



**DOĞU ANADOLU FAY HATTINDAN ALINAN
TOPRAK ²²²Rn GAZININ DEPREMLERLE OLAN
İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ İÇİN MATEMATİKSEL
VE İSTATİSTİKSEL MODELLERİN ELDE EDİLMESİ**

Mücahit YILMAZ

Doktora Tezi

Nükleer Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih KÜLAHCI

Mayıs-2017

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU ANADOLU FAY HATTINDAN ALINAN TOPRAK ²²²Rn GAZININ
DEPREMLERLE OLAN İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ İÇİN MATEMATİKSEL
VE İSTATİSTİKSEL MODELLERİN ELDE EDİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Mücahit YILMAZ
(111114202)**

**Anabilim Dalı : Fizik
Programı : Nükleer Fizik**

Danışman: Prof. Dr. Fatih KÜLAHCI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25.04.2017

Mayıs-2017

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞU ANADOLU FAY HATTINDAN ALINAN TOPRAK ²²²Rn GAZININ
DEPREMLERLE OLAN İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ İÇİN MATEMATİKSEL
VE İSTATİSTİKSEL MODELLERİN ELDE EDİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Mücahit YILMAZ

(111114202)

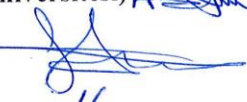
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25.04.2017

Tezin Savunulduğu Tarih: 22.05.2017

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fatih KÜLAHCI (Fırat Üniversitesi) 

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cevad SELAM (Muş Alparslan Üniversitesi) 

Prof. Dr. A. Necmeddin YAZICI (Gaziantep Üniversitesi) 

Prof. Dr. Sinan AKPINAR (Fırat Üniversitesi) 

Prof. Dr. Sefa KAZANÇ (Fırat Üniversitesi) 

Mayıs-2017

ÖNSÖZ

Bölgenin jeolojik yapısına bağlı olarak deprem öncesinde, esnasında veya sonrasında yeryüzüne yayılan ve literatürde önerilen 15 deprem öncü parametre arasında yer alan ^{222}Rn gazı, elverişli yarı ömründen dolayı deprem çalışmalarında sıklıkla kullanılan oldukça önemli bir parametredir. Bu nedenle, 2007-2010 tarihleri arasında Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde ve civarında bulunan araştırma istasyonlarında, toprak ^{222}Rn gazının depremler ve çevresel parametreler ile olan ilişkisinin belirlenmesi için matematiksel ve istatistiksel modeller elde edildi. Bu çalışmada, birçok eserinden faydalandığım Prof. Dr. Zekâî ŞEN hocama, tecrübelerinden ve birikiminden yararlandığım danışman hocam Prof. Dr. Fatih KÜLAHCI'ya teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince karşılaştığım gerek matematiksel gerek istatistiksel birçok problemin çözümünde eserlerinden büyük haz duyarak faydalandığım ilim adamlarına şükranlarımı sunarım. Bunun yanı sıra, bilgi ve tecrübeleriyle beni yalnız bırakmayan değerli hocalarım Dr. Mehmet GÜRCAN, Dr. Adem DOĞANER, Arş. Gör. Seçil NİKSARLIOĞLU, Yılmaz AYDIN ve Dr. Miraç KAMIŞLIOĞLU'na teşekkür ederim.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde veri desteklerini esirgemeyen **Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na (AFAD)** teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, **Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı (BİDEB) 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programı** tarafından desteklenmiştir.

Mücahit YILMAZ

ELAZIĞ-2017

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	X
SEMBOLLER LİSTESİ	XVIII
1. GİRİŞ	1
2. DEPREM ve OLUŞUMU	7
2.1. Deprem Türleri.....	8
2.1.1. Tektonik Depremler	8
2.1.2. Volkanik Depremler.....	8
2.1.3. Çöküntü Depremler.....	8
2.2. Deprem Dalgaları	9
2.3. Deprem Şiddeti ve Büyüklüğü.....	10
3. RADON GAZI	12
3.1. Toprakta Radon.....	13
3.2. Toprak Rn Gazı'nın Derinlikle Değişimi.....	16
3.3. Sudaki Radon	17
3.4. Radon ve Deprem	18
3.5. Meteorolojik Değişkenlerin Radon Gazı Üzerindeki Etkileri.....	19
4. TOPRAK ²²²Rn GAZI ÖLÇÜMÜ	21
5. ÇALIŞMA BÖLGESİ ve JEOLojİSİ	22
5.1. Adıyaman İli Jeolojik ve Coğrafik Yapısı	24
5.1.1. Adıyaman İlinin Depremselliği.....	24
5.2. Malatya İli Jeolojik ve Coğrafik Yapısı	25
5.2.1. Malatya İlinin Depremselliği	26
5.3. Kahramanmaraş İli Jeolojik ve Coğrafik Yapısı.....	27
5.3.1. Kahramanmaraş İlinin Depremselliği	28
5.4. Hatay İli Jeolojik ve Coğrafik Yapısı	29
5.4.1. Hatay İlinin Depremselliği.....	30
6. MATERYAL ve METOT	31
6.1. İhtimaliyet Dağılım Fonksiyonları (İDF).....	31
6.1.1. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı	31

6.1.2.	Weibull Dağılımı	32
6.1.3.	Gumbel Dağılımı	32
6.1.4.	Lognormal Dağılımı.....	32
6.1.5.	Gamma Dağılımı.....	33
6.2.	Risk Analizi	34
6.3.	Zaman Serileri Analizi	37
6.4.	Jeoistatistik ve Temel Kavramları	39
6.4.1.	Yarıvaryogram	40
6.4.2.	Yarıvaryogramın Pratik Zorlukları	41
6.4.3.	Toplam Yarıvaryogram (TYV).....	42
7.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	47
7.1.	²²² Rn ve Deprem Verilerinin İstatistiksel Dağılımlarının Belirlenmesi.....	48
7.2.	Risk Analizi Sonuçları	50
7.2.1.	²²² Rn Yıllık Risk Hesaplamaları ve İhtimâliyet Yoğunluk Foksiyonu	55
7.2.2.	Deprem Yıllık Risk Hesaplamaları ve İhtimâliyet Yoğunluk Fonksiyonu.....	60
7.3.	Toprak ²²² Rn Derişiminin Deprem ve Çevresel Değişkenler ile İlişkisinin Zaman Serileri Analiziyle İncelenmesi	85
7.4.	²²² Rn Derişimi ve Deprem Büyüklüğünün TYV Yöntemi ile Modellenmesi	98
	KAYNAKLAR	112
	EKLER.....	121
	EK 1	122
	EK 2	149
	EK 3	174
	EK 4	183
	ÖZGEÇMİŞ.....	196

ÖZET

Depremelerin önceden saptanması konusunda yapılan çalışmalarda, istatistiksel analiz ve jeofiziksel metotlardan oldukça fazla yararlanılır. Yeraltından sızan radonun yoğunluğundaki anomaliler jeofiziksel değişimler arasındadır. Yeryüzünün derinliklerinden çıkan radon, depremlerden önce bazı sistematik değişiklikler göstermekte ve yeryüzünde yapılan radon ölçümleri depremlerin önceden saptanmasına yardımcı olma umudu verir. Araştırma bölgesi, Dünyanın sismik olarak en aktif fay hatlarından biri olan Doğu Anadolu Fay hattı üzerindedir. Yaklaşık olarak 300 km uzunluğundaki çalışma bölgesi, 8 istasyondan oluşmaktadır. Bu araştırma, 2007-2010 tarihleri arasında aralıksız gözlemlenen toplam 836.160 toprak ^{222}Rn verisi kullanarak gerçekleştirildi. ^{222}Rn derişimlerinin aylık ortalamaları alınarak ^{222}Rn gazının geleceğe yönelik risk analizi yapıldı. Bununla birlikte, araştırma süresi boyunca istasyonlarda meydana gelen deprem büyüklüklerinden faydalanarak, deprem oluşumu risk değerleri elde edildi. Hesaplanan risk değerleri dağılım fonksiyonlarıyla incelendi ve belirli döngü aralıklarında deprem kestirimlerin yapılması mümkün oldu. Toprak ^{222}Rn gazı derişimi değerleri ile ilgili tarihlerde bölgede meydana gelen deprem büyüklüğü arasındaki ilişki TYV metodu ile incelenerek, deprem- ^{222}Rn karakteristikleri elde edildi. Toprak ^{222}Rn gazı derişiminin değişimi, sadece bölgenin jeolojik özelliklerine ve meydana gelen depremlere bağlı olmayıp, aynı zamanda meteorolojik değişkenlerden de etkilenir. Bu nedenle, toprak ^{222}Rn gazının, meteorolojik değişkenler ile olan ilişkisi incelendi. Bu tez çalışmasının temel amacı, gelecekte meydana gelecek depremler belirsizlik içermesine rağmen, geçmiş yıllarda olmuş deprem büyüklükleri ile toprak ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenler arasındaki matematiksel ve istatistiksel ilişkilere yönelik modeller oluşturmak ve çalışma alanı içerisinde meydana gelebilecek deprem riskini hesaplamaktır.

Anahtar Kelimeler: Radon, Deprem, Deprem Kestirimi, Zaman Serileri, Risk Analizi, Kümülatif Yarıvaryogram, Meteorolojik Değişkenler, Olasılık Dağılım Fonksiyonları

* Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı (BİDEB) kapsamında 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programı ile desteklendi ve AFAD tarafından veri desteği sağlandı.

SUMMARY

Mathematical and Statistical Models for Determination of the Relationship Between Soil ^{222}Rn Gas Taken from East Anatolia Fault Zone and Earthquakes

Statistical analysis and geophysical methods are used extensively in earthquake preliminary studies. The anomalies in the intensity of radon leaking from the ground are among the geophysical changes. The radon emerging from the depths of the earth shows some systematic changes before earthquakes, and radon measurements made on earth hope to help predict earthquakes. The research area is on the East Anatolian Fault line, one of the most seismically active fault lines in the world. The working area, which is approximately 300 km long, consists of 8 stations. This study was carried out using a total of 836.160 soil ^{222}Rn data, which was observed uninterruptedly between 2007 and 2010. Monthly averages of ^{222}Rn concentrations were taken and a future risk analysis of ^{222}Rn gas was conducted. However, earthquake occurrence risk values were obtained by taking advantage of earthquake magnitudes that occurred at stations during the research period. The calculated risk values were analyzed by means of distribution functions and it was possible to make earthquake predictions at specific cycle intervals. The relationship between soil ^{222}Rn gas concentration values and the magnitude of earthquake that occurred in the region was analyzed by CSV method and earthquake- ^{222}Rn characteristics were obtained. The change in the soil ^{222}Rn gas concentration is not only dependent on the geological characteristics of the region and the earthquakes that are taking place, but also on meteorological variables. For this reason, the relationship between soil ^{222}Rn gas and meteorological variables was investigated. The main purpose of this thesis is to establish models for the mathematical and statistical relationships between earthquake magnitudes and soil ^{222}Rn gas and meteorological variables that have occurred in the past years and to calculate the earthquake risk that may occur in the study area, even though future earthquakes are uncertain.

Key words: Radon, Earthquake, Earthquake Estimation, Time Series, Risk Analysis, Cumulative Semi-Variogram, Meteorological Variables, Probability Distribution Functions

* This work was supported by 2211-C Priority Areas National Scholarship Program for PhD students in the scope of The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK), Science Fellowships and Grant Programs Department (BİDEB) and research data was provided by Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD).

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Mantodaki konveksiyon akımları.	7
Şekil 2.2. P ve S dalgasının ilerlemesi	9
Şekil 2.3. Love ve Rayleigh dalgasının ilerlemesi.	10
Şekil 3.1. Radon gazının geçirgenlik açısından farklı yapılardaki davranışı.	14
Şekil 3.2. Radon gazının atmosfere doğru hareketi sırasında Yer katmanları	15
Şekil 4.1. Aktif Rn ölçüm sistemi	21
Şekil 5.1. Çalışma Bölgesi.	23
Şekil 5.2. Adıyaman ili deprem bölgeleri.	25
Şekil 5.3. Malatya ili deprem bölgeleri.	27
Şekil 5.4. Kahramanmaraş ili deprem bölgeleri.	29
Şekil 5.5. Hatay ili deprem bölgeleri.	30
Şekil 6.1. Sürgü (Malatya) istasyonu için Risk oranı- ²²² Rn derişimi eğrisi.....	36
Şekil 6.2. Sismik olarak aktif bir bölge olan Kasımlar (Malatya) istasyonunda toprak sıcaklığı- ²²² Rn gazı derişimin zamansal değışim grafiğı.....	37
Şekil 6.3. TYV modeli ve parametreleri.	43
Şekil 6.4. YV ve TYV gösterimi.....	45
Şekil 7.1. Pötürge istasyonu toprak ²²² Rn gazı risk verileri için çeşitli ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.	53
Şekil 7.2. (a) Pötürge, (b) Kasımlar, (c) Sürgü, (d) Çelik, (e) Çiğli, (f) Kızıleniş, (g) Beyoğlu, (h) Demirköprü istasyonları için güven-risk (aşılma-aşılma) sınırları.	57
Şekil 7.3. Pötürge istasyonu deprem risk verileri için çeşitli ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.	63
Şekil 7.4. (a) Pötürge, (b) Kasımlar, (c) Sürgü, (d) Çelik, (e) Çiğli, (f) Kızıleniş, (g) Beyoğlu, (h) Demirköprü istasyonları için deprem büyüklüğü risk-güven (aşılma-aşılma) sınırları.....	66
Şekil 7.5. ²²² Rn ve depremin 2 yıldan 250 yıla kadar belli döngü aralıklarında araştırma bölgesi içerisindeki risk değışimleri (a) T=2 yıl Deprem, (b) T=2 yıl ²²² Rn, (c) T=5 yıl Deprem, (d) T=5 yıl ²²² Rn, (e) T=10 yıl Deprem, (f) T=10 yıl ²²² Rn, (g) T=25 yıl Deprem, (h) T=25 yıl ²²² Rn, (i) T=50 yıl	70
Şekil 7.6. (a) T=2 yıl deprem, (b) T=2 yıl ²²² Rn, (c) T=5 yıl deprem, (d) T=5 yıl ²²² Rn, (e) T=10 yıl deprem, (f) T=10 yıl ²²² Rn, (g) T=25 yıl deprem, (h) T=25 yıl ²²² Rn, (i) T=50 yıl deprem, (i) T=50 yıl ²²² Rn, (j) T=100	

	yıl deprem, (k) $T=100$ yıl ^{222}Rn , (l) $T=250$ yıl deprem, (m) $T=250$ yıl ^{222}Rn 3 boyutlu risk haritaları.....	78
Şekil 7.7.	DAF hattı boyunca araştırma alanı içindeki istasyonlardan elde edilen toprak ^{222}Rn gazı zaman serileri analizi.....	86
Şekil 7.8.	Deprem-Radon TYV modelleri.....	99
Şekil 7.9.	(a) 2007 deprem TYV, (b) 2008 deprem TYV, (c) 2009 deprem TYV, (d) 2007 ^{222}Rn TYV, (e) 2008 ^{222}Rn TYV, (f) 2009 ^{222}Rn TYV 2 boyutlu eş-eğrileri.	103
Şekil 7.10.	(a) 2007 deprem TYV, (b) 2008 deprem TYV, (c) 2009 deprem TYV, (d) 2007 ^{222}Rn TYV, (e) 2008 ^{222}Rn TYV, (f) 2009 ^{222}Rn TYV 3 boyutlu eş-eğrileri.....	107
Ek 1 Şekil 1.	Kasımlar istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	142
Ek 1 Şekil 2.	Sürgü istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	142
Ek 1 Şekil 3.	Çelik istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	143
Ek 1 Şekil 4.	Çiğli istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	143
Ek 1 Şekil 5.	Kızıleniş istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	144
Ek 1 Şekil 6.	Beyoğlu istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	144
Ek 1 Şekil 7.	Demirköprü istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	145
Ek 1 Şekil 8.	Kasımlar istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	145
Ek 1 Şekil 9.	Sürgü istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	146
Ek 1 Şekil 10.	Çelik istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	146
Ek 1 Şekil 11.	Çiğli istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	147
Ek 1 Şekil 12.	Kızıleniş istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	147
Ek 1 Şekil 13.	Beyoğlu istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	148
Ek 1 Şekil 14.	Demirköprü istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları.....	148

Ek 3 Şekil 1.	Pötürge istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	175
Ek 3 Şekil 2.	Kasımlar istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	176
Ek 3 Şekil 3.	Sürgü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	177
Ek 3 Şekil 4.	Çelik istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	178
Ek 3 Şekil 5.	Çiğli istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	179
Ek 3 Şekil 6.	Kızıleniş istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	180
Ek 3 Şekil 7.	Beyoğlu istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	181
Ek 3 Şekil 8.	Demirköprü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi.	182
Ek 4 Şekil 1.	2007 yılı a) Pötürge, b) Kasımlar, c) Sürgü, d) Çelik, e) Çiğli, f) Kızıleniş, g) Beyoğlu, h) Demirköprü istasyonu için hesaplanan ^{222}Rn TYV.	185
Ek 4 Şekil 2.	2008 yılı a) Pötürge, b) Kasımlar, c) Sürgü, d) Çelik, e) Çiğli, f) Kızıleniş, g) Beyoğlu, h) Demirköprü istasyonu için hesaplanan ^{222}Rn TYV.	187
Ek 4 Şekil 3.	2009 yılı a) Pötürge, b) Kasımlar, c) Sürgü, d) Çelik, e) Çiğli, f) Kızıleniş, g) Beyoğlu, h) Demirköprü istasyonu için hesaplanan ^{222}Rn TYV.	189
Ek 4 Şekil 4.	2007 yılı a) Pötürge, b) Kasımlar, c) Sürgü, d) Çelik, e) Çiğli, f) Kızıleniş, g) Beyoğlu, h) Demirköprü istasyonu için hesaplanan deprem TYV.	191
Ek 4 Şekil 5.	2008 yılı a) Pötürge, b) Kasımlar, c) Sürgü, d) Çelik, e) Çiğli, f) Kızıleniş, g) Beyoğlu, h) Demirköprü istasyonu için hesaplanan deprem TYV.	193
Ek 4 Şekil 6.	2009 yılı a) Pötürge, b) Kasımlar, c) Sürgü, d) Çelik, e) Çiğli, f) Kızıleniş, g) Beyoğlu, h) Demirköprü istasyonu için hesaplanan deprem TYV.	195

TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Değiştirilmiş Mercalli Deprem Ölçeği 11
Tablo 3.1.	Bazı toprak tiplerinin yaklaşık gözeneklilik değerleri 16
Tablo 3.2.	Dradon difüzyon katsayısı değerleri 17
Tablo 3.3.	Uranyum içeriğinin farklı iki toprak tipi için 1 metre derinlikte Rn seviyeleri 17
Tablo 3.4.	Bazı çevresel değişkenler ve ^{222}Rn gazı derişimi arasındaki ilişki 20
Tablo 5.1.	İstasyon bilgileri 22
Tablo 5.2.	Çalışma bölgesinin jeolojik özellikleri 23
Tablo 7.1.	Pötürge istasyonu yaz mevsimi ^{222}Rn ve deprem için dağılım testi 49
Tablo 7.2.	Pötürge istasyonu için hesaplanan risk ve güven değerleri 51
Tablo 7.3.	İstasyonlarda ölçülen ^{222}Rn derişimlerini temsil eden dağılım fonksiyonlarına ait değişkenler 52
Tablo 7.4.	Çalışma bölgesi için hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki R^2 değerleri 52
Tablo 7.5.	Pötürge istasyonu için Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre risk ve güven değerleri 54
Tablo 7.6.	Çalışma bölgesi için farklı döngü sürelerinde tahmin edilen kritik ^{222}Rn değerlerinin aşılma ihtimâliyeti 56
Tablo 7.7.	Pötürge istasyonu için hesaplanan deprem risk ve güven değerleri 61
Tablo 7.8.	Çalışma bölgesi içerisinde yer alan 8 istasyonda meydana gelen deprem riskini temsil eden dağılım fonksiyonlarının parametreleri 62
Tablo 7.9.	Çalışma bölgesi için hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki R^2 değerleri 63
Tablo 7.10.	Pötürge istasyonu için Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre deprem risk ve güven değerleri 64
Tablo 7.11.	İstasyonlarda belirli döngü sürelerinde tahmin edilen kritik deprem büyüklüğünün aşılma ihtimâliyeti 65
Tablo 7.12.	Çalışmada kullanılan meteorolojik değişkenler 85
Tablo 7.13.	Çalışma bölgesi için elde edilen korelasyon katsayıları 91
Tablo 7.14.	8 istasyon için hesaplanan deprem ve ^{222}Rn TYV'lerin modellere göre dağılımı 100

Tablo 7.15.	Günümüze kadar geçen sürede kritik düzeyde istasyonlarda meydana gelen depremler	111
Ek 1 Tablo 1.	Kasımlar istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri	123
Ek 1 Tablo 2.	Weibull Dağılımına göre Kasımlar istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri.....	124
Ek 1 Tablo 3.	Sürgü istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri.....	125
Ek 1 Tablo 4.	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Sürgü istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri	126
Ek 1 Tablo 5.	Çelik istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri	127
Ek 1 Tablo 6.	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Çelik istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri.....	128
Ek 1 Tablo 7.	Çiğli istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri	129
Ek 1 Tablo 8.	Gamma Dağılımına göre Çiğli istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri	130
Ek 1 Tablo 9.	Kızıleniş istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri.....	131
Ek 1 Tablo 10.	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Kızıleniş istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri	132
Ek 1 Tablo 11.	Beyoğlu istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri.....	133
Ek 1 Tablo 12.	Gamma Dağılımına göre Beyoğlu istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri.....	134
Ek 1 Tablo 13.	Demirköprü istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri....	135
Ek 1 Tablo 14.	Gumbell Dağılımına göre Demirköprü istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri.....	136
Ek 1 Tablo 15.	Kasımlar istasyonu deprem risk ve güven değerleri	137
Ek 1 Tablo 16.	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Kasımlar istasyonu deprem risk ve güven değerleri.....	137
Ek 1 Tablo 17.	Sürgü istasyonu deprem risk ve güven değerleri	138
Ek 1 Tablo 18.	Log-Normal Dağılımına göre Sürgü istasyonu deprem risk ve güven değerleri	138
Ek 1 Tablo 19.	Çelik istasyonu deprem risk ve güven değerleri	138
Ek 1 Tablo 20.	Log-Normal Dağılımına göre Çelik istasyonu deprem risk ve güven değerleri	139
Ek 1 Tablo 21.	Çiğli istasyonu deprem risk ve güven değerleri.....	139
Ek 1 Tablo 22.	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Çiğli istasyonu deprem risk ve güven değerleri	139
Ek 1 Tablo 23.	Kızıleniş istasyonu deprem risk ve güven değerleri	140

Ek 1 Tablo 24.	Log-Normal Dağılımına göre Kızılönü istasyonu deprem risk ve güven değerleri	140
Ek 1 Tablo 25.	Beyoğlu istasyonu deprem risk ve güven değerleri	140
Ek 1 Tablo 26.	Log-Normal Dağılımına göre Beyoğlu istasyonu deprem risk ve güven değerleri	141
Ek 1 Tablo 27.	Demirköprü istasyonu deprem risk ve güven değerleri	141
Ek 1 Tablo 28.	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Demirköprü istasyonu deprem risk ve güven değerleri	141
Ek 2 Tablo 1.	Pötürge istasyonu ilkbahar 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	150
Ek 2 Tablo 2.	Pötürge istasyonu ilkbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	150
Ek 2 Tablo 3.	Pötürge istasyonu ilkbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	150
Ek 2 Tablo 4.	Pötürge istasyonu ilkbahar 2010 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	150
Ek 2 Tablo 5.	Pötürge istasyonu Yaz 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	151
Ek 2 Tablo 6.	Pötürge istasyonu Yaz 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	151
Ek 2 Tablo 7.	Pötürge istasyonu Yaz 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	151
Ek 2 Tablo 8.	Pötürge istasyonu Sonbahar 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	151
Ek 2 Tablo 9.	Pötürge istasyonu Sonbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	151
Ek 2 Tablo 10.	Pötürge istasyonu Sonbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	151
Ek 2 Tablo 11.	Pötürge istasyonu Kış 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	152
Ek 2 Tablo 12.	Pötürge istasyonu Kış 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	152
Ek 2 Tablo 13.	Pötürge istasyonu Kış 2010 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	152
Ek 2 Tablo 14.	Kasımlar istasyonu ilkbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	152
Ek 2 Tablo 15.	Kasımlar istasyonu ilkbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	153

Ek 2 Tablo 16.	Kasımlar istasyonu ilkbahar 2010 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	153
Ek 2 Tablo 17.	Kasımlar istasyonu Yaz 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	153
Ek 2 Tablo 18.	Kasımlar istasyonu Yaz 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	153
Ek 2 Tablo 19.	Kasımlar istasyonu Sonbahar 2007 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	153
Ek 2 Tablo 20.	Kasımlar istasyonu Sonbahar 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	154
Ek 2 Tablo 21.	Kasımlar istasyonu Sonbahar 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	154
Ek 2 Tablo 22.	Kasımlar istasyonu Kış 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	154
Ek 2 Tablo 23.	Kasımlar istasyonu Kış 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	154
Ek 2 Tablo 24.	Sürgü istasyonu İlkbahar 2007 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	154
Ek 2 Tablo 25.	Sürgü istasyonu İlkbahar 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	155
Ek 2 Tablo 26.	Sürgü istasyonu İlkbahar 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	155
Ek 2 Tablo 27.	Sürgü istasyonu İlkbahar 2010 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	155
Ek 2 Tablo 29.	Sürgü istasyonu Yaz 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	155
Ek 2 Tablo 30.	Sürgü istasyonu Yaz 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	156
Ek 2 Tablo 31.	Sürgü istasyonu Sonbahar 2007 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	156
Ek 2 Tablo 32.	Sürgü istasyonu Sonbahar 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	156
Ek 2 Tablo 33.	Sürgü istasyonu Sonbahar 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	156
Ek 2 Tablo 34.	Sürgü istasyonu Kış 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	156
Ek 2 Tablo 35.	Sürgü istasyonu Kış 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	157

Ek 2 Tablo 36.	Sürgü istasyonu Kış 2010 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	157
Ek 2 Tablo 37.	Çelik istasyonu İlkbahar 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	157
Ek 2 Tablo 38.	Çelik istasyonu İlkbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	157
Ek 2 Tablo 39.	Çelik istasyonu İlkbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	158
Ek 2 Tablo 40.	Çelik istasyonu İlkbahar 2010 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	158
Ek 2 Tablo 41.	Çelik istasyonu Yaz 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	158
Ek 2 Tablo 42.	Çelik istasyonu Yaz 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	158
Ek 2 Tablo 43.	Çelik istasyonu Yaz 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	158
Ek 2 Tablo 44.	Çelik istasyonu Sonbahar 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	159
Ek 2 Tablo 45.	Çelik istasyonu Sonbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	159
Ek 2 Tablo 46.	Çelik istasyonu Sonbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	159
Ek 2 Tablo 47.	Çelik istasyonu Kış 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	159
Ek 2 Tablo 48.	Çelik istasyonu Kış 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	159
Ek 2 Tablo 49.	Çelik istasyonu Kış 2010 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	160
Ek 2 Tablo 50.	Çiğli istasyonu İlkbahar 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	160
Ek 2 Tablo 51.	Çiğli istasyonu İlkbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	160
Ek 2 Tablo 52.	Çiğli istasyonu İlkbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	160
Ek 2 Tablo 53.	Çiğli istasyonu İlkbahar 2010 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	161
Ek 2 Tablo 54.	Çiğli istasyonu Yaz 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	161

Ek 2 Tablo 55.	Çiğli istasyonu Yaz 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	161
Ek 2 Tablo 56.	Çiğli istasyonu Yaz 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	161
Ek 2 Tablo 57.	Çiğli istasyonu Sonbahar 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	161
Ek 2 Tablo 58.	Çiğli istasyonu Sonbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	162
Ek 2 Tablo 59.	Çiğli istasyonu Sonbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	162
Ek 2 Tablo 60.	Çiğli istasyonu Kış 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	162
Ek 2 Tablo 61.	Çiğli istasyonu Kış 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	162
Ek 2 Tablo 62.	Çiğli istasyonu Kış 2010 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	162
Ek 2 Tablo 63.	Kızıleniş istasyonu İlkbahar 2007 ²²² Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	163
Ek 2 Tablo 64.	Kızıleniş istasyonu İlkbahar 2008 ²²² Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	163
Ek 2 Tablo 65.	Kızıleniş istasyonu İlkbahar 2009 ²²² Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	163
Ek 2 Tablo 66.	Kızıleniş istasyonu İlkbahar 2010 ²²² Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	163
Ek 2 Tablo 67.	Kızıleniş istasyonu Yaz 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	164
Ek 2 Tablo 68.	Kızıleniş istasyonu Yaz 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	164
Ek 2 Tablo 69.	Kızıleniş istasyonu Yaz 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	164
Ek 2 Tablo 70.	Kızıleniş istasyonu Sonbahar 2007 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	164
Ek 2 Tablo 71.	Kızıleniş istasyonu Sonbahar 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	164
Ek 2 Tablo 72.	Kızıleniş istasyonu Sonbahar 2009 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	165
Ek 2 Tablo 73.	Kızıleniş istasyonu Kış 2008 ²²² Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	165

Ek 2 Tablo 74.	Kızılören istasyonu Kış 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	165
Ek 2 Tablo 75.	Kızılören istasyonu Kış 2010 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	165
Ek 2 Tablo 76.	Beyoğlu istasyonu İlkbahar 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	166
Ek 2 Tablo 77.	Beyoğlu istasyonu İlkbahar 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	166
Ek 2 Tablo 78.	Beyoğlu istasyonu İlkbahar 2010 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	166
Ek 2 Tablo 79.	Beyoğlu istasyonu Yaz 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	166
Ek 2 Tablo 80.	Beyoğlu istasyonu Yaz 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	166
Ek 2 Tablo 81.	Beyoğlu istasyonu Sonbahar 2007 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	167
Ek 2 Tablo 82.	Beyoğlu istasyonu Sonbahar 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	167
Ek 2 Tablo 83.	Beyoğlu istasyonu Sonbahar 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	167
Ek 2 Tablo 84.	Beyoğlu istasyonu Kış 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	167
Ek 2 Tablo 85.	Beyoğlu istasyonu Kış 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	167
Ek 2 Tablo 86.	Beyoğlu istasyonu Kış 2010 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	168
Ek 2 Tablo 87.	Demirköprü istasyonu İlkbahar 2007 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	168
Ek 2 Tablo 88.	Demirköprü istasyonu İlkbahar 2008 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	168
Ek 2 Tablo 89.	Demirköprü istasyonu İlkbahar 2009 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	168
Ek 2 Tablo 90.	Demirköprü istasyonu İlkbahar 2010 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	169
Ek 2 Tablo 91.	Demirköprü istasyonu Yaz 2007 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	169
Ek 2 Tablo 93.	Demirköprü istasyonu Yaz 2009 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	169

Ek 2 Tablo 94.	Demirköprü istasyonu Sonbahar 2007 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	169
Ek 2 Tablo 95.	Demirköprü istasyonu Sonbahar 2008 ^{222}Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	170
Ek 2 Tablo 96.	Demirköprü istasyonu Sonbahar 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	170
Ek 2 Tablo 97.	Demirköprü istasyonu Kış 2008 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	170
Ek 2 Tablo 98.	Demirköprü istasyonu Kış 2009 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	170
Ek 2 Tablo 99.	Demirköprü istasyonu Kış 2010 ^{222}Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri.....	170
Ek 2 Tablo 100.	Pötürge istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 101.	Kasımlar istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 102.	Sürgü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 103.	Çelik istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 104.	Çiğli istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 105.	Kızıleniş istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 106.	Beyoğlu istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 107.	Demirköprü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları.....	171
Ek 2 Tablo 108.	Uygun AD ve P değerlerine göre, araştırma istasyonlarından elde edilen ^{222}Rn derişimlerinin dağılımları. P ve AD değerleri verilmeyenler dağılım fonksiyonlarına uymadığını göstermektedir...	172
Ek 2 Tablo 109.	Araştırma istasyonlarında meydana gelen depremlerin dağılımları ...	173

SEMBOLLER LİSTESİ

^{222}Rn	: Radon gazı derişimi
^{226}Ra	: Radyum
a	: Etki Uzaklığı
C_0	: Nugget Etkisi
M_w	: Deprem Büyüklüğü
m	: Mertebe (Rank)
P	: Primer Dalga
S	: Seconder Dalga
z	: Toprak Derinliği
ε	: Toprağın Gözenekliliği
v	: Akış Hızı
D	: Difüzyon Katsayısı
λ	: Radyoaktif Bozunum Sabiti
R^2	: Determinasyon Katsayısı
AD	: Anderson-Darling İstatistiği
$AFAD$	: T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
DAF	: Doğu Anadolu Fay Hattı
$\dot{I}YF$	: İhtimal Yoğunluk Foksiyonu
KAF	: Kuzey Anadolu Fay Hattı
SWF	: Standart Ağırlık Fonksiyonu
TYV	: Toplam Yarıvaryogram
YV	: Yarıvaryogram

1. GİRİŞ

Doğal afetlerin en büyüklerinden biri olan deprem; yerkürenin, üzerinde biriken gerilmeleri doğal yolla bırakma biçimidir. Yeryüzü plakaları birbirlerine göre göreceli hareket ederlerken litosfer tabakasında gerilmeler oluşur ve artar. Bu gerilmeler yeterli büyüklüğe ulaştıklarında litosferi kırar veya iterler. Litosfer, yer kabuğunun en dış katmanıdır ve birçok plakadan (levha) oluşur. Plakalar hareket ettikçe üzerlerinde kuvvet birikir. Eğer bu kuvvet yeteri kadar büyük ise, kabuğu kırılmaya zorlar. Kırılma meydana geldiğinde biriken gerilmeler enerji olarak açığa çıkar. Bu enerji yerkürede dalgalar halinde yayılmaya başlar ve bu olaya deprem denir.

