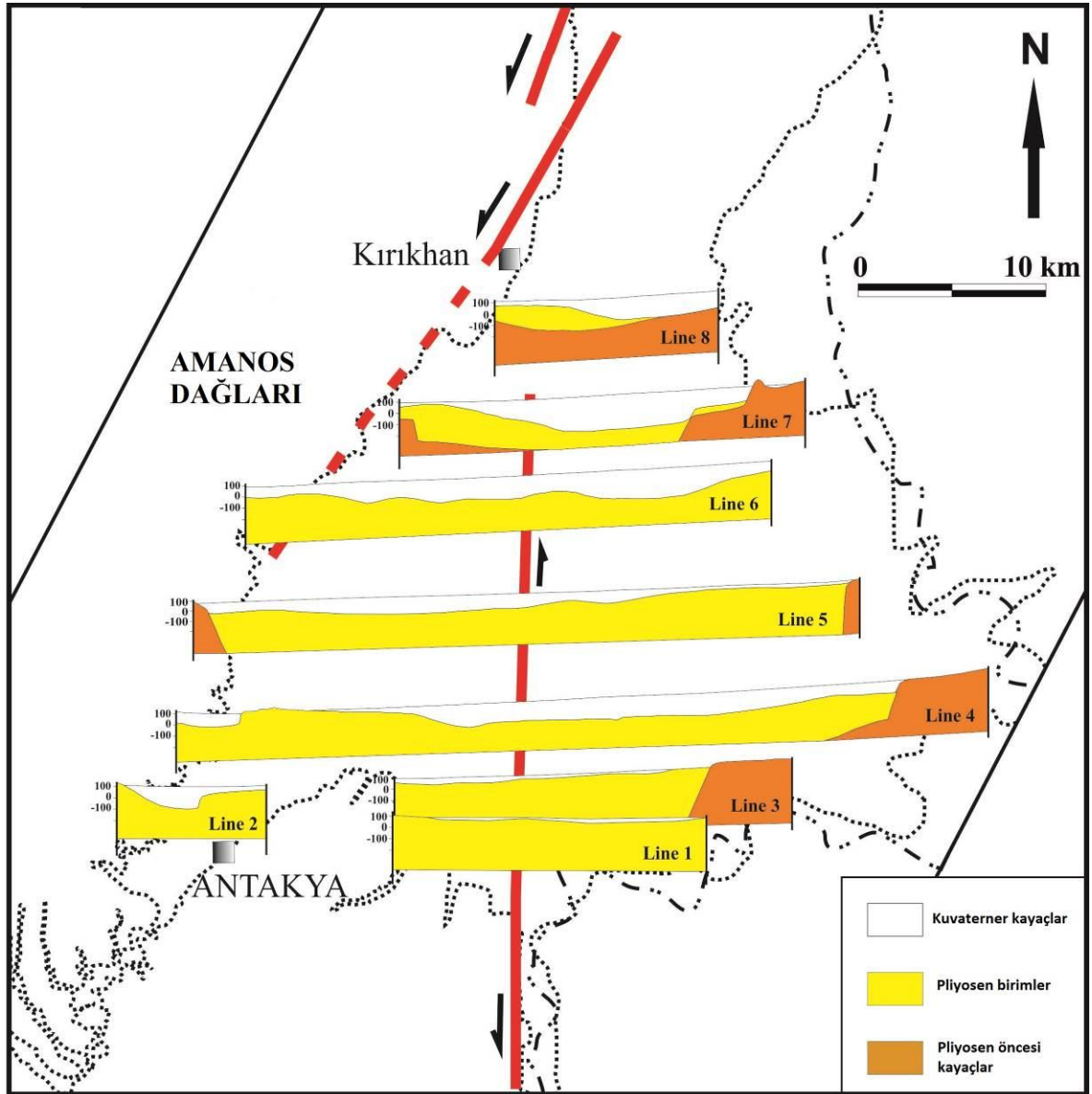
Geç Kretase-Miyosende Arap ve Afrika plakalarının Avrasya plakası ile çarpışması (Şengör ve Yılmaz, 1981) sonucunda Anadolu bloku batı-güneybatıya doğru kaçar (McKenzie, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Hempton, 1987; Barka ve Reilinger, 1997). Bu hareket sonucunda Türkiye neotektonik evreye geçiş yapmıştır. Çalışmanın amacı göz önüne alınarak Pliyosen öncesi kayaçlar basitleştirilerek “Temel Kayaçlar” olarak, Pliyosen kayaçlar ayrı bir birim olarak, Kuvaterner kayaçlar ise volkanik kayaçlar ve alüvyon olarak tanımlanmıştır.

Alanın batısını sınırlayan ve genellikle temel kayaçlardan oluşan Amanos Dağları Geç Kretase ve öncesi çökel istiflerinden (Boulton, vd., 2007), doğusunu sınırlayan Kurt Dağları ise Kretase-Miyosen yaşlı birimlerden oluşmaktadır (Tolun ve Pamir, 1975). İnceleme alanının güney kesiminde yeralan Akra Dağları (Habibi Neccar) ise Kretase yaşlı ofiyolitler ile Paleosen-Miyosen yaşlı kireçtaşlarından oluşmaktadır (Tolun ve Pamir, 1975; Boulton, vd., 2007).

Pliyosen yaşlı kayaçlar genellikle karasal kırıntılılar ve gösel birimlerden oluşmaktadır. Bu birimler alanda iki bölgede gözlenmiştir. İnceleme alanı içinde kalan Pliyosen yaşlı birimlerden en yaygın olanı Amik Ovası güneyi ve güneybatısında, morfolojik olarak düşük topografyada yüzeyleyen ve kabaca iki büyük mostradan oluşan istiftir. Kalınlığı yer yer 1300 metreye ulaşan (Perinçek ve Eren, 1990) Pliyosen istifi özellikle Amik Ovası Kuvaterner alüvyonlarının altında geniş bir yayılıma sahiptir. Karabacak vd. (2010) çalışmalarında sondaj ve resistivite verilerini kullanarak amik ovasının jeolojik kesitini yapmıştır (Şekil 3.1).

Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar genellikle alkali bazaltik bileşimindedir (Rojay, vd., 2001). Bunların en yaygın gözleendiği kesimler Karasu Vadisi boyunca Kırıkhan-Fevzipaşa İlçeleri arasındadır (Şekil 3.2).

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar inceleme alanının yaygın birimlerindedir. Bu birimlerin önemli yüzlekleri Antakya, Reyhanlı, Kırıkhan, Türkoğlu ve Fevzipaşa dolayında geniş alanlar kaplamaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Çalışma alanı jeolojik kesiti (Line 2) (Karabacak vd., 2010'dan değiştirilmiştir).

3.2. Bölgenin Tektonik Özellikleri

Hatay üç aktif fayın kesişme yeridir. Bu üç fay Doğu Anadolu Fayı (DAF), Ölü Deniz Fayı (ÖDF) ve Kıbrıs Yayı (KY) (Şekil 2.2). Yukarıda belirtilen bu üç fay aynı zamanda Arap, Afrika plakaları ve Anadolu bloğunun kenarlarını oluşturmaktadır (Over, vd., 2004; Mahmoud, vd., 2013). Bu ana faylar aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3.2.1. Ölü Deniz Fayı (ÖDF)

Ölü Deniz Fayı (ÖDF) yaklaşık olarak Kuzey-Güney uzanımlı ve sol yanal atımlı bir faydır (Şekil 2.3). ÖDF'nin tektonik deformasyonu Erken-Orta Miosen'de Kızıldeniz içindeki açılma ile başlamıştır (Garfunkel, 1981; Quennell, 1984; Hempton, 1987; Steinz ve Bartov, 1991; Garfunkel ve Ben-Avraham, 1996). Güneyde Kızıldeniz'de başlayıp, kuzeyde Kahramanmaraş civarında Doğu Anadolu Fayı (DAF) ile kesişir. Ölü Deniz Fayının güney kısımlarında yaklaşık olarak 105 km (Freund, vd., 1970; Garfunkel, 1981; Quennell, 1984) kuzeyde ise 70-80 km (Freund, vd., 1970; Dewey, vd., 1986) civarındadır. ÖDF yıllık kayma miktarı hakkında çeşitli görüşler mevcuttur. McClusky, vd. (2003)'e göre ÖDF'nin güney kesimlerinde 5-8 mm/yıl'lık sol yanal kayma, kuzey kesimlerinde 6 mm/yıl'lık sol yanal ve 4 mm/yıl'lık sıkışma hareketine dönüşmektedir. ÖDF'nin kuzey kesimi için Meghraoui, vd. (2003) yaklaşık 6,9 mm/yıl, Karabacak (2007) çalışmasında 6-7 mm/yıl, Westaway (2003, 2004) ise toplamı farklı segmentlerce karşılanan 7 mm/yıl kayma hızı olduğunu ortaya koymuşlardır.

3.2.2. Doğu Anadolu Fayı (DAF)

Türkiye'nin en etkin ve diri olan iki ana fay kuşağından birini oluşturan DAF, Karlıova-Antakya arasında 580 kilometrelik bir uzanım göstermekte olup, bölgenin jeodinamik evrimi ve depremselliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Allen, 1969; Arpat ve Şaroğlu, 1972; 1975; Mc Kenzie, 1972, 1976; Seymen ve Aydın, 1972; Şaroğlu vd., 1987, 1992a, 1992b; Ambrasseys, 1989; Taymaz vd., 1991; Herece ve Akay, 1992; Nalbant vd., 2002). DAF sol yanal atımlı bir faydır ve DAF'nin başlangıcı Geç Pliosen

(Şaroğlu, vd., 1987, 1992b; Westavey ve Arger, 2001) veya Pliosen sonu ve Pleyistosen sınırı (Herece, 2008) olduğu savunulur.

3.2.3. Kıbrıs Yayı (KY)

Doğu Akdeniz'deki tektonizma Afrika plakası ile Avrasya plakasının çarpışması ve Afrika plakasının bu çarpışma sonucunda Avrasya plakasını altına dalması sonucu oluşmuştur (Gülen, vd., 1987). Ayrıca bu çarpışma Tetis Okyanusunun kapanmasına da neden olmuştur. Bu tektonizma ile Doğu Akdeniz'de Ege ve Kıbrıs yayları oluşmuştur. Kıbrıs yayı kuzeyde Anadolu, güneyde ise Afrika plakasının sınırını oluşturur (Wdowinski, vd., 2006). Kıbrıs yayı batıda Ege yayı, doğuda ise Ölü Deniz ve Doğu Anadolu fayları ile birleşir (Wdowinski, vd., 2006).

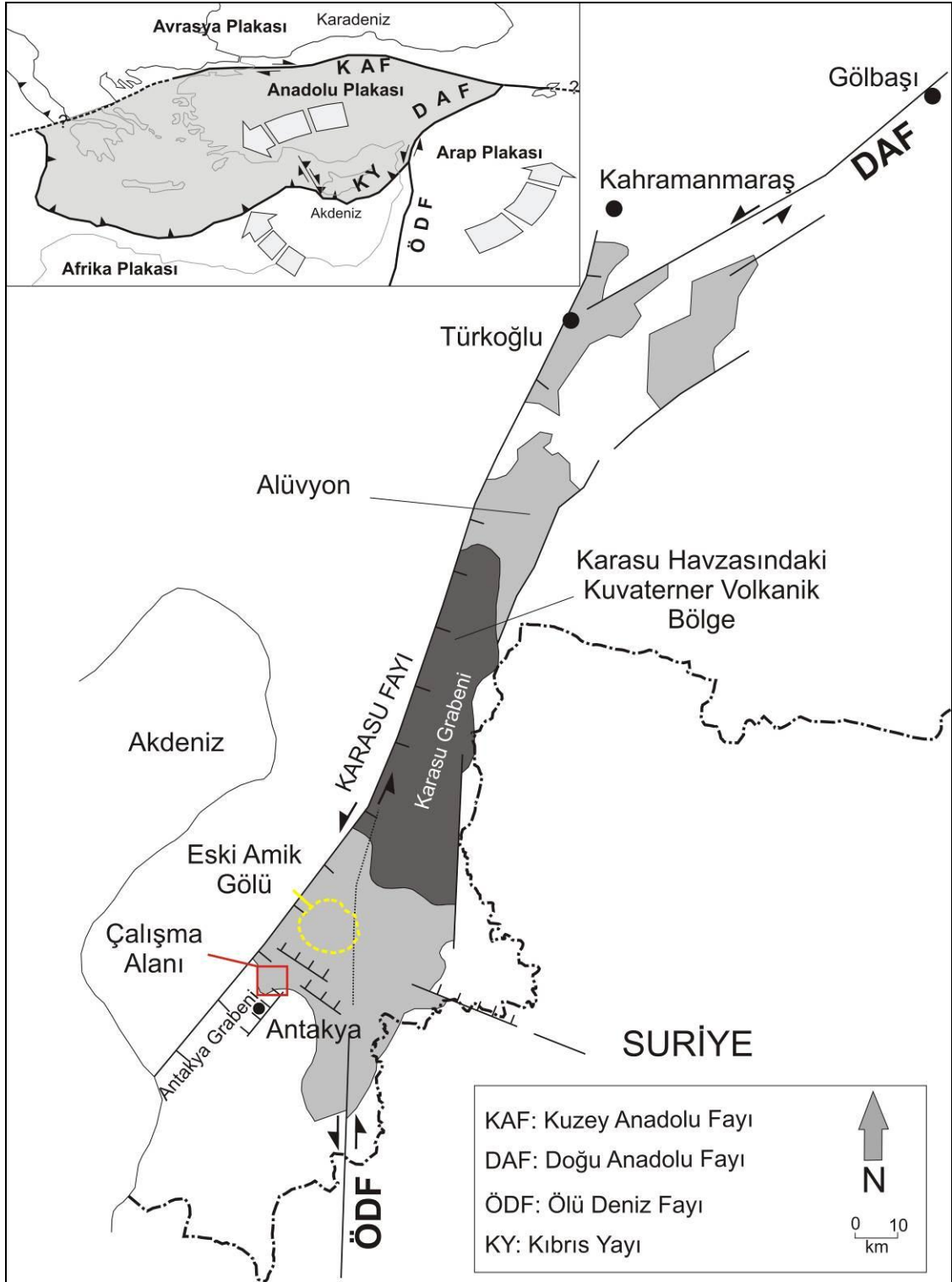
3.2.4. Karasu Fayı (KF)

Karasu fayı Amik Ovası'nın kuzeyinde yer almaktadır. Karasu fayı kuzey-kuzeydoğu yönelimlidir ve sol yanal atımlıdır (Tatar, vd. 2004; Lovelock, 1984; Perinçek ve Eren, 1990; Perinçek ve Çemen, 1990; Muehlberger, 1981) Karasu vadisi(Karasu grabeni) içinde haritalanan fay kuşağı Türkoğlu-Amik arasında "Karasu fayı" adı altında, her iki fay kuşağından yani ÖDF ve DAF'larından farklı olarak tanımlanmıştır (Gülen vd., 1987; Muehlberger ve Gordon, 1987; Yürür ve Chorowicz, 1998; Perinçek ve Çemen, 1990) ve bu fay aracılığı ile Doğu Anadolu Fayını Ölü Deniz Fayına bağladığı önerilmektedir (Rojay vd., 2001). Karasu fayının atımı yaklaşık olarak 4.1 mm/yıl, yaşı ise 1.57 ± 0.08 ve 0.05 ± 0.03 my arasındadır (Rojay, vd., 2001).