Deprem anında yer altındaki kayaçların fiziksel değişimleri, yer üstünde farklı özelliklerde gözlemlenir ve algılanır. Literatürde depremlerle değişen çeşitli fiziksel, jeofiziksel ve kimyasal değişkenin olduğu bilinmektedir (Durrani ve Ilić, 1997; Al-Hilal vd., 1998; Toutain ve Baubron; 1999; Biagi vd., 2001; Külahcı ve Şen, 2014; Negarestani vd., 2014; Barman vd., 2016; Zhou vd., 2016; Zafirir vd., 2016). Bunlar, kayaçlarda oluşan gerilmelerden meydana gelen elektrostatik alan, zorlanma, eğilim (eğim), öncü sarsıntılar, öncü şok dizileri, sismik dalga hızındaki değişiklikler, fay kayması, yeraltı suyu ve petrol akışı, yeryüzünün direnci, yerküre akımları, jeomanyetik etkiler ve ^{222}Rn gazı derişimindeki anomalilerdir. Depremlerin önceden tahmininde kullanılan bu değişkenler arasında en kullanışlı olanı ve en çok çalışılanı ^{222}Rn 'dir (Dubinchuk, 1993). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda depremlerin oluşumu ve ^{222}Rn gazının hareketi arasında pozitif yönde önemli bir ilişki olduğu görülmektedir (King, 1986, 1990, 1995; Singh vd., 1999; Virk vd., 2001; Zmazek vd., 2002, 2003, 2005; Walia vd., 2003, 2005; Külahcı vd., 2009; Zoran vd., 2012; Zhou vd., 2016; Kamışlıoğlu ve Külahcı, 2016).

^{222}Rn , 3,82 gün yarı ömüre sahiptir. Periyodik çizelgede 86. sırada bulunan asal bir gazdır. ^{222}Rn çözünürlüğü artan sıcaklıkla düşmektedir. ^{222}Rn , kayaçlardaki ve topraktaki ^{238}U 'in bozunma zincirinin bir halkası olan renksiz, kokusuz ve duyu organlarıyla algılanamayan radyoaktif bir gazdır. Kayaçlardaki ^{238}U 'in bozunması sonucu üretilen ^{222}Rn , difüzyon yoluyla toprağa, oradan da atmosfere yayılır. Yerkabuğundan atmosfere

yayılan ^{222}Rn miktarı genellikle küçüktür, ancak fay hatlarında, jeotermal kaynaklarda, uranyum yataklarında, volkanik hareketler sırasında ve depremlerin oluşumundan önce ölçülen ^{222}Rn miktarında anomaliler gözlenir (Yaprak vd., 2003). ^{222}Rn ve deprem arasındaki ilişkiye ait ilk çalışmalar Okabe (1956) tarafından yapıldı. Okabe (1956), ^{222}Rn 'yi yeni bir deprem izleyicisi olarak işaret etmiş ve yüzey yakınında atmosferik günlük ^{222}Rn değişimleri ile sismik hareketler arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Yaprak vd., 2003; Yasuokai vd., 2012).

^{222}Rn sızıntısının aktif faylar üzerinde fazla olduğu, atmosferik koşullara ve çevredeki sismik faaliyetlere bağlı olarak değişiklikler gösterdiği bilinmektedir (Pinault ve Baubron, 1996; Durrani ve Ilić, 1997; Külahcı vd., 2009; Vizzini ve Brai, 2012; Yasuokai vd., 2012; Külahcı ve Şen, 2014). Yeryüzünün derinliklerinden gelen ^{222}Rn , depremlerden önce bazı sistematik değişiklikler göstermekte ve depremlerin önceden saptanmasına yardımcı olma umudu vermektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda, sismik bakımdan aktif bölgelerdeki kuyu ve diğer yeraltı sularındaki ^{222}Rn değişimleri, depremleri önceden haber veren sinyaller olarak büyük önem taşıdığını göstermektedir (Nazaroff, 1992; Dubinchuk, 1993; Åkerblom, 1994; Durrani ve Ilić, 1997; Güloğlu, 2007; Ghosh, 2009; Yasuokai vd., 2012; Külahcı ve Şen, 2014).

Depremlerin zaman, yer ve şiddet bakımından gösterdiği rassallık ve çeşitli belirsizlikler nedeniyle olasılık ve istatistik yöntemlerine dayanan metotlar gereklidir. Yerbilimleri ile ilgili olaylar çok karmaşık olduğundan ilgili olay karşısında tek ve kesin bir cevap sağlanamaz. Bununla birlikte; bu tip problemlerin anlaşılması için istatistik ve matematik yöntemlerin kullanılmasıyla nisbeten anlamlı ve rasyonel sonuçlar çıkarılabilir (Moustra vd., 2011; Zhuang ve Jiang, 2012; Külahcı ve Şen, 2014).

Gelecekteki depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arz ettiği için depremin meydana gelişinin kestirilmesinde ihtimaliyet hesaplarına dayalı tahminler önemli karar araçlarıdır. Hasar yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir konumda ve zaman periyodu içerisinde belirlenmesi; deprem riski kavramının önemli öğelerini oluşturmaktadır. Bu risklerin belirlenmesinde farklı disiplinlerdeki metodolojilerden yararlanılabilir.

Hidrolojide baraj ömürlerinin hesaplanmasında ve taşkın afet hesaplamalarında hidrolog ve hidrolik mühendisleri tarafından sıklıkla kullanılan risk analiz yöntemleri arasında bulunan dönüş aralığı yöntemi (Şen, 2002; 2009), Külahcı ve Şen (2009) tarafından dağılım katsayısı hesabında kullanıldı. Bununla birlikte, Külahcı (2011) tarafından

radioaktif kirliliğin modellenmesi için kullanıldı. Bu çalışmada ^{222}Rn anomalileri sonucunda oluşan risklerin belirlenmesi için, bu “dönüş aralığı” metodundan faydalandı. ^{222}Rn 'nin pik yaptığı dönemlerde veya sonrasında depremlerin sayısında artış olduğu gözlemlendi (Walia vd., 2003; Kuo vd., 2006; Külahcı ve Çiçek, 2015; Piersanti vd., 2016; Li vd., 2016; Attanasio ve Maravalle, 2016). Dolayısıyla bu dönemlerde, ^{222}Rn gazı derişimlerinde meydana gelen anomalilerin bir sonraki dönemlerde tekrarlanma ihtimallerinin belirlenmesi için ^{222}Rn gazı risk belirleme çalışmalarına ihtiyaç duyuldu.

Tez de risk analizi çalışmalarının yanısıra jeostatistiksel analizlerde yapıldı. Matheron (1963) tarafından geliştirilen ve uygulamalı istatistiğin önemli bir kolu olan jeostatistik; jeolojiye ilave olarak diğer doğa bilimlerine de uygulanmaktadır. Jeostatistik içerisinde önemli bir yer tutan konumsal (spatial) analiz, birbirine yakın konumda olan aynı değişkenin büyük bir benzerliğe sahip olduğu ve mesafe olarak uzaklaştıkça bu benzerliğin azaldığı ve sonunda biteceği fikrine dayanmaktadır (Cressie, 1991; Clarck, 1979). Jeostatistikte diğer önemli bir kavram olan yarıvaryogram da; özel bir konum boyunca alan değişkenliğinin oranını ifâde eder. Varyogram, uzayda farklı noktalardaki değişkenler arasındaki bağımlılığı ölçen ve karakterize eden bir fonksiyondur (Şen, 1989; Külahcı ve Şen, 2009(a), 2009(b)). ^{222}Rn gazının bölgesel davranışları, deprem kestirimi çalışmalarında önemli bir rol oynamaktadır (Noguchi, 1977). Bu nedenle, Matheron'un (1963) Klasik Yarıvaryogram tekniğine ek olarak Şen (1989) tarafından önerilen ve Klasik Yarıvaryograma göre birçok avantaja sahip olan Toplam Yarıvaryogram yöntemi (TYV) kullanıldı. TYV yöntemiyle, ^{222}Rn gazı derişimi ve deprem büyüklüğünün uzaysal bağımlılığı ve bölgesel değişkenliği belirlendi. Klasik yarıvaryogramda söz konusu bölgesel değişkenin uzaysal davranışı hakkında net bir bilgi elde edilmezken, TYV'den elde edilen sonuçlardan net bilgiler çıkarılmakta ve bölgesel değişkenin herhangi bir konumdaki değeri ve etkisi belirlenebilmektedir. Zaman ve yerleşime göre değişimler gösteren herhangi bir bölgesel değişken, zamansal ve uzaysal olarak farklı davranışlar sergileyebilmektedir. Düzenli zaman aralıklarında ölçümlerin alınmasıyla oluşturulan zaman serileri ile bölgesel değişkenin zamansal modellemesi, simülasyonu ve kestirimlerin yapılmasında kolaylık sağlamaktadır.

Araştırmamızda nihâyi hedeflerimize ulaşmamızda kullandığımız diğer önemli bölümlerinden biri zaman serileri analizidir. Zaman serileri, ilgilenilen bir büyüklüğün zaman içerisinde sıralanmış ölçümlerinin bir kümesidir. Zaman serisi ile ilgili bu analizin yapılma amacı ise, gözlem kümesince temsil edilen değişkenlerin anlaşılması ve zaman

serisindeki değişkenlerin gelecekteki değerlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesidir (Box, 1970; Karagöz, 2009). Bunun yanı sıra, zaman serileri; veri kayıt zamanının başlangıç ve bitiş tarihlerini, verilerin en büyük ve en küçük değerlerinin ne miktarlarda ve hangi zamanlarda olduğunu, verilerin içinde en fazla hangi veri değerinin sıklıkla bulunduğunu, incelenen değişkenin hangi tarihler arasında sürekli olarak bir tepe noktasına ulaştıktan sonra azalarak ne gibi çukur noktalarının ortaya çıktığını, veri dizisinde aşağı yukarı gelişigüzel salınımın (zikzaklılığın) fazla olması durumunda belirsizlik miktarının fazla olduğunun gözlenmesi, verilerin kayıt sürelerince aşağı yukarı gelişigüzel salınımlarının bir yatay boyunca mı yoksa artarak veya azalarak mı değiştiğinin gözlenmesi, veri dizisi boyunca periyodik salınımların bulunup bulunmadığı gibi bilgileri elde etmeyi sağlamaktadır (Şen, 2002; Karagöz, 2009).

İstatistikte rastgele bir değişkenin ileride alacağı değerler hakkında tahminler yapabilmek için geçmişte gözlenen değerlerin bilinmesi gerekir. İstatistik yöntemler kullanılarak, geçmişte gözlemlenmiş olan verilerden, mümkün olduğunca fazla bilgi elde etmek istenir. Mevcut olan yıllık gözlenen ^{222}Rn değerlerinden, istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin kullanılmasıyla t sürede oluşabilecek ^{222}Rn değerini kestirebilmek mümkün olabilir. ^{222}Rn 'nin değişimi çok sayıda değişkene bağlı olduğu için tüm bu değişkenleri yorumlamak oldukça zordur. Bu nedenle bu tip durumlardaki değişkenler arasında deterministik bağıntılar çoğu zaman elde edilememektedir. Gelişigüzel özellikler gösteren bu tür olayların değerlendirilebilmesi için olayların meydana gelme ihtimâliyetlerinin belirlenmesi gerekir.

Gelecekte meydana gelebilecek depremler belirsizlikler içermesine rağmen, geçmiş yıllarda meydana gelen deprem büyüklükleri ile toprak ^{222}Rn gazı değişimleri ve meteorolojik değişkenler arasında matematiksel ve istatistiksel ilişkilere yönelik modellerin oluşturulması ve çalışma alanı içerisinde ileride meydana gelebilecek deprem riskinin öngörülmesi, bu tez çalışmasının temel amacıdır. Bu amaç doğrultusunda, 2007-2010 tarihleri arasında Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde ve civarında bulunan yaklaşık 300 km'lik hat üzerinde yer alan 8 adet çalışma noktasında, toprak ^{222}Rn gazı değişimi ile istasyonlarda meydana gelen deprem büyüklüklerini en iyi temsil eden ihtimâliyet dağılım fonksiyonları tespit edildi. Çalışma bölgesinde yer alan Malatya, Adıyaman, Kahramanmaraş ve Hatay yerleşimlere ait; Gün İçindeki Maksimum Dakikalık Güneş Radyasyonu (cal/cm^2), Buhar Basıncı (hPa), Islak Termometre Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), Kuru Termometre Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve 5, 10, 20, 50 cm deki Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) verileri T.C.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden ve araştırma dönemi boyunca çalışma bölgesinde meydana gelen deprem bilgileri T.C. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi'nden temin edildi.

Toprak ^{222}Rn gazı derişiminin çevresel değişkenler ile ilişkisinin belirlenmesi açısından gerekli istatistiksel analizler yapıldı. Araştırma süresi boyunca alınan ^{222}Rn verilerinin (2007-2010), deprem ve meteorolojik değişkenler ile zamansal değişiminin gözlenebilmesi için zaman serileri grafikleri çizildi ve tanımlayıcı istatistiksel hesaplamalar da göz önüne alınarak ayrıntılı yorumlamalar yapıldı. Bir diğer işlem olarak, çalışma bölgesini oluşturan 8 istasyondan elde edilen toprak ^{222}Rn derişimlerinin aylık ortalamaları alınarak risk analizi yapıldı. Bütün istasyonlar için hesaplanan risk değerleri; Weibull, Gumbel, Gamma, Log-Normal ve Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı olmak üzere 5 farklı dağılım fonksiyonuyla incelendi. Risk eğrisini en iyi karakterize eden dağılım fonksiyonuyla bütün istasyonlardaki risk-güven değerleri yeniden hesaplanarak istenilen zaman aralıklarında kritik ^{222}Rn kestirimlerinin yapılması mümkün oldu. Verilerin ihtimâliyet dağılım eğrileri elde edilerek, gelecekte belirli bir zaman içerisinde ortaya çıkabilecek riskler belirlendi. Son olarak, ^{222}Rn derişimi ve deprem büyüklüğü TYV yöntemi ile modellendi. İstasyonların 30 km'lik yarıçaplı mesafede meydana gelen depremler ile ^{222}Rn gazı derişimi, TYV tekniğiyle incelenerek deprem- ^{222}Rn karakteristikleri elde edildi. Çalışma sahasındaki tüm istasyonların 2 ve 3 boyutlu eş- ^{222}Rn eğrileri çizilerek deprem- ^{222}Rn derişimlerinin uzaysal dağılımları elde edildi.

Bu çalışmada elde edilen hesaplamalar sonucunda, bölgelerin jeolojik yapısı ve çevresel değişkenler göz önünde tutularak önemli bulgular elde edildi. Çalışmada kullanılan verilerin tarih aralığından günümüze kadar geçen sürede elde edilen sonuçlardan yapılan kestirimlerin tutarlılığına bakıldı.

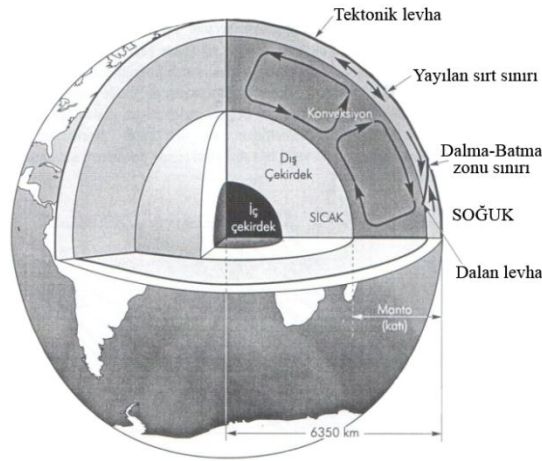
Bu çalışmadaki hesaplamalarımızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre, Hatay ili sınırlarında yer alan Demirköprü civarının diğer araştırma istasyonlarımıza göre daha yüksek deprem riski taşıdığı görüldü. Elde edilen kestirim sonuçlarına bakıldığında istasyonlarda 2010 yılından günümüze kadar geçen sürede, kritik deprem kestirim değerlerinde hesaplanan tutarlı sonuçlar Kandilli Rasathanesinden alınan veriler ile teyit edildi. Ancak, Hatay (Demirköprü) istasyonunda kritik seviye ve üzerinde deprem gerçekleşmemiştir. Demirköprü istasyonu üzerinde yaptığımız çalışmalar sonucu, bu bölgede kritik seviye ve üzerinde depreme veya depremlere rastlanmaması stresin ve

gerilmenin artmasıyla açıklanabilir. Bu durumda, istasyonda ileri zamanlarda büyük depremler olabileceği sonucuna varıldı.



2. DEPREM ve OLUŞUMU

Yerkabuğunun içerisindeki kırılmalar, levha hareketleri veya yeraltındaki boşlukların üzerindeki tavan bloğunun çökmesiyle ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılmasıyla yeryüzeyini sarsma olayına “deprem” denir. Dünyanın içyapısı hakkında, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen yeryüzü modeline göre, yerkürenin dış kısmında kıtalar ve okyanusların bulunduğu yaklaşık olarak 70-100 km kalınlığında bir taşküre (Litosfer) tabakası bulunmaktadır (Kramer, 1996). Taşküre ve çekirdek arasında bulunan 2900 km kalınlığındaki Manto tabakasının üst kısmında Astenosfer adı verilen tabakada oluşan kuvvetler ve konveksiyon akımlarının oluşturduğu gerilmeler nedeniyle kırılmalar oluşmakta ve bu tabaka birçok levhaya bölünmektedir. Konveksiyon akımları yeryüzünün iç kısımlarında radyoaktif bozunum neticesinde oluşan yüksek ısıdan kaynaklanmaktadır. Konveksiyon akımlarının etkisiyle meydana gelen gerilmelerden dolayı kırılan zayıf zonlar, levhaların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu levhalar, Astenosfer üzerinde birbirlerine göre hissedilemeyecek bir hızla hareket etmektedirler (Wakayabashi, 1986; Kramer, 1996).



Şekil 2.1. Mantodaki konveksiyon akımları (Kramer, 1996).

Dünyanın içyapısı hakkında yapılan çalışmalar sonucu elde edilen yeryüzü modeli Şekil 2.1’de gösterildi. Burada, Litosfer tabakasına yakın yerlerdeki konveksiyon akımlarının yatay bileşeni, kabuğun tabanına kayma gerilmeleri uygular ve levhaların yeryüzüne hareket etmesine neden olur. Bu hareket, levhaların bazı yerlerde birbirinden uzaklaşmasına, bazı yerlerde de yaklaşmasına neden olmaktadır. Levhaların bu hareketi

sonucu birbirlerine temas ettikleri durumda sürtünmeler ve sıkışmalar meydana gelmektedir. Böylece, yerkabuğunu oluşturan levhaların alt alta veya üst üste binmesiyle oluşan sürtünme ve sıkışmanın olduğu bölgelerde depremlerin meydana geldiği görülmektedir. Depremlerin büyük bir kısmı bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında oluşmaktadır (Kramer, 1996; Ünsal, 2001).

2.1. Deprem Türleri

Depremler oluşum mekanizmalarına göre Tektonik, Volkanik ve Çöküntü depremleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

2.1.1. Tektonik Depremler

Tektonik levhaların birbirlerine yaklaşmalarıyla birlikte levha sınırlarında meydana gelen depremler bu sınıfa girmektedir. Dünyanın sert dış kabuğunun altında oluşan iç kuvvetlerden dolayı katmanların hareketi ve kırılması sonucu meydana gelen depremler tektonik deprem olarak tanımlanmaktadır. Bu depremler etki ettiği mesafe bakımından, en fazla ve en şiddetli olan depremlerdir. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girmektedir (Ünsal, 2001; William vd., 2002). Türkiye'de olan depremler de büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir.

2.1.2. Volkanik Depremler

Volkanların püskürmesi sonucu ve magmanın yeryüzüne çıkışı sırasında fiziksel ve kimyasal olaylar neticesinde oluşan gazların patlamasıyla oluşan deprem türüdür. Daha çok aktif yanardağ olan bölgelerde meydana gelir. Akdeniz, Pasifik ve Hint Okyanusları taraflarında sıklıkla görülür. Japonya ve İtalya'da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir (Hu vd., 1996; Ünsal, 2001; William vd., 2002). Türkiye'de aktif yanardağ bulunmadığından volkanik depremler oluşmamaktadır.

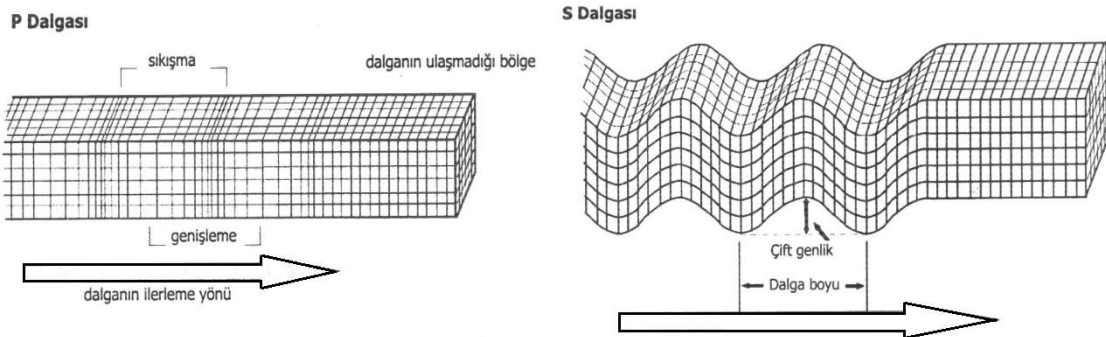
2.1.3. Çöküntü Depremler

Yeraltı mağaralarında, maden ocaklarında kontrolsüz oluşturulan boşluklarda ve jipsli (alçıtaşı) arazilerde erime sonucu tavan blokların çökmesi sonucu çöküntü depremler

oluşmaktadır. Hissedilme alanları yerel olduğundan ve enerjilerinin az olduğundan çok fazla zarar vermezler. Bununla birlikte, heyelanlar ve meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir (Ünsal, 2001; William vd., 2002).

2.2. Deprem Dalgaları

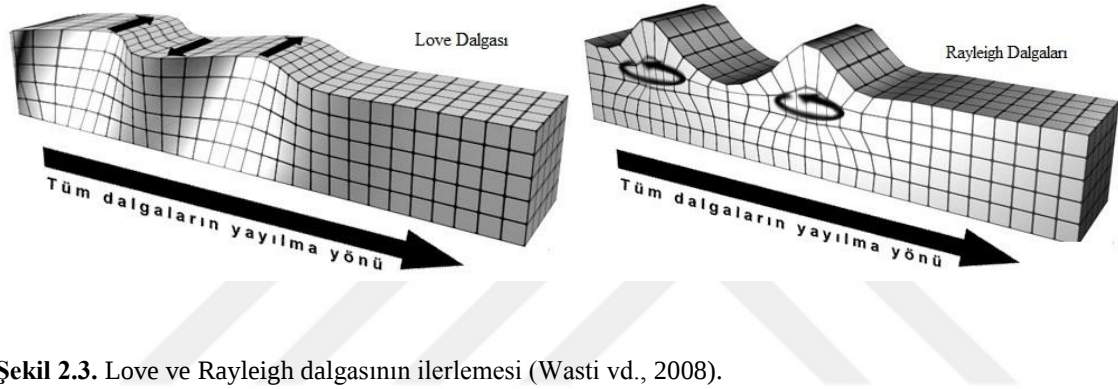
Deprem esnasında ortaya çıkan enerji, ses ve su dalgalarına benzer şekilde yayılmakta ve yayılan bu enerji sismik dalgalar olarak adlandırılmaktadır. Yerkabuğu içerisinde yayılan sismik dalgalar, enerjinin bir noktadan diğer bir noktaya taşınması şeklinde tanımlanmaktadır. Deprem esnasında oluşan sismik dalgalar; cisim ve yüzey dalgaları olmak üzere iki şekilde yayılır. Cisim dalgalarında, P ve S dalgaları olmak üzere iki farklı türe ayrılır. P dalgalarında tanecik hareketleri yayılma doğrultusuna paralel olduğundan boyuna dalgalardır. Bununla birlikte; birincil veya basınç dalgaları olarak da adlandırılır. P dalgaları sismik dalgalar içerisinde en hızlı olanıdır. Bu nedenle, deprem esnasında ilk hissedilen dalga türüdür. Depremin odak noktasından her yöne doğru yayılır ve yıkım etkisi düşüktür. Geçtiği noktalarda sıkışma ve genişlemelere neden olurlar. Bir boyuna dalga çeşidi olan ses dalgaları gibi katı ve sıvı ortamlarda yayılabilirler. P dalgalarına göre daha yavaş yayılan S dalgaları ise, ikincil veya kesme dalgaları olarak bilinmektedir. S dalgalarının tanecik hareketleri, dalganın yayılma doğrultusuna dik olduğundan dolayı enine dalgalardır. Geçtiği noktalarda kaymaya neden olurlar ve yıkım etkisi oldukça yüksektir. S dalgaları sıvı ve gaz ortamlarda yayılamazlar (Wasti vd., 2008). Şekil 2.2’de görüldüğü gibi P dalgalarında, titreşim hareketi ile dalganın yayılma doğrultusu aynıdır. Ancak S dalgalarında titreşim hareketi ile dalganın yayılma doğrultusu birbirine diktir.



Şekil 2.2. P ve S dalgasının ilerlemesi (Wasti vd., 2008).

Yüzey dalgaları ise, cisim dalgalarının yüzey tabakasından yansıması ve kırılmasıyla, yeryüzeyi boyunca yayılan dalgalardır. Cisim dalgalarına kıyasla daha yavaş yayılmalarına

rağmen genlikleri daha büyüktür. Dalganın genliği, yüzeyden derinlere doğru gidildikçe azalmaktadır. Love ve Rayleigh dalgaları olmak üzere iki çeşit yüzey dalgası mevcuttur. Şekil 2.3'te gösterilen yüzey dalgalarının en hızlısı olan Love dalgası, S dalgalarından yavaştır. Love dalgaları, yeri yatay düzlemde hareket ettirmektedir. Özellikle deprem esnasında hissedilen Rayleigh dalgaları ise diğer dalgalardan çok daha büyük genlikli dalgalardır. Bu dalgalar çöl ve okyanus üzerinde yuvarlanan dalga salınımı gibi yer üzerinde hareket etmektedir. Rayleigh dalgaları yayıldığı doğrultuda, parçacıklar elips çizmektedir. Yapılarda yıkıma neden olan dalgalar S dalgaları ile yüzey dalgalarıdır (Kramer, 1996; Ünsal, 2001; Wasti vd., 2008).



Şekil 2.3. Love ve Rayleigh dalgasının ilerlemesi (Wasti vd., 2008).

2.3. Deprem Şiddeti ve Büyüklüğü

Deprem büyüklüğü ve şiddeti farklı kavramlardır. Büyüklük; deprem kaynağından çıkan enerjinin bir ölçüsü olmasına karşın, şiddet; depremin yapılar ve insanlar üzerindeki etkisinin bir ölçüsüdür (Wasti, 2008).

Deprem büyüklüğü depremin odağından açığa çıkan sismik enerjinin ölçüsüyle ilgilidir ve kaydedilmiş deprem dalgasının genliğine bağlıdır. Deprem büyüklüğü ile ilgili olarak daha nesnel ve nicel bir ölçütün elde edilmesi, depremler sırasındaki yer hareketini ölçmek için geliştirilen modern cihazların ortaya çıkmasıyla birlikte olmuştur. Çoğu büyüklük ölçekleri, ölçülmüş yer hareketi karakteristiklerine göre yapılmaktadır. Yerel büyüklük, belirli bir sismometrede kaydedilen izin genliğine; yüzey dalgası büyüklüğü, Rayleigh dalgalarının genliğine ve cisim dalgası büyüklüğü ise P dalgasının genliğine dayalı olarak belirlenmektedir (Kramer, 1996).

Deprem şiddeti, herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki gözlenen hasarın ve etkinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla,

depremin vermiş olduğu zararların uzun yıllar boyunca gözlemlenmesiyle oluşturulmuş Şiddet Cetvelleri'ne göre değerlendirmektedir ve depremin büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemektedir. Değiştirilmiş Mercalli (MM) ve Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK) cetvelleri günümüzde kullanılan şiddet cetvelleridir (Ünsal, 2001). Değiştirilmiş Mercalli Şiddet cetveline göre depremin gözlenen etkileri, Tablo 2.1'de verilmiştir. Deprem şiddet cetvellerinde, deprem şiddetleri Romen rakamlarıyla gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Değiştirilmiş Mercalli deprem ölçeği (Şen, 2009 (b)).

Ölçek	Açıklama
I	Elverişli koşullar altında ve özel konumda bulunan birkaç kişi dışında genellikle insanlar tarafından hissedilmemektedir.
II	Binaların üst katlarında kalan kişiler tarafından hissedilir. Askıdaki nesneler hafifçe sallanır.
III	Binaların üst katlarında, kişiler tarafından oldukça belirgin hissedilir. Ancak birçok kişi bir deprem olduğunu anlayamaz. Otomobillerin yanından geçen kamyon gibi bir sarsıntı oluşur.
IV	Sarsıntı gündüz olursa yapıların içinde bulunan birçok kişi tarafından hissedilir, dışarda ise bir kısım kişiler tarafından hissedilir. Gece olursa bazı kişiler uykudan uyanabilir.
V	Neredeyse herkes tarafından hissedilir; gece vakti olursa birçok kişiyi uykudan uyandırır. Bazı kapkacak ve camları kırar. Dengesiz nesneleri bozar. Sarkaçlı saatleri durdurur.
VI	Herkes tarafından hissedilir. Bazı ağır mobilyaları yerinden oynatır; sıvaları düşürür ve bacalar hasar görür. Genel olarak hafif hasar ile sonuçlanır.
VII	İyi tasarlanmış binada önemsiz hasarlar oluşur. Sıradan binalarda hafif-orta hasarlar, kötü tasarlanmış binalarda baca kırıkları gibi önemli hasarlar bırakır. Araç kullanan kişiler depremi hissedebilirler.
VIII	Özel olarak tasarlanmış yapılarda hafif hasar bırakır. Sıradan yapılarda önemli önemli hasar meydana gelir. Bacalar, kolonlar, duvarlar yıkılır. Arazide az miktarda kum ve çamur fışkırması oluşur.
IX	Özel olarak depreme dayanıklı tasarlanmış yapılarda belirgin hasar oluşur. Sıradan yapılarda hasar büyüktür, Kısmi çökmeler oluşur. Bina temelleri kayabilir. Yeryüzünde belirgin yarıklar ve çatlaklar gözlenir.
X	Bazı ahşap yapılar hasar görür; çoğu yığma ve çerçeve yapıların temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir.
XI	Pek az yapı ayakta kalır. Köprüler yıkılır. Yeryüzünde geniş çatlaklar oluşur. Raylar büyük ölçüde eğilir.
XII	Tüm yapılar yıkılır ya da büyük oranda hasar görür. Yeryüzü biçimi değişir. Cisimler havaya fırlar. Yeryüzünde deprem dalgalarının ilerleyişi görünür.

3. RADON GAZI

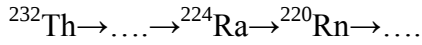
Radon'un ilk kez 1900 yılında Dorn tarafından keşfedildiği bilinmektedir. 1898'de Rutherford ve Owens, radyoaktif maddelerin ışımlarla birlikte bir de gaz yaydığının farkına vardılar. 1908'de Ramsay ve Gray, radon'u saf olarak elde ettiler ve Latince ışıyan anlamına gelen "nitens" sözcüğünden türeyen "niton" adını verdiler. Ardından elementin özgül kütlesini belirleyerek bilinen en ağır gaz olduğunu ortaya çıkardılar. Elemente 1923'den sonra, alfa ışımasıyla radyumdan oluştuğu göz önüne alınarak radon adı verildi (Durrani ve Ilić, 1997).

Radon, hidrojen ve oksijenle karışım halinde bulunan radyum tuzunun suyla işlenmesinden de elde edilir ve boru yardımıyla sıvı hava içinden geçirilerek karışımdan ayrılır. -62 °C'de kaynayan radon, -190 °C'deki sıvı havadan geçerken sıvılaşır. Radon gazı elektrik iletkenliği hiç olmayan ve ısı iletkenliği de 0,0000364 W/cmK gibi çok düşük bir değere sahip olan asal bir gazdır. Ayrıca özısı 0,091 J/gK' dir.

Oda sıcaklığında renksiz bir gaz olup, donma noktasının altına kadar soğutulursa floresans özellik gösterir. Sıcaklık düşürüldükçe sarı, daha da düşürüldükçe turuncu-kırmızı bir renk alır. Tüp içinde dokulara yerleştirilen radon, yaydığı alfa ışınlarıyla kanserli hücreleri yok ettiği konusunda çalışmalar vardır. Öteki radyoaktif maddeler gibi radonun da dikkatli kullanılması gerekir. Özellikle solunumla vücuda girmesi tehlikelidir. Radyum, toryum ya da aktinyum bulunan depolarda bu elementlerden oluşan radonu uzaklaştırmak için iyi bir havalandırma uygulaması bulunması gerekir (Durrani ve Ilić, 1997).

Radon, kayaçlardaki ve topraktaki ^{238}U ' in bozunma zincirinin bir halkası olan renksiz, kokusuz ve duyu organlarıyla algılanamayan radyoaktif bir gazdır. Kayaçlardaki ^{238}U ' in bozunması sonucu oluşan radon gazı difüzyon yoluyla toprağa, oradan da atmosfere yayılır.