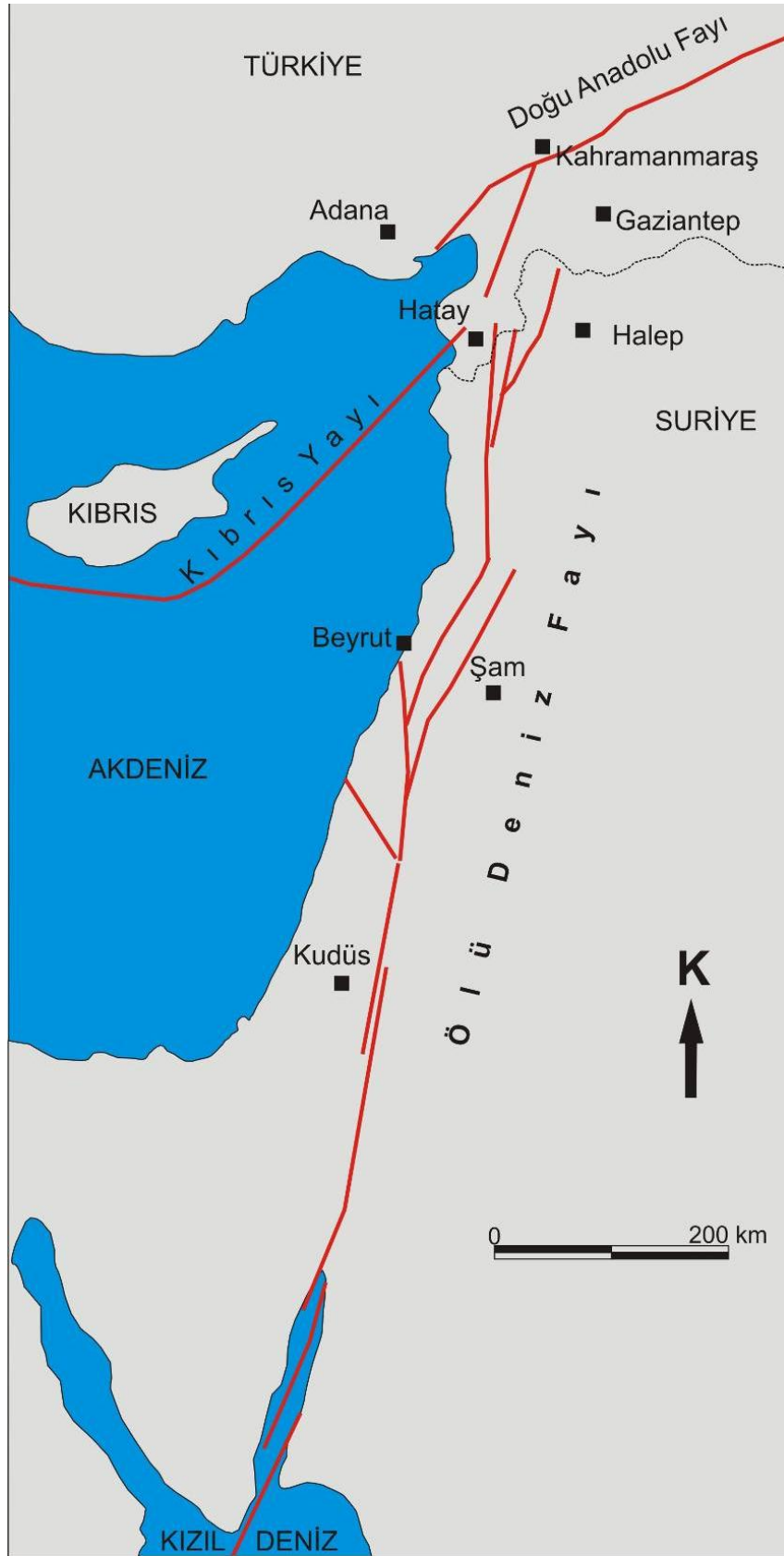
3.2.5. Antakya-Samandağ Koridoru (Antakya Grabeni)

Hatay'ın güneybatısında yer alan Antakya grabeni kuzeydoğu yönelimindedir (Tarı, vd., 2013). Akdenizden başlayıp Amik ovasına kadar uzanmaktadır. Graben içerisinde KD yönelimli birçok faylanma mevcuttur. Grabenin kuzeybatı kenarı ve ortasındaki faylar genellikle eğim bileşenli doğrultu atımlı veya sadece doğrultu atımlı, grabenin güneydoğu kenarındaki faylar ise normal ve eğim bileşenli doğrultu atımlı

faylardır (Tarı, vd., 2013). Akdeniz'e yakın olan faylar Kıbrıs Yayı ile Amik Ovasına yakın olan faylar ise ÖDF ile bağlantılı olabilir (Tarı, vd., 2013)



Şekil 3.2. Bölgenin tektonik haritası (Yüce, vd., 2014).



Şekil 3.3. ÖDF, DAF ve KY haritası (Karabacak, 2013'den değiştirilmiştir).

4. BÖLGENİN HİDROJEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Hatay ilinin su kaynakları yüzey ve yeraltı suları olarak iki ana başlık altında incelenmiştir.

4.1.1. Yüzey Suları

Hatay ilindeki yüzey sularını akarsular, göller, yapay göletler, termal sular ve Akdeniz oluşturmaktadır. Bunların yanında ovada birçok göl, baraj ve yapay göletler bulunmaktadır. Yüzey suları yanında özellikle Amanos Dağlarında karstlaşmanın yanında, kırıklı ve kıvrımlı yapılardan dolayı birçok kaynak yer almaktadır (Karataş ve Korkmaz, 2012).

4.1.1.1. Akarsular

Hatay'da başta Asi Nehri, Karasu ve Afrin Çay'ları olmak üzere daimi ve mevsimsel birçok akarsuya ev sahipliği yapmaktadır (Karataş ve Korkmaz, 2012). Akarsular, drene ettikleri havzalara göre bölgede yer alan Asi Nehri Havzası, Nehr el Kebir el Şimali Nehri Havzası ve Akdeniz Havzası olmak üzere üç havza başlığı altında sıralanmıştır (Şekil 4.1).

4.1.1.1.1. Asi Nehri Havzası

Asi Havzası, Lübnan, Suriye ve Türkiye topraklarının bir kısmını kapsayan bir havzadır. Asi Nehri'nin Membası Lübnan'da bulunan Bekaa Vadisi'nde bulunur ve Hatay ili sınırlarından denize dökülür, Mansap kesimi Türkiye'de bulunan 21.743 km² alanın suları Asi Nehri tarafından drene edilir. Havzanın Asi Nehri vasıtasıyla sularını denize ulaştıran diğer akarsuları ise sırasıyla; Afrin Çayı, Karasu Çayı, Muratpaşa Deresi, Büyük Karaçay, Küçük Karaçay ve Beyaz Çay'dır.

4.1.1.1.2. Nehr el Kebir el Şimali Nehri Havzası

Havzanın büyük bir kısmı Suriye sınırları içerisinde kalır. Havzanın memba kesiminin bir bölümü Türkiye'dedir. Yayladağı İlçesi'ndeki bazı küçük dereler bu havzaya dahildir. Bunların en büyüğü, üzerinde Yayladağı Barajı'nın bulunduğu Kureyşi Deresi'dir.

4.1.1.2. Doğal Göller

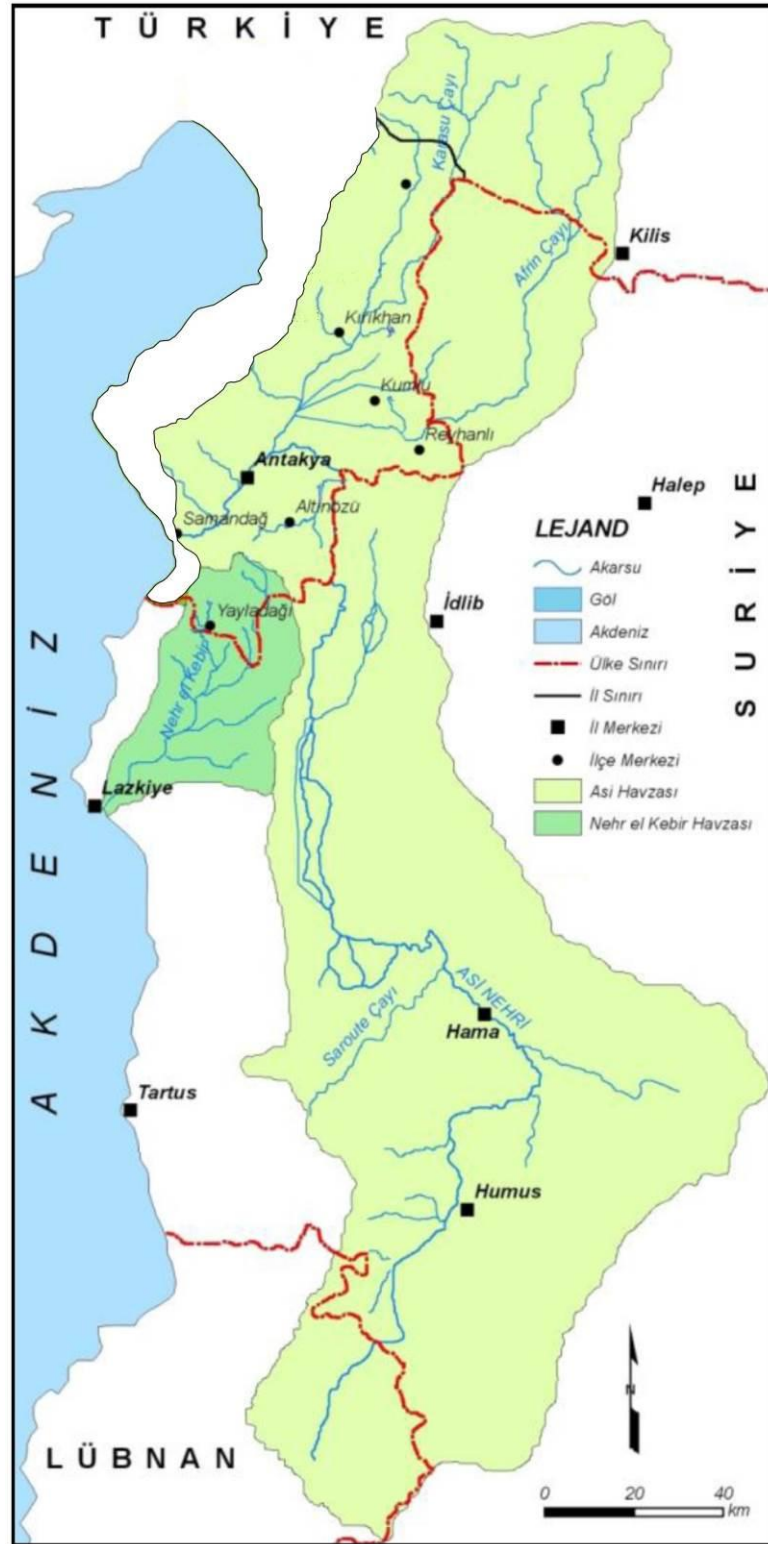
Ovanın tam orasında yer alan Amik Gölü Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yaklaşık 50 yıl önce kurutulmuştur (Korkmaz, 2008). Amik Gölü'nün kurutulmasından sonra bölgede sadece Balık (Gölbaşı), Yenişehir, Cüdeyde, Kanlıören, Aygır, Pınarbaşı, Karagöl Gölleri ve Burnaz Bataklık ve Sazlıkları gibi göller bulunmaktadır.

4.1.1.3. Yapay Göller

Yapay göller grubunda Kahramanlı, Görentaş, Pulluyazı, Topboğazı, Karlısu ve Demrek Gölet'leri yanında Yarseli ve Yayladağı Barajları bulunur.

4.1.1.4. Kaynaklar

Bölge litolojik, tektonik, hidrolojik ve jeomorfolojik özelliklerden dolayı birçok kaynak bulunmasına olanak sağlayan uygun ortam şartlarına sahiptir. Hatay ili sınırları içerisinde görülen kaynaklar şöyle sıralanabilir; Burnaz kaynakları, Soğuksu kaynakları, Bağlama kaynakları, İncesu kaynağı, Karapınar kaynakları, Delibekirli kaynakları, Çatalyurt (Büget) kaynakları, Bektaşlı kaynakları, Mazmanlı kaynakları, Gölbaşı kaynakları, Cüdeyde kaynakları, Yenişehir kaynakları, Batıyaz kaynakları ve Harbiye kaynakları (Karataş, 2010).



Şekil 4.1. Bölgenin havza haritası (Karataş ve Korkmaz, 2012'den değiştirilmiştir).

4.1.2. Yeraltı Suları

Hatay ili taneli yapıda alüvyon ve yer altı suyu barındırma kapasitesi fazla olan kayalardan oluşmasından dolayı yer altı suyu bakımından gayet zengindir. Bölgedeki toplam yer altı suyu miktarının 250 milyon m³ olduğu tahmin edilmektedir (DSİ, 1975; Yüce, 1998). İlde sıcak ve mineralli sular da yer almaktadır (Yüce, vd., 2014). Arazi çalışmaları sırasında halktan edinilen bilgiye göre, tarımsal faaliyetlerde yer altı suyu aşırı kullanıldığından dolayı yer altı suyu seviyesi düşüş göstermiştir. Amik ovası batıda Amanos Dağları, doğuda ise Kurt Dağları ile sınırlı alüvyonla kaplıdır. Amik Gölü 1968 yılında drenaj kanalları ile Asi Nehrine boşaltılarak kurutulmuş ve tarım alanına dönüştürülmüştür. Gölün kurutulması yer altı suyu beslenimini olumsuz olarak etkilemiş olabilir.

Amik ovası civarında yapılmış olan çeşitli hidrojeolojik çalışmalar mevcuttur. Yüce, (2007) yaptığı çalışmaya göre Miyosen yaşlı karstik kireçtaşı akiferi Üst Karstik Akifer, Eosen yaşlı karstik kireçtaşı akiferi ise, Alt Karstik Akifer olarak adlandırılmıştır.

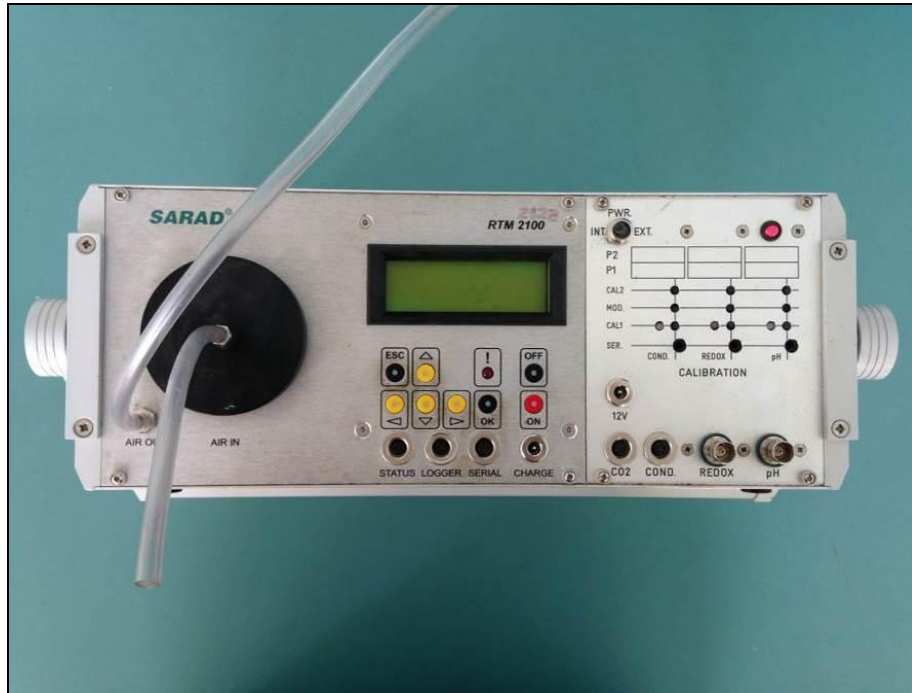
Yüce, (1998) Erzin civarında yapmış olduğu çalışmada Burnaz kaynağının beslenim-boşahrn ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma alanında akifer birimleri, İskenderun basenine ait Üst Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Erzin formasyonunun, çakı İtası seviyeleri, Pliyokuvaterner - Kuvaterner yaşlı gözenekli bazalt ve Kuvaterner yaşlı alüvyonun kumlu, çakıllı seviyeleri oluşturmaktadır.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar ve Ekipmanlar

5.1.1. GEO-RTM 2128 Radon Ölçüm Cihazı ve Çalışma Prensibi

GEO - RTM - 2128 SARAD firması tarafından üretilmiş bir radon cihazıdır (Şekil 5.1). İçerisinde bir hazne bulundurur ve bu hazneye bir pompa yardımı ile sürekli hava akışı sağlanır. Hava akışı sırasında hazne girişinde bulunan iki ayrı filtre hazneye Rn-222 ve Rn-220 gasları haricindeki diğer radon ve thoron türevlerinin girişini engeller. Hazne ve haznenin içindeki yarı iletken detektör yüksek voltaj sağlayan elektrot çifti sayesinde haznenin duvarı ve detektör yüzeyi arasında elektrostatik bir alan oluşmaktadır. Rn-220/222 alfa bozunması sırasında artan Po-216/218 nüklitleri iyonlaşmaktadır. Elektrostatik alan gücü etkisi ile iyonlaşan nüklitler detektör yüzeyine odaklanır. Daha sonra bunlar detektör tarafından kaydedilerek radon konsantrasyonu belirlenir.



Şekil 5.1. GEO-RTM 2128 Radon Ölçüm Cihazı.