Radon; kaya, toprak ve sudaki doğal uranyumun radyoaktif bozunması sonucunda oluşur. ^{222}Rn (emanon), ^{220}Rn (toron), ^{219}Rn (aktinon) olmak üzere üç izotopu bilinmektedir. Bunlar sırasıyla ^{238}U , ^{232}Th ve ^{235}U 'in radyoaktif parçalanma ürünüdür. Bozunma şeması aşağıdaki gibidir:

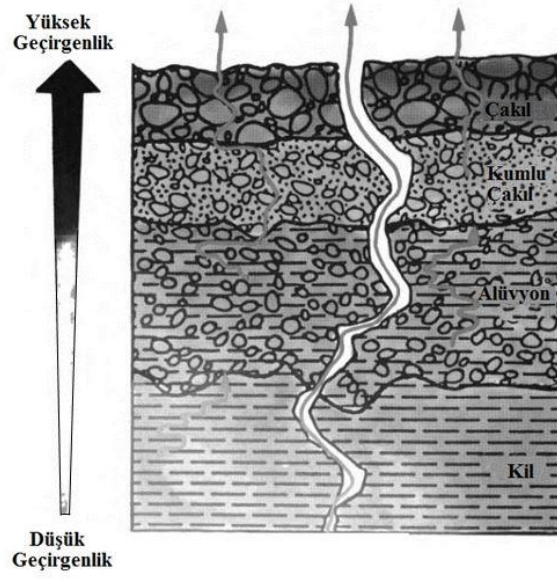


Çoğunlukla ^{222}Rn radyoizotopu için sadece radon kelimesi kullanılır. Radon, alfa parçacıkları yayınlarak ^{218}Po 'e dönüşür. Daha sonra kurşun-bizmut-polonyum-talyum zinciriyle bozunarak ^{206}Pb kararlı elementle bozunma tamamlanır. Radon, asal gazlar sınıfında yer alır. Radonun kaynağı radyumdur. Radon gazı radyumun, radyum da uranyum ve toryumun kız çekirdeğidir. Radon, izotoplarının tümü radyoaktif ve soygaz olan doğal elementtir. En son keşfedilen asal gaz olan radon, havadan 9 kat daha yoğundur. Kaynağından çıkan radon serbest halde hareket ederken sadece radyoaktif bozunum ile azalır. Rn'un izotopu ve bu araştırmanın temel unsurlarından ^{222}Rn 'nin yarı ömrü 3,82 gündür. İnsanlar için radonun radyoaktivitesinin en büyük önemi; yüksek derişimlerde akciğer kanserine neden olabilmesidir (Cothorn, 1987; Nazaroff, 1992; Otton, 1992; Durrani ve Ilić, 1997; Abadi vd., 2016).

Radonun atomik yarıçapı $1,34 \cdot 10^{-10}$ m ve atomik kesitinin alanı $0,72 \cdot 10^{-24}$ cm² dir ve tek atomlu şekilde bulunur. Bu yüzden kâğıt, deri, plastik, boya ve bina malzemeleri gibi materyallere kolayca nüfuz eder. Elektron ilgisinin az olması ve iyonlaşma enerjisinin yüksek olması radonun diğer elementlerle kolayca bağ yapmasını engeller. Ancak bu, radonun tam olarak inert bir gaz olduğunu göstermez. Elektron ilgisi yüksek olan bazı atomlarla etkileşip kararlı bileşikler yapabilir. Radon suda ve organik çözücülerde iyi çözünür. Radon asal bir gaz olduğu için atomik yörüngeleri küresel simetriktir. Tüm elektron kabukları doludur (Cothorn, 1987; Nazaroff, 1992; Durrani ve Ilić, 1997).

3.1. Toprakta Radon

Rn bir gaz olduğu için uranyum ve radyumdan çok daha fazla hareketlidir. Kayaçlardaki kırıklardan ve toprağın gözeneklerinden kaçmasıyla kaya ve toprakları daha kolay terk eder. Toprakta Rn hareketinin hızı, gözeneklerdeki su miktarı (toprağın nem içeriği) ve toprağın gözeneklilik yüzdesi ile belirlenmektedir. Toprağın su ve havayı geçirimsizliğinin belirlemesinde gözeneklilik önemli bir faktördür. Kayaçlardaki çatlaklar ve topraktaki gözenekler arasından hareket eder ve atmosfere yayılmaktadır (Cothorn, 1987; Otton, 1992).

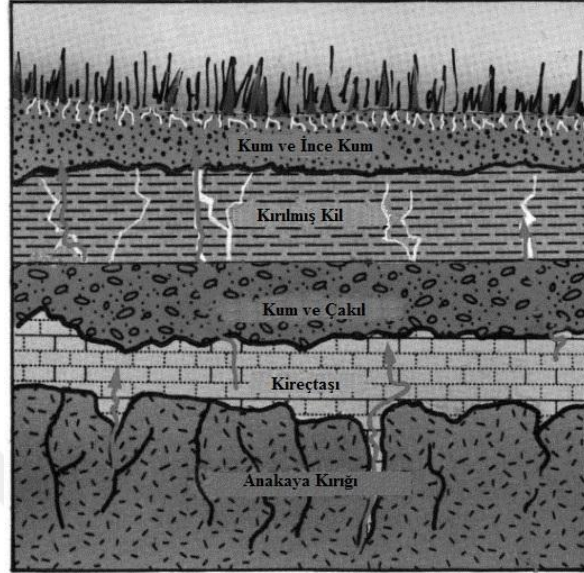


Şekil 3.1. Rn gazının geçirgenlik açısından farklı yapılardaki ilerleyişi

Geçirimlik ile toprak yapısı arasındaki bağlantı incelendiğinde, çakıllı bölgelerde boşluklar daha fazla olduğundan Rn gazı daha fazla sızmaktadır. Buna nispeten kumlu çakıllı yapılarda hareketi biraz kısıtlıdır. Alüvyonlu toprak yapısında, çakıllı ve kumlu çakıllı topraklara nazaran geçirimsizlik daha azdır. Kil iyi bir absorblayıcı olduğundan dolayı killi topraklarda Rn gazının hareketi oldukça zordur. Kilin geçirgenliği diğerlerine göre oldukça küçüktür. Şekil 3.1’de gösterilen farklı ortamlarda Rn gazının hareketi Kil<Alüvyon<Kumlu çakıl<Çakıl şeklinde sıralanabilir.

Rn gazı kil gibi geçirimsiz topraklardan ziyade iri taneli kum ve çakıllı topraklardan daha kolay hareket etmektedir. Toprak veya kaya içindeki kırıklar Rn’un daha hızlı hareket etmesini sağlar. Bu nedenle, tepe yamaçlarında, kanyonların dipleri ve ağızlarında, iri buzul yataklarında, kırık veya geniş boşluklar içeren kayalar gibi çok geçirgen toprak ve kayalarda ve kuru bölgelerdeki evlerin içerisinde Rn düzeyi yüksek olabilir. Toprak veya kırıklardaki havanın Rn içeriği normal sınırlar içerisinde 200-2000 pCi/L’dir. Bu alanların geçirgenliği, Rn’un bozunmadan büyük mesafelere hareketi için havanın geçişine izin verir ve böylece kapalı mekânlarda Rn miktarı artar. Rn’un yeryüzünde genel kabul edilen toprak yapısındaki hareketi Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterildi. Topraktaki ²²²Rn gazı hareketini etkileyen faktörler arasında toprak yapısının yanısıra toprağın nemi ve sıcaklığının da etkisi bulunmaktadır (Cothorn, 1987; Durrani ve Ilić, 1997). Toprak nemi arttıkça toprağın ²²²Rn tutuculuğu da artmaktadır (Cothorn, 1987; Otton, 1992; Külahcı, 2014; Barman vd., 2016). Toprağın gözenekliliği, barometrik basınç, toprak havasının

basınç ile akışı, nem, rüzgâr, ana kaya üzerindeki toprağın kalınlığı ve sıcaklık topraktan havaya ^{222}Rn geçişini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır (Otton, 1992; Külahcı ve Şen, 2014; Li vd., 2016).



Şekil 3.2. ^{222}Rn gazının atmosfere doğru hareketi sırasında geçtiği Yer katmanları

Bazı Rn izotopları toprakta tuzaklanarak kaçamaz ve kurşuna bozunur (Otton, 1992). Toprakta ve sudaki Rn difüzyon oranları oldukça farklıdır. ^{222}Rn izotopunun ortalama yayılma mesafesi havada 220 cm, su içerisinde 2,2 cm, gözenekli topraklarda 155 cm ve doymuş gözenekli topraklarda 1,55 cm kadardır (Cothorn, 1987; Durrani ve Ilić, 1997; Külahcı ve Şen, 2014).

Bir evin içerisine ne kadar Rn girdiği, gözenekli alanlardan veya kırıklardan geçen Rn ile ilişkilidir. Rn, gözenekli alanlarda kolayca hareket ettiğinden, bozunmadan uzak mesafelere hareket edebilir ve yapılarda yüksek derişimlerde birikebilir. Kum ve çakıl gibi yüksek derecede geçirgen topraklar, yer çatlaklarından yükselen magma buharının oluşturduğu Pegmatitler, Şap şeyli, uranyumca zengin granitlerin bulunduğu bölgeler, Rn açısından yüksek riskli alanlar olup topraktaki derişimi $5 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$ 'den büyüktür. Bu nedenle bu bölgelerde yapılacak binalarda, temel altı havalandırılmalı yapılara gereksinim duyulur (Cothorn, 1987). Bunun yanı sıra, uranyum kaynaklarının yüzeye yakın oluşu, granitik kayalar, fosfat yataklarının yüzeye yakın olması, siyah şeyller, toryum ve maden yatakları yüksek risk potansiyeline sahiptir. Topraktaki Rn gazı derişimi 10^4 - $5 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$ aralığında olan bölgeler normal risk alanlarıdır. Düşük veya normal uranyum içeren toprak veya kayalar, orta dereceli geçirgen topraklar bu alanlar içerisinde yer almaktadır. Bu bölgelerde yapılacak binaların temellerinde hiçbir açık delik bulunmamasına dikkat

edildiğinde risk oranı düşürülebilir. Çok az miktarda uranyum içeren toprak veya kayalar, kil ve silt gibi çok az geçirgen topraklar, kireçtaşı, kumtaşı, magmatik ve volkanik kayaların bulunduğu bölgeler ise, düşük risk alanına sahiptir. Bu bölgelerde, topraktaki Rn gazı derişimi 10^4 Bq/m^3 'den küçüktür.

3.2. Toprak Rn Gazı'nın Derinlikle Değişimi

Toprak Rn gazının derişimi toprağın derinliğine bağlıdır. Derinlik arttıkça Rn derişimi artmakta ve yaklaşık olarak 2 metre derinlikte Rn derişimi azami değerine ulaşabilmektedir. Genellikle bu derinlikte, Rn derişiminin artmasında değerler açısından kırılma gözlenmektedir. Topraktaki Rn gazının yukarılara taşınımı sadece difüzyon ile olmayıp aynı zamanda Rn'un uzun mesafelere taşınmasını sağlayan taşınım kuvvetlerine de bağlıdır (Kristiansson ve Malmqvist, 1982). Rn gazı, suyla dolmuş çatlaklardan yukarı doğru hareket eden kabarcıklar içerisinde atmosfere salınabilir. Bununla birlikte, depremlerle bağlantılı olarak, zemindeki sıkışma ve boşalma ile bir pompalama etkisi olur ve ^{222}Rn çıkar. Denklem 3.1'de toprağın z derinliğindeki $C(z)$ Rn gazı derişimi;

$$C(z) = C_0(1 - e^{-kz}) \quad 3.1$$

şeklinde teorik olarak tanımlamak mümkündür. Burada C_0 bir sabittir ve k değeri Denklem 3.2'de gösterildiği gibi;

$$k = \frac{v}{2D\varepsilon} - \sqrt{\frac{v^2}{4D^2\varepsilon^2} + \frac{\lambda}{D}} \quad 3.2$$

ifâde edilmektedir. Burada ε ; % olarak ifâde edilen toprağın gözenekliliği, v ; akış hızı, D ; difüzyon katsayısı ve λ ; radyoaktif bozunum sabitidir (Åkerblom, 1993; Durrani ve Ilić, 1997).

Genellikle Rn'un derinlikle değişimi çeşitli toprak tiplerinde farklılıklar gösterir. Gözeneklilik, bir toprak çeşidinden diğerine göre farklılık gösterdiğinden dolayı önemli bir değişkendir. Bazı toprak tiplerinin gözenekliliklerinin yaklaşık değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Kilin gözenekliliği su içeriğine bağlı olduğundan dolayı atlanmıştır.

Tablo 3.1. Bazı toprak tiplerinin yaklaşık gözeneklilik değerleri (Åkerblom, 1993).

Toprak tipi	Kum	Çakıllı kum	Buzultaşı	Paketlenmiş Buzultaşı	Püskürük Kayaç
Gözeneklilik	0,40	0,40	0,30	0,25	0,40

Rn gazı hareketinde ikinci önemli parametre ise difüzyon katsayısıdır. Bazı ortamların difüzyon katsayıları Tablo 3.2’de verilmiştir. Toprakta Rn seviyelerini etkileyen üçüncü önemli değişken toprağın nem miktarıdır.

Tablo 3.2. D radon difüzyon katsayısı değerleri (Tanner, 1964).

$D (10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1})$	Ortam
4,5	Granodiyorit birikintileri
1,8	Metamorfik kayalar
1,5	Granit birikintileri
8,0	Verimli (killi) toprak
7,0	Tabakalı kil
2,0-5,7	Çamur

Toprağın uranyum miktarı, bölgesel olarak Rn gazı üretiminde önemli bir faktördür. Uranyum miktarı gözeneklilik, nem miktarı ve difüzyon katsayısının yanısıra bir diğer önemli değişkendir. Örneğin, İsveç’in güneyinde toprağın uranyum miktarının bir fonksiyonu olarak toprak Rn seviyeleri Tablo 3.3’te gösterilmiştir. Tablo 3.3’te verilen toprağın uranyum miktarı ve biyojeokimyasal haritalama metoduna dayanmaktadır. Diğer taraftan, farklı toprak tipleri için Rn seviyeleri toprağın uranyum içeriği (1-25 ppm) homojen ve düşüktür. Bu sınıflandırmada tipik Rn seviyeleri geniş bir aralığa yayılmıştır.

Tablo 3.3. Toprak uranyum içeriğinin farklı iki toprak tipi için 1 metre derinlikte Rn seviyeleri (Durrani ve Ilić, 1997).

	Uranyum Miktarı (ppm)	1-5	1-10	1-17	1-53	1-69
$^{222}\text{Rn} (\text{kBq/m}^3)$	Buzul-Akarsu Depoları	6,6	11,9	13,2	17,2	19,4
	Kumlu Buzultaşı	6,5	11,0	11,9	15,2	43,3

3.3. Sudaki Radon

Yeraltı sularında ^{222}Rn çok yavaş hareket etmektedir. Yarıömrünün az olması nedeniyle atmosfere kaçması zor olmaktadır. Rn bozunmadan sulu toprak ve kayalarda 1 inç’ten daha az mesafe katederken, kuru toprak ve kayalarda yaklaşık 6 feet (182,88 cm)’ye kadar hareket etmektedir. Çünkü su, gözenekli topraklarda ve kaya kırıklarında daha yavaş hareket etmektedir. Rn kuru topraklara göre, nemli toprakta bozunmadan daha kısa mesafe kateder (Cothorn, 1987; Otton, 1992; Moreno, 2016).

Nehir sularındaki Rn, hareketlilikten dolayı atmosfere kaçtığından, düşük oranda Rn içerir. Bu nedenle, yüzey sularıyla beslenen evlerde Rn problemi pek yaşanmaz. Büyük şehirlerde belediyelere ait sistemler, suyu havalandırarak Rn'un atmosfere kaçmasını sağlarlar. Geri kalan Rn, bozununcaya kadar bekletilerek suyun kullanımı geciktirilir (Otton, 1992). Yüksek seviyelerde uranyum içeren kayaçların olduğu bölgelerde, yeraltı sularında Rn problemi vardır. Örneğin Amerika'nın bazı bölgelerindeki granitler, yeraltı sularında yüksek Rn seviyelerine neden olmaktadır (Cothorn, 1987).

3.4. Radon ve Deprem

Mevcut bilgiler doğrultusunda, deprem üreten olayların karmaşıklığından dolayı tam olarak nerede ve ne zaman belli büyüklükte bir deprem meydana geleceğini tahmin etmek oldukça zordur. Dijital kayıt teknikleri ve depremler meydana geldikçe geliştirilen istatistiksel modeller sayesinde çeşitli tahmin modelleri de gelişmektedir. Bu kapsamda, sismik olayların bir öncüsü olarak toprak Rn gazı üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır (Hilal, 1998; Walia vd., 2003; İnceöz vd., 2005; Ghosh, 2009; Vizzini ve Brai, 2012; Külahcı ve Şen, 2014; Külahcı ve Çiçek, 2015; Attanasio vd., 2016; Barman vd., 2016; Kamışlıoğlu ve Külahcı, 2016; Kuo, 2016; Piersanti vd., 2016; Zhou vd., 2016)

Deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında ^{222}Rn gazı yeryüzüne yayılmaktadır. ^{222}Rn gazı difüzyon yoluyla veya kuvvetli akımlar ile taşınabilmektedir. Kırık fay zonlarında difüzyon ile radonun daha hızlı taşındığı gözlenmektedir. Literatürde depremlerle ilişkisi kurulabilen çeşitli değişkenler önerilmiştir. Bunlar; zorlanma, eğilim (eğim), öncü sarsıntılar, öncü şok dizileri, sismik dalga hızındaki değişiklikler, fay kayması, yeraltı suyu ve petrol akışı, yeryüzünün direnci, yerküre akımları, jeomanyetik etkiler ve ^{222}Rn gazı derişimindeki anomalilerdir (Cothorn, 1987; Cuomo vd., 1998; Durrani ve Ilić, 1997; Nivin vd., 2001; Külahcı ve Şen, 2014). Bu değişkenler içerisinde ^{222}Rn gazının depremlerle olan değişimi, son yıllarda önemli araştırma konularından biri olarak, diğer değişkenlerin incelenmesinden daha baskın hâle gelmiştir (Cothorn, 1987; Durrani ve Ilić, 1997; Vizzini ve Brai, 2012; Külahcı ve Şen, 2014; Külahcı ve Çiçek, 2015; Attanasio vd., 2016; Kuo, 2016; Piersanti vd., 2016).

^{222}Rn anomali mekanizmalarının, kökeni ve depremlerle ilişkileri hâlâ tam olarak anlaşılmamış olmasına rağmen, fay düzlemleri içerisinde en yüksek seviyelere ulaşmış ve

fayllara çok yakın uzaklıklarda defalarca artış gösterdiği gözlenmiştir (İnceöz vd, 2005; Külahcı ve şen, 2014; Külahcı ve iek, 2015).

Yerkabuęundan atmosfere yayılan ^{222}Rn miktarı genellikle küçüktür, ancak fay hatlarında, jeotermal kaynaklarda, uranyum yataklarında, volkanik hareketler sırasında ve depremlerin oluşumundan önce llen ^{222}Rn gazı miktarında önemli artışlar gözlenmiştir (Dubinchuk, 1993; Durrani ve Ilić, 1997; Toutain ve Baubron, 1999; Yaprak vd., 2003; Abadi vd., 2016; Li vd., 2016; Moreno, 2016). ^{222}Rn gazı ve deprem arasındaki ilişkiye ait ilk alışmalar Okabe (1956) tarafından yapılmıştır. Okabe, ^{222}Rn gazını yeni bir deprem izleyicisi olarak işaret etmiş ve yüzey yakınında atmosferik günlük ^{222}Rn gazı değişimleri ile sismik hareketler arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Yaprak vd., 2003; Yasuokai vd., 2012).

Depremlerin önceden saptanması konusunda yapılan çalışmalarda, depremlerin stokastik analizleri ve jeofiziksel değişkenlerin araştırılması, iki temel yöntem olarak ortaya konmuştur. Yeraltından sızan ^{222}Rn yoğunluğundaki değişimler, jeofiziksel değişkenler arasında yer alır. ^{222}Rn gazı sızıntısının aktif faylar üzerinde fazla olduğu, atmosferik koşullara ve muhtemelen çevredeki sismik faaliyetlere bağlı değişiklikler gösterdiği bilinmektedir. Yeryüzü derinliklerinden gelen ^{222}Rn , depremlerden önce bazı sistematik değişiklikler göstermekte ve yeryüzünde yapılan ^{222}Rn gazı ölçümleri depremlerin önceden saptanmasına yardımcı olma umudu vermektedir.

Son yıllarda yapılan araştırmalarda sismik bakımdan aktif bölgelerdeki kuyu ve diğer yeraltı sularındaki ^{222}Rn derişimlerinin değişimleride, depremlerin önceden kestirilmesi konusunda yapılan çalışmalar açısından önemlidir (Sa vd., 2005; Güloğlu, 2007 Ghosh, 2009; Yasuokai vd., 2012).

3.5. Meteorolojik Değişkenlerin Radon Gazı zerindeki Etkileri

Toprak veya sudaki ^{222}Rn gazı salınımı jeolojik etkilerin yanı sıra, diğer çevresel değişkenlere de bağlıdır. Toprak nemi, yağış, sıcaklık, barometrik basınç ve rüzgâr gibi meteoroloji değişkenler toprak ^{222}Rn gazı derişim değerlerini etkilemektedir. Bu değişkenler, toprak ve kayaların fiziksel özelliklerini değiştirdiğinden ^{222}Rn taşıma oranı üzerinde etkisi yüksektir. Bazı evresel değişkenlerin ^{222}Rn gazı yayılımını nasıl etkilediği Tablo 3.4’de gösterildi.

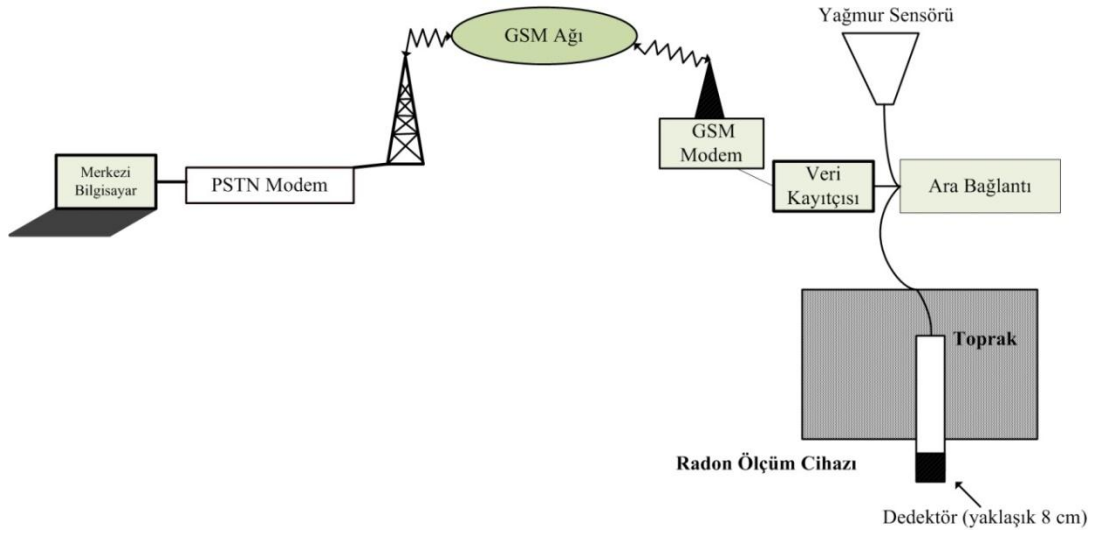
Tablo 3.4. Bazı çevresel değişkenler ve ^{222}Rn gazı derişimi arasındaki ilişki (Külahcı ve Şen, 2014).

Değişkenler	Toprak ^{222}Rn Gazı Derişimi
Basınç Değişimleri	Pozitif Korelasyon
Toprak Nemi	Negatif Korelasyon
Toprak Geçirgenliği	Pozitif Korelasyon
Toprak Sıcaklığı	Pozitif Korelasyon
Yağış Durumları	Negatif Korelasyon
Gelgit Kuvvetleri	Pozitif Korelasyon

Topraktan havaya moleküler difüzyon ile sızarak atmosfere ulaşan ^{222}Rn gazı miktarını havanın sıcak olması ve rüzgâr hızı arttırırken soğuk hava, atmosfer basıncı, kar veya yağmurun yağması düşürmektedir. Toprak nemi ve ^{222}Rn miktarı arasında negatif bir ilişki vardır. Toprağın nem miktarı artınca geçirgenliği de azalmaktadır. Yüzeye yakın yerlerdeki toprak yapısı, derin seviyede olanlara göre meteorolojik koşullardan daha fazla etkilenir. Bununla birlikte; maden ocakları, evlerin yeterince havalandırılmayan bodrum ve zemin katlarında ^{222}Rn gazı derişimleri riskli seviyelere ulaşabilmektedir. ^{222}Rn gazı salınımını rüzgârın hızı ve yönü de etkilediğinden, açık havadaki ^{222}Rn miktarı, hızlı hava akımlarından dolayı düşüktür.

4. TOPRAK ^{222}Rn GAZI ÖLÇÜMÜ

Bu çalışmada kullanılan ^{222}Rn verileri T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından tarafımıza hibe edilmiştir. AFAD'a elindeki verilerin ileri istatistiksel hesaplamalarla işlenebileceği bir proje önerilmiş ve bu talep AFAD tarafından resmi olarak kabul edilmiştir. Bu protokol çerçevesinde bu çalışma nihayetlenmiştir. Bu çalışmadaki ^{222}Rn verileri, Kanada Alpha Nuclear firması tarafından üretilen Alphameter 611 cihazı kullanılarak elde edildi. AFAD'ın ^{222}Rn verilerini alma yöntemi Şekil 4.1'de gösterildi.



Şekil 4.1. Aktif Rn ölçüm sistemi

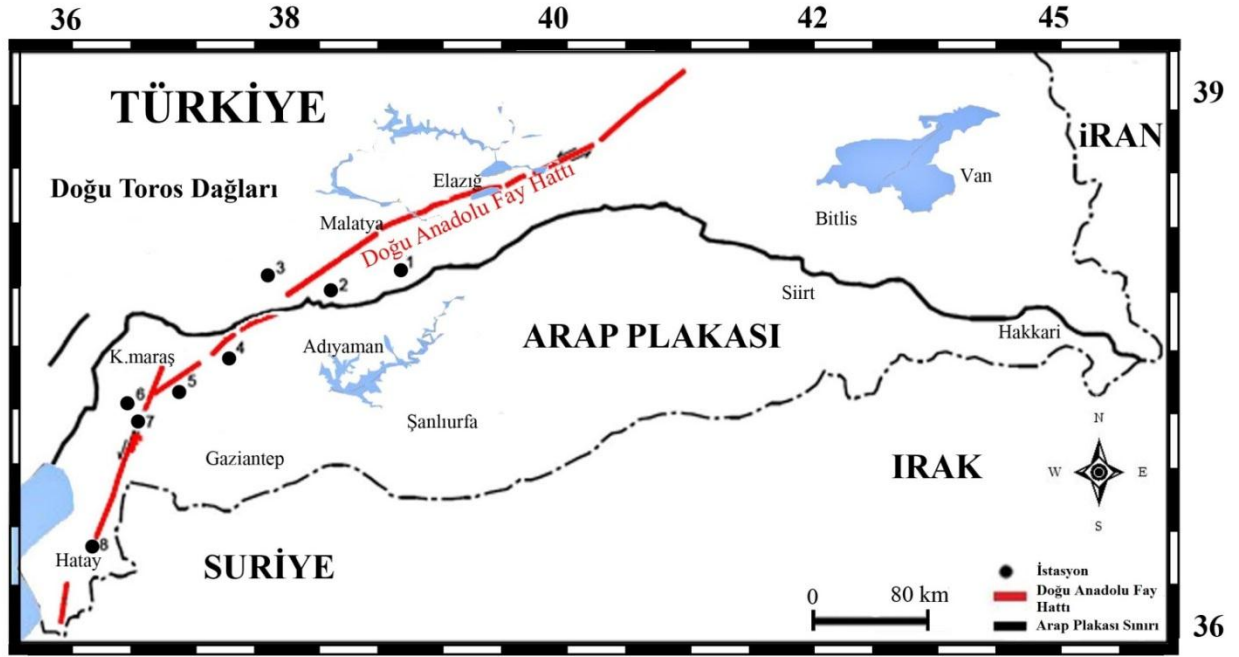
^{222}Rn verileri, toprağa yaklaşık 1 m derinliğe gömülen ve Si yarı-iletken özelliğine sahip bir dedektör tarafından algılanmaktadır. Ölçümler 15 dakikada bir sürekli olarak alınarak GSM modem aracılığıyla online olarak araştırma bilgisayarlarına kaydedilmektedir. Dedektör $4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ 'lik bir ölçüm alanına sahiptir. Bir çelik tüp içine konularak doğrudan toprağa gömülür. Böylece topraktan sızan ^{222}Rn derişimine doğrudan maruz bırakılması hedeflenmiştir. ^{222}Rn 'nin bozunması sonucu oluşan α parçacıkları dedektörü doğrudan bombardıman eder ve bu bombardıman uygun kayıt cihazlarıyla sinyal olarak spektroskopik sistem içinde kayıt edilir ve bir GSM bağlantısıyla istenilen noktaya aktarılabilir (Cotter, 1992; Akgul et al. 2008).

5. ÇALIŞMA BÖLGESİ ve JEOLJİSİ

Araştırma alanı Tablo 5.1’de gösterildiği gibi 8 temel istasyondan oluşmakta olup yaklaşık 300 km’lik bir hat boyunca, Dünyada sismik olarak en aktif faylardan biri olan Doğu Anadolu Fay Hattı (DAF) boyunca uzanmaktadır. Çalışma alanı olarak DAF sistemini oluşturan segmentlerden Hazar Gölü-Sincik Segmenti; Malatya ve yöresini, Çelikhan-Erkenek Segmenti; Adıyaman ve yöresini, Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti ise; Kahramanmaraş ve yöresini doğrudan etkileyecek depremleri oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Bahsedilen segmentler, $M > 7,0$ depremlerini oluşturabilecek niteliktedir. Bu bölgelerde tarihsel olarak Hazar-Sincik segmentinin güneybatısında 1905 yılında $M_s=6,8$, kuzeybatısında 1875 yılında $M_s=6,7$, Çelikhan-Gölbaşı segmentinde 1893 yılında $M_s=7,1$, Türkoğlu-Antakya segmentinde 1872 yılında $M_s=7,2$, Hatay’ın doğusunda 1822 yılında $M_s=7,5$ büyüklüğünde depremler meydana gelmiştir (Atabey, 2000). İstasyonların konumları Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. İstasyon bilgileri

İstasyon No	İstasyon Adı	Şehir	Enlem (N)	Boylam (E)
1	Pötürge	Malatya	38.189	38.767
2	Kasımlar	Malatya	37.990	38.156
3	Sürgü	Malatya	38.041	37.884
4	Çelik	Adıyaman	37.700	37.508
5	Çiğli	K. Maraş	37.489	37.067
6	Kızıleniş	K. Maraş	37.370	36.817
7	Beyoğlu	K. Maraş	37.294	36.777
8	Demirköprü	Hatay	36.276	36.357



Şekil 5.1. Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesi içerisinde 2007-2010 yılları arasında ölçülen toprak ^{222}Rn gazı derişimi, bölgede meydana gelen depremler ile ilişkili olduğu kadar, bölgenin jeolojik yapısına da bağlıdır. MTA'dan alınan jeolojik haritaya göre 8 istasyonun jeolojik yaşı ve özellikleri Tablo 5.2'de gösterildi.

Tablo 5.2. Çalışma bölgesinin jeolojik özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	İl	Yaş	Simge	Açıklama
1	Pötürge	Malatya	Prekambriyen	gs	Gnays, Şist
2	Kasımlar	Malatya	Pliyosen - Kuvaterner	plQ	Ayrılmamış karasal kırıntılılar
3	Sürgü	Malatya	Mesozoyik	s	Serpantinit
4	Çelik	Adıyaman	Kuvaterner	Q	Ayrılmamış Kuvaterner
5	Çiğli	K. Maraş	Kuvaterner	Q	Ayrılmamış Kuvaterner
6	Kızıleniş	K. Maraş	Kretase	k	Pelajik kireçtaşı, kırıntılılar, radyolarit, çört
7	Beyoğlu	K. Maraş	Ordovisiyen	O2	Kırıntılılar
			Kuvaterner	Q	Ayrılmamış Kuvaterner
8	Demirköprü	Hatay	Kuvaterner	Q	Ayrılmamış Kuvaterner

5.1. Adıyaman İli Jeolojik ve Coğrafik Yapısı

Adıyaman ili, kuzeyde yer alan Toros dağları ile güneyde ise Gaziantep ve Şanlıurfa illerinin arasında yer alır.

Adıyaman'ın kuzeyinde bindirme kuşağı boyunca Üst Kretase'de bölgeye yerleşmiş allokton birimler olan Koçali ve Karadut Karmaşıkları yer almaktadır. Üst Jura-Alt Kretase yaşlı peridotit, harzburgit, lertzolit, serpantin, bazalt ve pelajik kireçtaşlarından oluşan Koçali Karmaşığı, Senomaniyen-Santoniyen yaşlı çakıltası, kumtaşı, killi kireçtaşı, şeyl, çörtlü kireçtaşı ve silisifiye kireçtaşlarından oluşan Karadut Karmaşığı ve üzerine diskordan olarak Tersiyer yaşlı Arap Platform Çökelleri gelmektedir (Ekinci, 2011). Arap Platform Çökelleri; Üst Kretase-Paleosen yaşlı killi kireçtaşı, kumtaşı, şeyl ve kilaşlarından oluşan Besni formasyonu, Alt Eosen yaşlı çakıltası, kumtaşlarından oluşan Gercüş Formasyonu, Alt-Orta Eosen yaşlı dolomitik ve çörtlü kireçtaşlarından oluşan Hoya-Kavalköy Formasyonu, Orta Eosen yaşlı tebeşirli kireçtaşlarından oluşan Gaziantep Formasyonu, Alt Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Fırat Formasyonu ile kaba kırıntılı karasal çökellerden oluşan Adıyaman (Şelmo) Formasyonu yer alır (Ekinci, 2011). Ana kaya, zaman, organizma, topografya ve iklim nedeniyle Adıyaman'da farklı toprak tipleri oluşmuştur. İlin genel toprak yapısı %75 oranında Killi-Tınlı olmasına karşın nehir ve çay kenarlarında alüvyonlu sahalara da rastlanmaktadır.

5.1.1. Adıyaman İlinin Depremselliği

T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğüne sunulan rapor neticesinde Çelik (Adıyaman) istasyonu 1. dereceden deprem bölgesi olarak belirlenmiştir (Özmen vd., 1997). Mercalli deprem ölçeğine göre, en yüksek (7) şiddetinde deprem kaydedilmiştir. Tarihi kaynaklardan 1889'da meydana gelen şiddetli depremde şehirde önemli tahribatın olduğunu, camilerin minarelerinin yıkıldığını öğreniyoruz. Son olarak 05/05/1986 tarihinde meydana gelen (5) şiddetindeki deprem ile bunu takiben 06/06/1986'da meydana gelen (6) şiddetindeki depremde önemli miktarda hasar ve can kaybı meydana gelmiştir. Bölgenin depremselliği Şekil 5.2'de gösterilmektedir.

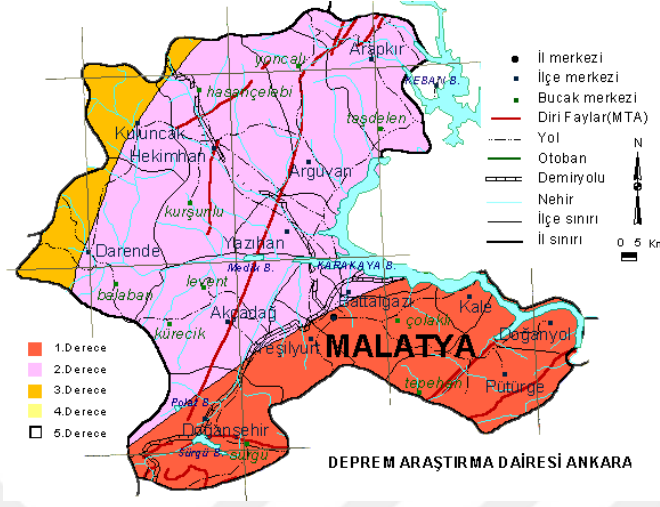
senoniyen yaşı tabanda çakıl taşı ve üzerine uyumlu olarak gelen killi kireç taşı marn aralanmasından oluşan Gündüzbey Formasyonu, Paleosen yaşı çakıl taşı, yumrulu kireç taşı ve çamur taşlarından oluşan Bent formasyonu, Eosen yaşı tabanda çakıltaşı ve üzerine uyumlu olarak gelen kumtaşı-marn-killi kireç taşı aralanmasından oluşan Teşilyurt formasyonu, Alt Miyosen yaşı Akyar kireçtaşı, orta miyosen-Pliyosen yaşı kiltası, silttaşı, marn, çamurtaşı, aralanmasından oluşan Orta miyosen-Pliyosen yaşı Beylerderesi Formasyonu, Kuvaterner yaşı yamaç molozlu ve alüvyon yer alır (Çolak, 2011).

Malatya ilinin toprak yapısı incelendiğinde, bölgede yaşı kireç taşlarının üzerini koyu, organik madde yönünden zengin kahverengi orman toprakları kaplar. Malatya dağlarının batı kesimlerinde, değişik şistlerle başkalaşım serileri üzerinde ve orman örtüsü altında kireçsiz kahverengi orman toprakları oluşmuştur. Birikinti maddelerinin taşındığı yüksek alanlar genellikle değişik yaşı kireç taşlarından oluşmaktadır. Arada yer yer dış püskürükler görülür. Bu nedenle bütün alüvyonlu topraklar kireçlidir. Alüvyal topraklar geçirgen ve kolay işlenebilen topraklardır.

5.2.1. Malatya İlinin Depremselliği

Ülkemiz dünyanın en önemli aktif kuşaklarından Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemizde çeşitli zamanlarda deprem üreten iki önemli kırık hattı mevcuttur. Bunlar Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) dır. Afrika- Arap kıtası ile kuzeydeki Avrupa-Asya (Avrasya) kıtası arasında K-G sıkışma gerilimleri altında bulunan ülkemizde KAF ve DAF hatları boyunca biriken enerji zaman, zaman boşalarak, deprem olaylarına neden olmaktadır. Diğer yönden Bölgede etkili olan K-G sıkışma gerilmeleri, bu iki ana fay hattı arasında bulunan Anadolu kara parçasını da değişik yerlerdeki segmentler boyunca batıya doğru kaydırmaktadır. Bölgede, Doğu Anadolu Fayı ve Malatya Fayı aktif faylar olup, deprem oluşturabilecek faylardır. DAF, Karlıova-Bingöl-Göynük-Elazığ-Kahramanmaraş-Hatay'dan güneye doğru uzanan doğrultu atımlı sol yönlü bir faydır. Bu fay; Malatya şehrimizin 30 km güneydoğusundan, Pütürge (Şiro Çayı)-Çelikhan-Gölbaşı hattından geçmektedir. Malatya Fayı, sıkışma tektoniğine bağlı olarak oluşmuş batıda Doğanşehir-Akçadağ-Arguvan-Arapkir doğrultusunda yer almaktadır. Bölgede bir diğer fay olan Sürgü Fayı ise, Çelikhan'ın hemen güneyinden batıya doğru (Sürgü) bir kol ayrılmaktadır. Sürgü Barajının yer aldığı vadi boyunca devam etmektedir. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğüne sunulan rapor sonucunda Pötürge, Kasımlar ve Sürgü istasyonları 1. dereceden deprem bölgesi

olarak belirlenmiştir (Özmen vd., 1997). Bölgenin depremselliği Şekil 5.3'te gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Malatya ili deprem bölgeleri (URL-1, 2016).

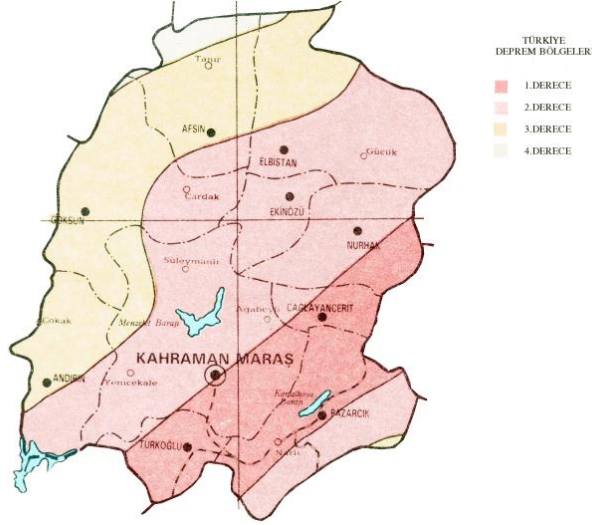
5.3. Kahramanmaraş İli Jeolojik ve Coğrafik Yapısı

Kahramanmaraş ili Güney Doğu Anadolu bölgesinde yer alan yöremizdir. İlin yeryüzü şekilleri genellikle Güneydoğu Torosların uzantıları olan dağlarla bunlar arasında kalan çöküntü alanlarından oluşmaktadır. İlde çeşitli jeolojik zamanlardan kalma oluşumlara rastlanmaktadır. Paleozoik yaşlı şist ve mermerler, Gavur Dağları'nda geniş alanlar kaplar. Narlı Ovası'nın güneyinde mezozoik seriler görülür. İl alanında, genellikle marnlardan oluşmuş paleosen yapılı oluşumlar da önemli bir yer tutmaktadır. Bunlar kumlu yataklar ve kil içerir. Şistler ve tebeşirli katmanlar da görülür. Kahramanmaraş'ta alt eosen yaşlı greler, kırmızı renklidir. Bunlar, kalker çimentolu ve kırmızı-kahverengimsi konglomeralardan oluşmuştur. Kahramanmaraş'ın kuzeyinde Ahır Dağı'nda ve Narlı Ovası'nda orta eosen oluşumları görülmektedir. İlin güneydoğusunda, orta eosen kalkerlerinin üzerinde tebeşirli katmanlar vardır (Kop, 2010). İlde, miyosen oluşumlarının görüldüğü yerlerde, altta denizel fasyeste marn, tebeşirli kalker ve molozlar, yukarıya doğru ise karasal fasyeste oluşmuş kalkerler ve konglomeralar vardır. Pliyosen yaşlı oluşumlar arasında konglomeralar egemendir. Bunun yanında kil ve kumlarda vardır. Kuvaterner yaşlı oluşumlara akarsuların vadi tabanlarında ve alüvyonlarla örtülü ovalarda rastlanmaktadır. Türkoğlu ilçesinin batısında Devoniyen ve Mesozoik yaşlı killi şistler, Göksun-Elbistan arasında ise Paleozoik yaşlı şistler üzerinde oluşan topraklarda aynı toprak grubunda sınıflandırılmışlardır. Göksun'dan doğuya uzanan şeritte, Maraş-Bahçe-Pazarcık aralarında bu topraklar yaygındır.

İldeki çöküntü alanlarını birbirinden ayıran serpantinler büyük önem taşımaktadır. İnce bir örtü durumunda geniş alanlara yayılan serpantinlerin yanında, kristalin şistler ve frayslara rastlanır. İldeki faylar boyunca, siyah bazaltların yüzeye çıkarak geniş alanlar kapladığı görülmektedir. Bazaltlar kimi yerlerde ufalanıp dağılarak killi topraklar oluşturmuştur (Biricik, 2001; Kop, 2010).

5.3.1. Kahramanmaraş İlinin Depremselliği

Doğu Anadolu Fayı; Karlıova-Bingöl-Elazığ-Malatya-Adıyaman-Gölbasi-Pazacık-Türkoğlu-Hatay'dan güneye doğru uzanan doğrultu atımlı sol yönlü bir faydır. DAF, kuzeydoğuda Karlıova birleşim noktasından başlar ve güneybatıda Türkoğlu kavşağına kadar devam eder. Türkoğlu kavşağında üç veya dört kola ayrılır. Kuzeydeki kollar Helenik-Kıbrıs yayı ile birleşirken güneyde kalan kolu ise Ölü Deniz Fayına doğru uzanır (Biricik ve Korkmaz, 2001). Doğu Anadolu fayı, sismik olarak suskun olduğu zamanlarda, birleşik fayı olan KAF tarafından kuzeydoğu ucunun ötelenmesiyle, Karlıova birleşim noktasının güneybatısında birkaç küçük kol gelişmiştir. Güneydoğuda yer olan kol, kuzeybatıda olana göre daha gençtir. Diğer taraftan DAF, Karlıova birleşim noktasının kuzeydoğusundan Ermenistan'a doğru uzanır. DAF'ın Karlıova'dan güneybatı doğru olan ana kısmının uzunluğu 400 km olup, bu ana kısımdaki kayma hızı yıllık 5 mm civarındadır. 1900-1995 yılları arasında DAF üzerinde yıkıcı ve yüzey kırığı oluşturmuş toplam 10 deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin dışmerkez dağılımları, segmentlerin sınırlarında yoğunlaşma eğilimleri göstermiştir. Bu dağılımlar, fayın Karlıova-Türkoğlu arasında, üç ana segment ile Türkoğlu kavşağından güneybatıya doğru olan kollara ayrıldığı bölgelerde ise dört segmentin yer aldığını göstermektedir. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğüne sunulan rapor neticesinde Çiğli , Kızıleniş ve Beyoğlu istasyonları 1. dereceden deprem bölgesi olarak belirlenmiştir (Özmen vd., 1997). Bölgenin depremselliği Şekil 5.4'de gösterildi.



Şekil 5.4. Kahramanmaraş ili deprem bölgeleri (URL-1, 2016).

5.4. Hatay İli Jeolojik ve Coğrafik Yapısı

Hatay ili doğusunda ve güneyinde Suriye, kuzeydoğusunda Gaziantep, kuzey ve kuzey batısında Osmaniye ve Adana, batısında ise Akdeniz ile çevrilmiştir. Hatay İl toprakları; kıyı dağları, çöküntü alanları ve kıyı ovalarından oluşmuştur. Kuzeyden Amanos Dağları'nın uzantıları ve Islahiye Çöküntüsü, doğudan Suriye tektoniğinin fazla yüksek olmayan platoları ve batıda Akdeniz ile çevrilmiştir (Ateş vd., 2004; Selçuk, 1985). Hatay il topraklarının ana çatısını Keldağ ve Amanos Dağları oluşturur. Bu iki dağ sırası arasında Hatay çöküntü alanı uzanır. Bu arazinin jeolojik yapısını periotit serpantin ve gabro gibi yeşil kütleler oluşturur. Bunlar Keldağ ve Amanos Dağları'nda geniş alanlar kaplar. Amanos Dağları düzgün bir sıra olup bu sıranın temeli paleozoik kütleleri ile serpantinlerden oluşmaktadır. Üstte ise kretase kalkerleri egemendir. Dağ sıralarının kuzeybatı yamaçlarında genç fayların etkisiyle ortaya çıkmış dik basamaklar vardır. Hatay çöküntü alanı pliyosen sonlarında olmuştur. Bu alanın il merkezi ile Akdeniz arasında kalan bölümü pliyosende olmuş denizel Marn, kum, kumtaşı ve küçük taneli konglomeralarla kaplıdır. Dayanıksız serilerin altında genellikle üst kretase kalkerleriyle serpanitler bulunmaktadır (Ateş vd., 2004; Selçuk, 1985; Toma ve Akkuyu, 2011).

Bölgelerin diğer yapısal özelliklerini ovalarda izlenen faylar, kıvrımlar ve uyumsuzluklar oluşturmaktadır. Ayrıca Haydar Dağı'nda görülen Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu normal faylar Haydar formasyonu diye isimlendirilen pliyosen yaşlı birimleri etkilemekte olup bunların devamı alüvyon örtüsü nedeniyle izlenememektedir.

6. MATERYAL ve METOT

6.1. İhtimaliyet Dağılım Fonksiyonları (İDF)

Toprak ^{222}Rn gazı ve deprem büyüklüğü gibi herhangi bir rastgele değişkenin davranışını ayrı ayrı izlemek ve yorumlamaya çalışmak oldukça zordur. Bazı durumlarda değişken ile ilgili bilgileri elde etmek mümkün olmayabilir. Bu durumda incelenen değişkenin özelliklerini, en iyi temsil eden dağılım fonksiyonuna bakılmalıdır. Bu amaç doğrultusunda, verileri ortak paydalarıyla temsil ederek, onları anlamak ve karakterize etmek gerekir. Bir bütünü oluşturan parçaların davranışlarını açıklamak için İDF'ler kullanılmaktadır. İDF'ler, değişkenin yapısıyla ilgili bütün bilgileri kapsamaktadır. Dağılım fonksiyonları verinin basıklığını, çarpıklığını, verilerin alabileceği mümkün değerlerin merkezini ve verilerin bu merkez etrafındaki yayılımın büyüklüğü vb. özelliklerini yansıtır. Çalışmada ^{222}Rn ve deprem risk seviyelerinin hesaplanmasıyla birlikte Weibull, Gumbel, Gamma, Lognormal ve Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılım fonksiyonları kullanılarak verilerin karakteristiği çıkarıldı ve risk seviyelerinin kritik değerleri elde edildi.

6.1.1. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı

Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı çok sayıda gözlem veya ölçümler arasından en büyük veya en küçük değerleri açıklamada oldukça kullanışlıdır. Taşkın kontrol hesaplamalarında ve risk hesaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bayazıt ve Oğuz, 1994; William, 1994). Konum (μ), ölçek (σ) ve şekil (k) olmak üzere 3 değişkene sahip olan Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımının İYF'si Denklem 6.1'de gösterildi.

$$f(x/k, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \left(1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \exp \left(- \left(1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{k}} \right) \quad 6.1$$

Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı k değişkeninin durumuna göre; $k=0$ için Tip 1, $k>0$ için Tip 2 ve $k<0$ için Tip 3 olmak üzere 3 kısma ayrılır. Tip 1 Gumbell, Tip 2 Fréchet ve Tip 3 Weibull Dağılımına benzemektedir (Feller, 1967).

6.1.2. Weibull Dağılımı

Weibull dağılımının İYF ve TDF'si Denklem 6.2 ve 6.3'te;

$$f(x) = \alpha \beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta} \quad 6.2$$

$$F(x) = 1 - \exp(-\alpha x^\beta) \quad 6.3$$

gösterildi. Burada; α ve β , dağılımın şekil ve ölçek değişkenleridir. Weibull Dağılımının İYF ile TDF kullanılarak Denklem 6.4'de verilen risk oranı $h(t)$ hesaplanabilir.

$$h(t) = \frac{f(t)}{F(t)} \quad 6.4$$

Weibull dağılımı pratikte endüstriyel mühendislik dalında, radar sistemlerinin modellenmesinde, meteorolojide hava tahmin modellemesinde ve popüler olarak da rüzgâr hızı dağılımını tanımlamada kullanılmaktadır (Weibull, 1951). Son dönemlerde fen bilimlerinde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Külahcı, 2011; Külahcı, 2016).

6.1.3. Gumbel Dağılımı

Gumbel dağılımı, rastgele değişkenin asgari veya azami değerlerini modelleme de kullanılmaktadır. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımının (Tip I) özel bir durumdur (Feller, 1967; William, 1994). Bu dağılım fonksiyonu konum (μ) ve ölçek (β) olmak üzere iki değişkene sahiptir. Gumbel Dağılımının TDF'si Denklem 6.5'te gösterildi.

$$F(x) = \exp(-e^{-\alpha(x-\beta)}) \quad 6.5$$

Deprem, taşkın ve kuraklık gibi doğal afetlerin meydana gelme ihtimâlini açıklamada sıklıkla kullanılmaktadır (Bayazıt ve Oğuz, 1994; William, 1994; Maden 2006).

6.1.4. Lognormal Dağılımı

Herhangi bir x rastgele değişkenine Denklem 6.6'daki gibi logaritmik dönüşüm uygulandığında;

$$y = \ln(x) \quad 6.6$$

dönüştürülmüş y değişkeninin dağılımı Normal ise, x 'in dağılımına Lognormal denir. Bu durumda, x 'in İYF'nu Denklem 6.7'de gösterildiği gibidir.

$$y = f(x/\mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x)-\sigma)^2}{2\sigma^2}\right) \quad 6.7$$

Normal ve Lognormal Dağılımları birbirleriyle yakından ilgilidir. Eğer x değişkeni μ ve σ değişkenleri ile Lognormal olarak dağılıyorsa $\log(x)$; μ ve σ ile Normal olarak dağılmıştır. Lognormal dağılımı x değişkeninin sadece pozitif değerlerinde hesaplanır (Bayazıt ve Oğuz, 1994; Maden, 2006). Kümülatif dağılım fonksiyonu ise Denklem 6.8'de;

$$p = F(x/\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^x \frac{\exp\left(-\frac{(\ln(t)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}{t} dt \quad 6.8$$

gösterildi. Burada μ ve σ , dağılımın konum ve ölçek değişkenlerini temsil etmektedir.

6.1.5. Gamma Dağılımı

Yaygın olarak kullanılan bir başka İDF'de Gamma Dağılımıdır. Bu dağılım fonksiyonunda, x pozitif değerler alan sürekli bir rastgele değişken ise;

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\theta}{\Gamma(k)} (\theta x)^{k-1} e^{-\theta x}, & x > 0 \\ 0, & \text{farklı durumlarda} \end{cases} \quad 6.9$$

şeklinde ifade edilir. Denklem 6.9'da gösterilen ifade de k ve θ sırasıyla, şekil ve ölçek değişkenini temsil etmektedir. Gamma Dağılımının TDF'si ise, Denklem 6.10'da gösterildi.

$$F(x) = 1 - \sum_{n=0}^{k-1} e^{-\theta x} \frac{(\theta x)^n}{n!}, \quad x > 0 \quad 6.10$$

$k=1$ olduğunda Gamma Dağılımı, Denklem 6.11'de gösterilen Üssel Dağılıma dönüşmektedir.

$$f(x) = \theta e^{-\theta x} \quad 6.11$$

Bu ifade, Üssel Dağılımı göstermektedir. Üssel Dağılım, Gamma Dağılımının özel durumudur. k değeri tamsayı ve $k > 1$ olduğunda, Gamma Dağılımı şekli biraz farklı olsa da yine Üssel Dağılıma dönüşmektedir (Feller, 1967; Maden, 2006).

6.2. Risk Analizi

Deprem tehlikesinin ölçümü veya öngörüsü; hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremde kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu öngörü; deprem nedeniyle oluşan hasar, mal ve can kaybı ihtimâli olarak tanımlanan “deprem riski” kavramının önemli bir ögesini oluşturur. Gelecekte meydana gelebilecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arz ettiği için, deprem riski tayinlerinde ihtimâliyet hesaplarına dayalı tahminler önemli karar araçlarıdır. Hidrolojide, barajların ömürlerinin hesaplanmasında ve taşkın afet hesaplamalarında hidrolog ve hidrolik mühendisleri tarafından sıklıkla kullanılan risk analiz yöntemleri arasında bulunan dönüş aralığı yöntemi (Şen, 2002; 2009), Külahcı ve Şen (2008) tarafından dağılım katsayısı hesabında kullanıldı. Bundan başka, Külahcı (2011) tarafından radyoaktif kirliliğin modellenmesi için de kullanıldı. Bu yöntem; radyoaktif kirliliğin, taşkın veya deprem gibi doğal olayların karakteristik yapılarını göz önünde tutup, frekans analizleri ile birlikte istatistiksel karakteristiklerini kullanmaktadır.

T_r dönüş aralığı, deprem büyüklüğünün belli bir M değerine eşit olması veya depremin olma riskini aşma süresi olarak tanımlanır. Buna göre, eğer dönüş veya döngü aralığı T_r yıl ise, X olayının (deprem büyüklüğünün) herhangi bir yılda M büyüklüğüne eşit olması ve aşması olasılığı Denklem 6.12’den hesaplanabilir.

$$P(X \geq M) = \frac{1}{T_r} \quad 6.12$$

Yıllık aşılmama olasılığı ise, X ’ in M değerini aşmaması olasılığı olup, Denklem 6.13’ de gösterildiği gibi,

$$P(X < M) = 1 - \frac{1}{T_r} \quad 6.13$$

ifade edilebilir. n yıllık zaman diliminde X değerinin en az bir kere M değerini aşma olasılığı Denklem 6.14’de gösterildiği gibi,

$$P_f = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n \quad 6.14$$

hesaplanabilir. Depremler; fay üzerindeki gerilmenin dayanımı aştığı, kritik bir değerde meydana gelmektedir. Belirli bir alanda gerilme birikimi, plaka hareketleri sonucu oluşmaktadır. Fay üzerinde biriken gerilmelerin bir T süresinde kritik değerde oluşan risk hesaplamaları yine Denklem 6.14'ten hesaplanabilir.

Gerilmenin sabit bir oranda biriktiğini kabul edersek, gerilme fay üzerinde kritik bir değere ulaştığında deprem oluşacak, bu da az çok düzenli zaman aralıklarına karşılık gelecektir.

Basit olarak risk, istenmeyen bir olayın meydana gelme olasılığı olarak da tanımlanabilir. Bununla birlikte, bir nükleer kaza sonrası nükleer acil kararlar için modelleme ve korunması için bir destek sisteminin geliştirilmesinde, ^{222}Rn tehlikesi olan alanlarda risk haritaları oluşturulmasında fayda sağlamaktadır. Kayaçlardaki ^{238}U 'in bozunması sonucu üretilmesinin yanı sıra ^{222}Rn gazının, çevredeki sismik faaliyetlere bağlı değişiklikler gösterdiği bilinmektedir (Otton, 1992; Walia, vd., 2003; Planinić vd., 2004; Korkmaz, 2006; Yasuokai, 2012; Zhuang ve Jiang, 2012; Külahcı ve Şen, 2014; Külahcı ve Çiçek, 2015). Bu nedenle, risk analizi yoluyla oluşacak zararları kontrol etmek gereklidir (Külahcı, 2011).

Radon riski R , güveni de G ile gösterirsek; güven ile riskin toplamı daima sabittir. Bu durumu Denklem 6.15'deki gibi gösterilebilir.

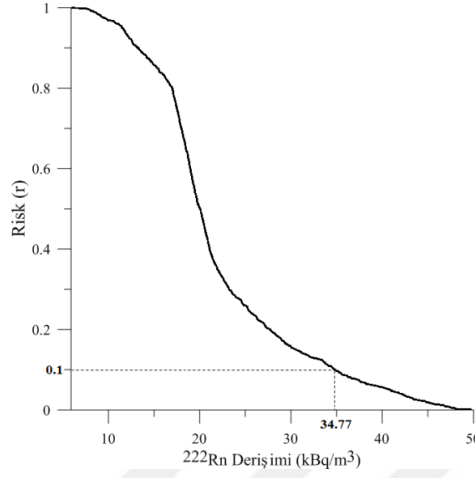
$$G + R = s \quad 6.15$$

Burada “s” sabiti tüm güvenli ve riskli durumların toplamıdır. Güven ve risk oranlarının yüzdeleri olan g ve r Denklem 6.15'in her iki tarafının s sabitiyle bölünmesiyle,

$$g + r = 1 \quad 6.16$$

elde edilir. Denklem 6.16'ya göre güven ve risk oranı 0 ile 1 arasında değişmektedir ve güvenin 0 olduğu durumda risk 1 değerini, riskin 0 olduğu durumda ise güven 1 değerini almaktadır. Güven ne kadar fazla ise risk o kadar azdır. Güven ve risk değerlerinin 100 ile çarpılmasıyla güven ve risk değerlerinin yüzdeleri elde edilir. Pratikte asla %100 güvenli veya riskli durumlar ortaya çıkmaz. Sürgü (Malatya) istasyonu için çizilen Risk oranı- ^{222}Rn derişimi eğrisi Şekil 6.1'de gösterildi. Bu eğriye bakılarak bölgenin ^{222}Rn derişimi

tahminlerinin yapılması mümkün hâle gelmektedir. Örneğin, grafik üzerinde %10 riske karşılık gelen ^{222}Rn derişiminin $34,77 \text{ kBq/m}^3$ olduğu görölmektedir.



Şekil 6.1. Sürgü (Malatya) istasyonu için Risk oranı- ^{222}Rn derişimi eğrisi

Örnekleme istasyonu toprağından yayılan ^{222}Rn gazı verileri küçükten büyüğe sıralanır. Burada m küçükten büyüğe sıralanmış ^{222}Rn derişiminin mertebesidir. n süre boyunca ortaya çıkan en büyük değerin (m_{eb}) tekrarlanacağı varsayılırsa bunun ortaya çıkma ihtimâli (g_{eb}) 1'e eşit olacaktır. Böylece Denklem 6.17'de;

$$g_{eb} = \frac{m_{eb}}{n} \quad 6.17$$

gösterilen ifâde yerine maksimum güven değerinin 1'e çok yakın bir değere sahip olması gerektiğinden Denklem 6.17 yerine Denklem 6.18 kullanılır.

$$g_{eb} = \frac{m_{eb}}{n+1} = \frac{n}{n+1} \quad 6.18$$

Her bir m mertebesi için Denklem 6.18 ifâdesinin en genel hâli Denklem 6.19'daki gibi verilir.

$$g = \frac{m}{n+1} \quad 6.19$$

Denklem 6.16'dan,

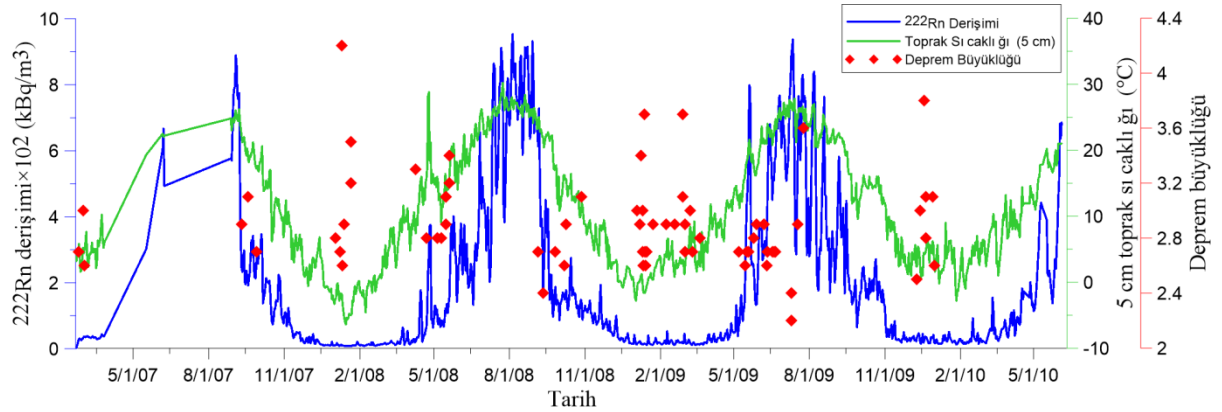
$$r = 1 - \frac{m}{n+1} \quad 6.20$$

her bir mertebe değeri için risk değerleri de elde edilebilir. Böylece, yayılımı pek çok parametreye bağlı ^{222}Rn için daha gerçekçi hesaplamalar yapılmış olur.

6.3. Zaman Serileri Analizi

Zaman serileri, herhangi bir değişkenin geçmişte elde edilen değerlerinden faydalanarak, bu veri grubunun farklı parametreler ile ilişkisinin açıklanmasında ve yorumlanmasında önemli bir bilgi kaynağıdır. Zaman serileri analizi ile değişkenin, incelenen dönem içerisinde düzenli aralıklarla yapılan gözlemlerinden elde edilen verilerin istatistiksel olarak incelenmesine ve gelecek dönemlerde elde edilebilecek verilerin kestiriminin güvenilir bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır. Değişken saatlik, günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık, yıllık veya daha uzun periyotlar halinde olmak üzere belirli bir dizinsel zaman aralıklarıyla elde edilen sayısal verilerden oluşmaktadır.

Zaman serileri analizine örnek olarak; Şekil 6.2’de Kasımlar (Malatya) istasyonunda 2007 Şubat-2010 Haziran tarihleri arasında toprak ^{222}Rn gazı ve toprak sıcaklığının zamansal değişimi görülmektedir. ^{222}Rn gazının belirli bir süre artmasından sonra toprağın yapısına bağlı olarak bu yükseliş anında veya yükselişten sonrasında meydana gelen bir depremden sonra ^{222}Rn gazında boşalmalar (düşüş) meydana gelmektedir. Daha sonra tekrar bir yükselme başlamaktadır. Bu durum tekrarlanıp devam etmektedir. Şekil 6.2’de deprem verilerine ek olarak, ^{222}Rn gazı anomalilerinin meteorolojik değişkenlerden biri olan 5 cm toprak sıcaklığıyla olan ilişkide gösterilmiştir. ^{222}Rn gazı derişimi ile toprak sıcaklığında meydana gelen değişimlerin uyum içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 6.2. Sismik olarak aktif bir bölge olan Kasımlar (Malatya) istasyonunda toprak sıcaklığı- ^{222}Rn gazı derişimin zamansal değişim grafiği

Zaman serileri, ilgili oldukları konuya göre birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Verilerin düzenleme şekillerine göre de değişen bu faktörler, zamana bağlı olarak değişen

çeşitli olayların etkisi altında eğilim (trend), mevsimlik dalgalanmalar, döngüsel (konjonktürel) dalgalanmalar ve düzensiz dalgalanmalar şeklinde sıralanabilir.

Trend, zaman serisinin uzun dönem içerisindeki artış veya azalışlarındaki dalgalanmaların karakteristiğini ifade etmektedir. Zaman serileri uzun dönemde artan ve azalan bir eğilime sahip olacakları gibi sabit (değişmeyen) yapıda bir trend özelliği de gösterebilirler. Mevsimlik dalgalanmalar, incelenen değişkenin aylık ve üç aylık dönemlerde kendini göstermekte ve mevsimlerin zaman serisi üzerindeki etkilerini ifade etmektedir. Belirli aralıklarla tekrarlı bir salınım gösteren mevsimsel bileşenin incelenmesi, mevsimlerin seriyi ne derece etkilediğinin belirlenmesi açısından önemlidir (Akdi, 2010; Bozkurt, 2013).

Döngüsel (konjonktürel) dalgalanmalar, bir trend doğrusu veya eğrisinin etrafındaki 2-10 yıl veya daha fazla sürede oluşan uzun dönemli dalgalanmalardır. Konjonktürel hareketler daha çok ekonominin genel durumuyla ilgili dalgalanmalar olmakla birlikte ekonomide refâh, durgunluk (ekonomik kriz), yükseliş ve gerileme dönemlerini içeren değişimlerdir. Mevsimsel dalgalanmalar, düzenli ve periyodik bir salınım göstermesine rağmen, konjonktürel dalgalanmalarda tersi durum meydana gelmektedir. Konjonktürel dalgalanmalarda, düzensiz ve periyodik olmayan bir yapıda olmakla birlikte bu dalgalanmanın uzunluğu ve genişliği mevsimsel dalgalanmalardan daha uzun ve daha fazla bir değişkenliğe sahiptir (Karagöz, 2009; Akdi, 2010).