5.1.2. West Sistem CO₂ Ölçüm Cihazı ve Çalışma Prensibi

Saha çalışmalarında karbondioksit akış ve konsantrasyon ölçümleri WEST Sistem firması tarafından üretilmiş olan Licor 820 model cihaz ile yapılmıştır. Cihaz üç ayrı parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar el bilgisayarı, gaz toplayıcı (chamber) ve ana ölçüm cihazıdır (Şekil.5.2). Cihazın ölçüm aralığı 0-20,000 ppm arası olup, daha yüksek değerlerde olan CO₂ ölçümlerinde doğruluk yüzdesi bir miktar düşmektedir. Cihaz -20 ile 45 °C hava sıcaklıkları arasında çalışabilmektedir. Ölçüm sırasında hava basıncı değeri de cihaz tarafından otomatik olarak kaydedilmektedir ve basınç ölçme aralığı 15-115 kpa arasındadır.



Şekil 5.2. CO₂ akış ve CO₂ konsantrasyon ölçüm cihazı.

5.1.3. Ddkl-Işıklı Metre Su Seviye lm Cihazı ve alışma Prensibi

Güzelburç kırığı çevresinde su çekimi yapılmayan 4 kuyuda ışıklı ve düdüklü metre yardımıyla yer altı suyu (YAS) seviyesi ölçümü yapılmıştır (şekil 5.3). Ddkl ve ışıklı metre, kuyuya sarkıtıldığında su ile temas ettiği anda düdük alarak ve ışık sinyali vererek yas seviyesinin belirlenmesini sağlar.



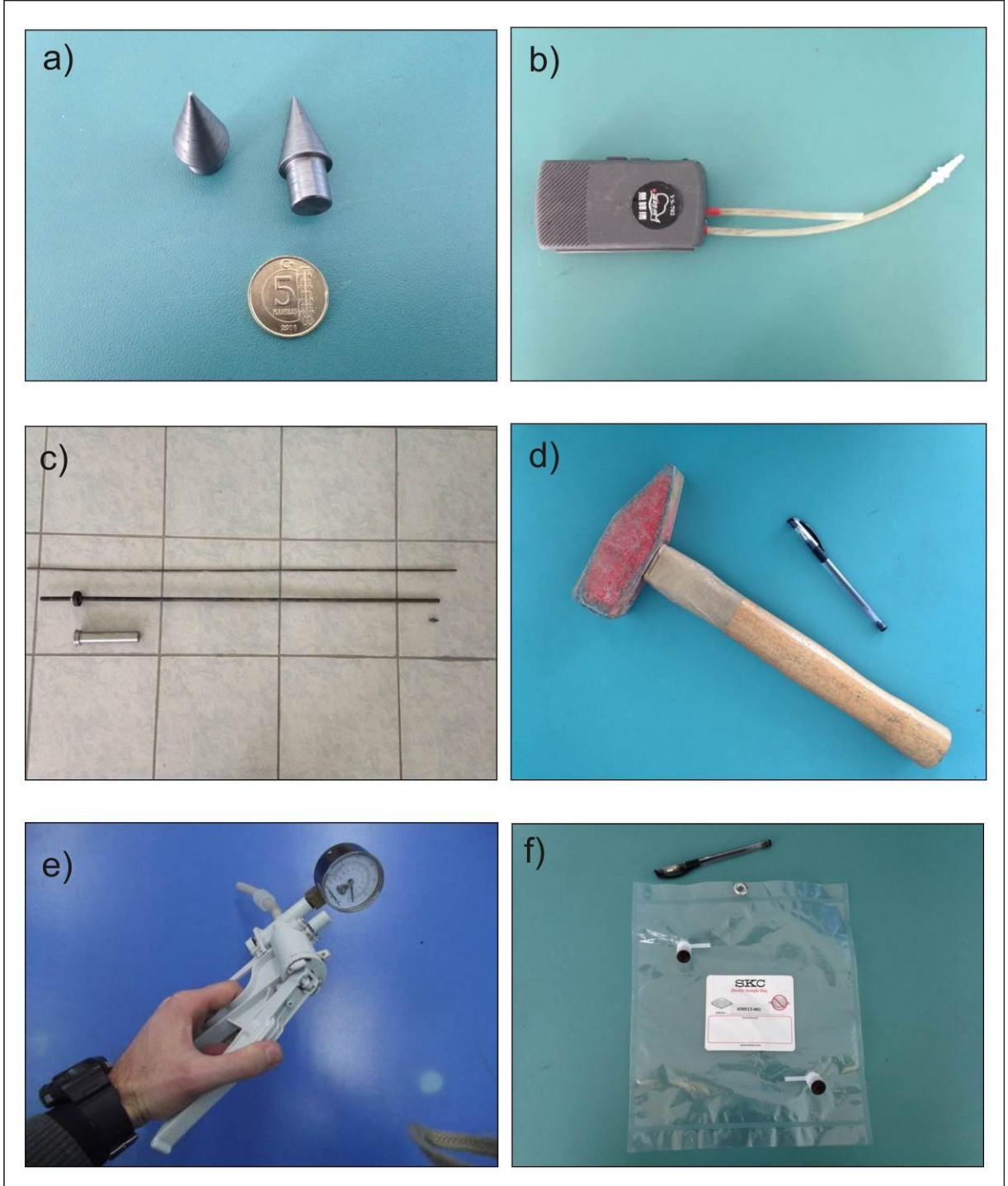
şekil 5.3. Ddkl ve ışıklı metre su seviye ölçüm cihazı.

5.1.4. Ekipmanlar

Yapılan arazi çalışmalarında kullanılan diğer ekipmanları;

2 cm uzunluğunda 1 cm enindeki konik uç (şekil 5.4a), 1.5 voltluk pil ile çalışan elektronik pompa (şekil 5.4b), içi boş 1.20 m uzunluğunda demir çubuk ve koruyucu

başlık (Şekil 5.4c), 2 kg ağırlığında çekiç (Şekil 5.4d), el pompası (Şekil 5.4e) ve 3 lt hacime sahip tadler bag (örnek poşeti) (Şekil 5.4f) olarak sıralayabiliriz.

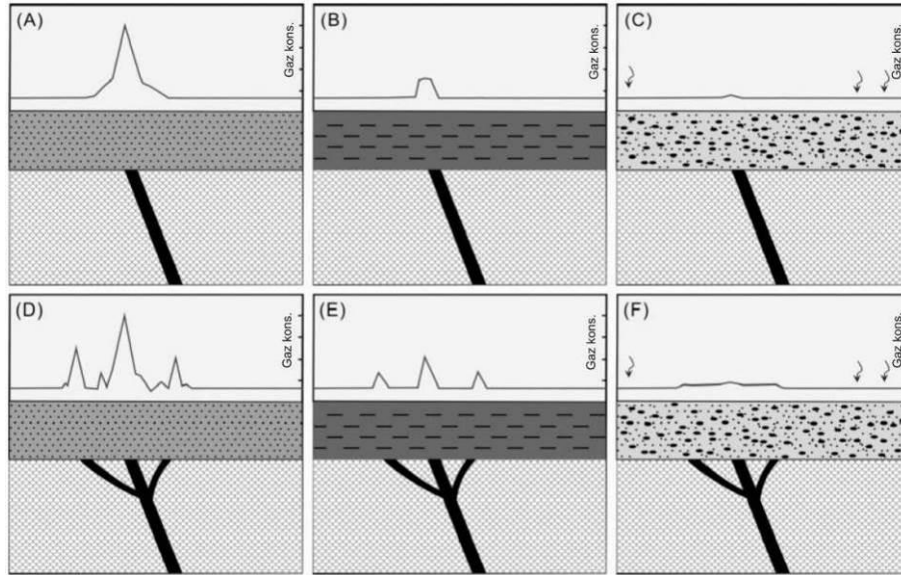


Şekil 5.4. Arazi çalışmalarında kullanılan diğer ekipmanlar (a:konik uç, b: elektronik pompa, c: demir çubuk, d: çekiç, e: el pompası, f: tadler bag (örnek poşeti)).

5.2. Ölçümlerde kullanılan yöntem

5.2.1. Ölçüm Noktası İçin Yer Seçimi

Radon (Rn) ve karbondioksit (CO₂) gazları alüvyon tarafından gömülmüş olup, yeryüzünde herhangi bir izi olmayan fayların ve kırıkların bulunmasında çok etkili rol oynamaktadır. Bu gazların ölçümleri yapılacak olan yerin seçimi yapılırken toprağın kuru ve doğal olmasına özen gösterilmiştir. Gaz gelişleri çeşitli birimlere göre değişiklik gösterebilir (Şekil 5.5). Yer altı suyunun yüksek olduğu yerlerde yapılan ölçümler gerçeği yansıtmayacağı için o noktalar atlanmıştır. Ayrıca bitki ile kaplı olan ve aşırı tarım faaliyeti yapılan arazilerden mümkün olduğunca kaçınılmıştır. Ölçüm noktası seçildikten sonra, o noktanın önceki noktalara olan uzaklığı ne çok yakın ne de çok uzak olacak şekilde ayarlanmıştır. Aradaki mesafeler alanın büyüklüğüne göre değişiklik gösterebilir. Kırık veya fay olmasından şüphelenilen yerlerde ölçüm yerleri daha sıklaştırılmıştır. Ölçüm noktalarında, yerinde yapılan gaz ölçümleri fay veya kırığın bulunduğu yerlerde daha yoğun gaz gelişi olduğunu göstermiştir.



Şekil 5.5. Üzeri farklı türde topraklarla kapatılmış tek veya dallanmış fay zonlarının anomalilerinin dağılım şekli. (A) ve (D) yüksek gözenekli kumdan dolayı genellikle çok net anomali gösterir. Buna karşın (B) ve (E) düşük porpziteli çamurlu topraktan dolayı daha az anomaliler gösterir. (C) ve (F) altta fay olmasına rağmen tanelerden dolayı hava ile temas eden gazın konsantrasyonu düşer (Fu, vd., 2005).

5.2.2. Rn, CO₂ akış ve CO₂ Konsantrasyon Ölçüm Metodu

Tez çalışması kapsamında toprakta radon, CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış ölçümleri şu şekilde yapılmıştır:

Yer seçiminin ardından, içi 8 mm çapında içi boş olan demir çubuğun ucuna çubuğun toprak ile tıkanmasını önlemek için ve toprağa çakılırken zorlanmamak için konik uç yerleştirilmiş (Şekil 5.6), yaklaşık 60-80 cm derinliğe çekiç yardımı ile çakılmıştır (Şekil 5.7 ve bu şekilde atmosferik etkilerden sakınılmıştır (Hinkle, 1994).



Şekil 5.6. Konik ucun demir çubuk ile kullanımı.



Şekil 5.7. İçi boş demir çubuğun ölçüm noktasına çakılması.

Daha sonra çakılan demir çubuğun ucundaki konik ucun çıkartılması için demir çubuğun içindeki boşluğa 4 mm kalınlığında ikinci bir demir çubuk kullanılmıştır.

Çakılma işlemi ile konik uç yaklaşık 3-4 cm daha derine doğru itilmiştir. Bir sonraki adımda ise el pompası yardımı ile demir çubuktan gaz gelişi olup olmadığı kontrol edilmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Gaz gelişi olup olmadığının kontrol edilmesi.

Eğer gaz gelişi yoksa demir çubuk çekiç veya bir kriko yardımı ile 10 cm kadar yukarı çıkarılır. Fakat yine de gaz gelişi yok ise lokasyon değişikliğine gidilir. Eğer gaz

gelişi var ise işleme devam edilir. Demir çubuktan çıkan gazın radon ölçümü yerinde yapılabildiği gibi, elektronik pompa yardımı ile gaz örneği toplama torbaları (tedler bag) doldurularak da yapılabilir.

5.2.2.1. Toprakta radon gazı ölçümleri

Radon gazı ölçümü için SARAD firmasının geliştirdiği GEO-RTM 2128 radon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Radon değerlerinin denge duruma gelmesi en az 1 saat sürmesinden dolayı araziye çıkılan gün içerisinde daha fazla ölçüm yapılabilmesi için gaz örnekleme torbaları kullanılmıştır. Gaz örnekleme torbalarına doldurulan gazlar mümkün olduğunca erken analiz edilmiştir. Örnek alım zamanı ile analiz zamanı arasındaki sürenin uzun olduğu durumlarda geriye dönük hesaplamalar yapılmıştır. Her analiz bitiminde cihaz içinde önceki analizden kalmış olan gazın yanlış sonuca götürmesini engellemek için cihaz temiz havada, boş bir şekilde çalıştırılmıştır. Bu şekilde ikinci bir analiz için cihaz hazır duruma getirilmiştir. Analizler bittikten sonra GEO-RTM 2128 cihazı içinde kaydolan ölçümler RS-232 kablo yardımı ile bilgisayara aktarılır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. GEO-RTM 2128 cihazından verilerin aktarılması.

Gazlar yeraltından difüzyon, adveksiyon ve dispersiyon ile sıcak akışkanlarla birlikte ve fay veya kırıklar boyunca oluşan geçiş yollarını kullanarak yüzeye ulaşabilirler (Baubron vd., 2002; Yang vd., 2003). Gazların taşınması genellikle onlarca metreden yüzlerce metrelere kadar daha çok difüzyon olmak üzere adveksiyon ve difüzyon yolu ile yapılır (Lerman, 1979).

Toprak gazı ölçümleri prensip olarak, yeraltında oluşan kırık ve fayların meydana getirdiği gaz geçiş yolları boyunca, derin kökenli gazların yukarı doğru çıkarak toprak örtü üzerinde belirgin bir işaret göstererek gömülü fay ve kırıkların yerini tespit etme temeline dayanmaktadır (Fu, vd., 2005). Ciotoli vd., 1999; Guerra and Lombardi, 2000; Baubron vd., 2001; Yang vd., 2003b; Walia vd., 2005a).

^{222}Rn , ^{238}U bozunma serisindeki $^{226}\text{Radyumun}$ bozulması ile üretilir. Bundan dolayı radon artışları kayaçların içerdiği U (Lombardi vd., 1996) veya fay zonları boyunca taşınma ile ilişkilendirilebilir (Abdoh and Pilkington, 1989). Radonun kısa yarılanma ömrüne (3.85 gün) sahip olmasından dolayı yer altında taşıyıcı gazlar (CO_2 , CH_4 veya N_2) olmaksızın uzun mesafe taşınmaz (Wilkening, 1980; Durrance and Gregory, 1990; Ciotoli, vd., 1999).

Etiopie ve Martinelli, 2002 yaptıkları çalışmada CO_2 ve CH_4 gibi taşıyıcı gazların Rn ve He gibi iz gazların taşınması ve yayılmasında baskın bir rol oynadıklarını önermişlerdir. Bunun sonucunda Rn ve He gibi izleyici gazların CO_2 ve CH_4 gibi taşıyıcı gazlarla birlikte analiz edilmedikçe iz gazların davranışları ve yayılımları hakkında anlamlı sonuçlar bulunmayabilir. Bu düşünce yapılmış olan deneysel sonuçlarla desteklenmiştir (Varhegyi, vd., 1992).

Birçok çalışma göstermiştir ki toprak gazı metodu madenlerde, jeotermal ve petrol rezervlerinde, depremlerin önceden tahmin edilmesinde ve neotektonik gibi birçok araştırma alanında güvenilir inceleme aracıdır (Beltrami, vd., 1984; Lombardi ve Reimer, 1990; Schumacher, 1991; Klusman, 1993; King, vd., 1996).

5.2.2.2. Toprakta CO₂ gazı ölçümleri

CO₂ akış (Şekil 5.10) ve CO₂ konsantrasyon (Şekil 5.11) ölçümleri ise West Sistem firmasının ürettiği ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

CO₂ konsantrasyon ve akış gazları ölçümü yerinde yapılmıştır. Toprağa çakılı olan demir çubuğun üst kısmından bir hortum yardımı ile CO₂ ölçüm cihazına gaz girişi sağlanmış ve toprak içindeki CO₂ konsantrasyon değeri belirlenmiştir. Ayrıca aynı cihaz kullanılarak, CO₂ akış (flux) ölçümü yapılmıştır. CO₂ akış ölçümü yapılırken, toprağın üzerinde bitki örtüsünün olmamasına dikkat edilmiştir. Buna ek olarak CO₂ akış ölçümü yapılmış olan yerlerde tarım faaliyetleri ve araçların toprağı ezmemiş olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Arazide CO₂ akış ölçümü yapılırken.



Şekil 5.11. Arazi çalışmasında CO₂ konsantrasyon ölçümü yapılırken.

Yeraltından yüzeye doğru çıkan CO₂ gazını yüzeyde toplayabilmek için 20 cm çap ve 10 cm derinliğe sahip CO₂ toplayıcı (Şekil 5.12) denilen toplama aparatı kullanılmıştır. Arazide yapılan her ölçüm noktasındaki CO₂ akış ölçümleri en az 120 saniye sürdürülmüştür.



Şekil 5.12. CO₂ akış ölçümlerinde karbondioksiti toplamak için kullanılan ekipman.

5.2.3. $\delta^{13}\text{C}$ analizi için örnek alım metodu

Taşıyıcı gaz olan karbondioksitin kökenini belirleyebilmek için $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerleri kullanılmıştır. $\delta^{13}\text{C}$ örnekleme yapılırken üç yönlü vanaya sahip cam tüb, 50 ml şırınga ve silikon hortum kullanılmıştır (Şekil 5.13). Örnekleme yapılmadan önce üç yönlü vanaya sahip cam tüb 10 kez örnek alınacak yerden gelen gaz ile temizlenir. Bu şekilde üç yönlü vanaya sahip cam tübü içerisinde eskiden kalan gazlardan dolayı oluşacak olan kirlenmeler engellenir. Temizleme işleminin ardından örnek alımı gerçekleştirilir. Örnekleme bittikten sonra üç yönlü vanaya sahip cam tübün üzerine o günün tarihi ve örnek numarası yazılarak örnek alım işlemi bitirilir. Alınan örnekler İtalya'da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) laboratuvarlarında yapılmıştır.



Şekil 5.13. Arazi çalışmaları sırasında $\delta^{13}\text{C}$ analizi için gaz örneği alımı.

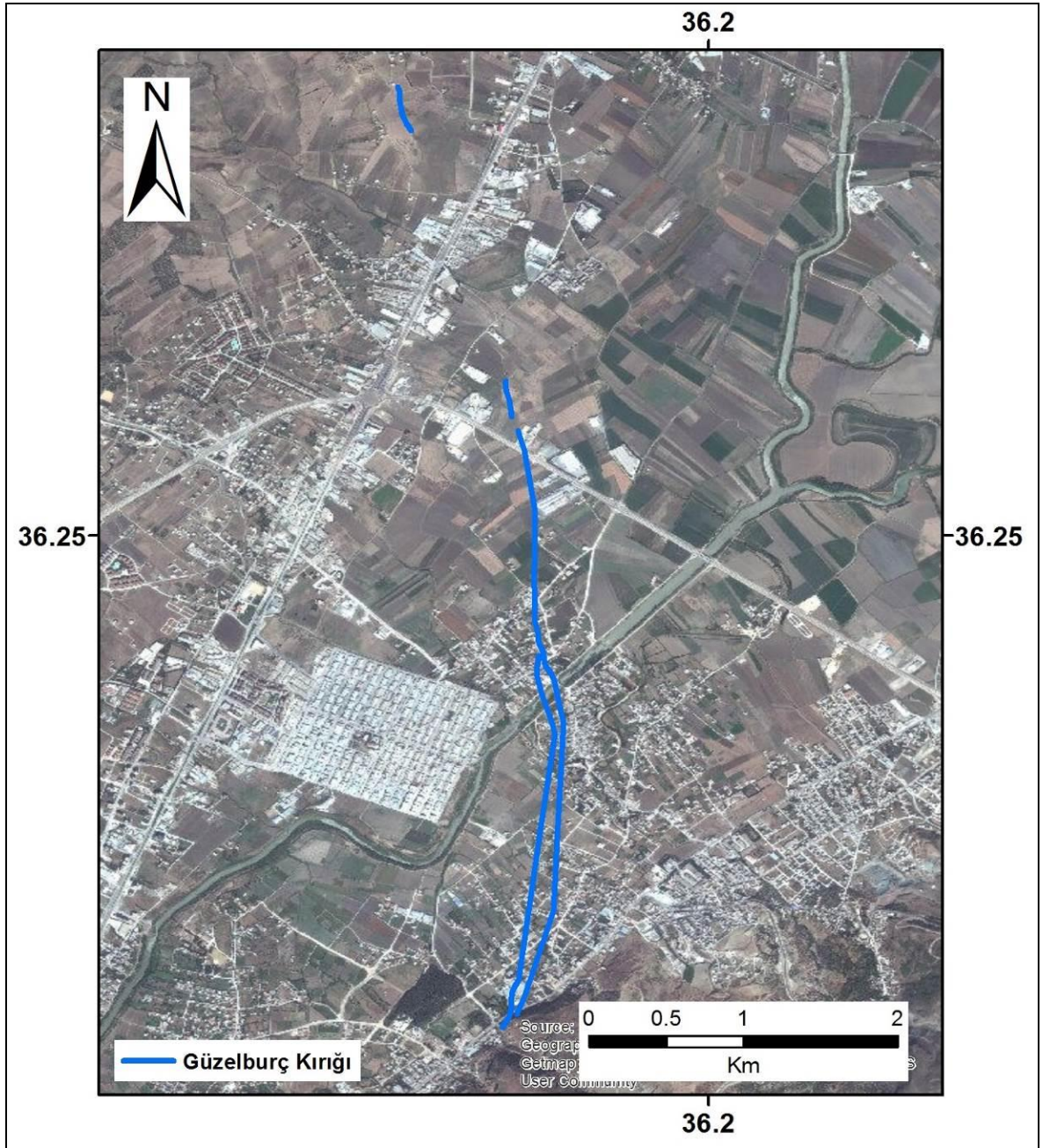
6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında Hatay ili, Antakya ilçesine bağlı olan Güzelburç ve Maşuklu beldelerinde meydana gelen kırık ile toprak gazı ilişkilendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Aşağıda Güzelburç kırığı hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

6.1. Güzelburç kırığı

Güzelburç ve Maşuklu'da çökmeden dolayı meydana gelen yüzey kırığı ilk kez 2004 yılında ortaya çıkmıştır ve zaman içinde sürekli artan bir uzama ve genişleme göstermiştir. 2014 yılında en son ve en şiddetli kırılma ile zeminde çökmeler olmuştur. Yüzey kırıklarının uzunluğu yaklaşık olarak 4 km'dir. Kırılmada batı taraf düşmüştür. K-G yönlü bir doğrultuya sahiptir (Şekil 6.1). Yapılan gözlemler ve yöre halkından edinilen bilgilere göre bölgedeki kırılma ve çökmelerin aynı hat üzerinde devam ettiği, yani aktif olduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu kırıkların ortaya çıkış nedeninin, son 10 yılda artan yer altı suyu çekiminden dolayı olduğu düşünülmeyle birlikte, kırıkların örtülü olası faylar ile ilişkisinin olup olmadığı da bu tez çalışması kapsamında ele alınmıştır.

Kırık boyunca yerinde yapılan incelemelerde görülmüştür ki, kırık üzerinde inşa edilmiş olan yapılarda büyük hasarlar meydana gelmiştir (Şekil 6.2). Bu oluşan kırıktan dolayı bazı evler oturulamayacak hale gelmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.1. Güzelburç kırığının haritası.

İncelemeler sırasında kırık hattı üzerinde, Şekil 6.3’de de görüldüğü gibi 50-100 cm arasında değişen çökmeler ile kolonlarda düşeyden sapmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 6.2. Arazi çalışmaları sırasında rastlanılan hasarlı yapılardan bazılarının yerleri.



Şekil 6.3. Kırık üzerinde inşa edilmiş yapılarda görülen hasarlar.

6.2. Güzelburç kırığı civarındaki hidrolik yük dağılımı

Güzelburç kırığının doğu ve batısında su çekimi yapılmayan toplam dört adet kuyuda ışıklı ve düdüklü metre kullanılarak yeraltı su seviyesi ölçülmüştür (Şekil 6.4, Şekil 6.5). Bölgedeki kuyuların çoğu tarımsal faaliyetlerde kullanıldıklarından dolayı su seviyesi ölçümü yapılamamıştır. Yeraltı su seviyesi ölçüm değerleri ve kuyu bilgileri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğudan batıya doğru hidrolik yük değerlerinin azaldığını göstermektedir. Bu ise buradaki kırık hattının yeraltı yapısındaki litoloji farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 6.1. Su seviye ölçümü yapılan kuyuların ölçüm ve lokasyon bilgileri.

No	Enlem	Boylam	Su Seviyesi (m)	Kot (m)	Kot – Su Seviyesi =Hidrolik yük (m)
Kuyu-1	36.250144°	36.186719°	14	88	74
Kuyu-2	36.250071°	36.186677°	14	88	74
Kuyu-3	36.251587°	36.189081°	11	86	75
Kuyu-4	36.247416°	36.201058°	8	85	77



Şekil 6.4. YAS seviyesi ölçümü yapılırken.



Şekil 6.5. YAS seviyesi ölçülen kuyuların lokasyonlarını gösteren harita.

6.3. Güzelburç kırığı çevresindeki gaz ölçümleri

Bu çalışma kapsamında Güzelburç kırığı çevresinde toplam 117 örnekleme noktasında CO₂ konsantrasyon, Rn ve CO₂ akış ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 6.2, Şekil 6.6). Ölçülen Rn değerleri 1- 95 kBeq/m³, CO₂ konsantrasyon değerleri 2,500- 28,500 ppm ve CO₂ akış değerleri 1.61- 60.91 g/(m²gün⁻¹) arasında değişmektedir. Ölçümlerdeki hata payları ±%5'in altındadır.

Çizelge 6.2. CO₂ konsantrasyon, Rn ve CO₂ akış ölçüm değerleri.

No	Tarih	Enlem	Boylam	Rn (kBeq/m ³)	CO ₂ (ppm)	CO ₂ (g/(m ² gün ⁻¹))
G-1	09.09.2014	36.224183	36.189941	2.92	5000	8.66
G-2	09.09.2014	36.224790	36.189717	9.27	10700	11.74
G-3	09.09.2014	36.225223	36.189525	20.75	26500	30.83
G-4	09.09.2014	36.226104	36.188737	4.97	3250	9.25
G-5	09.09.2014	36.225790	36.189023	4.14	3600	6.31
G-6	09.09.2014	36.226872	36.188213	8.3	5500	6.75
G-7	09.09.2014	36.227078	36.188670	4.57	4200	9.53
G-8	09.09.2014	36.223133	36.189308	35.23	15700	9.08
G-9	09.09.2014	36.224061	36.189054	14.5	6900	-
G-10	09.09.2014	36.225271	36.191178	3.14	3700	9.52
G-11	10.09.2014	36.225110	36.188850	2.54	5500	8.14
G-12	10.09.2014	36.224384	36.189678	24.82	19500	13.20
G-13	10.09.2014	36.226421	36.190400	11.33	7450	2.64
G-14	10.09.2014	36.225937	36.190210	39.67	15600	14.37
G-15	10.09.2014	36.226899	36.189972	12.16	11800	14.67
G-16	10.09.2014	36.227685	36.189109	3.4	2180	2.20
G-17	10.09.2014	36.228799	36.188471	3.65	2650	6.45
G-18	10.09.2014	36.227995	36.190891	5.74	5350	17.38
G-19	10.09.2014	36.227677	36.192031	12.27	9700	7.33
G-20	11.09.2014	36.228942	36.190093	16.26	20800	29.39
G-21	11.09.2014	36.230092	36.189304	17.76	4450	8.08
G-22	11.09.2014	36.230067	36.190936	8.28	5200	6.47
G-23	11.09.2014	36.229659	36.191811	23.37	19000	8.23
G-24	11.09.2014	36.228403	36.193875	7.8	2255	1.97
G-25	11.09.2014	36.228911	36.192860	9.47	6000	23.51
G-26	11.09.2014	36.231205	36.190331	22	15000	12.77
G-27	11.09.2014	36.232189	36.189343	8.27	3350	16.16
G-28	11.09.2014	36.234902	36.190852	14.8	2200	2.31
G-29	12.09.2014	36.225606	36.190038	4.6	2200	2.23
G-30	12.09.2014	36.228678	36.191660	20.9	8000	9.04
G-31	12.09.2014	36.230719	36.192675	7.8	8000	11.89
G-32	12.09.2014	36.232149	36.191433	7.8	4430	5.14
G-33	12.09.2014	36.233543	36.189968	8.5	3000	2.65
G-34	12.09.2014	36.230138	36.194190	10.5	5500	4.85
G-35	12.09.2014	36.231741	36.194769	14.5	5100	4.99
G-36	12.09.2014	36.232610	36.193071	12.5	7500	25.10
G-37	12.09.2014	36.234227	36.191774	4.8	1820	4.11
G-38	13.09.2014	36.236380	36.192635	10.63	55000	6.31
G-39	13.09.2014	36.236034	36.190853	8.9	4150	3.67

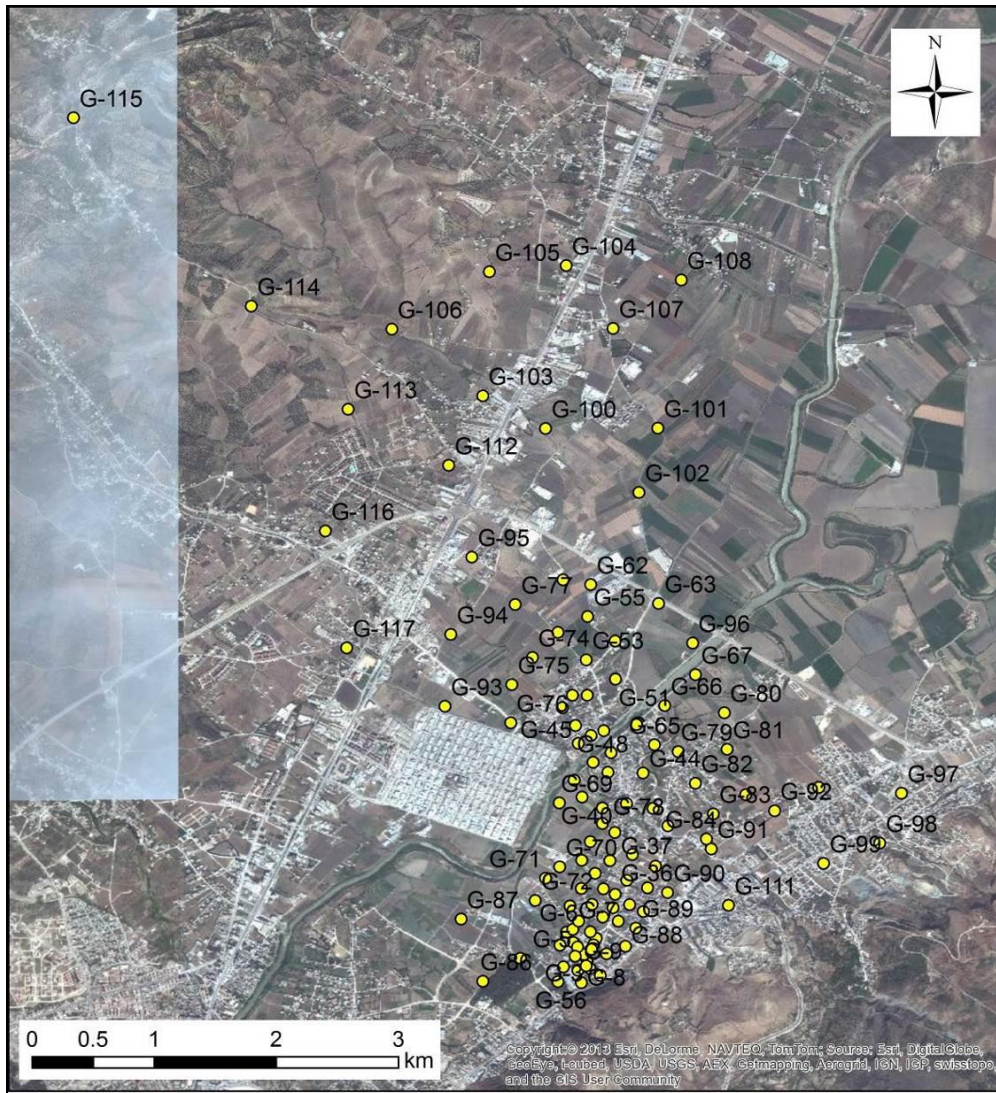
Çizelge 6.2. CO₂ konsantrasyon, Rn ve CO₂ akış ölçüm değerleri (devam ediyor).