Düzensiz dalgalanmalar; deprem, kuraklık, sel gibi doğal olaylar neticesinde geçici olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tür olayların ne zaman ve ne şiddette ortaya çıkacağı bilinmediğinden önceden tahmin edilemez. Bu nedenle düzensiz dalgalanmalar stokastik süreci takip etmektedir. Trend, mevsimlik dalgalanmalar ve konjonktürel dalgalanmalar ise deterministik sürece bağlı bulunmaktadır (Akdi, 2010; Bozkurt, 2013).

Zaman serileri analizi çeşitli amaçlara yönelik yapılmaktadır. Bunlar içinde en önemlisi, söz konusu değişkenin daha önceden gözlemlenmiş değerlerinden faydalanarak geleceğe yönelik değerinin tahmin edilmesi yer almaktadır. Bununla birlikte, veri gurubunun belirli bir dönem içerisindeki karakteristiğini ortaya çıkarmak, incelenen dönemde trendin bulunup bulunmadığı, mevsimlik dalgalanmaların olup olmadığı tespit edilebilmektedir. Bu tür analizler, zaman serilerini oluşturan sistemin işleyişiyle ilgili önemli bilgiler vermektedir. Analizin diğer bir amacı ise, birçok değişkenin zamanla ve

birbirleriyle olan ilişkisinin görselleştirilmesi ve yorumlanmasına yardımcı olmaktadır. Böylece, seriler arasındaki ilişki açıklanabilir. Bir diğer amaç ise, geçmiş olaylardan faydalanarak sistemin düşünüldüğü şekilde gelişimini sağlamak ve sistemin çalışma mekanizmasını ortaya koymaktır (Karagöz, 2009; Akdi, 2010).

Bu çalışmada, DAF üzerinde ve civarında bulunan 8 istasyondan 2007-2010 yılları arasında alınan toprak ^{222}Rn gazı derişiminin meteorolojik değişkenler (gün içindeki maksimum dakikalık güneş radyasyonu (cal/cm^2), 5 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), 10 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), 20 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), 50 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), buhar basıncı (hPa), ıslak termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)) ve deprem büyüklüğü arasındaki ilişkileri ile serinin belli başlı özellikleri ortaya çıkarılmaya çalışıldı. Bir değişkende meydana gelen değişimin, diğer serilerdeki değişim ile ilişkisi ve değişimin ne biçimde geliştiği incelendi.

6.4. Jeostatistik ve Temel Kavramları

Jeoistatistikte, incelenen verinin alındığı her istasyonun konumunun da dikkate alınması, jeoistatistiği temel istatistikten ayıran bir özelliktir. Temel istatistiksel hesaplamalarda incelenen verinin hangi konumlarda alındığının önemi olmamasına rağmen, jeoistatistik; istasyonların konumlarını ve birbirlerine olan mesafelerini de dikkate almaktadır. İstasyonlardan elde edilen söz konusu veri, “Bölgesel değişken” olarak adlandırılır ve bölgesel değişkenler koordinatla ifade edilir.

Jeoistatistik terimi uygulamalı istatistiğin önemli bir kolu olarak Matheron (1963) tarafından geliştirildi. Bununla birlikte jeoistatistik, istatistiksel davranışların bir özeti konumundadır. Jeolojiye ilâve olarak diğer doğa bilimlerine de uygulanabilmektedir. Jeoistatistiğin temeli, birbirine yakın konumda olan aynı değişkenin büyük bir benzerliğe sahip olduğu ve mesafe olarak uzaklaştıkça bu benzerliğin azaldığı ve sonunda biteceği fikrine dayanmaktadır. Bölgesel değişken, gerçek rastgele değişken ile tamamen deterministik değişken arasında bir özellik gösterir. Bölgesel değişkenlik noktadan noktaya süreklilik göstermektedir (Davis, 1973; Journé ve Huijbregts, 1978; Şen, 1989; Şen, 1997; Cressie, 1991; Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2007; Külahcı vd., 2008).

Bölgesel değişken kalan (residual) ve beklenen değer (drift) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Beklenen değer, i noktası civarındaki bütün komşu noktaların ağırlıklı

ortalamasıdır. Beklenen değerin bölgesel değişkenden çıkarılması durumunda kalanlar ($R=X_i-X_{ort}$), durağan (stasyoner) olacaktır. Böylece, yarıvaryogram değerlerini hesaplamak mümkün hâle gelecektir (Davis, 1973; Şen, 1989; Şen, 1997; Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2007; Külahcı ve Şen, 2009(a); Külahcı ve Şen, 2009(b); Şen, 2009(b)).

6.4.1. Yarıvaryogram

Yarıvaryogram, jeostatistiğin temel bir ölçüsü olup özel bir konum boyunca alan değişkenliğinin oranını ifâde etmektedir. Yarıvaryogram, bölgesel değişkenin yapısını, homojen ve izotropluk derecelerini, konumsal bağımlılığını ve değişkenin etkili olduğu mesafeyi nümerik olarak belirlemek amacıyla kullanılır (Davis, 1973; Şen, 1989).

Varyogram, uzayda farklı noktalardaki değişkenler arasındaki bağımlılığı karakterize eden bir fonksiyondur. Jeostatistikte bölgesel değişken değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri, Denklem 6.21’de gösterilen yarıvaryogram fonksiyonu ile elde edilmektedir (Davis, 1973; Journel ve Huijbregts, 1978; Journel, 1986; Şen, 1989; Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2007; Şen, 2009(b)).

$$\gamma_h = \frac{1}{2N_d} \sum_{i=1}^{N_d} (X_i - X_{i+h})^2 \quad 6.21$$

Burada h ; örnekler arasındaki sabit olan mesafe değerini, X_i ; bölgesel değişkenin ölçülen değerini ve X_{i+h} ; h aralık sonraki değişkenin ölçülen değerini temsil etmektedir. h ’nin küçük mesafeleri temsil etmesi durumunda, karşılaştırılan noktalar birbirlerine yakın değerde başlayacak ve böylece yarıvaryogram değerleri de küçük olacaktır. Bu mesafenin artması durumunda ise, karşılaştırılan noktalar birbirleriyle daha az ilişkili olacak, farklar artmaya başlayacak ve dolayısıyla büyük yarıvaryogram değerleri elde edilecektir (Davis, 1973; Journel ve Huijbregts, 1978; Journel, 1986; Şen, 1989; Külahcı ve Şen, 2007; Şen, 2009(b)).

Yarıvaryogram hesaplama süreci, zaman serisi analizine benzer bir özellik taşımaktadır ve düzgün dağılmış özel noktalar arasında, mesafe ile alan bağımlılığının ölçüsünün derecesidir. Yarıvaryogram kabullerinin başında durağanlık (stasyonerlik) ve eşit mesafelere bağlı olarak alana bağlı bir ilişki bulunmaktadır. Varyogram tekniğinde,

noktasal bir ilişkiden daha çok düzgün dağılan alan ilişkisine bakılmaktadır (Davis, 1973; Şen, 1989).

6.4.2. Yarıvaryogramın Pratik Zorlukları

Klasik YV, herhangi h mesafesi için, bu mesafe ile ayrılan iki ölçümün yarı kare farkı olarak tanımlanır. h ; çalışma alanı içinde sıfırdan maksimum olası uzaklığa kadar değişirken, aralık mesafesi için yarı kare farkı ilişkisi yarıvaryogram (YV) olarak adlandırılan teorik bir fonksiyon olarak ortaya çıkmaktadır. Model YV, örneklerin n sınırlı sayısından hesaplanan teorik fonksiyonun bir tahminidir. Model YV bölge içindeki örnek noktaların dağılımı düzenli olduğu zaman küçük mesafeler için güvenilir tahminler yapabilir. Mesafe artarken, YV'nin hesaplanması için veri çiftlerinin sayısı azalır, bu daha geniş mesafelerde daha az güvenilir tahmin yapma anlamına gelmektedir (Davis, 1973; Journal ve Huijbregts, 1978; Journal, 1986; Şen, 1989; Şen, 1998; Külahcı ve Şen, 2007; Şen, 2009(b)).

Yarıvaryogram, bölgesel değişkenin durağan olduğunu ve örnek konumların düzenli bir şekilde dağıldığını kabul eder. Oysa doğal olayların birçoğunda, örnek konumlar bölgede düzensiz dağılmıştır ve bu nedenle YV'nin objektif tahmini mümkün değildir. Bazı mesafeler diğerlerinden daha yakındır ve buna göre bu noktaların YV tahminleri diğerlerinden daha güvenilirdir. Böylece, yarıvaryogramda heterojen güvenilirlik baskındır. Sonuç olarak, yarıvaryogram modelinin güvenilirliği, mesafeye göre değişir. Böyle bir durum modellemede uyumsuzluklara ve deneysel dalgalanmalara sebep olur. Yarıvaryogram modeline tutarlı bir biçim vermek için, farklı araştırmacılar farklı kişisel yöntemler kullanmaktadır (Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2007).

Bunlar;

- 1) Journal ve Huijbregts (1978) bir yarıvaryogram modeli düzenlemek için eşit uzunluktaki mesafe sınıfları içindeki verinin gruplandırılmasını tavsiye etti. Bununla birlikte, sınıflar içerisindeki veri çiftlerinin gruplanması temel teorik yarıvaryogramla ilgili model yarıvaryogramın düzgünleştirilmesine neden olur. Eğer mesafelerin sayısı belirli bir sınıf içine düşerse, bu sınıf içerisinde yarı kare farkların ortalaması orta nokta (midclass) için karakteristik yarı kare farkı olarak alınır. Böylece aykırı

değerlerin etkisi kısmen azaltılmış ama ortalama alma işlemi ile tam olarak düzeltilememiştir (Şen, 1989; Cressie, 1991; Şahin, 2001).

- 2) Yarıvaryogramdaki değişkenliği azaltmak için, Myers vd., (1982) değişken uzunluk sınıfları içindeki örnekler arasında gözlenen uzaklıkları sınıflandırdı. Bu kabulde sınıf büyüklüğü, örnek çiftinin sabit sayısının her bir sınıfta düşmesiyle belirlendi. Mesafe ve yarı kare farkların ortalama değeri örnek yarıvaryogramın temsili bir noktası olarak sınıflamalar için kullanıldı. Buna rağmen bu yöntem her bir sınıf içine düşen m çift sayısının seçimi için örnek yarıvaryogram modellemesinde uyumsuzlukla sonuçlanır (Myers vd., 1982). Bununla birlikte Myers vd., (1982) $m=1000$ seçimiyle veriye ayırt edilebilir bir düzen verdiler. Veri çiftlerinin sabit sayılarının seçimi kişiseldir ve ilâveten ortalama işlemler deneysel yarıvaryogram içindeki değişkenlikleri düzeltmektedir. Sonuç olarak; yarıvaryogram geniş frekanslı değişimler sağlayamadığından doğru bir değişken incelemesi sağlayamaz (Şen, 1989; Cressie, 1991; Şahin, 2001; Şen, 2009(b)).

Yukardaki yöntemler genelde 2 temel özelliğe sahiptir; birincisi, veri çiftlerin sabit sayısının önceden belirlenmesi ve ikincisi, mesafelere ek olarak yarı kare farkları için aritmetik ortalamadır. Model daha genel durumlarda kişisel bir karara ihtiyaç duymaktadır. Aksi takdirde daha sonra temsil edilmeyen yarıvaryogram değerlerine neden olabilir. Klasik istatistikte, yalnızca simetrik dağılım verisi durumunda, ortalama değer en iyi tahmin edilir, aksi takdirde ortalama ilgisiz olur. Ayrıca, ortalama değer aykırı hassasiyette olur (Şen, 1989; Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2007).

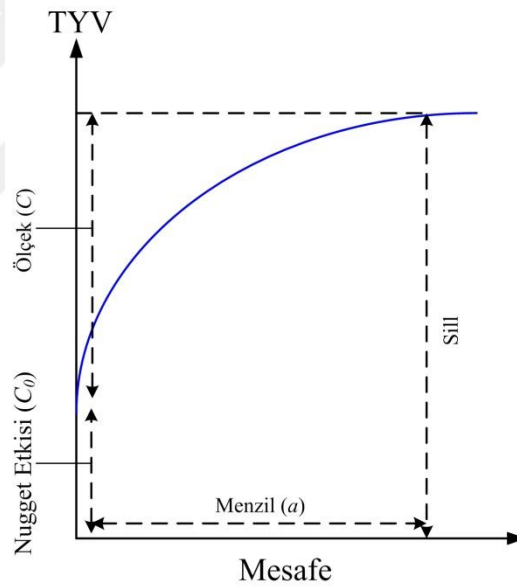
Adı geçen bu dezavantajların üstesinden gelmek için Şen (1989) tarafından Toplam Yarıvaryogram kavramı (TYV) geliştirildi.

6.4.3. Toplam Yarıvaryogram (TYV)

Uzaysal bağımlılık yapısı ve bölgesel değişkenliği belirlemede klasik yöntemler üzerinde çeşitli avantajlara sahip olan Toplam Yarıvaryogram (TYV) tekniği, Matheron (1963)'ün klasik yarıvaryogram tekniğine alternatif olarak Şen (1989) tarafından önerildi.

Bir bölgesel değişken zaman ve yerleşime göre atmosferde değişimler gösterir. Zamansal ve bölgesel gelişmeler zamansal ve uzaysal korelasyon yapıları tarafından kontrol edilir. Ölçümler düzenli zaman aralıklarında yapıldıysa, zaman serilerinin bütün

teorisi onların zamansal modellemesi, simülasyonu ve tahminini yapmada yeterli olur (Box ve Jenkins, 1970). Problem, düzensiz konumlardaki ölçümlerin düzenli grid noktalarına veya herhangi istenen noktaya transfer edilmesidir. Eğer bölgesel bağımlılık yapısı etkili bir şekilde belirlenebilirse o zaman gelecekteki herhangi bir çalışmada, ölçüm konumlarına dayanarak herhangi konumda, sayısal tahminleme başarılı bir şekilde yapılabilir. Bu amaçla; bölgesel kovaryans ve yarıvaryogram fonksiyonları, göz önüne alınan olayın uzaysal korelasyonunu açıklamak için ağırlık fonksiyonları kullanılır. Kovaryans metodu, bölgesel değişkenin dağılımının Gauss dağılımına uymasını gerektirir. Yarıvaryogram modeli bölgesel korelasyon yapısının açık bir modelini sağlayamaz. Böylece, bu noktada bu eksikleri içermeyen TYV metodu kullanılır (Şen, 1989; Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2007; Külahcı ve Şen, 2014; Şen, 2009(b)). Örnek TYV modeli ve parametreleri Şekil 6.3'te gösterildi.



Şekil 6.3. TYV modeli ve parametreleri

Bölgesel değişkenin karakteristiklerini açıklamada potansiyel bir bilgi kaynağı olan TYV modeli, etki yarıçapını gösteren menzil (a), sill, düşey ölçek değeri (C), nugget etkisi (C_0) parametrelerine sahiptir. Teorik olarak mesafe sıfır olduğunda TYV değeri de sıfır olmaktadır. Ancak mesafeye bağlı olarak değişimde TYV’de bir sınır değeri vardır ki bu değerde varyogram, verilerin ölçümünden, tekrarlanan verilerden ve analiz hatalarından dolayı orjinde süreksizliğe yol açmaktadır. Bu durum TYV’de nugget etkisi (C_0) olarak kendini göstermektedir. Bu değere “kontROLSÜZ etki varyansı” da denir. Nugget etkisi

kestirim değerini etkilememektedir, sadece Kriging varyasında değişime neden olmaktadır (Yaprak, 2008). Nugget etkisinin büyüklüğü oldukça önemlidir. Çünkü hata varyansının boyutu, enterpolasyonun kesinliği için daha düşük sınırlar ortaya koymaktadır (Clarck, 1979).

Bölgesel değişken varyogramın artışı, belirli bir mesafe değerinden sonra durarak sill (eşik, tepe varyansı) değerine ulaşmaktadır. TYV sill değerine ulaştığı uzaklık etki alanı “a” olarak adlandırılmaktadır. Bu uzaklıktan daha büyük uzaklıklarda bölgesel bağımlılık sona ermektedir (Külahcı ve Şen, 2007, 2014).

TYV modeli, bir bölge içerisindeki örnekleme konumlarının olası bütün konumlara olan uzaklıklarının artan değere göre sıralanmasının ardışık yarı kare fark toplamalarının ilişkisini gösteren bir grafikdir. Kısaca TYV, azalmayan bir dağılım diyagramı sağlayan, yarıvaryogram değerlerinin ardışık toplamıdır. Böylece azalmayan bir TYV fonksiyonu bölgesel değişkenin davranışı hakkında önemli ipuçları verir. Bu işlem özellikle örnekleme noktaları, çalışma alanı içerisinde geliş güzel dağıldığı zaman kullanışlıdır (Şen, 1989; Şen ve Şahin, 2001). TYV, klasik YV’nin bütün avantajlarına sahiptir (Şen ve Şahin, 2001). YV’de oluşturulan modellerin hepsi TYV ile de kolaylıkla oluşturulabilir. TYV uzay çeşitliliği için teorik modellerin tanımlanmasında iyi bir araç olarak görülür (Şen, 1989; Külahcı ve Şen, 2007). Böylece, TYV’nin standartlaştırılması bölgesel durağan stokastik modellerin tanımlanması için temel bir durum sağlamaktadır (Şen ve Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2009(a),(b); Külahcı ve Şen, 2014; Şen, 2009(b)).

Birbirine daha yakın iki konum aracılığıyla bölgesel bağıllığın bir ölçümünü sağlayan TYV, bölgesel olayın daha bağlantılı olduğu bu konumlarda daha küçük değerler almaktadır. TYV aşağıdaki basamakların uygulanması ile elde edilir:

1. Dağınık ölçüm konumlarının her bir olası çifti arasında ki $d_{i,j}$ ($i \neq j = 1, 2, \dots, m$) mesafesini hesaplanır. Örneğin; örnek konumların sayısı n ise, o zaman $m = \frac{n(n-1)}{2}$ mesafe değeri vardır.
2. Her bir $d_{i,j}$ mesafesi için, bölgesel değişken verisinin ilgili yarı kare farkları, $D_{i,j}$, hesaplanır. Örneğin; bölgesel değişken $d_{i,j}$ mesafesinde iki farklı konumda S_i ve S_j değerlerine sahipse, o zaman yarı kare farkı,

$$D_{i,j} = \frac{1}{2}(S_i - S_j)^2 \quad 6.22$$

3. Sırayla en küçük mesafeden başlayarak en büyük mesafeye doğru yarı kare farklarının ardışık toplamı alınır. Bu yöntem azalmayan bir fonksiyon sağlayacaktır.

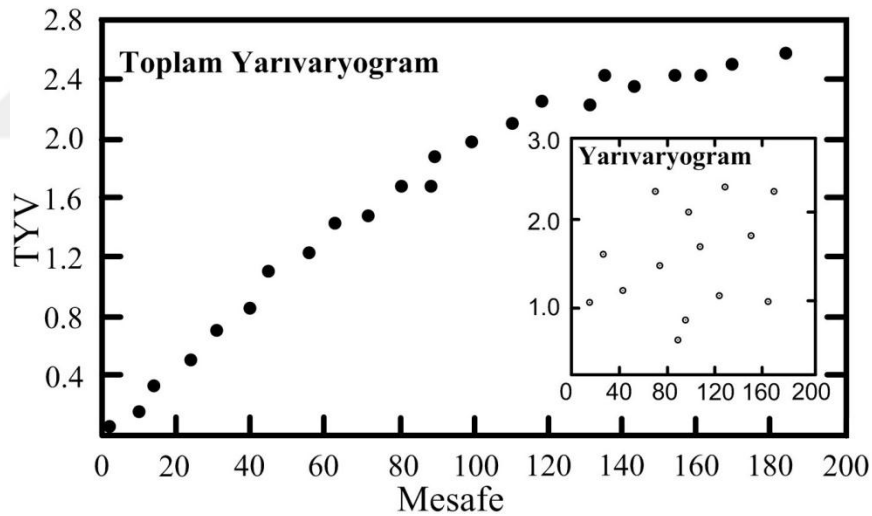
$$\gamma(d_{i,j}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m D_{i,j} \quad 6.23$$

Burada $\gamma(d_{i,j})$, $d_{i,j}$ mesafesindeki TYV değerini ifade eder.

4. $\gamma(d_{i,j})$, değerlerine karşı ilgili ($d_{i,j}$) mesafesi grafiği çizilir. Sonuç, Şekil 6.4'teki örnek TYV fonksiyonuna benzer olacaktır (Şen ve Şahin, 2001).

Örnek TYV fonksiyonları, mesafe eksenini ardışık ve özel aralıklara bölen, bireysel bir aralık için de temsili bir değer alınarak önerilen analizin aksine mesafe sınıflarının öncelikli bir seçimini içermediğinden öznellikten çıkmıştır.

TYV ve YV grafiğinin birlikte gösterimi Şekil 6.4'te verildi.



Şekil 6.4. YV ve TYV gösterimi (Şen, 1989).

Grafikten de görüldüğü üzere YV'de bölgesel değişkenin davranışı hakkında net bir bilgi elde edilemezken, Toplam Yarıvaryogram grafiğinden net bir bilgi sağlanmaktadır.

Herhangi bir uygulamada TYV'nin aşağıdaki özellikleri akılda tutulmalıdır;

- TYV azalmayan bir fonksiyondur. Bununla birlikte grafikteki yerel düz kısımlar belli mesafelerdeki bölgesel değişkenliğin bağıllığını, değişmezliğini ifade eder. Yani, h aralıklı iki konumda aynı değer gözlenebilir.

- Herhangi bir mesafedeki teorik TYV eğimi ayrılmış mesafelerdeki bölgesel değişken çiftleri arasındaki bağımlılığı gösterir. Bu mesafe değişimi boyunca yerel bağımlılığın var olup olmağını bir örnek TYV fonksiyonundan anlamamızı sağlar.
- Model TYV ortalamadan dolayı, klasik YV ile belirlenmesi mümkün olmayan veri çiftleri arasındaki küçük bağımlılıkları ifade eder.
- Model TYV uzaklık sınıfları arasında olası bir ayırım gerektirmediğinden dolayı kişisellikten çıkmış olur (Şen, 1989).

TYV fonksiyonu, bölgesel değişkenin bir konumdaki değerini standart ağırlık fonksiyonu kullanarak tahmin edebilmektedir.



7. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

2007-2010 tarihleri arasında Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde ve civarında bulunan ve konumları Tablo 5.1’de gösterilen 8 istasyondan alınan toprak ^{222}Rn gazının, depremlerle olan ilişkisinin belirlenmesi için matematiksel ve istatistiksel modeller elde edildi.

Geçmiş yıllarda meydana gelen deprem büyüklüğü ile toprak ^{222}Rn gazı derişimi ve meteorolojik değişkenler arasındaki matematiksel ve istatistiksel ilişkilere yönelik matematiksel modeller oluşturuldu ve çalışma alanı içerisinde ileride meydana gelebilecek deprem riski hesaplandı.

Çalışma bölgesini oluşturan 8 istasyondan elde edilen toprak ^{222}Rn derişimlerinin aylık ortalamaları alınarak ^{222}Rn gazının risk analizi yapıldı. Bütün istasyonlar için hesaplanan risk değerleri; Weibull, Gumbel, Gamma, Lognormal ve Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı olmak üzere 5 farklı dağılım fonksiyonuyla incelendi. Bununla birlikte, risk değerlerini en iyi temsil eden dağılım fonksiyonunun tespit edilebilmesi için bu dağılımların parametreleri hesaplandı. Risk eğrisini en iyi karakterize eden dağılım fonksiyonuyla bütün istasyonlardaki risk ve güven değerleri yeniden hesaplanarak, belirli döngü aralıklarında kestirimlerin yapılması mümkün oldu.

Fay üzerindeki gerilmenin birikmesi ve bir deprem ile bu gerilmenin boşalması ve tekrar gerilmenin, birikmeye başlamasıyla oluşan bir sismik döngüde, kritik değere ulaşıldığında tekrar deprem meydana gelme riski oldukça yüksektir. Bu nedenle, istasyonlar da ölçülmüş toprak ^{222}Rn gazı verilerinin pik değerleri, depremlerin önceden öngörülmesi açısından önemli bir bilgi kaynağıdır. Bu verilerin ihtimâliyet dağılım eğrileri elde edilerek, gelecekte belirli bir döngü aralığında ortaya çıkabilecek pik değerleri, frekans analizleri ile istatistik hesaplamalar kullanılarak tahmin edildi. Pötürge, Kasımlar, Sürgü, Çelik, Çiğli, Kızıleniş, Beyoğlu ve Demirköprü istasyonları için pik değerleri gelecekte farklı dönemler boyunca aşılma-aşılmama (risk-güven) sınırları hesaplandı. Toprak ^{222}Rn gazı derişimleri ve deprem büyüklüğü için elde edilen sonuçlar grafik ve tablolar halinde gösterildi.

Fen bilimlerinde yaygın olarak kullanılan zaman serileri analiziyle ^{222}Rn gazı derişimi, meteorolojik değişkenler (gün içindeki maksimum dakikalık güneş radyasyonu (cal/cm^2); 5, 10, 20, 50 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), buhar basıncı (hPa), ıslak ve kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)) ve deprem büyüklüğü analiz edildi. Tüm istasyonlar için toprak ^{222}Rn gazı anomalileri, çalışma süresi içerisinde aylık ve mevsimsel olarak ayrıntılı olarak incelenerek diğer değişkenler ile olan ilişkisi araştırıldı ve anomalilerin karakteristikleri bölgenin jeolojik yapısı, iklimsel etkiler ve meydana gelen depremler göz önünde tutularak önemli sonuçlar elde edildi.

Son olarak, ^{222}Rn derişimi ve deprem büyüklüğü TYV yöntemi ile modellendi. İstasyonların 30 km'lik yarıçaplı mesafede meydana gelen depremler ile ^{222}Rn derişimi, TYV tekniğiyle incelenerek deprem- ^{222}Rn karakteristikleri elde edildi. Oluşturulan modeller neticesinde, çalışma sahasındaki tüm istasyonların 2 ve 3 boyutlu izoeğrileri çizilerek deprem büyüklüğü- ^{222}Rn gazı derişiminin uzaysal dağılımları çıkarıldı.

7.1. ^{222}Rn ve Deprem Verilerinin İstatistiksel Dağılımlarının Belirlenmesi

Toprak ^{222}Rn gazı derişimi verileri, 8 istasyon için mevsimsel olarak gruplandırıldı ve Minitab istatistik yazılımıyla Normal, Log-Normal, 3 Parametrelili Log-Normal, 2 Parametrelili Ekspansiyel, Ekspansiyel, Weibull, 3 Parametrelili Weibull, En Küçük Uç Değer, En Büyük Uç Değer, Gamma, 3 Parametrelili Gamma, 3 Parametrelili Log-Logistic ve Logistic olmak üzere 13 dağılım fonksiyonuyla incelendi. Bu dağılım fonksiyonlarıyla ilgili çok daha detaylı teorik bilgiler literatürden kolaylıkla bulunabilir (Bayazıt ve Oğuz, 1994; Feller, 1967; Tekin, 2012; Turanlı ve Güriş, 2012; Weibull, 1951; William, 1994). Örnek hesaplama için, Pötürge istasyonu yaz mevsimi ^{222}Rn derişimi ve deprem büyüklüğü verileri için Minitab istatistik yazılımıyla hesaplanan 13 dağılım fonksiyonuna ait AD ve P değerleri Tablo 7.1'de gösterildi. Diğer istasyonlar için ise, sadece en uygun dağılımın AD ve P değerleri Ek 2 Tablo 108'de gösterildi.

Tablo 7.1. Pötürge istasyonu yaz mevsimi ^{222}Rn ve deprem için dağılım testi

Dağılım	Anderson-Darling Testi		P değeri	
	^{222}Rn	Deprem	^{222}Rn	Deprem
Normal	0,263	0,174	$P=0,697$	$P=0,915$
Log-Normal	11,083	0,188	$P<0,005$	$P=0,891$
3 Parametrelili Log-Normal	4,643	0,206	*	*
Ekspansiyel	82,261	6,078	$P<0,003$	$P<0,003$
2 Parametrelili Ekspansiyel	47,049	1,108	$P<0,010$	$P=0,046$
Weibull	40,675	0,228	$P<0,010$	$P>0,250$
3 Parametrelili Weibull	19,928	0,217	$P<0,005$	$P>0,500$
En Küçük Uç Değer	51,933	0,361	$P<0,010$	$P>0,250$
En Büyük Uç Değer	4,105	0,245	$P<0,010$	$P>0,250$
Gamma	13,673	0,202	$P<0,005$	$P>0,250$
3 Parametrelili Gamma	7,336	0,202	*	*
Logistic	3,482	0,234	$P<0,005$	$P>0,250$
Log-Logistic	2,198	0,234	$P<0,005$	$P>0,250$
3 Parametrelili Log-Logistic	0,848	0,229	*	*

*Dağılımın hesaplanamadığını göstermektedir.

Tablo 7.1 incelendiğinde %95 güven aralığı içerisinde ^{222}Rn gazı verilerini, 13 dağılım fonksiyonu içerisinde en iyi Normal Dağılımın temsil ettiği görüldü. Anderson-Darling (AD) testi sonuçlarına göre; AD değeri ne kadar düşük olursa, ilgili dağılım ile daha iyi bir uyum olduğunu gösterir. 13 farklı dağılım fonksiyonu içerisinde en düşük AD değeri Normal Dağılım için görüldü. Bununla birlikte, farklı dağılımların verilere ne kadar iyi uyduğunu ispatlamak için istatistiksel olarak anlamlılığın varlığını gösteren “P” değerleri karşılaştırıldı. Düşük P değerleri ($P<0,05$) söz konusu dağılım fonksiyonunun verileri temsil etmediği anlamına gelmektedir. P değerinin yüksek olması istenir. Eğer anlam düzeyi $P>0,05$ ise, verilerin ilgili dağılıma uyduğu anlamına gelmektedir. P ve AD değerlerinin karşılaştırılmasıyla, Çiğli istasyonu haricinde diğer istasyonların hepsinde yaz mevsiminde toprak ^{222}Rn gazı derişim verileri Normal Dağılıma uyduğu sonucuna varıldı. Benzer şekilde; kış ve ilkbahar mevsiminde Kasımlar istasyonunda da veriler Normal Dağılıma göre değişim gösterirken, sonbaharda Ekspansiyel Dağılıma uymaktadır. 3. istasyon olan Sürgü istasyonu ilkbahar mevsiminde Weibull Dağılımına uygunluk göstermekte ancak sonbahar ve kış mevsiminde hiçbir dağılıma uygunluk göstermemektedir. Bununla birlikte, Çelik istasyonu sonbahar mevsiminde toprak ^{222}Rn gazı derişim verileri normal dağılırken, Kızıleniş istasyonu ise, kış mevsiminde Weibull

Dağılımına uymaktadır. Pötürge istasyonu; ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde, Çelik istasyonu; ilkbahar ve kış mevsimlerinde, Çiğli istasyonu; ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde, Kızıleniş istasyonu; ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, Beyoğlu ve Demirköprü istasyonu ise; ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde hiçbir dağılıma uygunluk göstermemektedir. Araştırma istasyonları için yapılan hesaplamalardan elde edilen ^{222}Rn derişimlerinin dağılımları Ek 2 Tablo 108’de verildi.

Araştırma süresi boyunca çalışma, bölgesinde meydana gelen deprem büyüklükleri 13 dağılım fonksiyonu için incelendiğinde Pötürge, Kasımlar, Sürgü, Çelik, Çiğli, Kızıleniş ve Beyoğlu istasyonları Normal Dağılıma uygun davranış sergilerken Demirköprü istasyonu ise, herhangi bir dağılıma uygunluk göstermemektedir. Bütün araştırma istasyonlarında meydana gelen depremlerin sadece, uyduğu dağılımların AD testi ve P değerleri Ek 2 Tablo 109’da gösterildi.

7.2. Risk Analizi Sonuçları

Örnek istasyon olarak aldığımız Malatya ili sınırları içerisinde yer alan Pötürge istasyonu, çalışma alanını oluşturan ilk istasyondur. Tüm hesaplamalar ve grafikler örnek istasyon olarak seçilen Pötürge için bu kesimde gösterildi. Çalışma bölgesini oluşturan diğer istasyonlar için elde edilen sonuçlar Ek 1’de verildi. Bu istasyonlarda, 2007 Şubat-2010 Haziran yılları arasında bölgeden elde edilen toprak ^{222}Rn derişimlerinin aylık ortalamaları alınarak risk ve güven değerleri hesaplandı. Pötürge istasyonu için yapılan bu hesaplamalar Tablo 7.2’de gösterildi. Bu tablonun 1. sütununda, toprak ^{222}Rn verileri verildi. 2. sütununda ^{222}Rn verileri küçükten büyüğe doğru sıralandı ve 3. sütunda sıralanmış bu verilere mertebe (m) atandı. Denklem 6.18’de verilen ifade kullanılarak, Tablo 7.2’nin 5. sütununda gösterilen güven değerleri elde edildi. Denklem 6.20 ile her bir mertebe için, risk değerleri hesaplandı ve 4. sütunda gösterildi. Bununla birlikte, çalışma bölgesi içerisinde yer alan diğer istasyonlar için de aynı hesaplamalar yapıldı ve elde edilen sonuçlar Ek 1 Tablo 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13’de gösterildi. Pratikte asla tamamen güvenli veya riskli durumlar olmayacağından hiçbir ^{222}Rn derişiminin risk değeri, 1 veya 0 değerini almamaktadır.