No	Tarih	Enlem	Boylam	Rn (kBeq/m ³)	CO ₂ (ppm)	CO ₂ (g/(m ² gün ⁻¹))
G-40	13.09.2014	36.236842	36.189370	5	1900	10.56
G-41	13.09.2014	36.239425	36.190184	12.3	16000	5.24
G-42	13.09.2014	36.240126	36.191502	13	61000	59.25
G-43	13.09.2014	36.238671	36.191267	2.5	1500	3.26
G-44	13.09.2014	36.238633	36.193864	33.9	32000	7.33
G-45	13.09.2014	36.240815	36.189073	3.6	3400	11.22
G-46	13.09.2014	36.241407	36.190026	10.5	15500	29.30
G-47	14.09.2014	36.241741	36.190963	6	3550	4.10
G-48	14.09.2014	36.242144	36.188878	15.3	25800	23.00
G-49	14.09.2014	36.244372	36.189733	16.3	63000	21.03
G-50	14.09.2014	36.244356	36.188647	10.7	15000	10.71
G-51	14.09.2014	36.245559	36.191816	4.8	5350	2.43
G-52	14.09.2014	36.248388	36.191804	3.9	1500	4.10
G-53	14.09.2014	36.246981	36.189679	4.25	3450	5.86
G-54	14.09.2014	36.249023	36.187578	3.3	2650	2.57
G-55	14.09.2014	36.250175	36.189779	1.4	2000	3.57
G-56	15.09.2014	36.223225	36.187591	13.5	23100	12.89
G-57	15.09.2014	36.224303	36.187987	9.5	23300	19.93
G-58	15.09.2014	36.225909	36.187743	2.6	2650	6.30
G-59	15.09.2014	36.223677	36.190712	10.9	9350	23.88
G-60	15.09.2014	36.236013	36.194585	22	11500	11.47
G-61	15.09.2014	36.252889	36.187981	3.2	5000	12.16
G-62	15.09.2014	36.252535	36.190008	-	10500	14.34
G-63	15.09.2014	36.251142	36.195002	1.8	4200	3.51
G-64	16.09.2014	36.242199	36.193364	1	1900	2.58
G-65	16.09.2014	36.240702	36.194700	20	84000	44.25
G-66	16.09.2014	36.243601	36.195463	12.5	13300	7.33
G-67	16.09.2014	36.245895	36.197706	14.9	15400	4.54
G-68	16.09.2014	36.238100	36.188774	8.6	4800	4.84
G-69	16.09.2014	36.236413	36.187685	3.5	1450	3.22
G-70	16.09.2014	36.231691	36.187714	9.8	5650	2.93
G-71	16.09.2014	36.230863	36.186683	5.4	1450	9.18
G-72	16.09.2014	36.229201	36.185920	-	1150	2.31
G-73	18.09.2014	36.243460	36.187912	5	3700	4.84
G-74	18.09.2014	36.247169	36.185702	6	1500	4.98
G-75	18.09.2014	36.245157	36.184195	7.5	14750	29.36
G-76	18.09.2014	36.242336	36.184100	11.24	17000	36.33
G-77	18.09.2014	36.251079	36.184440	1	3100	1.61
G-78	18.09.2014	36.234727	36.195675	7.5	6600	4.05

Çizelge 6.2. CO₂ konsantrasyon, Rn ve CO₂ akış ölçüm değerleri (devam ediyor).

No	Tarih	Enlem	Boylam	Rn (kBeq/m ³)	CO ₂ (ppm)	CO ₂ (g/(m ² gün ⁻¹))
G-79	18.09.2014	36.240197	36.196460	35	31200	21.58
G-80	18.09.2014	36.243082	36.199841	12	5900	2.25
G-81	19.09.2014	36.240375	36.200047	11	5200	12.66
G-82	19.09.2014	36.237872	36.197710	32.5	17700	19.14
G-83	19.09.2014	36.235611	36.199037	15.2	3550	5.60
G-84	19.09.2014	36.233757	36.198530	21	14000	21.48
G-85	20.09.2014	36.224947	36.184820	14	5250	4.41
G-86	20.09.2014	36.223248	36.182055	5.1	3475	4.80
G-87	20.09.2014	36.227830	36.180442	6.1	7600	12.74
G-88	20.09.2014	36.225844	36.192557	18	15500	10.29
G-89	20.09.2014	36.227188	36.193329	19.7	15000	11.02
G-90	20.09.2014	36.229802	36.195662	13	5400	6.20
G-91	20.09.2014	36.233017	36.198894	7.5	3400	8.95
G-92	20.09.2014	36.235848	36.203547	8.7	10000	8.18
G-93	21.09.2014	36.243553	36.179268	2.2	4350	6.01
G-94	21.09.2014	36.248865	36.179690	4.7	4930	2.82
G-95	21.09.2014	36.254566	36.181241	5.5	4200	8.94
G-96	21.09.2014	36.248214	36.197506	21	2500	3.66
G-97	13.11.2014	36.237130	36.212901	10	6800	13.12
G-98	13.11.2014	36.233456	36.211303	19.5	22000	60.91
G-99	13.11.2014	36.231951	36.207164	26.5	12000	11.89
G-100	14.11.2014	36.264058	36.186676	37.6	9300	13.55
G-101	14.11.2014	36.264091	36.194959	3.6	9700	5.03
G-102	14.11.2014	36.259343	36.193557	41.5	6200	5.79
G-103	15.11.2014	36.266481	36.182043	54.2	28100	4.42
G-104	15.11.2014	36.276088	36.188192	41	11000	14.59
G-105	15.11.2014	36.275651	36.182527	13	5570	8.48
G-106	16.11.2014	36.271408	36.175342	72.5	3300	15.20
G-107	16.11.2014	36.271465	36.191656	2.9	28500	-
G-108	16.11.2014	36.275042	36.196668	9.3	9700	-
G-109	16.11.2014	36.237040	36.201431	95	9300	-
G-110	16.11.2014	36.237560	36.206807	9	9200	-
G-111	16.11.2014	36.228862	36.200159	19.5	9600	-
G-112	18.11.2014	36.261340	36.179534	46.8	23300	27.78
G-113	18.11.2014	36.265490	36.172128	25	11000	13.33
G-114	18.11.2014	36.273115	36.164994	15	5200	7.30
G-115	18.11.2014	36.287024	36.151882	12	11150	20.93
G-116	18.11.2014	36.256505	36.170457	24	12700	13.16
G-117	18.11.2014	36.247880	36.172023	12.5	25350	10.91

Yukarıdaki Rn, CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış değerleri kullanılarak ArcGIS programında her bir gaz için ayrı ayrı alansal dağılım haritaları Inverse Distance Weight (IDW) yöntemi ile çizilmiştir. Çizilen bu alansal dağılım haritalarında kırığın bulunduğu orta kesimlerinde gazların yoğunluğunun azaldığı görülmektedir. Bu her ne kadar beklenen bir durum olmasa da gaz yoğunluğu azalmasının nedeni o bölgedeki toprağın killi olması ve/veya kırık boyunca oluşan geçirgen zondan gazların kaçmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ölçüm çalışmaları esnasında yoğunluğun azaldığı noktalarda, kırığın tam üzerinde dahi yapılan ölçümlerde gaz gelişini neredeyse yok denecek kadar azdır (Şekil 6.7).



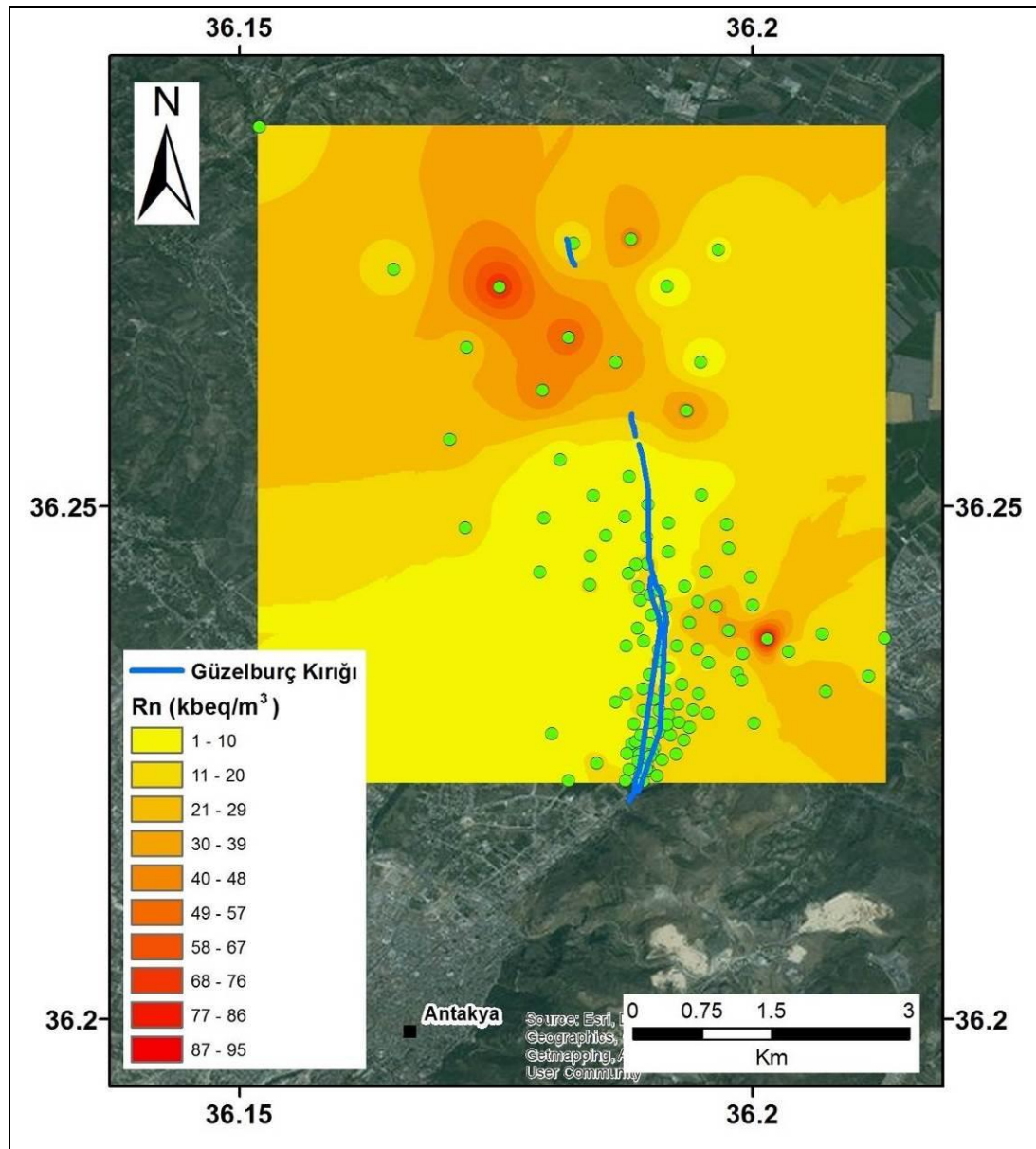
Şekil 6.6. Arazi çalışmasında toprak gazı ölçümleri yapılan lokasyonlar.



Şekil 6.7. Güzelburç kırığı üzerinde gaz çıkışı düşük olan kırık zonu ölçüm noktası.

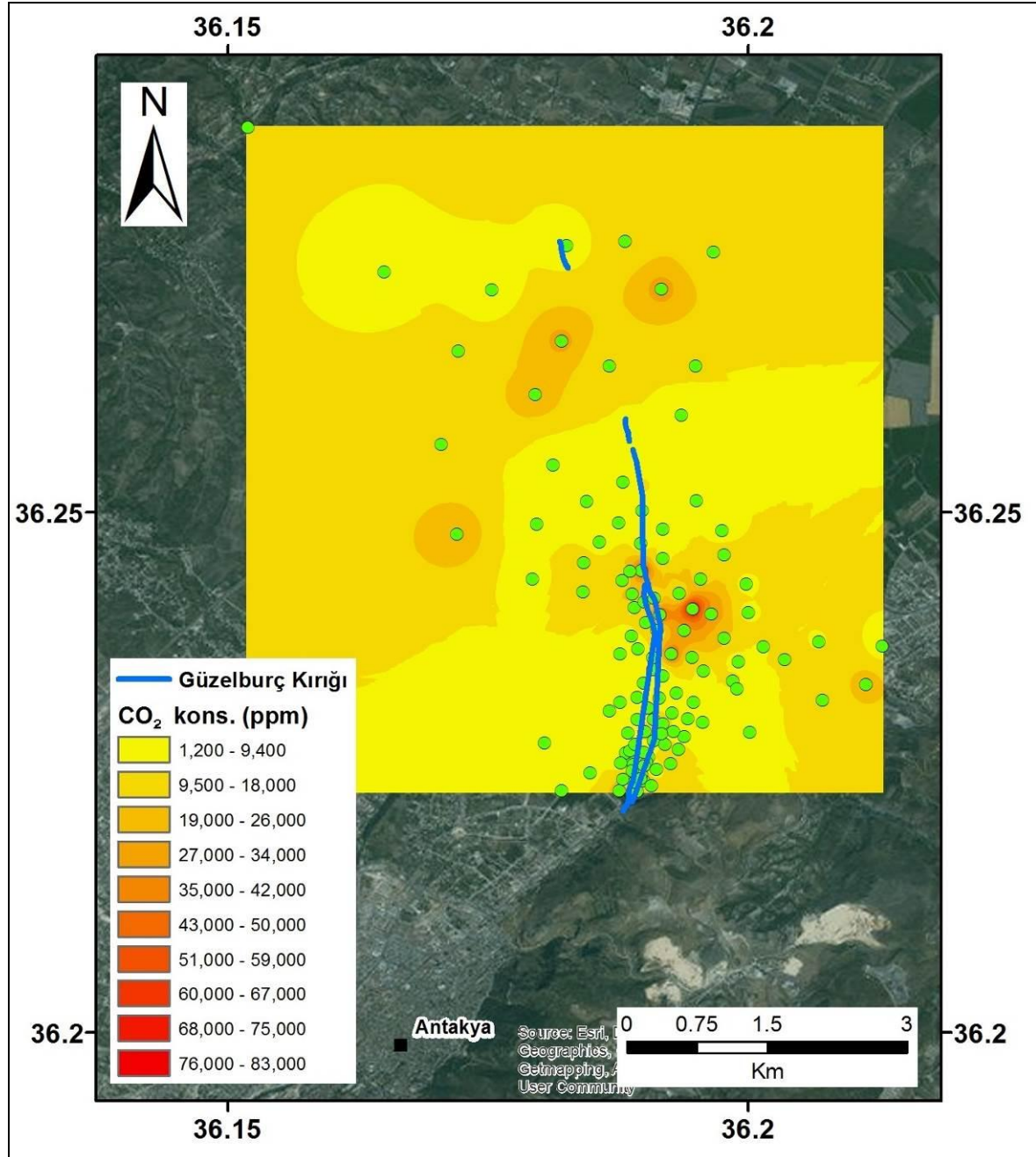
Çizilen R_n , CO_2 konsantrasyon ve CO_2 akış dağılım haritalarında beklenenin aksine haritalar arasında ilişki çıkmamıştır (sırasıyla Şekil 6.8, 6.9, 6.10). Çünkü kırık oluştuğunda bir geçirgen zon oluşmuştur ve bu zonu gaz kaçışlarına neden olmuştur. Ayrıca bölgenin alüvyon birimler ile (özellikle killi, kumlu ve çakıllı seviyelerden dolayı) kaplı olması nedeniyle gaz yoğunluğu değişkenlik göstermiştir. Bunun yanında toprak nemliliğinden dolayı yüzeye çıkan gaz yoğunluğu da azalma göstermiş olabileceği düşünülmüştür. R_n , CO_2 konsantrasyon ve CO_2 akış dağılım haritalarında bazı yerlerde

gaz konsantrasyonlarının arttığı görülmüştür. Bu artışın nedeninin üç haritada kırığın görülmediği kuzey kesimlerde olması anlamlıdır. Çünkü kırık oluşumundan dolayı gaz kaçıışı olmamıştır. Buna ek olarak alüvyon birimlerden dolayı bu gaz yoğunluğu yayılma gösterdiği söylenebilir. Rn dağılım haritasının güney-doğu kısmında görülen gaz yoğunluğundaki artışın diğer bir kırık veya gelişen faydan kaynaklanabileceği düşünülmüştür (Şekil 6.8).



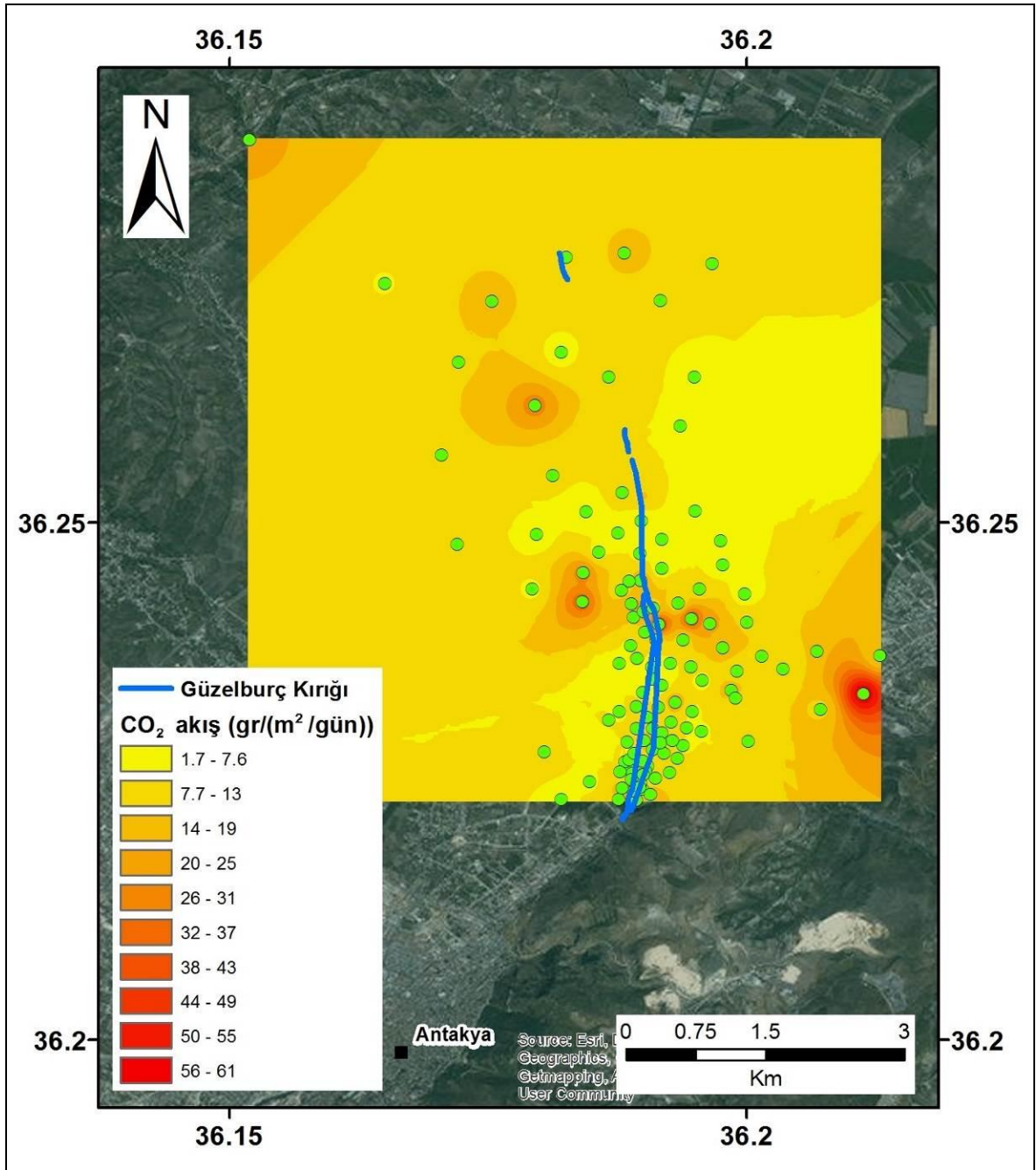
Şekil 6.8. Rn dağılım haritası.

CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış dağılım haritalarının orta ve güneydoğu kesimlerinde görülen gaz yoğunluğu artışının CO₂ organik kökenden ($\delta^{13}\text{C}$ değerinden dolayı) ve tarımsal faaliyetlerden dolayı olduğu düşünülmektedir (Şekil 6.9, 6.10).



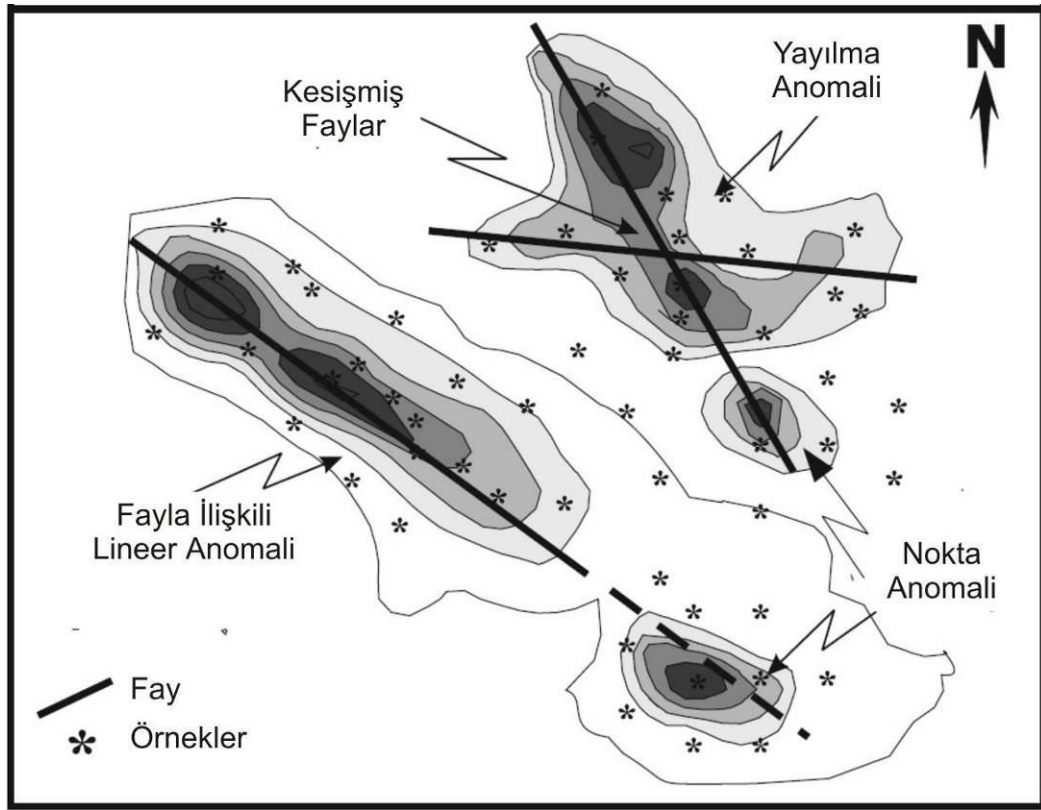
Şekil 6.9. CO₂ konsantrasyon dağılım haritası.

Buna göre bu tez çalışması kapsamında yapılan R_n, CO₂ konsantrasyonu ve akış dağılım haritalarında nokta ve yayılma anomali şeklinde yoğunluklar görülmektedir.



Şekil 6.10. CO₂ akış dağılım haritası.

Nitekim Ciotoli vd. (2007) tarafından Ofonto havzasında yapılan çalışmada da dağılım haritalarındaki gaz anomali şekilleri yeraltındaki yapılar ile ilişkili olarak değerlendirilmişti (Şekil 6.11). Ölçülen verilere göre sahamızda noktasal ve dağınık yayılım gösteren anomaliler olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise alüvyon birimlerin ve Miyosen öncesi birimlerin sahada kalın olması ve gaz çıkışlarının yayılım göstermesi olduğu düşünülmektedir.

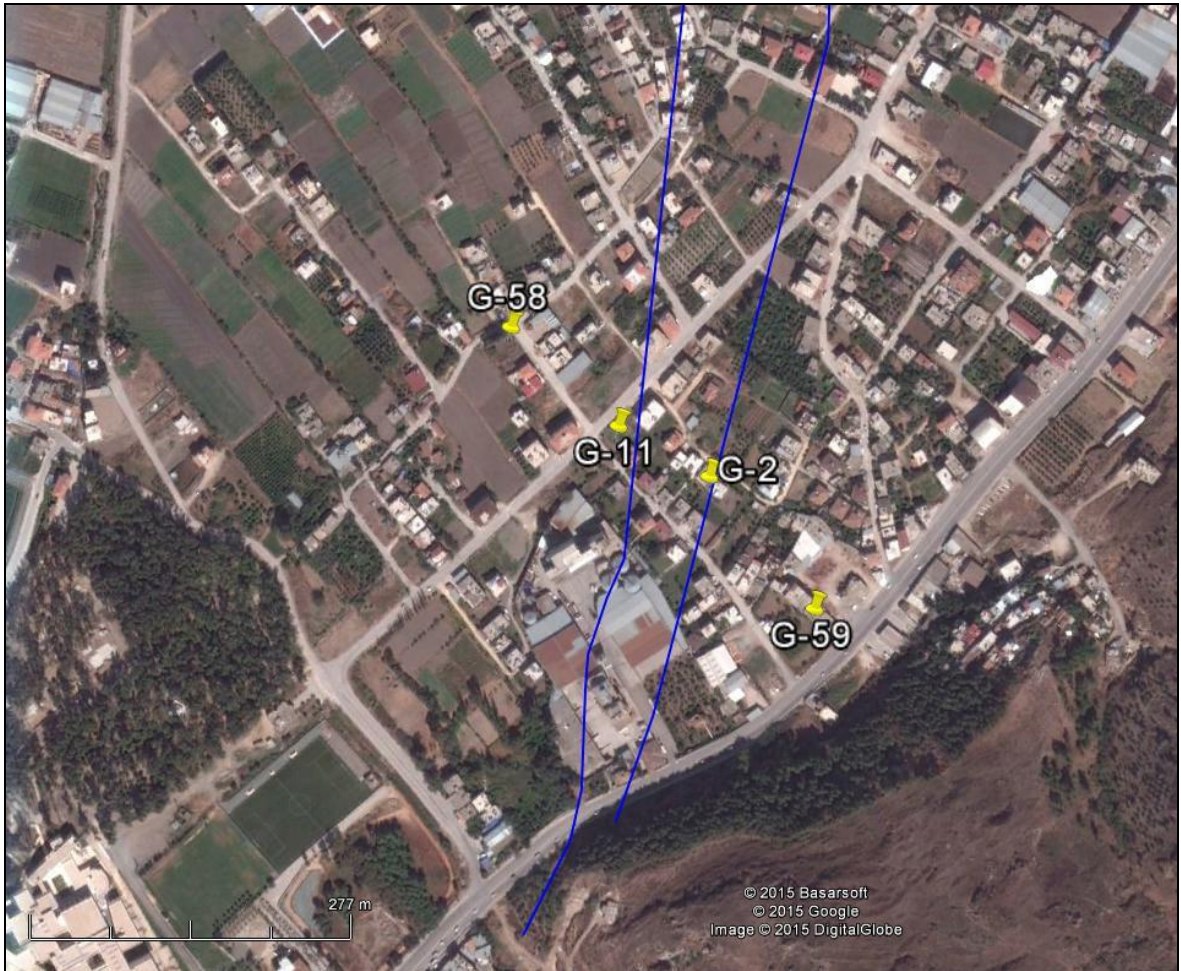


Şekil 6.11. Dağılım haritalarındaki gaz anomali türleri (Ciotoli, vd., 2007).

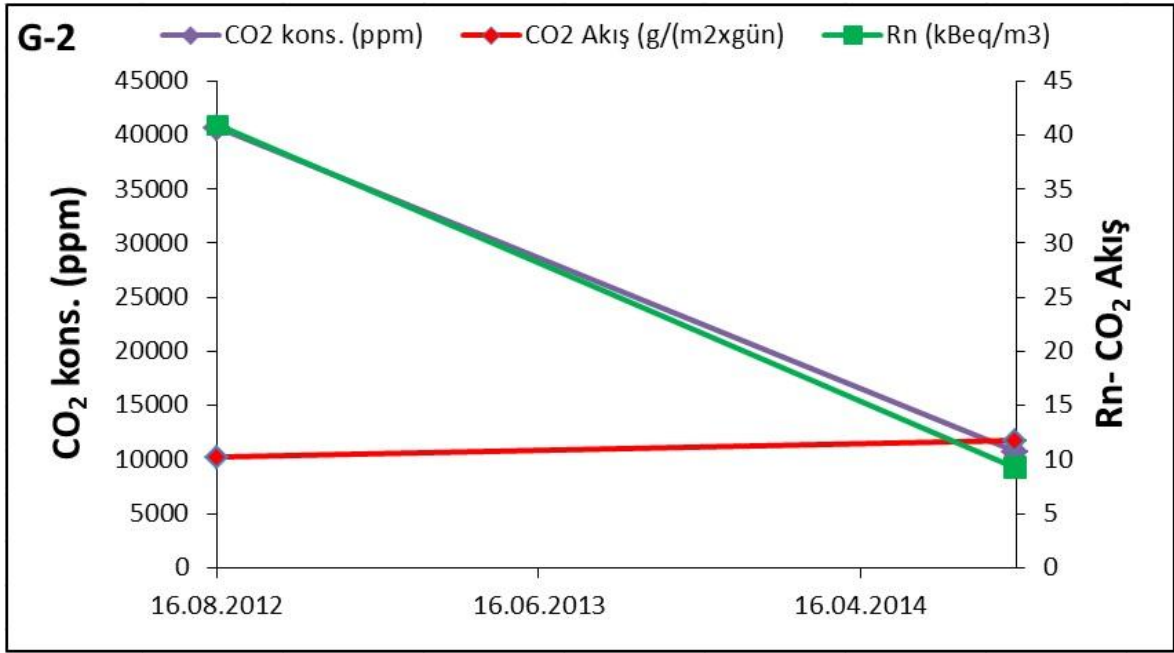
Bu ölçümler haricinde 2012 yılında ve 2014 yılında aynı 4 noktadan toprak gazı ölçümleri yapılmıştır (Şekil 6.12). Yapılan Rn, CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış ölçümlerinin sonuçları Çizelge 6.3'te verilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ile zamana karşı grafikler çizilmiştir (Şekil 6.13; 6.14; 6.15). Grafiklere göre G-59 noktasındaki Rn ve CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış değerlerinde artış, diğer noktadaki (G-2, G-11 ve G-58) Rn ve CO₂ konsantrasyon değerlerinde azalma, CO₂ akış değerlerinde ise artış görülmüştür (Şekil 6.13; 6.14; 6.15). Bu CO₂ akış değerlerindeki artışın nedeninin tarımsal faaliyetler olduğu düşünülmektedir. Bu G-2, G-11 ve G-58 noktalarındaki Rn ve CO₂ konsantrasyon değerlerindeki azalma, meydana gelen kırılmadan dolayı oluşan boşluklardan kaçmış olabileceği düşünülmektedir. G-59 noktasındaki Rn, CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış değerlerindeki artışın gömülü bir kırıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 6.2. Tekrarlanan gaz ölçüm noktalarının bilgileri.

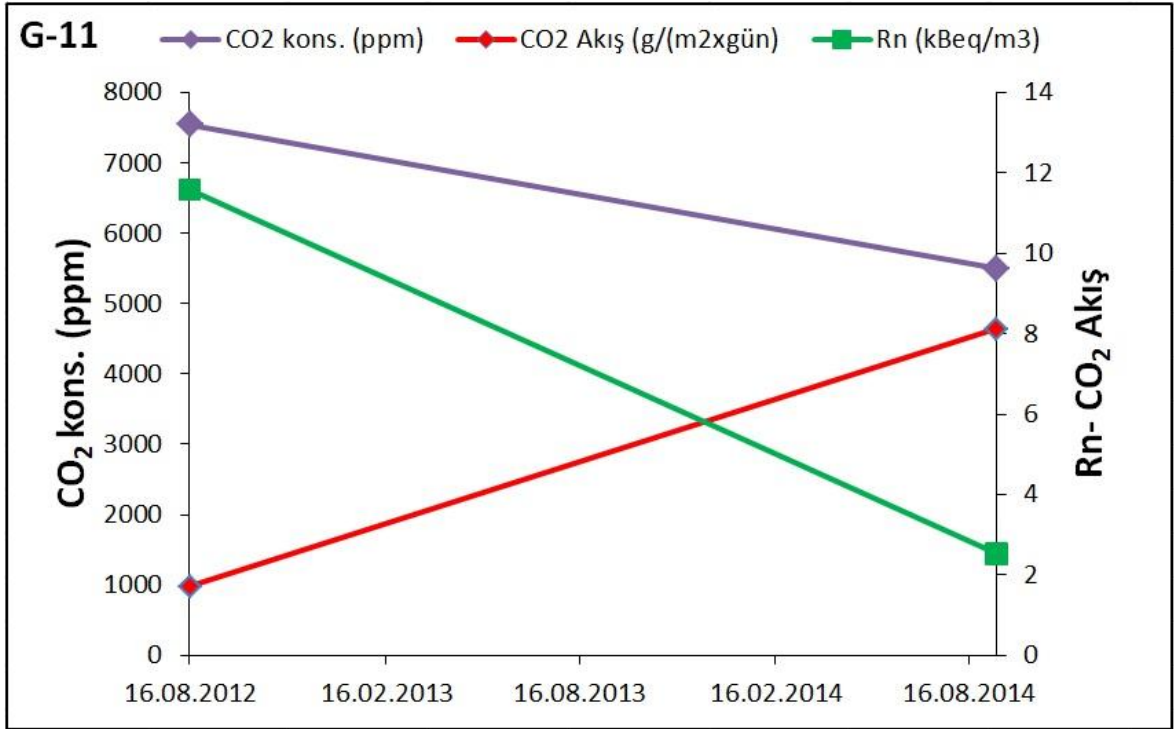
No	Tarih	Rn (kBeq/m ³)	CO ₂ kons. (ppm)	CO ₂ akış (g/(m ² /gün))
G-2	16.08.2012	40.9	40700	10.23
	09.09.2014	9.27	10700	11.7
G-11	16.08.2012	11.6	7550	1.72
	10.09.2014	2.54	5500	8.1
G-58	16.08.2012	6.54	15000	1.57
	15.09.2014	2.6	2650	6.3
G-59	16.08.2012	5.54	3710	2.0
	15.09.2014	10.9	9350	23.9