Tablo 7.2. Pötürge istasyonu için hesaplanan risk ve güven değerleri

Tarih	^{222}Rn (kBq/m ³)	Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	168,8088	68,8461	1	0,9756	0,0244
Mart	178,9196	70,6455	2	0,9512	0,0488
Nisan	187,4185	73,8858	3	0,9268	0,0732
Mayıs	212,8059	90,2127	4	0,9024	0,0976
Haziran	273,0000	90,7088	5	0,8780	0,1220
Temmuz	116,2252	94,1868	6	0,8537	0,1463
Ağustos	114,3080	101,9820	7	0,8293	0,1707
Eylül	117,0625	103,6418	8	0,8049	0,1951
Ekim	116,8710	106,9648	9	0,7805	0,2195
Kasım	90,7088	110,3413	10	0,7561	0,2439
Aralık	70,6455	112,1358	11	0,7317	0,2683
Ocak	73,8858	113,5044	12	0,7073	0,2927
Şubat	68,8461	114,3080	13	0,6829	0,3171
Mart	124,3007	116,2252	14	0,6585	0,3415
Nisan	141,4521	116,8710	15	0,6341	0,3659
Mayıs	136,5690	117,0625	16	0,6098	0,3902
Haziran	120,1295	118,6784	17	0,5854	0,4146
Temmuz	113,5044	120,1295	18	0,5610	0,4390
Ağustos	118,6784	120,2211	19	0,5366	0,4634
Eylül	125,6507	120,4513	20	0,5122	0,4878
Ekim	134,3824	120,6083	21	0,4878	0,5122
Kasım	131,4528	122,4350	22	0,4634	0,5366
Aralık	101,9820	124,3007	23	0,4390	0,5610
Şubat	103,6418	125,6507	24	0,4146	0,5854
Mart	106,9648	129,0596	25	0,3902	0,6098
Nisan	131,9415	131,1746	26	0,3659	0,6341
Mayıs	140,9694	131,4528	27	0,3415	0,6585
Haziran	129,0596	131,9415	28	0,3171	0,6829
Temmuz	120,4513	134,3824	29	0,2927	0,7073
Ağustos	112,1358	136,5690	30	0,2683	0,7317
Eylül	110,3413	138,5870	31	0,2439	0,7561
Ekim	122,4350	140,2250	32	0,2195	0,7805
Kasım	138,5870	140,9694	33	0,1951	0,8049
Aralık	131,1746	141,3881	34	0,1707	0,8293
Ocak	120,2211	141,4521	35	0,1463	0,8537
Şubat	90,2127	168,8088	36	0,1220	0,8780
Mart	94,1868	178,9196	37	0,0976	0,9024
Nisan	141,3881	187,4185	38	0,0732	0,9268
Mayıs	140,2250	212,8059	39	0,0488	0,9512
Haziran	120,6083	273,0000	40	0,0244	0,9756

Hesaplanan risk değerlerini ayrı ayrı izlemek ve yorumlamaya çalışmak oldukça zordur. Bunun yerine, veri kümesini bir ortak paydayla temsil ederek anlamak ve karakterize etmek çok daha uygun ve kolay olmaktadır. Bu nedenle, risk değerlerinin hangi dağılım fonksiyonuna uyduğu gösterilmelidir. Araştırma bölgesini oluşturan bütün istasyonlar için hesaplanan risk değerleri; Weibull, Gumbel, Gamma, Log-Normal ve Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı olmak üzere 5 farklı dağılım fonksiyonuyla incelendi. Bununla birlikte,

risk değerlerini en iyi temsil eden dağılım fonksiyonunu bulmak için bu dağılımlara ait değişkenler hesaplandı ve sonuçlar Tablo 7.3'te gösterildi.

Tablo 7.3. İstasyonlarda ölçülen ^{222}Rn derişimlerini temsil eden dağılım fonksiyonlarına ait değişkenler

İstasyon	Weibull		Gumbel		Gamma		Lognormal		Genelleştirilmiş Uç Değer		
	α	β	μ	β	k	θ	σ	μ	k	μ	σ
Pötürge	140,81	3,32	148,30	52,03	14,04	9,07	4,81	0,27	$3,87 \cdot 10^{-5}$	111,64	27,69
Kasımlar	202,11	0,84	346,37	256,56	0,78	282,46	4,64	1,38	1,39	48,06	59,58
Sürgü	25,01	3,16	26,38	8,35	9,79	2,29	3,06	0,33	0,01	18,99	5,76
Çelik	74,04	2,05	83,54	40,79	3,25	20,19	4,02	0,64	-0,10	51,61	29,34
Çiğli	69,48	2,87	73,81	23,25	6,31	9,79	4,04	0,42	-0,21	52,68	22,04
Kızılениş	206,61	2,05	231,69	97,73	3,08	59,56	5,04	0,66	-0,16	145,38	84,83
Beyoğlu	388,31	1,71	455,87	219,21	2,40	144,11	5,62	0,74	0,03	245,52	163,85
Demirköprü	128,46	3,04	135,11	36,78	5,36	21,40	4,65	0,48	-0,43	102,44	45,73
α : Şekil değişkeni		β : Ölçek değişkeni		k : Şekil değişkeni		μ : Konum değişkeni					
σ : Ölçek değişkeni		θ : Ölçek değişkeni									

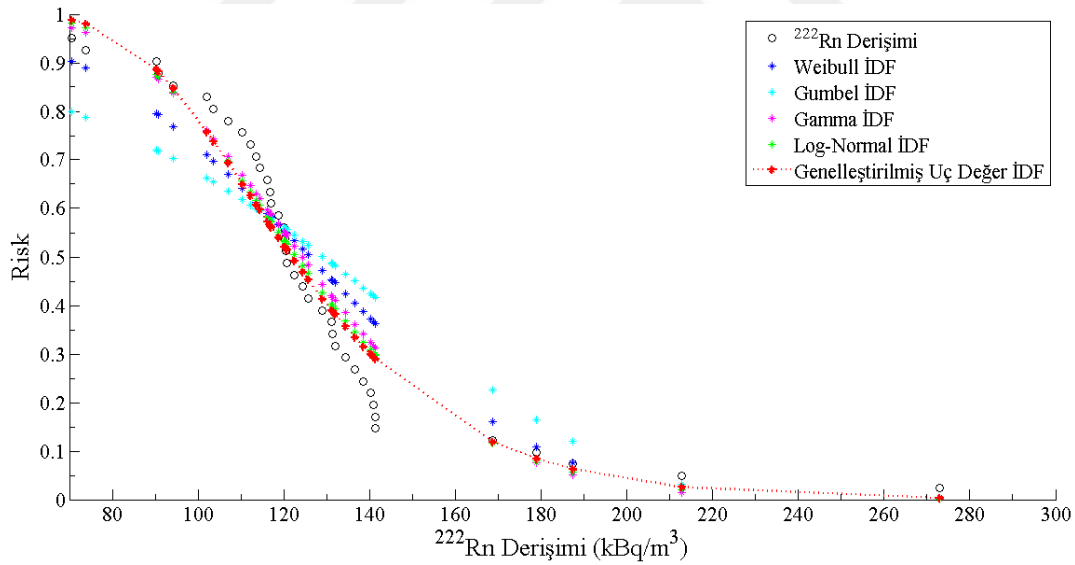
Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı k parametresinin durumuna göre; $k=0$ için Tip 1, $k>0$ için Tip 2 ve $k<0$ için Tip 3 olmak üzere 3 kısma ayrılır. Tip 1 Gumbell, Tip 2 Fréchet ve Tip 3 Weibull dağılımına benzemektedir (Bayazıt ve Oğuz, 1994). Çelik, Çiğli, Kızılениş ve Demirköprü istasyonlarında; Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımının k parametresi sıfırdan küçük olduğundan Tip 3, yani Weibull Dağılımına uyar.

İstasyonlarda verileri en iyi temsil eden dağılım fonksiyonunun tespit edilebilmesi için, hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki determinasyon katsayıları (R^2) hesaplandı ve Tablo 7.4'de gösterildi.

Tablo 7.4. Çalışma bölgesi için hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki R^2 değerleri

İstasyon	Weibull	Gumbel	Gamma	Log-Normal	Genelleştirilmiş Uç Değer
Pötürge	0,9091	0,8320	0,9492	0,9529	0,9545
Kasımlar	0,9583	0,8384	0,9572	0,9509	0,9539
Sürgü	0,9335	0,8779	0,9585	0,9659	0,9691
Çelik	0,9487	0,9368	0,9298	0,8989	0,9512
Çiğli	0,9927	0,9668	0,9945	0,9908	0,9933
Kızılениş	0,9844	0,9542	0,9729	0,9485	0,9876
Beyoğlu	0,9924	0,9263	0,9928	0,9833	0,9917
Demirköprü	0,9471	0,9819	0,9033	0,8729	0,9680

Tablo 7.4’de görüldüğü gibi istasyonlar için hesaplanan R^2 değerlerine bakıldığında Pötürge, Sürgü, Çelik ve Kızıleniş istasyonlarını Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı; Kasımlar istasyonunu Weibull Dağılımı; Çiğli ve Beyoğlu istasyonlarını Gamma Dağılımı; Demirköprü istasyonunu ise Gumbell Dağılımının en iyi temsil ettiği görüldü. Buna ek olarak, Şekil 7.1’de Pötürge istasyonu için örnek olarak gösterilen ^{222}Rn derişimi ile risk grafiğinde Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına ait eğrinin, diğer dağılım fonksiyonlarına göre daha çok noktayı kestiği görülmektedir. Çünkü bu dağılım fonksiyonu, en büyük ve en küçük değerlerin karakteristiğini açıklamaktadır. Bu nedenle, bu dağılıma uyan istasyonlardan yayılan toprak ^{222}Rn verilerinin uç noktaları ^{222}Rn ’nin risk seviyesini açıklamada daha öncelikli rol oynamaktadır. Tablo 7.4’de hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki R^2 değerleri de bunu desteklemektedir. Sürgü, Çelik ve Kızıleniş istasyonları için çizilen toprak ^{222}Rn gazı risk verileri ile 5 farklı ihtimâliyet dağılım fonksiyonları arasındaki ilişki; Kasımlar, Sürgü, Çelik, Çiğli, Beyoğlu ve Demirköprü istasyonları için sırasıyla Ek 1 Şekil 1-7’de gösterildi.



Şekil 7.1. Pötürge istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için çeşitli ihtimâliyet dağılım fonksiyonları

Şekil 7.1’de Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı ^{222}Rn verilerine daha uygun olduğundan, bu dağılıma göre risk ve güven değerleri hesaplanarak Tablo 7.5’te gösterildi. İkinci sütunda Denklem 6.9’a göre hesaplanan risk değerleriyle, üçüncü sütunda Genelleştirilmiş Uç Değer risk (r_{gud}) değerlerinin örtüştüğü görülmektedir. Bu bölge için toprak ^{222}Rn derişimini en iyi karakterize eden dağılımın, Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı olduğunu söylemek mümkündür. Benzer durum, Sürgü, Çelik ve Kızıleniş

istasyonları içinde geçerli olduğundan, Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre risk ve güven değerleri hesaplandı. Sürgü, Çelik ve Kızıleniş istasyonları için yapılan hesaplamalarda sırasıyla; Ek 1 Tablo 4, 6, 10'da gösterilen sonuçlar elde edildi. Kasımlar istasyonu Weibull Dağılımına göre, Çiğli ve Beyoğlu istasyonları Gamma Dağılımına göre, Demirköprü istasyonunu ise, Gumbell Dağılımına uydu. Bu durum, ^{222}Rn verilerinin asgari ve azami değerlerinin dağılımların karakteristiğini açıklamada büyük ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Bu hesaplamalardan elde edilen tüm sonuçlar sırasıyla; Ek 1 Tablo 2, 8, 12, 14'de gösterildi.

Tablo 7.5. Pötürge istasyonu için Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre risk ve güven değerleri

Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{qud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{qud})
68,8461	0,9756	0,9908	0,0092
70,6455	0,9512	0,9877	0,0123
73,8858	0,9268	0,9800	0,0200
90,2127	0,9024	0,8856	0,1144
90,7088	0,8780	0,8811	0,1189
94,1868	0,8537	0,8471	0,1529
101,9820	0,8293	0,7576	0,2424
103,6418	0,8049	0,7368	0,2632
106,9648	0,7805	0,6939	0,3061
110,3413	0,7561	0,6494	0,3506
112,1358	0,7317	0,6255	0,3745
113,5044	0,7073	0,6074	0,3926
114,3080	0,6829	0,5967	0,4033
116,2252	0,6585	0,5715	0,4285
116,8710	0,6341	0,5630	0,4370
117,0625	0,6098	0,5605	0,4395
118,6784	0,5854	0,5395	0,4605
120,1295	0,5610	0,5209	0,4791
120,2211	0,5366	0,5198	0,4802
120,4513	0,5122	0,5168	0,4832
120,6083	0,4878	0,5148	0,4852
122,4350	0,4634	0,4919	0,5081
124,3007	0,4390	0,4690	0,5310
125,6507	0,4146	0,4528	0,5472
129,0596	0,3902	0,4132	0,5868
131,1746	0,3659	0,3897	0,6103
131,4528	0,3415	0,3867	0,6133
131,9415	0,3171	0,3814	0,6186
134,3824	0,2927	0,3559	0,6441
136,5690	0,2683	0,3340	0,6660
138,5870	0,2439	0,3147	0,6853
140,2250	0,2195	0,2996	0,7004
140,9694	0,1951	0,2930	0,7070
141,3881	0,1707	0,2893	0,7107
141,4521	0,1463	0,2887	0,7113
168,8088	0,1220	0,1191	0,8809
178,9196	0,0976	0,0843	0,9157
187,4185	0,0732	0,0627	0,9373
212,8059	0,0488	0,0256	0,9744
273,0000	0,0244	0,0029	0,9971

7.2.1. ²²²Rn Yıllık Risk Hesaplamaları ve İhtimâliyet Yoğunluk Foksiyonu

Toprak ²²²Rn değerlerinin en yüksek değere ulaşacağı dönemlerin $T > 1$ yıldan uzun olması durumunda, yani oldukça uzun zaman dilimlerinde, birbirinden bağımsız olduğu kabulü yapılmaktadır. Çalışmada, toprak ²²²Rn gazının pik yaptığı dönemlerde veya sonrasında depremlerin olduğu gözlemlendi. Bunun yanında ²²²Rn değerleri depremlere bağlı olmasının yanısıra, bölgenin jeolojisine ve meteorolojik etkenlere de bağlı olduğundan, bu etkilerde dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, çeşitli zaman aralıkları için yapılan risk hesaplamalarında stokastik yöntemler ile birlikte, bazı istatistiksel yaklaşımların kullanılmasını gerekmektedir. İhtimâliyet ve istatistik yöntemlerini kullanabilmek için daha önceden çalışma bölgelerinde ölçülmüş olan ²²²Rn verilerinden faydalanıldı. Bu verilerin ihtimâliyet yoğunluk eğrilerinin elde edilmesiyle, gelecekte belirli bir döngü aralığıyla ($T=2$ yıl; $T=10$ yıl; $T=100$ yıl gibi) ortaya çıkabilecek anomali değerlerinin tahmin edilmesi mümkün oldu.

Bölgede ölçülen ²²²Rn gazı anomalileri, depremlerin önceden öngörülmesi açısından önemli bir bilgi kaynağıdır. Doğal olayların rastgele özelliği göz önünde tutularak, frekans analizleri ile istatistik hesaplamalar kullanıldı. ²²²Rn verileri için yapılan risk hesaplamalarında 2, 5, 10 veya 25 yıl gibi belli bir süre içerisinde meydana gelebilecek en büyük pik değerlerinin tahmininin önemli olduğu düşünüldü. Çalışmada bu zaman aralıklarını temsil eden döngü süresi T ile gösterildi. Ortalama olarak, ²²²Rn anomalilerinin tekrarlandığı görüldü. Bu nedenle, T sürelik döngü aralığı ile risk veya aşılma ihtimâli (p) arasında;

$$r = \frac{1}{T} \quad 7.3$$

ifâdesi geçerlidir. Burada risk ihtimâlinin, döngü süresi ile ters orantılıdır. T döngü süresi içinde ²²²Rn derişiminin pik yaptığı değerin aşılmama ihtimâli Denklem 7.4'den hesaplanır.

$$g = 1 - \frac{1}{T} \quad 7.4$$

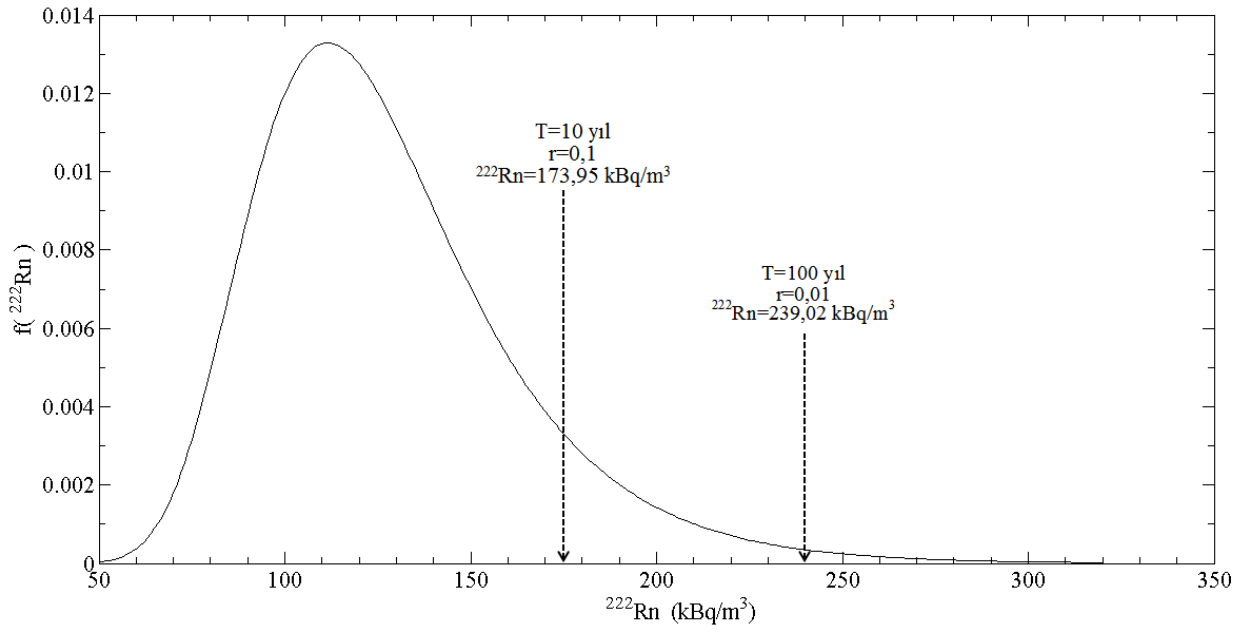
DAF hattı boyunca uzanan, çalışma bölgesi içerisinde yer alan 8 istasyon için farklı döngü sürelerindeki risk (aşılma) ihtimâliyetleri hesaplanarak Tablo 7.6'da gösterildi.

Dağılım fonksiyonları ile R^2 değerleri arasındaki değişim Tablo 7.4'te verilmişti. Dolayısıyla Tablo 7.6'da gösterilen ^{222}Rn derişimlerinin kritik değerlerinin tahmin edilmesinde her istasyon için yapılan risk hesaplamalarında, verileri en iyi temsil eden dağılım fonksiyonları kullanıldı.

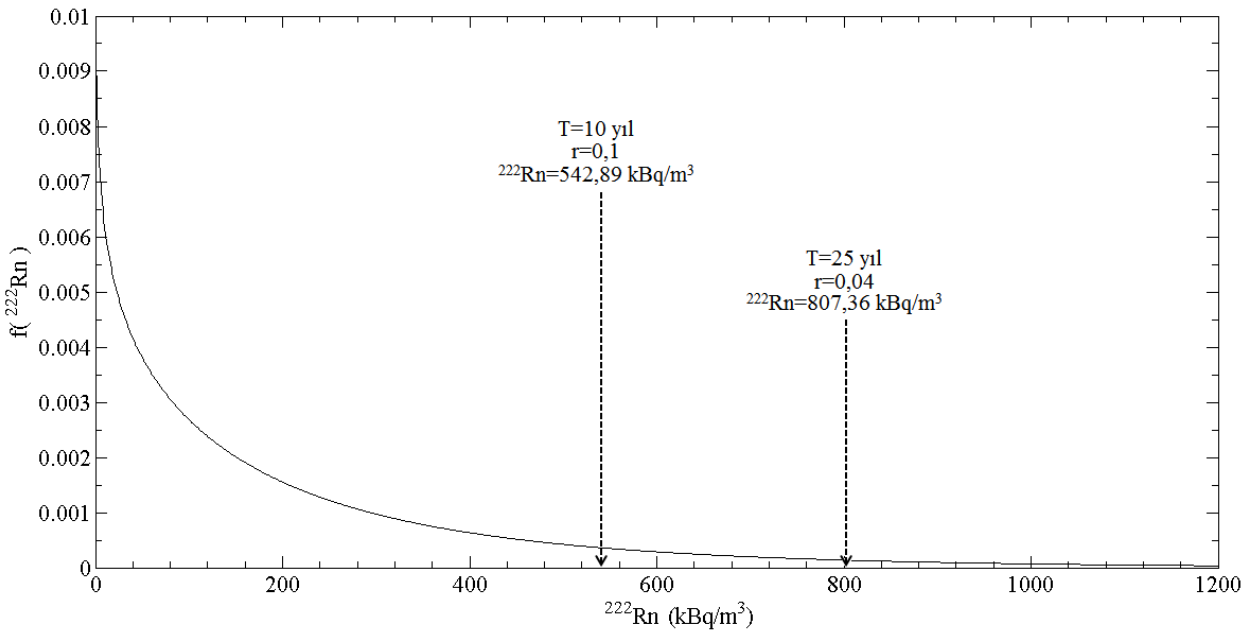
Tablo 7.6. Çalışma bölgesi için farklı döngü sürelerinde tahmin edilen kritik ^{222}Rn değerlerinin aşılma ihtimâliyeti

T (yıl)	P (aşılma ihtimâli)	Pötürge (kBq/m ³)	Kasımlar (kBq/m ³)	Sürgü (kBq/m ³)	Çelik (kBq/m ³)	Çiğli (kBq/m ³)	Kızıleniş (kBq/m ³)	Beyoğlu (kBq/m ³)	Demirköprü (kBq/m ³)
2	0,5	121,79	130,93	21,11	62,17	58,55	175,60	299,09	121,63
5	0,2	153,17	355,17	27,69	92,54	80,97	258,84	506,55	152,62
10	0,1	173,95	542,89	32,09	110,86	94,64	306,38	644,68	165,79
25	0,04	200,21	807,36	37,70	132,16	110,77	359,01	815,95	178,11
50	0,02	219,69	1017,20	41,89	146,74	122,06	393,34	940,19	185,28
100	0,01	239,02	1234,10	46,09	160,24	132,81	423,86	1061,30	191,28
250	0,004	264,48	1530,00	51,65	176,67	146,41	459,31	1217,80	197,96

Tablo 7.6'da elde edilen sonuçların pratikte daha kullanılabilir hâle getirilmesi açısından her bir istasyon için güven-risk (aşılmama-aşılma) sınırı Şekil 7.2 üzerinde gösterildi. Şekil 7.2'de istasyonların $T=10$ yıl ve $T=100$ yıl döngü süresi için güven-risk sınırı gösterildi. Bu şekilde verilen bir risk seviyesi için ihtimâliyet yoğunluk fonksiyonunun altındaki alan ikiye bölünür. Örneğin Şekil 7.2 (a)'da $T=10$ yıl döngü süresinde toprak ^{222}Rn gazı derişiminin 173,95 kBq/m³ değerini aşma ihtimâli %10 olup, bakana göre grafik üzerinde ok işaretiyle gösterilen noktanın sağ tarafında kalan bölgeyi temsil eder. Sol kısımdaki bölgenin alanı ise güven yani 173,95 kBq/m³ değerini aşmama ihtimâlini göstermektedir. Benzer yorumlamalar, tüm istasyonlar için yapılabilir.

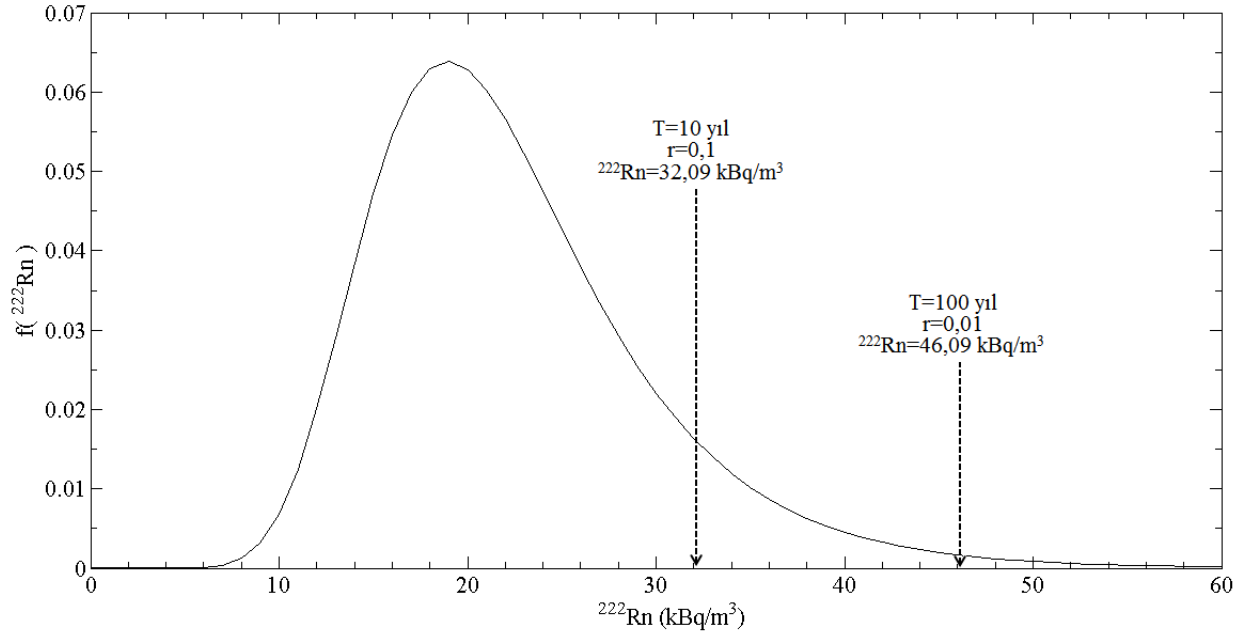


(a)

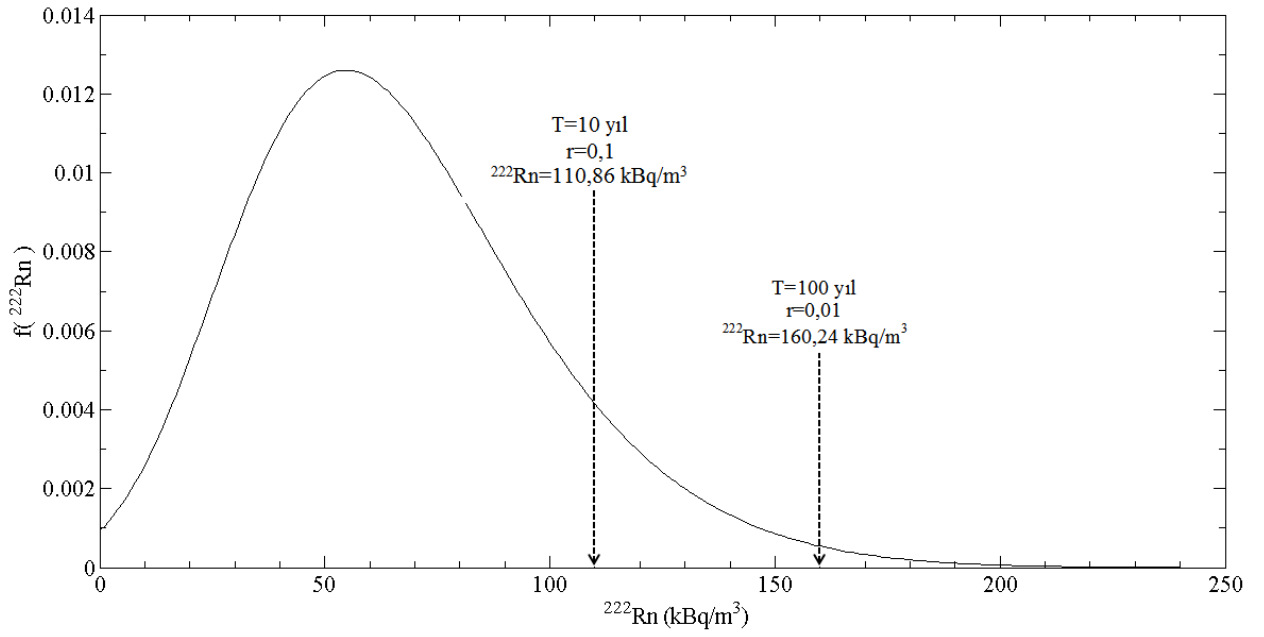


(b)

Şekil 7.2. (a) Pötürge, (b) Kasımlar, (c) Sürgü, (d) Çelik, (e) Çiğli, (f) Kızıleniş, (g) Beyoğlu, (h) Demirköprü istasyonları için güven-risk (aşılmama-aşılma) sınırları

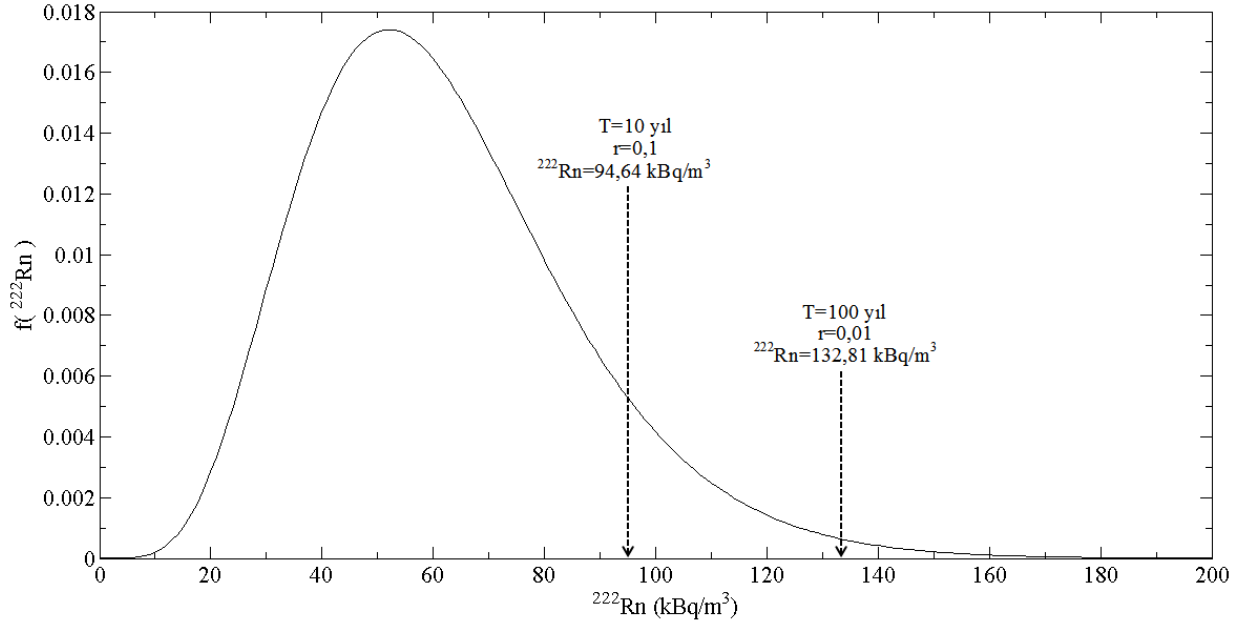


(c)

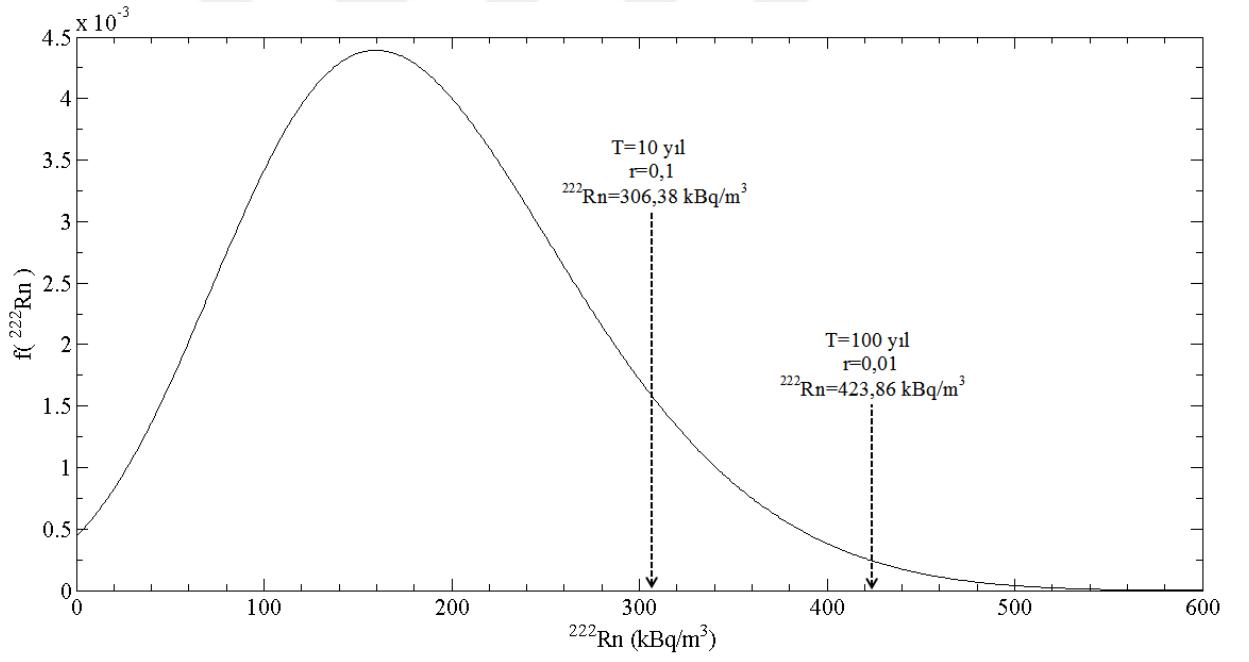


(d)

(Şekil 7.2'nin devamıdır.)