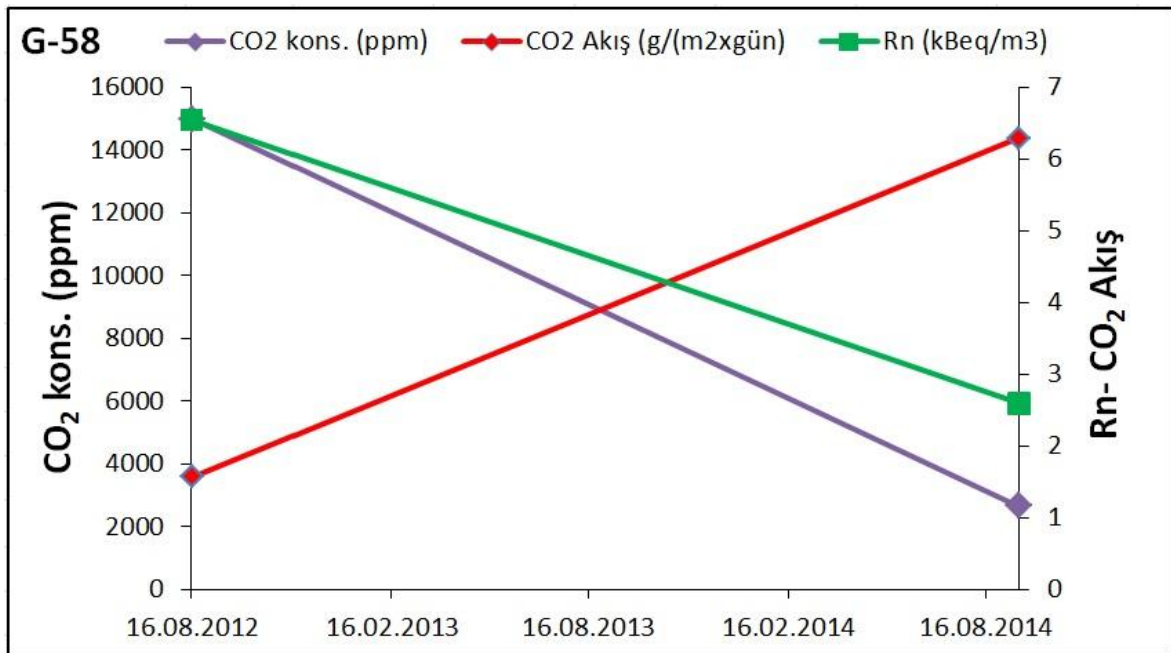
Şekil 6.12. Tekrarlanan ölçüm noktalarının lokasyonları.



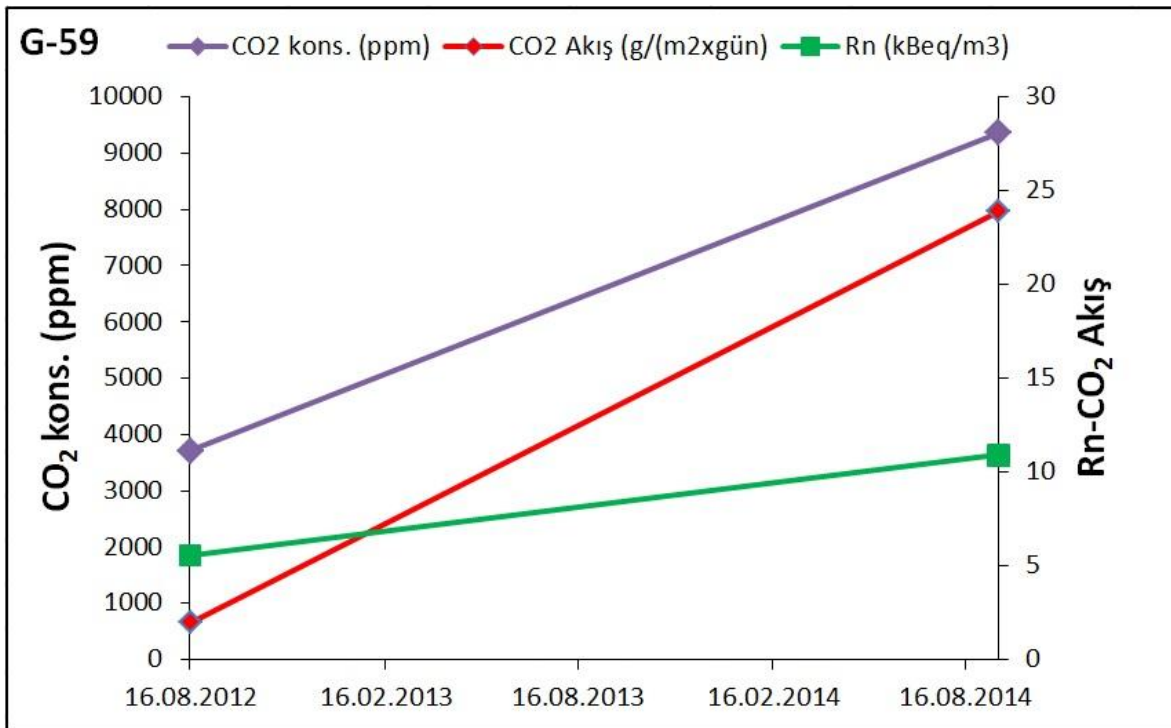
Şekil 6.13. G-2 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.



Şekil 6.14. G-11 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.



Şekil 6.15. G-58 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.



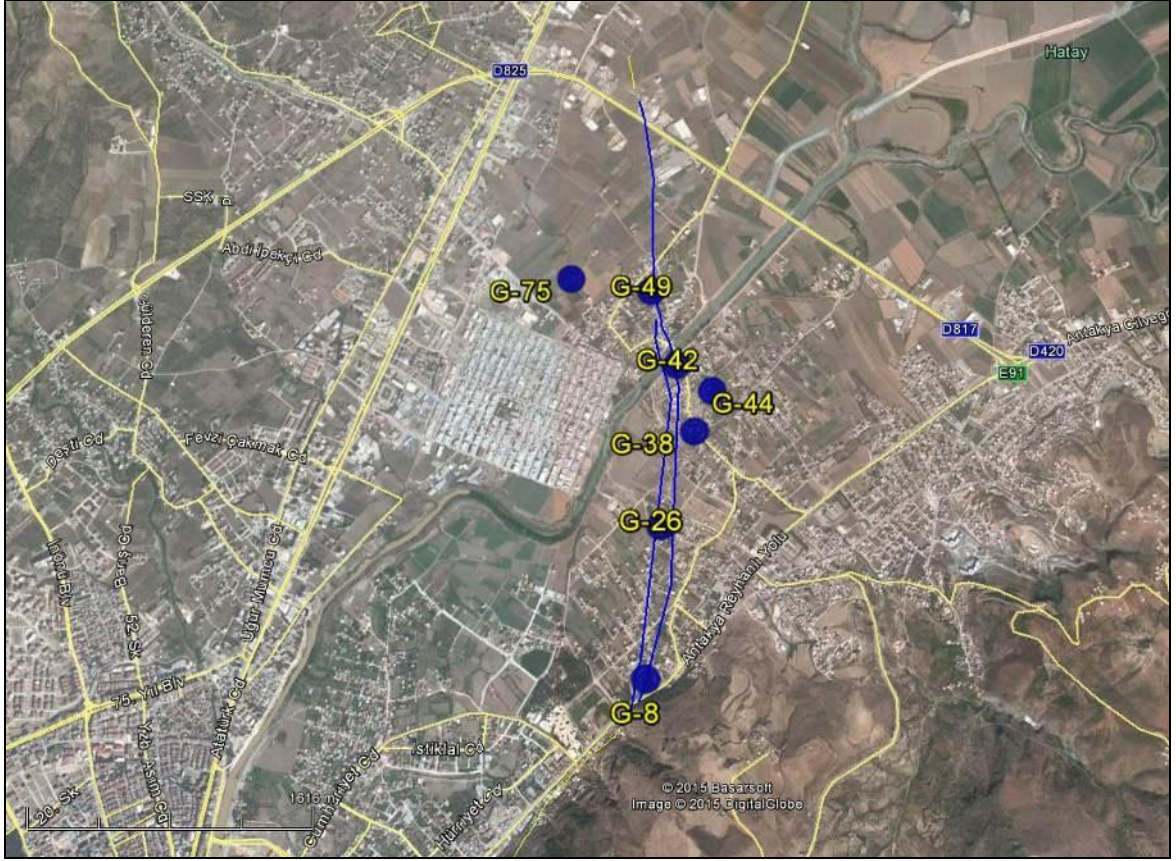
Şekil 6.16. G-59 noktasında 2012-2014 yıllarında yapılan gaz ölçümlerinin grafiği.

6.4. Güzelburç kırığı üzerinde ve yakınlarında yapılan $\delta^{13}\text{C}$ izotop ölçümleri

Karbondioksit kökenini belirlemek için alınan $\delta^{13}\text{C}$ örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 6.4'te ve örnek noktalarının yerleri Şekil 6.17'da verilmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ değeri 0 veya daha pozitif olduğunda kireçtaşlarından, -20'den daha negatif olduğunda organik sedimanlardan ve 6.5 ± 2.5 civarında olduğunda manto kaynaklı olduğu söylenebilir (Sano ve Marty, 1995). Analiz sonuçlarında da görüldüğü gibi $\delta^{13}\text{C}$ değeri -20 civarındadır. Bu ölçüm sonuçları CO_2 gaz fazını içeren aktif gaz çıkışlarının varlığını göstermektedir. Ancak karbondioksit tamamen organik kökenli değildir. Ölçülen verilere göre muhtemelen litosferik karaktere sahip, faya bağlı gaz çıkışları olduğunu göstermektedir. $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ‰ -4.8 ile -28.7 arasında değişmektedir ki -4.8 ile -10.2 aralığında değişen değerler (diğer örneklerde de ağırlıklı olarak -10 ile -20 aralığında değişmektedir) CO_2 'in tamamen organik kökenli olmayıp, mantosal katkı içeriğini göstermektedir (Diğer bir ifade ile biyolojik köken ile mantosal köken arasında karışım şeklindedir). (Sano ve Marty, 1995; Yüce, vd., 2014; Prinzhofer, 2013).

Çizelge 6.3. Yapılan serbest gaz analiz sonuçları.

Örnek No	Tarih	Enlem	Boylam	$\delta^{13}\text{C}$ (CO_2) (‰)
G-8	18.09.2014	36.223133	36.18931	-18.7
G-26	18.09.2014	36.231205	36.19033	-21.7
G-38	18.09.2014	36.236380	36.19264	-23.8
G-42	18.09.2014	36.240126	36.19150	-28.7
G-44	18.09.2014	36.238633	36.19386	-18.5
G-49	18.09.2014	36.244372	36.18973	-23.3
G-75	18.09.2014	36.245157	36.18420	-20.9



Şekil 6.17. Toprakтан alınan serbest gaz lokasyonları.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gaz Ölçümleri İle Örtülü Kırık Zonlarının Belirlenmesi: Güzelburç Kırığı Antakya adlı tez çalışması kapsamında yapılan analiz ve ölçümlerden elde edilen bilgilerin değerlendirilmesinden şu sonuçlara varılmıştır;

- 117 noktada ölçülen Rn, CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış değerlerinden çizilen dağılım haritalarından istenilen şekilde bir sonuç alınamamıştır. Bu çalışma alanının alüvyon ve Miyosen öncesi birimlerin kalınlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Güzelburç kırığı boyunca oluşan geçirgen zon boyunca gaz kaçışı olduğundan dolayı gaz konsantrasyonlarında değişikliklerin olabileceği kanısına varılmıştır.

- 7 noktadan alınan serbest gaz örnekleri İtalyadaki Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) laboratuvarında analizleri yaptırılmıştır. Sonuç olarak kırık civarında alınan serbest gaz örneklerinin analizi sonucu elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine göre CO₂'in organik köken ile atmosferik gazların karışmış olduğu, bununla birlikte çok düşük oranda da olsa mantosal katkının da olduğu düşünülmektedir.

- 4 noktada 2012 ve 2014 yıllarında tekrarlanan Rn, CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış gaz ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre G-59 noktasındaki Rn ve CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış değerlerinde artış, diğer noktalardaki (G-2, G-11 ve G-58) Rn ve CO₂ konsantrasyon değerlerinde azalma, CO₂ akış değerlerinde ise artış görülmüştür. Bu CO₂ akış değerlerindeki artışın nedeninin tarımsal faaliyetler olduğu düşünülmektedir. Ayrıca G-2, G-11 ve G-58 noktalarındaki Rn ve CO₂ konsantrasyon değerlerindeki azalma, meydana gelen kırılmadan dolayı oluşan boşluklardan kaçmış olabileceği düşünülmektedir. G-59 noktasındaki Rn, CO₂ konsantrasyon ve CO₂ akış değerlerindeki artışın gömülü başka diğer bir kırık veya faydan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonuçları haricinde Güzelburç kırığının oluşum nedeni hakkında şu sonuçlara varılmıştır;

- Güzelburç ve Maşuklu beldeleri civarında kurak aylarda yeraltı suyunun aşırı çekilmesinden dolayı alüvyon zeminde boşlukların oluşması ve meydana gelen bu boşlukların çökmelere neden olabileceği,

- Bölgede yine yeraltı suyu çekimi nedeni ile alüvyonda bulunan kil seviyelerinde meydana gelen şişme ve büzülmelelerden kaynaklanabileceği,

- Tarihi depremlerde meydana gelmiş olan bir faylanmanın alüvyon tarafından örtülmesi ve oluşan fayın doğu ve batı taraflarındaki farklı birimlerin herhangi bir sismik aktiviteden etkilenerek oturmaların gerçekleşebileceği düşünülmektedir.

Tez çalışmasında elde edilen bilgiler ışığında Güzelburç kırığı hakkında daha fazla bilgi elde edebilmek için şu önerilerde bulunmaktadır;

- Güzelburç ve çevresinde açılmış olan kuyulardan yeraltısuyu çekimi kontrollü bir şekilde yapılarak aşırı çekimler önlenmeli,

- Kırık boyunca çeşitli yerlerde açılacak olan hendekler ve sondajlar kırık hakkında daha ayrıntılı bilgiler elde edilmeli,

- Uydu görüntüleri ve GPS istasyonları yardımı ile yıllık hareket olup olmadığı incelenmelidir.

8. KAYNAKÇA

- Abdoh, A., Pilkington, M. (1989). Radon emanation studies of the Ile Bizard Fault, Montreal. *Geoexploration*(25), 341-354.
- Akyüz, S. H., Altunel, E., Karabacak, V., Yalçiner, C. Ç. (2006). Historical earthquake activity of the northern part of the Dead Sea Fault Zone, southern Turkey. *Tectonophysics*, 426, 281-293.
- Al-Hilal, M., Al-Ali, A. (2010). The role of soil gas radon survey in exploring unknown subsurface faults at Afamia B dam, Syria. *Radiation Measurements*(45), 219-224.
- Allen, C. R. (1969). Active faulting in northern Turkey. Contribution 1577. *Div. Geol. Sciences California Inst. Technology*, 32.
- Ambraseys, N. (1989). Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal-Oxford*, 96, 311-331.
- Ambraseys, N., Melville, C. (1995). Historical evidence of faulting in EasternAnatolia and northern Syria. *Annali di Geofisica*, 38, 337-343.
- Ambraseys, N., White, D. (1997). The Seismicity of the Eastern Mediterranean 550-1 BC: a re-appraisal. *Journal of Earthquake Engineering*, 1(4), 603-632.
- Ambrasseys, N. N. (1989). Temporary Seismic Quiescence. SE Turkey. *Goepysical Journal*(96), 311-331.
- Arpat, E., Şaroğlu, F. (1972). Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler. *MTA dergisi*, 78, 44-50.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Arpat, E., Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18(1), 91-101.
- Barka, A., Reilinger, R. (1997). Active tectonics of the Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data. *Ann. Geofis.*(XI/3), 587-610.
- Beltrami, R., Ceccarelli, A., Lombardi, S. (1984). L'elio nei gas del suolo nella prospezione geotermica. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrografia*(39), 331-349.
- Ciotoli, G., Etioppe, G., Guerra, M., Lombardi, S. (1999). The detection of concealed faults in the Ofanto Basin using the correlation between soil-gas fracture surveys. *Tectonophysics*(301), 321-332.
- Ciotoli, G., Lombardi, S., Annunziatellis, A. (2007). Geostatistical analysis of soil gas data in a high seismic intermontane basin: Fucino Plain, central Italy. *J. Geophys. Res.*
- Demir, A. (1996). Through the Ages Antakya. *Akbank Culture and Art Publications, İstanbul*, 62, 365.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W., Şaroğlu, F., Şengör, A. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone. In: Coward, M.P., Ries, A.C. (Eds.), *Collision Tectonics. Spec. Publ.-Geol. Soc. London*, 19, 3-36.
- DSİ. (1975). *Asi Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu*. Ankara: DSİ Genel Müdürlüğü.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Durrance, E. M., Gregory, R. G. (1990). Helium and radon transport mechanisms in hydrothermal circulation systems of Southwest England. *Geochemistry of Gaseous Elements and Compounds*, 337-352.
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z. (1967). *Türkiye ve civarının deprem kataloğu (MS 11 yılından 1964 sonuna kadar)*. ITÜ Maden Fakültesi: Arz Fizigi Enstitüsü Yayınları.
- Etioppe, G., Lombardi, S. (1995a). Soil gases as fault tracers in clay basin: a case history in the Siena basin (Central Italy). *In: Dubois, C. (Ed.), Gas Geochemistry.*, 19-29.
- Etioppe, G., Martinelli, G. (2002). Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*(129), 185-204.
- Freund, R., Garfunkel, Z., Zak, I., Goldberg, M., Weissbrod, T., Derin, B. (1970). The shear along the Dead Sea rift. *Philos.Trans. R. Soc. Lond. Ser. A: Math. Phys. Sci*, 267, 107-130.
- Fu, C. C., Yang, T. F., Walia, V., Chen, C. H. (2005). Reconnaissance of soil gas composition over the buried fault and fracture zone in southern Taiwan. *Geochemical Journal*(39), 427-439.
- Fu, C. C., Yang, T. F., Walia, V., Liu, T. K., Lin, S. J., Chen, C. H., Hou, C. S. (2009). Variations of soil–gas composition around the active Chihshang Fault in a plate suture zone, eastern Taiwan. *Radiation Measurements*(44), 940-944.
- Fujiyoshi, R., Morimoto, H., Sawamura, S. (2002). Investigation of soil radon variation during the winter months in Sapporo, Japan. *Chemosphere*(47), 369-373.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Garfunkel, Z. (1981). Internal structure of the Dead Sea leaky transform (rift) in relation to plate kinematics. *Tectonophysics*(80), 81-108.

Garfunkel, Z., Ben-Avraham, Z. (1996). The structure of the Dead Sea basin. *Tectonophysics*(255), 155-176.

Guerra, M., Lombardi, S. (2001). Soil-gas method for tracing neotectonic faults in clay basins: the Pisticci field (Southern Italy). *Tectonophysics*(339), 511-522.

Guidoboni, E., Bernardini, F., Comastri, A. (2004). The 1138-1139 and 1156-1159 destructive seismic crises in Syria, south-eastern Turkey and northern Lebanon. *Journal of Seismology*, 8, 105-127.

Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G. (1994). Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10 th century. *Instituto Nazionale di Geofisica, Rome*, 504.

Gülen, L., Barka, A., Toksöz, M. N. (1987). Continental collision and related complex deformation: Maraş Triple Junction and surrounding structures, southeastern Turkey. *Yerbilimleri Bull. Earth Sci. Applic. and Res. Center, Hacettepe Univ.*(14), 319-336.

Hatay Valiliği. (2011). *Hatay*. Hatay.

Hatay Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü. (2008). *HATAY İL ÇEVRE DURUM RAPORU*. Hatay.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Hempton, M. R. (1987). Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea. *Tectonics*(6), 687-705.

Herece, E. (2008). *Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası* (Special Publications 13 b.). Ankara: General Directorate of Mineral Research and Exploration.

Hermensson, H. P., Akerblom, G., Chyssler, J., Linden, A. (1991). Geogas, a carrier or a tracer? *SKN Report*(51).

Hinkle, M. (1994). Environmental conditions affecting concentrations of He, CO₂, O₂ and N₂ in soil gases. *Applied Geochemistry*(9), 53-63.

İçhedef, M., Saç, M. M., Camgöz, B., Bolca, M., Harmanşah, Ç. (2013). Soil gas radon concentrations measurements in terms of great soil groups. *Journal of Environmental Radioactivity*, 165-171.

Ioannides, K. G., Papachristodoulou, C., Karamanis, D. T., Stamoulis, K. C., Mertzimekis, T. J. (1996). Measurements of ²²²Rn migration in soil. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*(208), 541-547.

Irwin, W. P., Barnes, I. (1980). Tectonic relations of carbon dioxide discharges and. *J. Geophys.* 85, 3115-3121.

Karabacak, V., Altunel, E. (2013). Evolution of the northern Dead Sea Fault Zone in southern Turkey. *Journal of Geodynamics*(65), 282-293.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Karabacak, V., Altunel, E., Meghraoui, M., Akyüz, H. S. (2010). Field evidences from northern Dead Sea Fault Zone (South Turkey): New findings for the initiation age and slip rate. *Tectonophysics*(480), 172-182.
- Karaki, N. A. (1987). Synthèse et carte sismotectonique des pays de la bordure orientale de la méditerranée: sismicité du système de failles du Jourdain-Mer Morte. *PhD Thesis, Louis Pasteur University, Earth Physics Institute, France.*
- Karataş, A. (2010). Hatay İli'nin Su Potansiyeli ve Sürdürülebilir Yöntemi. *Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.*
- Karataş, A., Korkmaz, H. (2012). *Hatay İli'nin Su Potansiyeli ve Sürdürülebilir Yönetimi* (40 b.). Hatay: MKÜ yayınları.
- Khair, K., Karakaisis, G. F., Papadimitriou, E. (2000). Seismic zonation of the Dead Sea Transform Fault area. *Annali di Geofisica*, 43(1), 61-79.
- King, C. -K., King, B. -S., Evans, W. C., Zang, W. (1996). Spatial radon anomalies on active faults in California. *Appl. Geochem.*(11), 497-510.
- Klusman, R. W. (1993). Soil gas and related methods for natural resource explorations Wiley. England.
- Klusman, R. W., Jaacks, J. A. (1987). Environmental influences upon mercury, radon and helium concentrations in soil gases at a site near Denver, Colorado. *J. Geophys. Res.*(27), 259-280.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Klusman, R. W., Webster, J. D. (1981). Preliminary analysis of meteorological and seasonal influences on crustal gasemission relevant to earthquake prediction. *Bull. Seismol. Soc. Am*(71), 211-222.
- Kop, A. (2010). Faylarla İlişkili Jeotermal Alanlarda Radon Gazı Ölçümlerinin Önemine İlişkin Bir Örnek, Hartlap Kaplıcası, Kahramanmaraş. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 23(1), 39-52.
- Korkmaz, H. (2008). Antakya-Kahramanmaraş Graben Alanında Kurutulan Sulak Alanların (Amik Gölü, Emen Gölü ve Gâvur Gölü Bataklığı) Modellerinin Oluşturulması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(9), 19-37.
- Kulalı, F. (2009). Topraktaki radon konsantrasyonu ölçümü ve deprem ilişkisinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Isparta Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kuşçu, İ., Barka, A. A., Kato, H., Kato, K. (1992). Kuzey Anadolu Fayı Zonundaki Bazı Faylarda Radon Gazı (Alpha Izi) Ölçümleri. *Jeoloji Mühendisliği*(40), 33-40.
- Lerman, A. (1979). *Geochemical Processes, Water and Sediment Environments*. Wiley Interscience, New York.
- Lombardi, S., Reimer, G. M. (1990). Radon and helium distribution in soil gases in the Phlegrean Fields, Central Italy. *Geophys. Res. Lett.*(17), 849-852.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Lombardi, S., Etioppe, G., Guerra, M., Cioteli, G., Grainger, P., Duddridge, G. A., Gera, F., Chiantora, V., Pensieri, R., Grindrop, P., Impey, M. (1996). The refinement of soil gas analysis as a geological investigative technique. Final Report. Work carried out under a cost-sharing contract with the European Atomic Energy Community in the framework of its 4th RveD programme on 'Management and Storage of Rad.
- Lovelock, P. R. (1984). A review of the tectonics of the northern Middle East region. *Geological Magazine*, 121, 577-587.
- Mahmoud, Y., Masson, F., Meghraoui, M., Çakır, Z., Alchalbi, A., Yavaşoğlu, H., Yönlü, Ö., Daoud, M., Ergintav, S., İnan, S. (2013). Kinematic study at the junction of the East Anatolian fault and the Dead Sea fault from GPS measurements. *J. Geodyn*, 67, 30-39.
- Mc Kenzie, D. P. (1976). The East Anatolian Fault, a major structure in Eastern Turkey. *Earth and Planetary Sciences*, 29, 189-193.
- McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Sari, D. B., Tealeb, A. (2003). GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motion. *Geophys*(155), 126-138.
- McKenzie, D. P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysics J. R. Asr.Soc.*, 30, 109-185.
- Meghraoui, M., Gomez, F., Sbeinati, R., derWoerd, J. V., Mouty, M., Darkal, A., Radan, Y., Layyous, I., Najjar, H. M., Darawcheh, R., Hijazi, F., Al-Ghazzi, R., Barazangi, M. (2003). Evidence for 830 years of seismic quiescence from palaeoseismology, archaeoseismology and historical seismicity along the Dead Sea fault in Syria. *Earth and Planetary Science Letters*, 210, 35-52.
- Muehlberger, R. W. (1981). The splintering of the Dead Sea fault zone in Turkey. *Hacettepe Univ. Earth Sci.*, 8, 123-130.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Over, S., Kavak, K., Bellier, O., Özden, S. (2004). Is the Amik Basin (SE Turkey) a triplejunction area? Analyses of SPOT XS imagery and seismicity. *Int. J. Remote Sens.*, 19(25), 3857-2872.
- Perinçek, D., Çemen, İ. (1990). The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in Southeastern Turkey. *Tectonophysics*, 172, 331-340.
- Perinçek, D., Eren, A. G. (1990). Doğru atımlı Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonları etki alanında gelişen Amik havzasının kökeni. *Türkiye 8. Petrol Kongresi Bildiri Kitabı*, 180-192.
- Poirier, J. P., Taher, M. A. (1980). Historical seismicity in the near and Middle East, North Africa, and Spain from Arabic Documents (VIIth–XVIIIth Century). *Bulletin of the Seismological Society of America*, 70(6), 2185-2201.
- Prinzhofer, A. (2013). Noble gas in oil and gas accumulations. *The Noble Gases as Geochemical Tracers* (s. 10-13).
- Quennell, A. M. (1984). The Western Arabia rift system. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds.) *The Geological Evolution of the eastern Mediterranean*. *Geol. Soc. London*, 17, 375-402.
- Ramola, R. C., Prasad, Y., Prasad, G., Kumar, S., Choubey, V. M. (2008). Soil-gas radon as seismotectonic indicator in Garhwal Himalaya. *Applied Radiation and Isotopes*(66), 1523-1530.
- Riley, W. J., Gadgil, A. J., Nazaroff, W. W. (1996). Wind-induced ground-surface pressures around a single-family house. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn*(61), 153-167.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Rojay, B., Heimann, A., Toprak, V. (2001). Neotectonic and volcanic characteristics of the Karasu fault zone (Anatolia, Turkey): The transition zone between the Dead Sea transform and the East Anatolian fault zone. *Geodinamica Acta*, 1-17.

Saç, M. M., Camgöz, B. (2005). İzmir'de sismik aktiviteler ile radon konsantrasyonları arasındaki korelasyonun incelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(3), 47-54.

Sano, Y., Marty, B. (1995). Origin of carbon in fumarolic gas from island arcs. *Chemical Geology*(119), 265-274.

Schumacher, D. (1991). Surface exploration for oil and gas advances of the eighties applications for the nineties. Oklahoma.

Seymen, İ., Aydın, A. (1972). Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkisi. *MTA Dergisi*, 79, 1-8.

Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y. (1981). *Türkiye ve çevresinin deprem katalogu, MÖ 2100-MS 1900*. İstanbul: Tubitak Project No. TBAG 341.

Steinz, G., Bartov, Y. (1991). The Miocene–Pliocene history of the Dead Sea segment of the Rift in the light of K–Ar ages of basalts. *Israel Journal of Earth Sciences*(40), 199-208.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A. (1987). Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. *MTA Derleme*, 8174,394.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ. (1992a). *Türkiye Diri Fay Haritası*. Ankara: MTA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ. (1992b). The East Anatolian Fault Zone of Turkey. *Annal. Tecn.*(6), 99-125.
- Şengör, A. C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*(75), 181-241.
- Tarı, U., Tüysüz, O., Genç, Ş. C., İmren, C., Blackwell, B. B., Lom, N., Tekeşin, Ö., Üsküplü, S., Erel, L., Altıok, S., Beyhan, M. (2013). The geology and morphology of the Antakya Graben between the Amik Triple Junction and the Cyprus Arc. *Geodinamica Acta*, 26(1-2), 27-55.
- Tatar, O., Piper, J. A., Gürsoy, H., Heimann, A., Koçbulut, F. (2004). Neotectonic deformation in the transition zone between the Dead Sea transform and the East Anatolian Fault Zone, southern Turkey: A palaeomagnetic study of the Karasu Rift volcanism. *Tectonophysics*, 17-43.
- Taymaz, T., Eyidoğan, H., Jackson, J. A. (1991). Source Parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophysical Journal International-Oxford*(106), 537-550.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2012). *Seçilmiş Göstergelerle Hatay*. Hatay.
- U.S. Geological Survey. (1995). *U.S. Geological Survey - The Geology of Radon*. 12 09, 2013 tarihinde <http://energy.cr.usgs.gov/radon/georadon/2.html> adresinden alındı
- Uludağ, İ. (2010). Radon Kirliliği ve Halk Sağlığı İlişkisi. *Ege üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Bitirme Tezi*.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Varhegyi, A., Hakl, J., Monnin, M., Morin, J. P., Seidel, J. L. (1992). Experimental study of radon transport in water as test for a transportation microbubble model. *Journal of Applied Geophysics*(29), 37–46.
- Walia, V., Lin, S. J., Fu, C. C., Yang, T. F., Hong, W.-L., Wena, K.-L. (2010). Soil–gas monitoring: A tool for fault delineation studies along Hsinhua Fault (Tainan), Southern Taiwan. *Applied Geochemistry*, 602-607.
- Wdowinski, S., Ben-Avraham, Z., Arvidsson, R., Ekström, G. (2006). Seismotectonics of the Cyprian Arc. *Tectonics and geodynamics*(164), 176-181.
- Westavey , R., Arger, J. (2001). Kinematics of the Malatya–Ovacik Fault Zone. *Geodinamica Acta*(14), 103-131.
- Westaway, R. (2003). Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. *Turkish J. Earth Sci.*(12), 5-46.
- Westaway, R. (2004). Kinematic consistency between the Dead Sea Fault Zone and the Neogene and Quaternary left-lateral faulting in SE Turkey. *Tectonophysics*(391), 203-237.
- Wilkeing, M. (1980). Radon transport processes below the Earth's surface. *The Natural Radiation Environment*(III), 90-104.
- Yang, T. F., Chou, C. Y., Chen, C.-H., Chyi, L. L., Jiang, J. H. (2003). Exhalation of radon and its carrier gases in SW Taiwan. *Radiation Measurements*(36), 425-429.
- Yener, K. A. (1998). The Amuq Valley Regional Projects 1997-98 Annual Report. *Oriental Institue*.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Yüce, G., (2007). Yenişehir Ve Cüdeyde (Reyhanlı – Hatay) Kars Kaynaklarının Boşalım Hidrodinamiği Ve Hidrojeokimyasal Özellikleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi*, XX, 2.

Kaynağının Kökeninin Araştırılması. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Yüce, G., Italiano, F., D'Alessandro, W., Yalçın, T. H., Yasin, D. U., Gülbay, A. H., Özyurt, N. N., Rojay, B., Karabacak, V., Bellomo, S., Brusca, L., Yang, T., Fu, C. C., Lai, C. W., Özacar, A., Walia, V. (2014). Origin and interactions of fluids circulating over the Amik Basin (Hatay, Turkey) and relationships with the hydrologic, geologic and tectonic settings. *Chemical Geology*, 388, 23-39.

Zmazek, B., Zivcic, M., Todorovski, L., Dzeroski, S., J.Vaupotic, Kobal, I. (2005). Radon in soil gas: How to identify anomalies caused by earthquakes. *Applied Geochemistry*, 1106-1119.