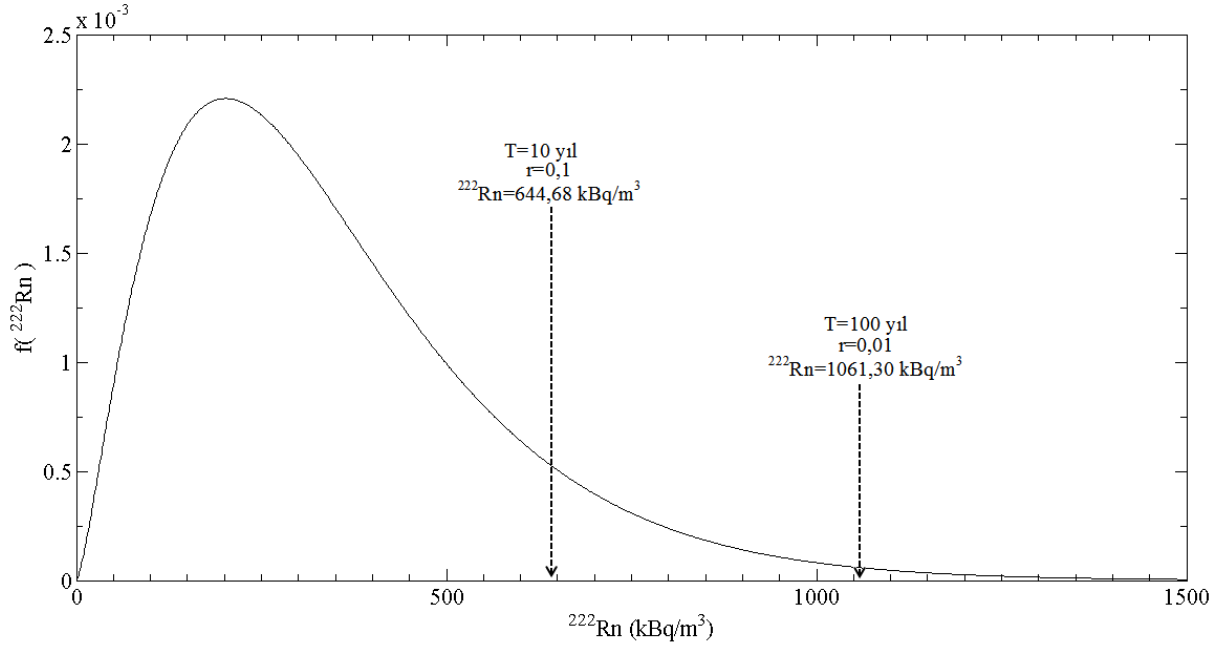


(e)

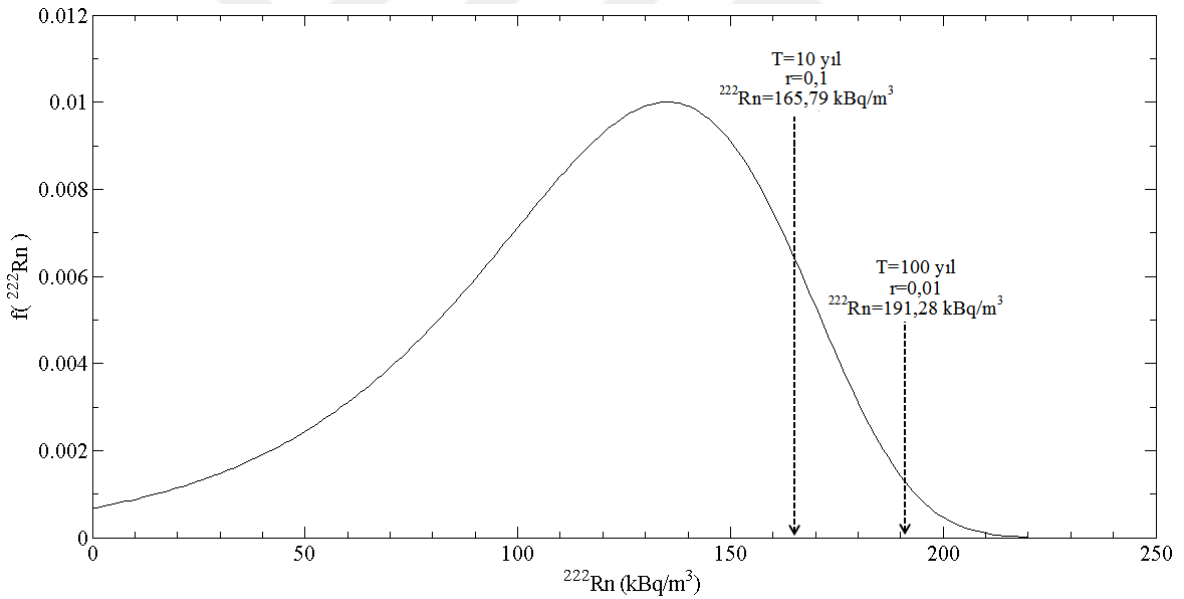


(f)

(Şekil 7.2'nin devamıdır.)



(g)



(h)

(Şekil 7.2'nin devamıdır.)

7.2.2. Deprem Yıllık Risk Hesaplamaları ve İhtimâliyet Yoğunluk Fonksiyonu

Önceki kısımda, çalışma bölgesini oluşturan istasyonlardan elde edilen ^{222}Rn için risk analizi yapıldı ve elde edilen risk verilerini en iyi temsil eden dağılım fonksiyonları tespit edildi. Yapılan hesaplamalara göre, en uygun dağılım fonksiyonları kullanılarak elde

edilen ihtimâliyet değerlerine bakılarak risk noktalarının gelecekte aşma-aşmama ihtimâliyetleri hesaplandı. Bu kısımda da aynı hesaplamalar, deprem büyüklükleri için yapıldı. Çalışma bölgesindeki ilk istasyon olan Malatya ili sınırları içerisinde yer alan Pötürge istasyonunda deprem risk ve güven değerleri hesaplandı. Pötürge istasyonu için yapılan bu hesaplamalar Tablo 7.7’de gösterildi. Diğer istasyonlar için elde edilen sonuçlar ise, Ek 1’de gösterildi.

Tablo 7.7. Pötürge istasyonu için hesaplanan deprem risk ve güven değerleri

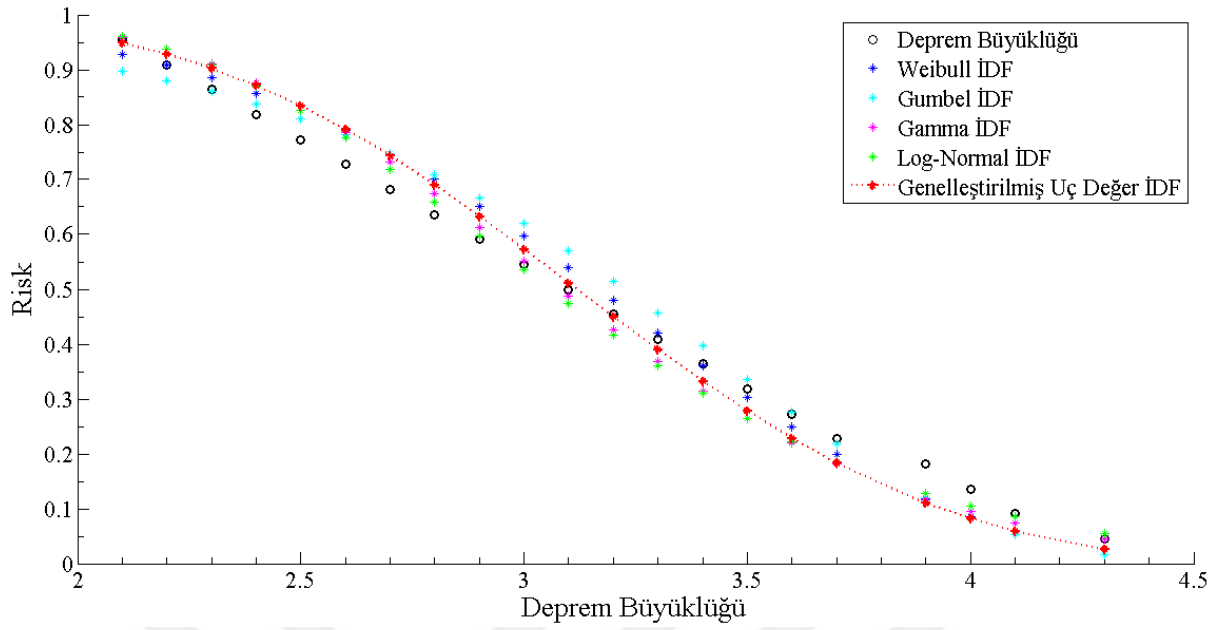
Deprem Büyüklüğü (M)	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
3,9	2,1	1	0,9545	0,0455
2,4	2,2	2	0,9091	0,0909
2,6	2,3	3	0,8636	0,1364
3,2	2,4	4	0,8182	0,1818
4,3	2,5	5	0,7727	0,2273
2,3	2,6	6	0,7273	0,2727
2,8	2,7	7	0,6818	0,3182
2,5	2,8	8	0,6364	0,3636
2,1	2,9	9	0,5909	0,4091
3,4	3,0	10	0,5455	0,4545
4,1	3,1	11	0,5000	0,5000
3,5	3,2	12	0,4545	0,5455
3,7	3,3	13	0,4091	0,5909
3,6	3,4	14	0,3636	0,6364
3,1	3,5	15	0,3182	0,6818
3,3	3,6	16	0,2727	0,7273
2,2	3,7	17	0,2273	0,7727
4,0	3,9	18	0,1818	0,8182
3,0	4,0	19	0,1364	0,8636
2,9	4,1	20	0,0909	0,9091
2,7	4,3	21	0,0455	0,9545

Hesaplanan risk değerlerinin daha anlaşılır hâle getirilmesi ve yorumlanması açısından bu sonuçları temsil eden ihtimâliyet dağılım fonksiyonları tespit edildi. Bütün istasyonlar için hesaplanan risk değerleri; Weibull, Gumbel, Gamma, Log-Normal ve Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı olmak üzere 5 farklı dağılım fonksiyonuyla incelendi. Bununla birlikte, risk değerlerini en iyi temsil eden dağılım fonksiyonunu bulmak için bu 5 dağılım fonksiyonuna ait değişkenler hesaplandı ve sonuçlar Tablo 7.8’de gösterildi.

Tablo 7.8. Çalışma bölgesi içerisinde yer alan 8 istasyonda meydana gelen deprem riskini temsil eden dağılım fonksiyonlarının değişkenleri

İstasyon	Weibull		Gumbel		Gamma		Lognormal		Genelleştirilmiş Uç Değer		
	α	β	μ	β	k	θ	σ	μ	k	μ	σ
Pötürge	3,39	5,43	3,45	0,61	23,39	0,13	1,12	0,21	-0,29	2,90	0,63
Kasımlar	3,34	6,38	3,38	0,52	33,90	0,09	1,12	0,18	-0,24	2,91	0,51
Sürgü	3,26	9,01	3,29	0,35	63,06	0,05	1,12	0,13	-0,46	2,99	0,41
Çelik	3,17	10,36	3,19	0,30	83,85	0,04	1,10	0,11	-0,58	2,96	0,37
Çiğli	2,97	7,87	3,00	0,37	46,88	0,06	1,02	0,15	-0,39	2,68	0,42
Kızılениş	3,09	7,17	3,12	0,43	44,14	0,07	1,05	0,16	-0,21	2,73	0,41
Beyoğlu	3,10	7,51	3,13	0,41	47,09	0,06	1,06	0,15	-0,27	2,76	0,41
Demirköprü	3,43	4,29	3,54	0,89	26,62	0,12	1,13	0,20	0,18	2,84	0,38
α : Şekil değişkeni		β : Ölçek değişkeni		k : Şekil değişkeni		μ : Konum değişkeni					
σ : Ölçek değişkeni		θ : Ölçek değişkeni									

İstasyonlarda meydana gelen deprem verilerini en iyi temsil eden dağılım fonksiyonunun tespit edilebilmesi için, hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki determinasyon katsayısı (R^2) değerleri hesaplandı ve bu değerler Tablo 7.9'da gösterildi. R^2 değerlerine bakıldığında Pötürge istasyonu için deprem verilerini en iyi temsil eden dağılımın Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, Şekil 7.3'te çizilen deprem büyüklüğü ile risk grafiğinde Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına ait eğri, diğer dağılım fonksiyonlarına göre daha çok noktayı kestiği görülmektedir. Bu dağılım fonksiyonu, en büyük ve en küçük değerlerin karakteristiğini en iyi şekilde açıkladığından, bu dağılıma uyan istasyonlarda deprem verilerinin uç noktaları, bölgenin risk seviyesini açıklamada daha uygun olduğu söylenebilir. Tablo 7.9'da hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki R^2 değerleri de bunu desteklemektedir.



Şekil 7.3. Pötürge istasyonu deprem risk verileri için çeşitli ihtimâliyet dağılım fonksiyonları

Tablo 7.9. Çalışma bölgesi için hesaplanan risk değerleri ile dağılım fonksiyonları arasındaki R^2 değerleri

İstasyon	Weibull	Gumbel	Gamma	Log-Normal	Genelleştirilmiş Uç Değer
Pötürge	0,9889	0,9769	0,3872	0,9918	0,9925
Kasımlar	0,9925	0,9842	0,9944	0,9940	0,9954
Sürgü	0,9720	0,9658	0,9797	0,9818	0,9747
Çelik	0,9649	0,9559	0,9582	0,9817	0,9582
Çiğli	0,9907	0,9848	0,9907	0,9894	0,9931
Kızıleniş	0,9786	0,9649	0,9934	0,9955	0,9938
Beyoğlu	0,9899	0,9795	0,9972	0,9976	0,9974
Demirköprü	0,8026	0,7113	0,8985	0,9073	0,9462

Tablo 7.9’da görüldüğü gibi istasyonlar için hesaplanan R^2 değerlerine bakıldığında Pötürge, Kasımlar, Çiğli ve Demirköprü istasyonlarını Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı; Sürgü, Çelik, Kızıleniş ve Beyoğlu istasyonlarını Log-Normal Dağılımının en iyi temsil ettiği görüldü. Tüm istasyonlar için elde edilen dağılım fonksiyonlarına bakıldığında, istasyonların karakterisiğinin açıklanmasında verilerin asgari ve azami değerlerinin etkili olduğunu söylenebilir. Diğer istasyonları için yapılan deprem risk-güven sonuçları sırasıyla Ek 1. Tablo 15, 17, 19, 21, 23, 25 ve 27’de gösterildi. Bu risk değerlerini en iyi temsil eden dağılım fonksiyonları ile elde edilen sonuçlar; Kasımlar, Çiğli ve Demirköprü (Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı) istasyonları için sırasıyla, Ek 1. Tablo 16, 22 ve

28’de ve Sürgü, Çelik, Kızılören ve Beyoğlu (Log-Normal Dağılımı) için ise sırasıyla, Ek 1. Tablo 18, 20, 24 ve 26’da gösterildi.

Şekil 7.3’te görülen Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre risk ve güven değerleri hesaplanarak Tablo 7.10’da gösterildi. Bu bölgede meydana gelen deprem büyüklüklerini en iyi karakterize eden dağılımın, Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle, bu dağılıma uyan istasyonlarda meydana gelen depremlerin asgâri ve azâmî değerleri, deprem riski oranlarının tespitinde önemli rol oynamaktadır.

Tablo 7.10. Pötürge istasyonu için Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{gud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{gud})
2,1	0,9545	0,9483	0,0517
2,2	0,9091	0,9281	0,0719
2,3	0,8636	0,9026	0,0974
2,4	0,8182	0,8713	0,1287
2,5	0,7727	0,8342	0,1658
2,6	0,7273	0,7912	0,2088
2,7	0,6818	0,7428	0,2572
2,8	0,6364	0,6895	0,3105
2,9	0,5909	0,6324	0,3676
3,0	0,5455	0,5725	0,4275
3,1	0,5000	0,5112	0,4888
3,2	0,4545	0,4498	0,5502
3,3	0,4091	0,3896	0,6104
3,4	0,3636	0,3320	0,6680
3,5	0,3182	0,2778	0,7222
3,6	0,2727	0,2281	0,7719
3,7	0,2273	0,1834	0,8166
3,9	0,1818	0,1102	0,8898
4,0	0,1364	0,0819	0,9181
4,1	0,0909	0,0588	0,9412
4,3	0,0455	0,0265	0,9735

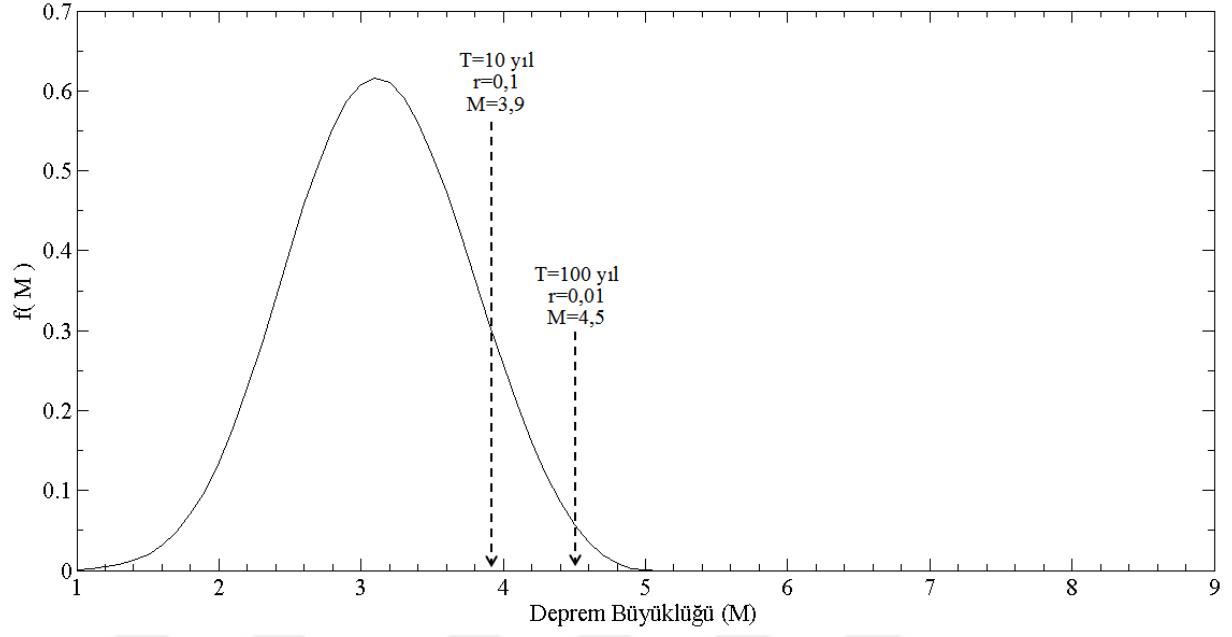
Deprem verilerinin ihtimâliyet yoğunluk eğrilerinin elde edilmesiyle gelecekte belirli bir döngü aralığında ortaya çıkabilecek deprem olma ihtimâlinin tahmin edilmesi mümkün olmaktadır.

Araştırma alanındaki istasyonlar için farklı döngü sürelerindeki risk (aşılma) ihtimâliyetleri hesaplanarak Tablo 7.11’de gösterildi. Pötürge, Kasımlar, Çiğli ve Demirköprü istasyonlarını Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı; Sürgü, Çelik, Kızıleniş ve Beyoğlu istasyonlarını Log-Normal Dağılımı en iyi karakterize ettiğinden dolayı Tablo 7.11’de gösterilen belli periyotlar da kritik deprem büyüklüklerinin tahmin edilmesinde bu dağılımlara ait ihtimâliyet yoğunluk fonksiyonları kullanılarak aşılma-aşılmama sınırları tespit edildi.

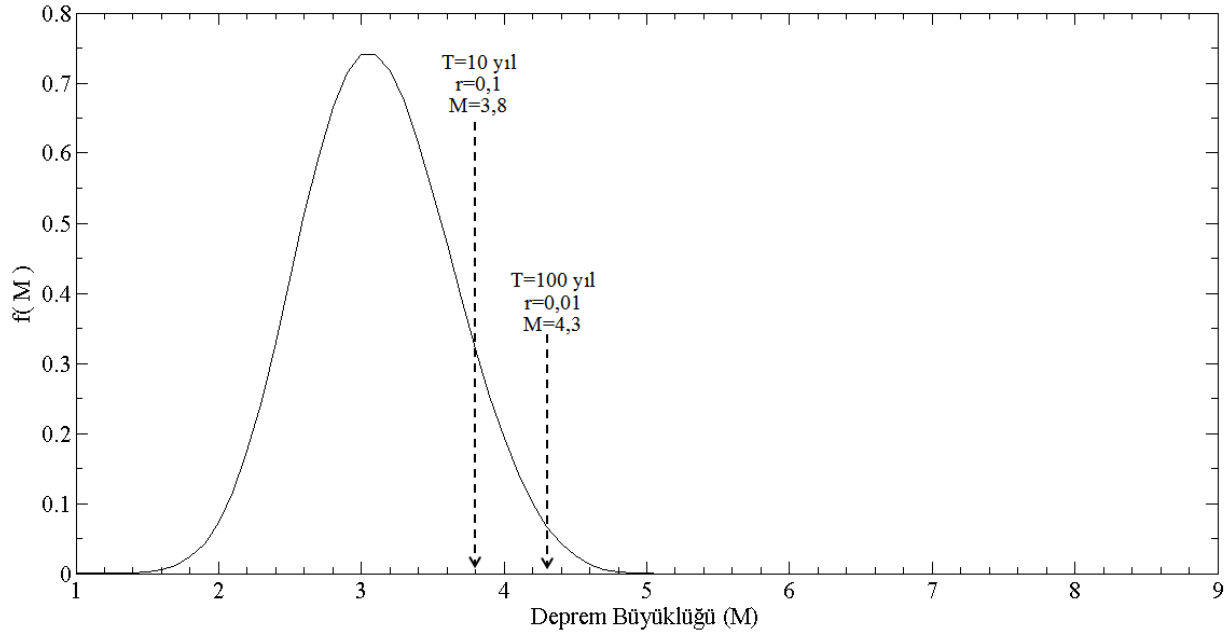
Tablo 7.11. İstasyonlarda belirli döngü sürelerinde tahmin edilen kritik deprem büyüklüğünün aşılma ihtimâliyeti

T (yıl)	P (Aşılma İhtimali)	Pötürge	Kasımlar	Sürgü	Çelik	Çiğli	Kızıleniş	Beyoğlu	Demirköprü
2	0,5	3,1	3,1	3,0	3,0	2,8	2,9	2,9	2,9
5	0,2	3,6	3,5	3,4	3,3	3,1	3,3	3,3	3,5
10	0,1	3,9	3,8	3,6	3,5	3,3	3,5	3,5	3,9
25	0,04	4,2	4,0	3,9	3,7	3,4	3,8	3,8	4,5
50	0,02	4,3	4,2	4,0	3,8	3,5	4,0	3,9	5,0
100	0,01	4,5	4,3	4,2	3,9	3,6	4,1	4,1	5,6
250	0,004	4,6	4,4	4,3	4,1	3,6	4,3	4,3	6,5

Tablo 7.11’de elde edilen sonuçların pratikte daha kullanılabilir hâle getirilmesi açısından her bir istasyon için risk-güven (aşılma-aşılmama) sınırı Şekil 7.4’de gösterildi. Şekil 7.4 (a)’da Pötürge istasyonu için $T=10$ yıl ve $T=100$ döngü süresi için risk-güven sınırı belirtilmiştir. Bu şekilde verilen bir risk seviyesi için ihtimâliyet yoğunluk fonksiyonunun altındaki alan ikiye bölünür. $T=10$ yıl döngü süresinde $M=3,9$ büyüklüğünü aşma ihtimâli %10 olup grafik üzerinde ok işaretiyle gösterilen noktanın, bakana göre sağ tarafında kalan bölgeyi temsil etmektedir. Sol kısımdaki bölgenin alanı ise güven yani $M=3,9$ büyüklük değerini aşmama ihtimalini göstermektedir. Benzer yorumlamalar, Şekil 7.4’de görüldüğü gibi tüm istasyonlar için yapılması mümkündür.

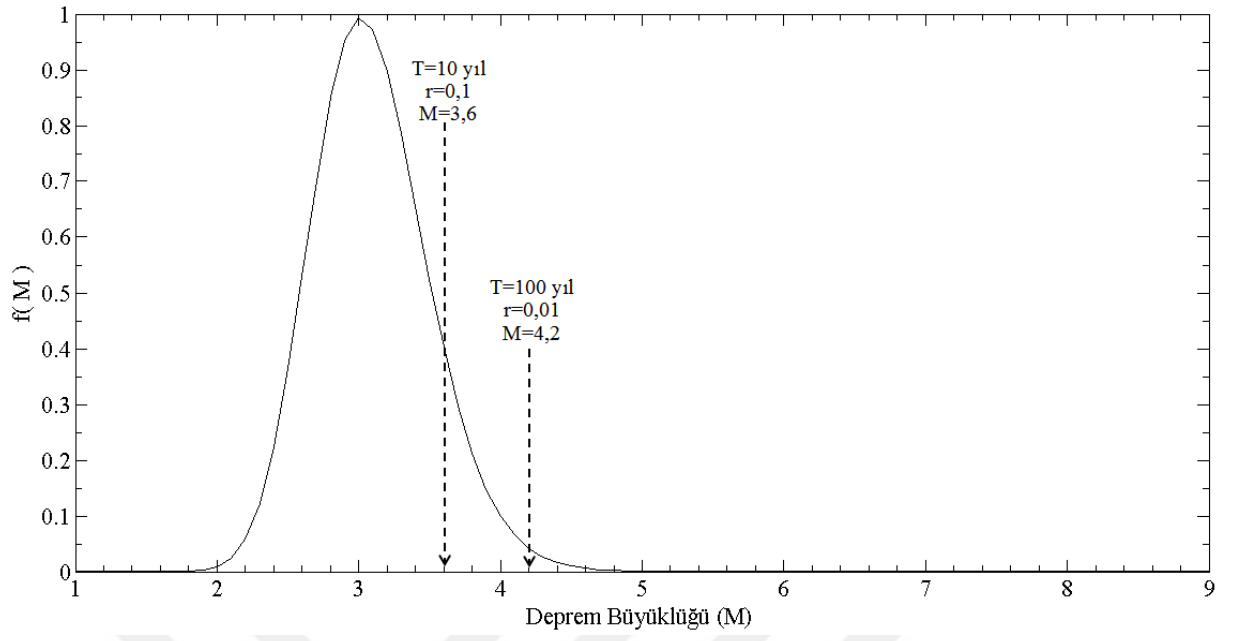


(a)

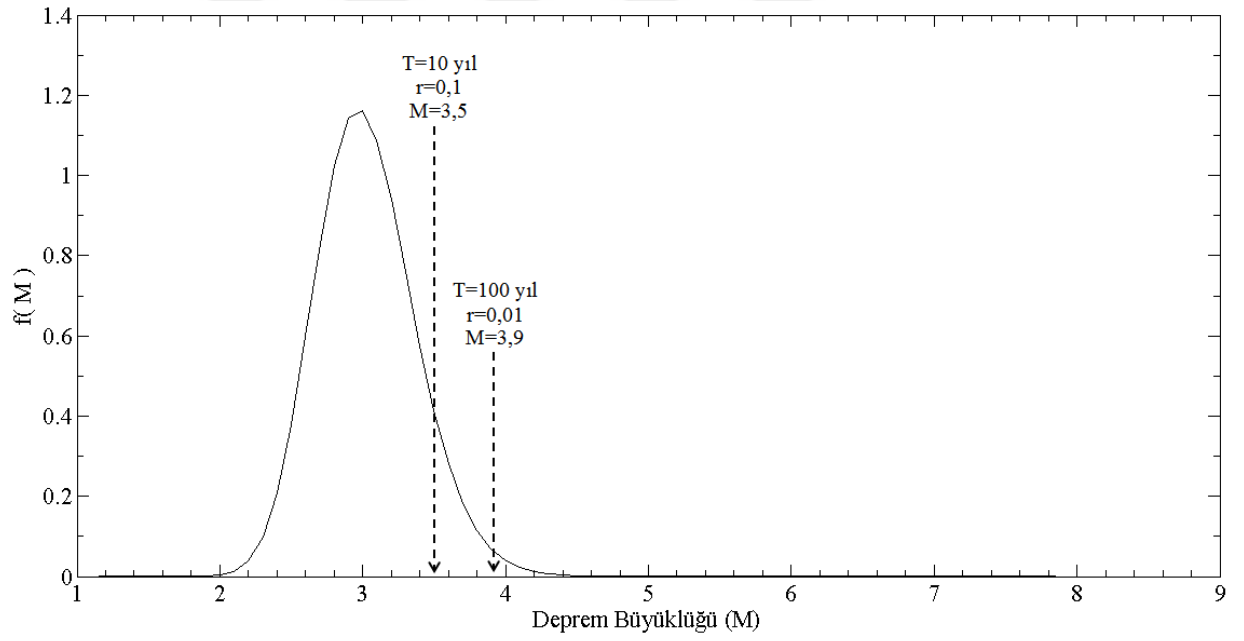


(b)

Şekil 7.4. (a) Pötürge, (b) Kasımlar, (c) Sürgü, (d) Çelik, (e) Çiğli, (f) Kızıleniş, (g) Beyoğlu, (h) Demirköprü istasyonları için deprem büyüklüğü risk-güven (aşılma-aşılmama) sınırları

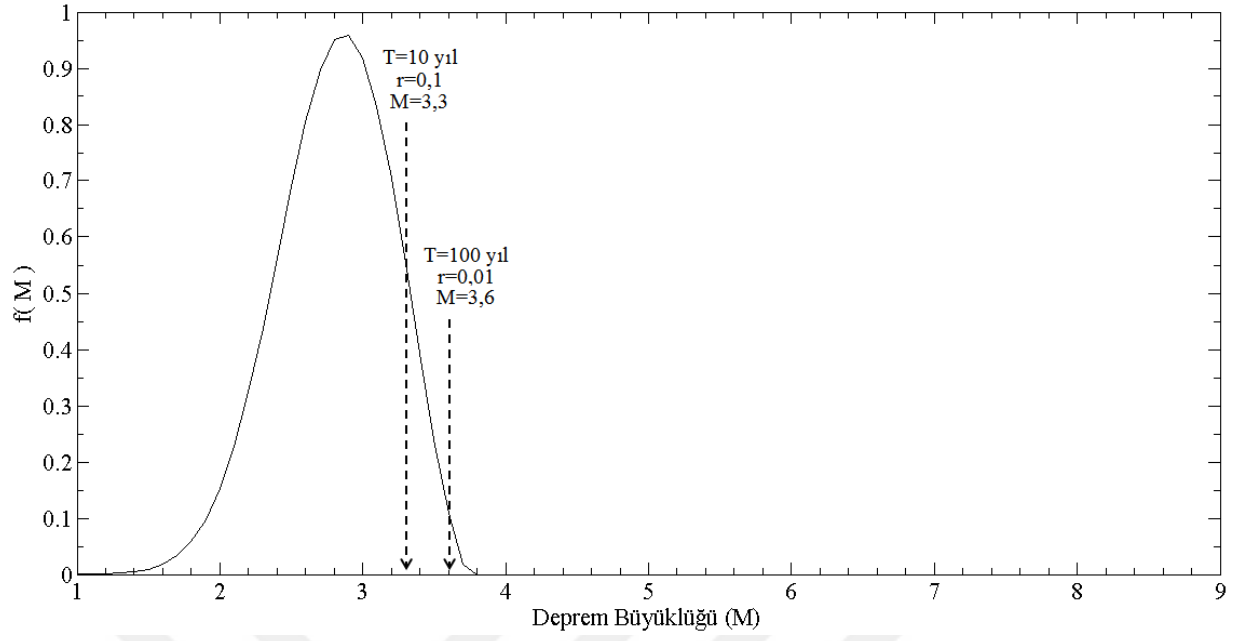


(c)

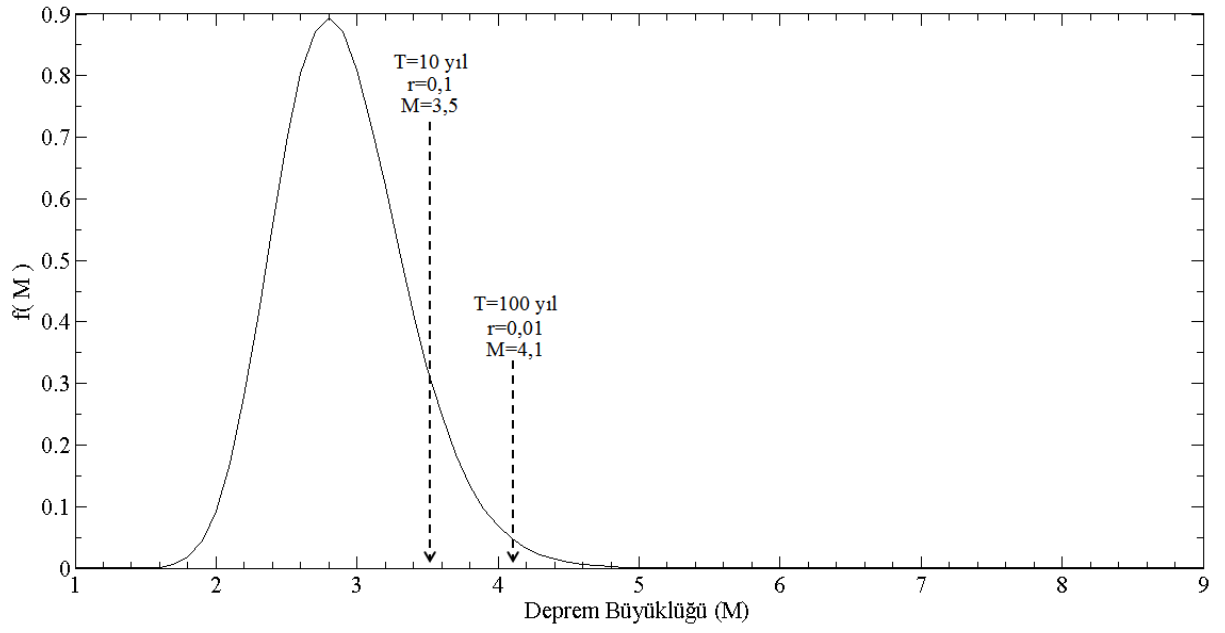


(d)

(Şekil 7.4'ün devamıdır.)

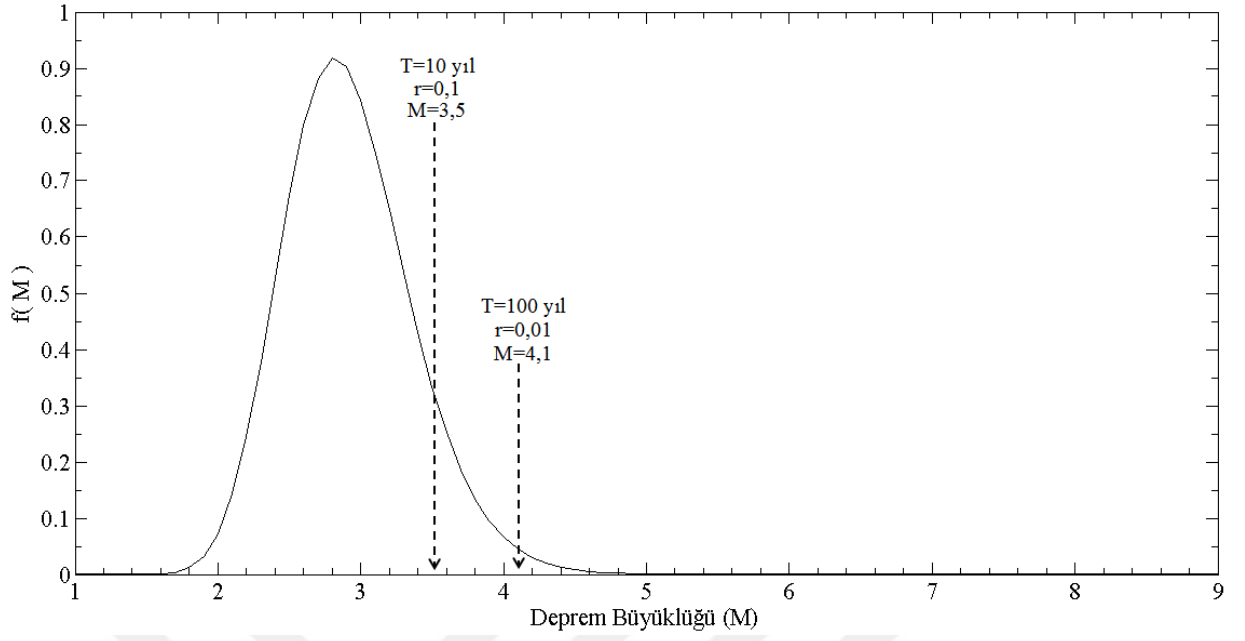


(e)

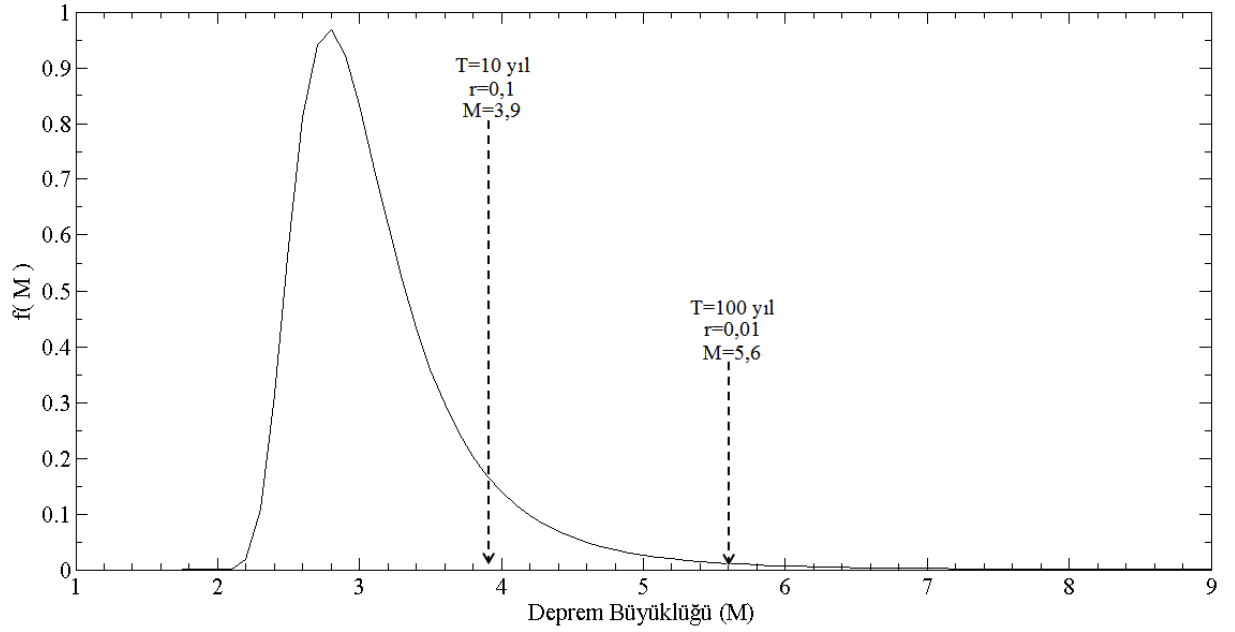


(f)

(Şekil 7.4'ün devamıdır.)



(g)

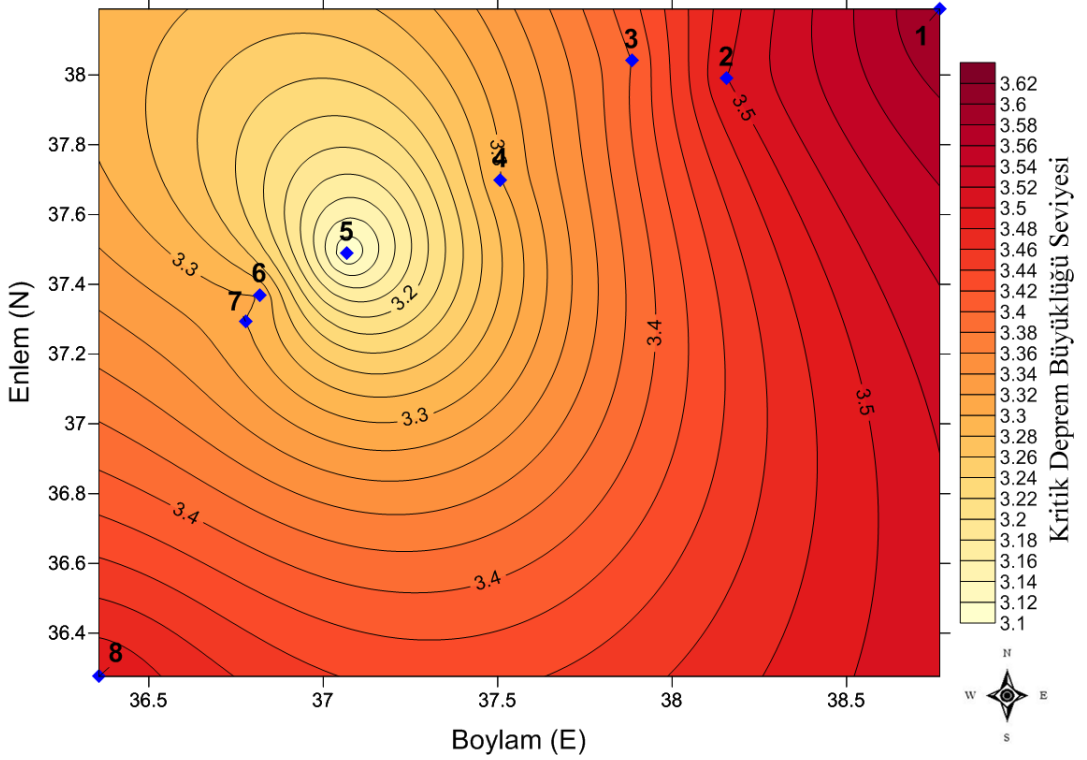
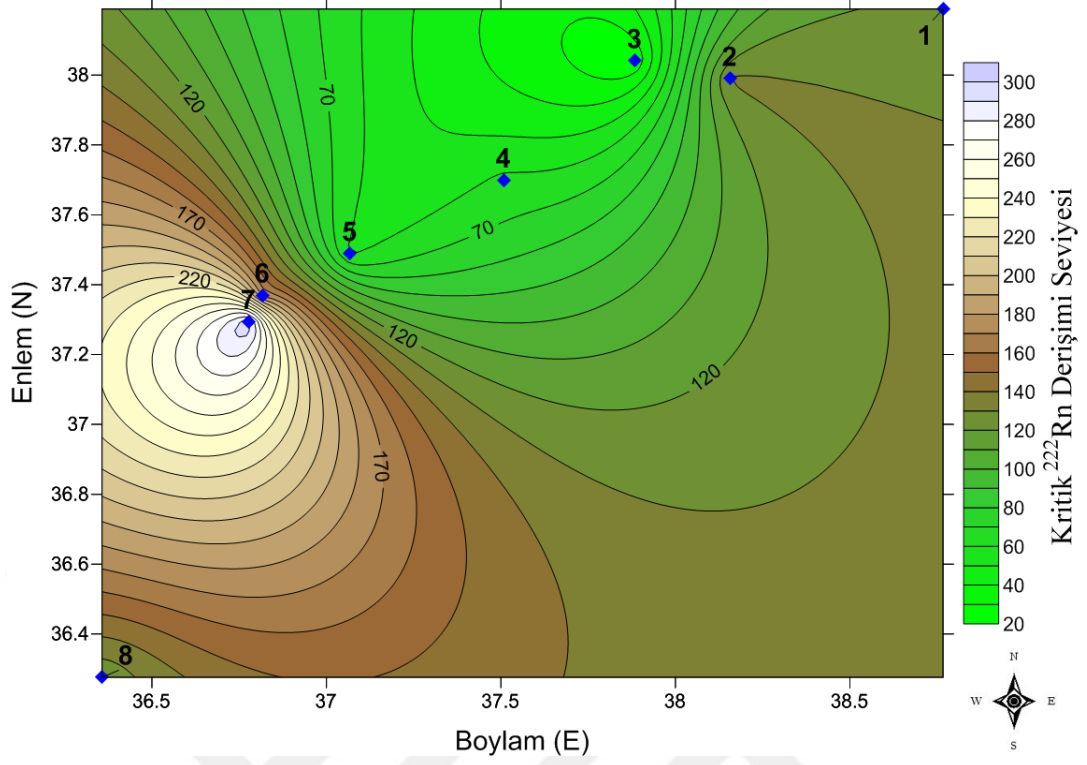


(h)

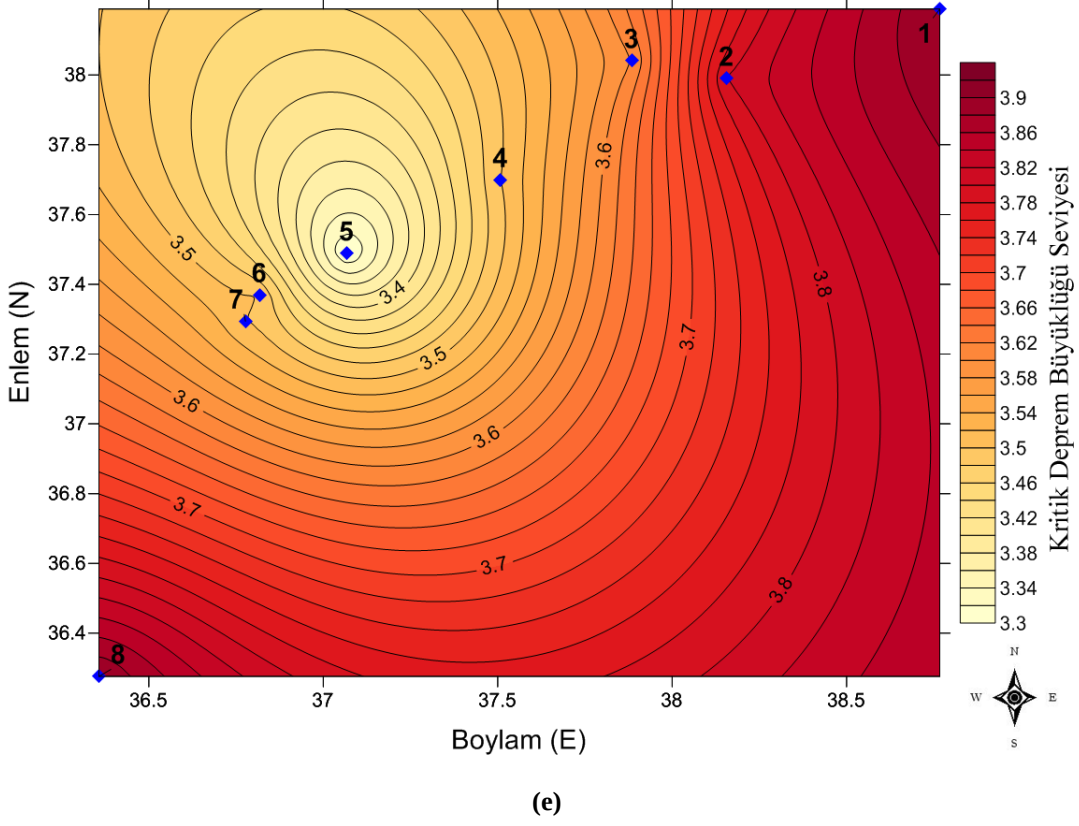
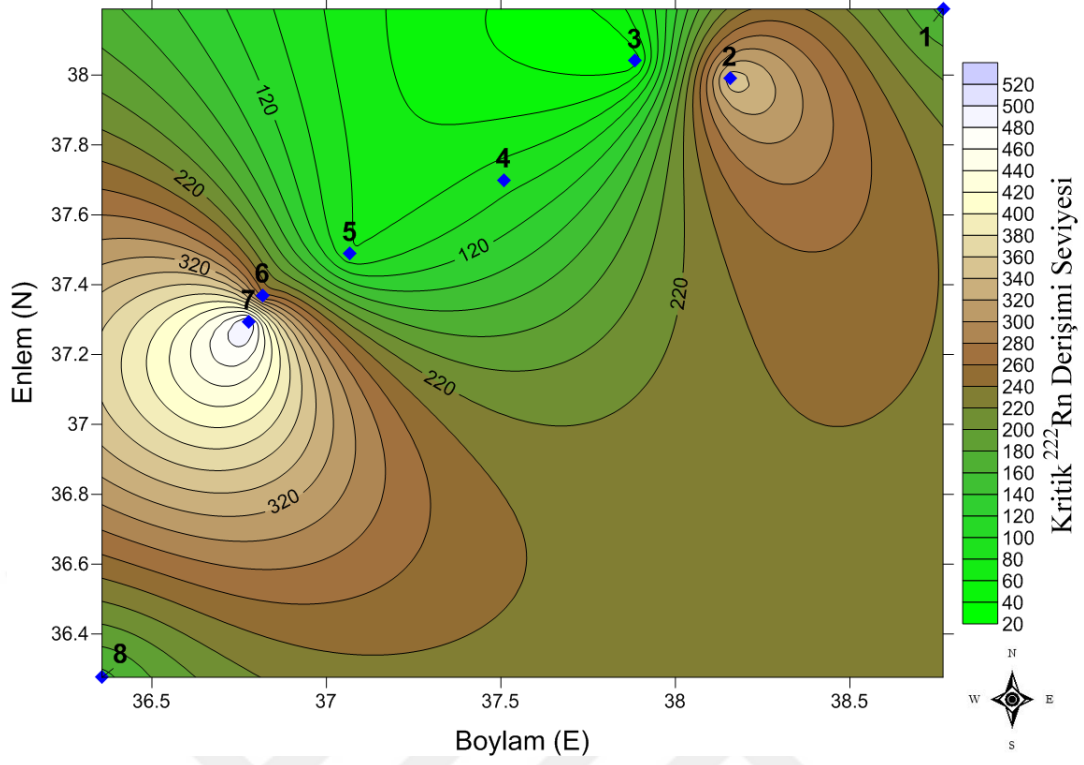
(Şekil 7.4'ün devamıdır.)

Şekil 7.5'de ^{222}Rn gazının ve deprem büyüklüğünün ileriye yönelik belli bir değeri aşma ihtimâliyeti kategorize edilerek 2 boyutlu eş-haritalar çizildi. Burada, dikey eksen istasyonların enlemini, yatay eksen ise boylam değerlerini ifade etmektedir. Şekil 7.5(a)'da $T=2$ yıllık periyotluk dönemde Pötürge (1 nolu) istasyonunda $M=3,1$ büyüklüğünde deprem olma riskinin oldukça güçlü olduğu görülmektedir. Haritada güneybatıya doğru

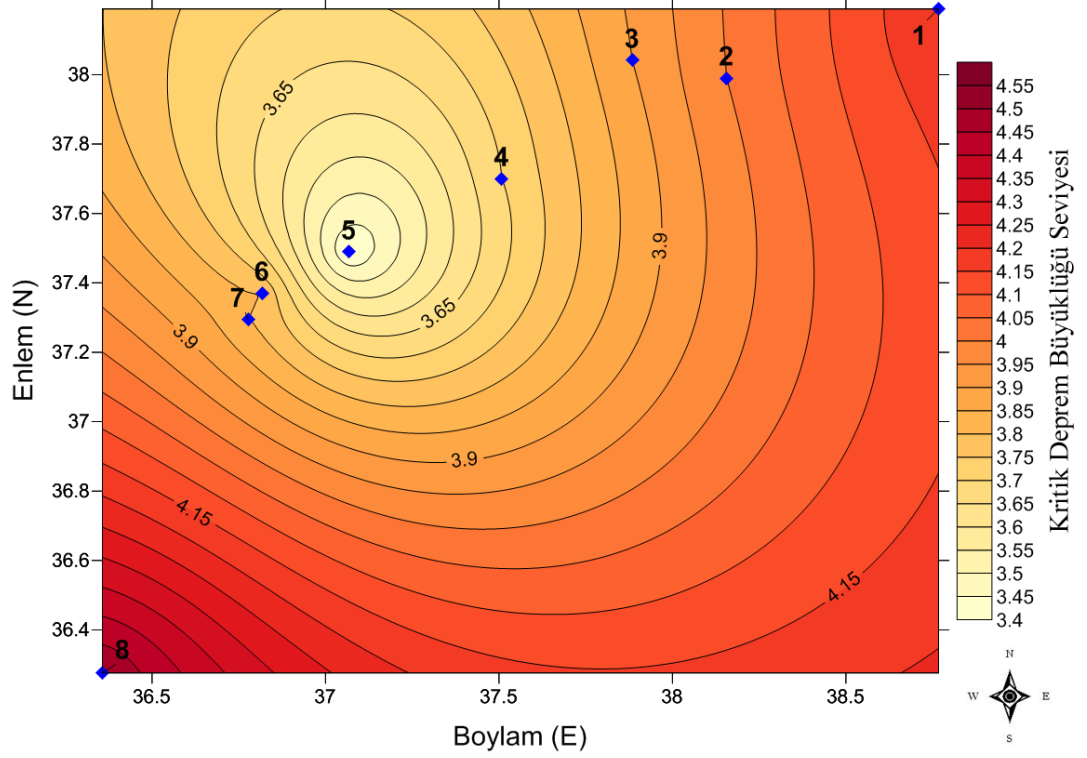
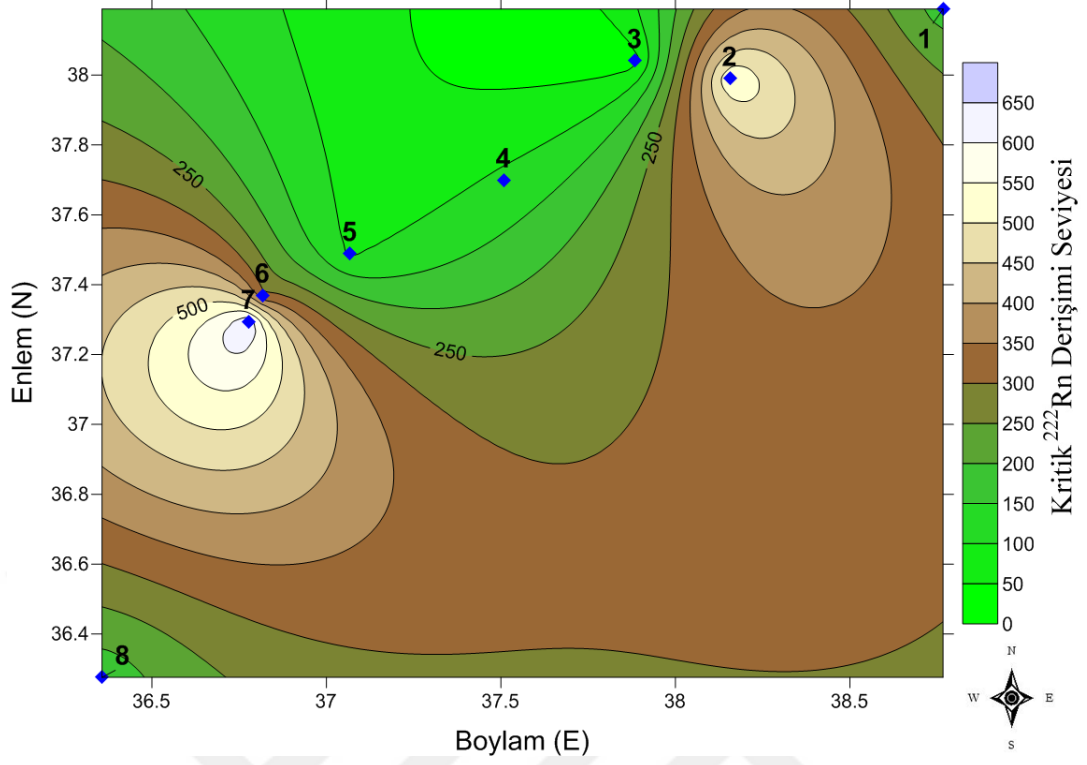
70



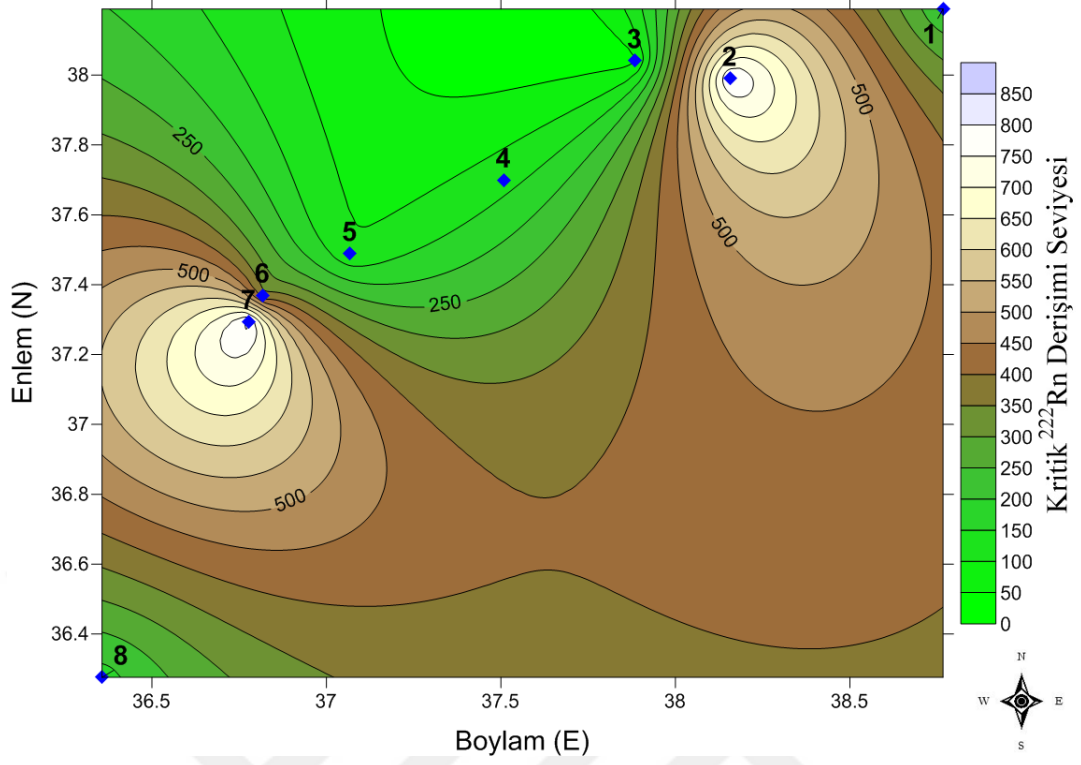
(Şekil 7.5'in devamıdır.)



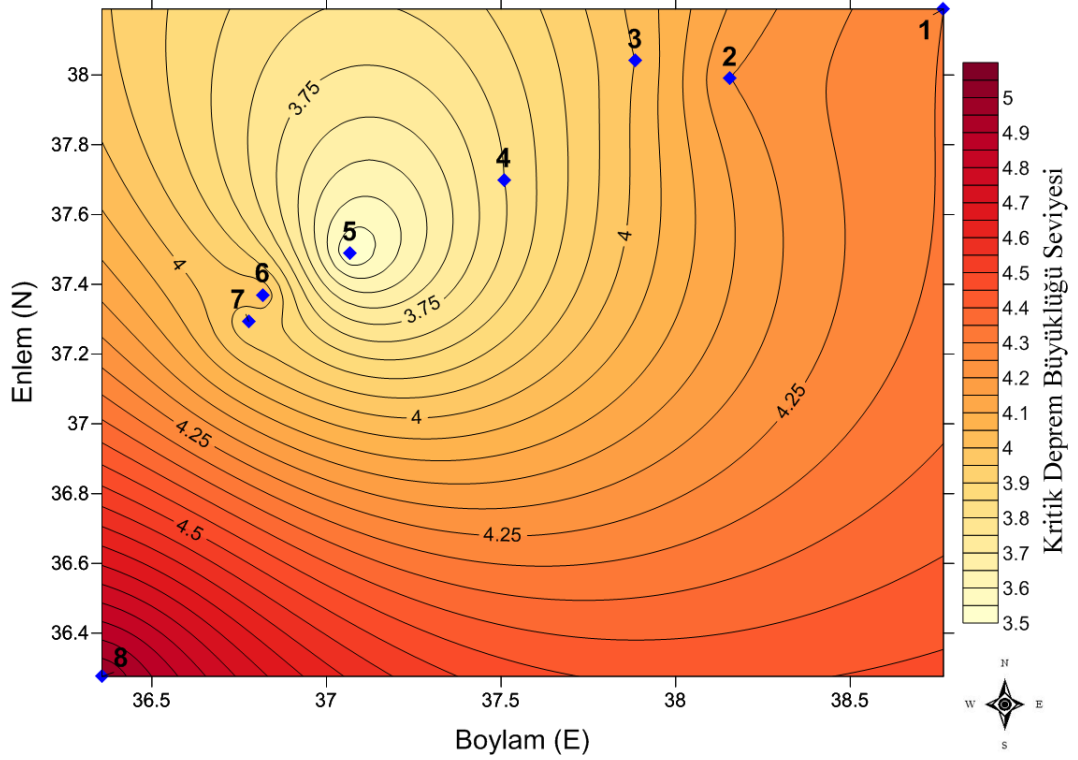
(Şekil 7.5'in devamıdır.)



(Şekil 7.5'in devamıdır.)

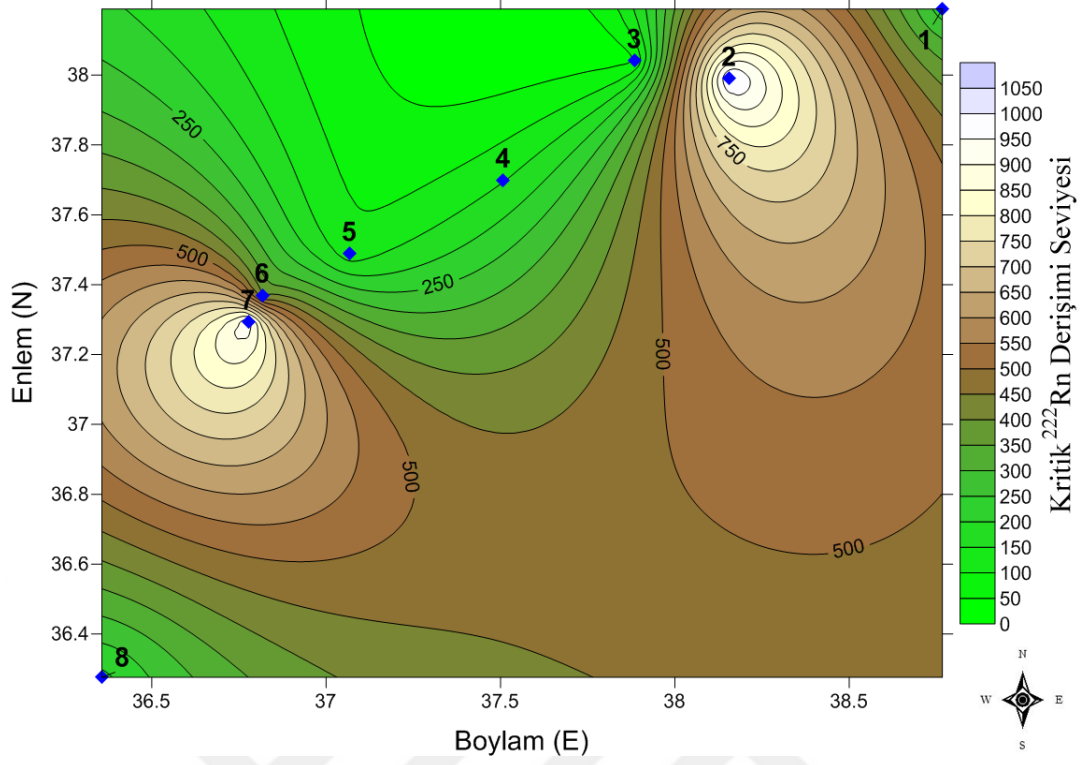


(h)

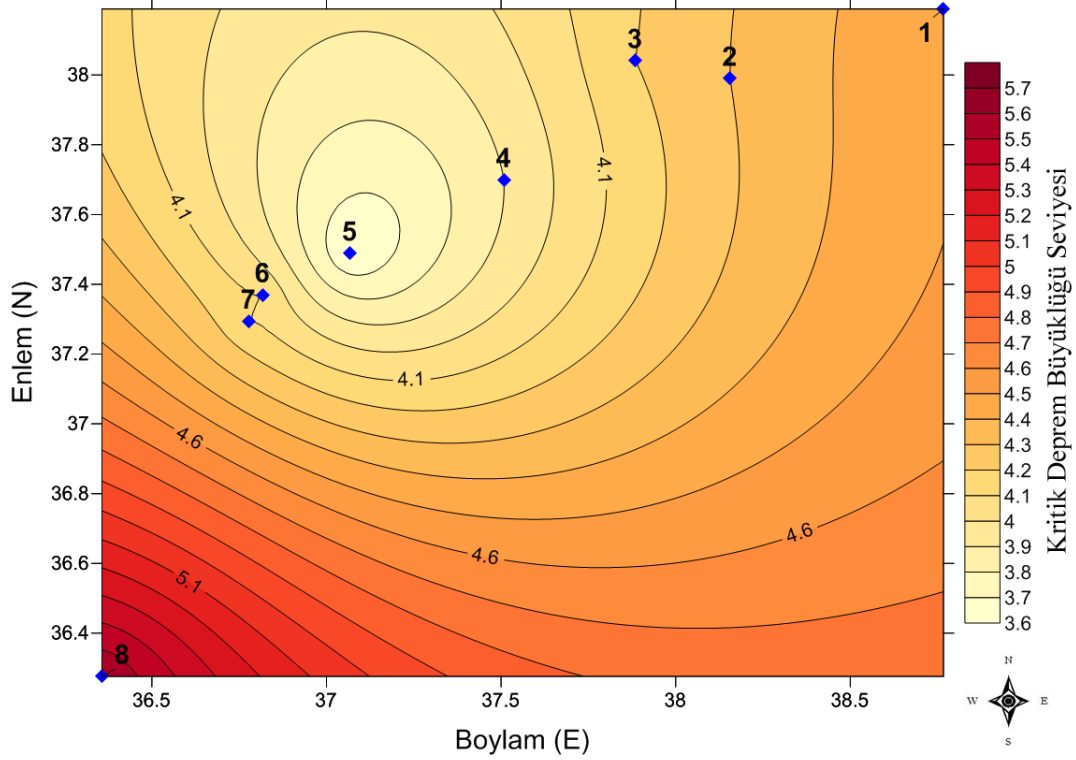


(i)

(Şekil 7.5'in devamıdır.)

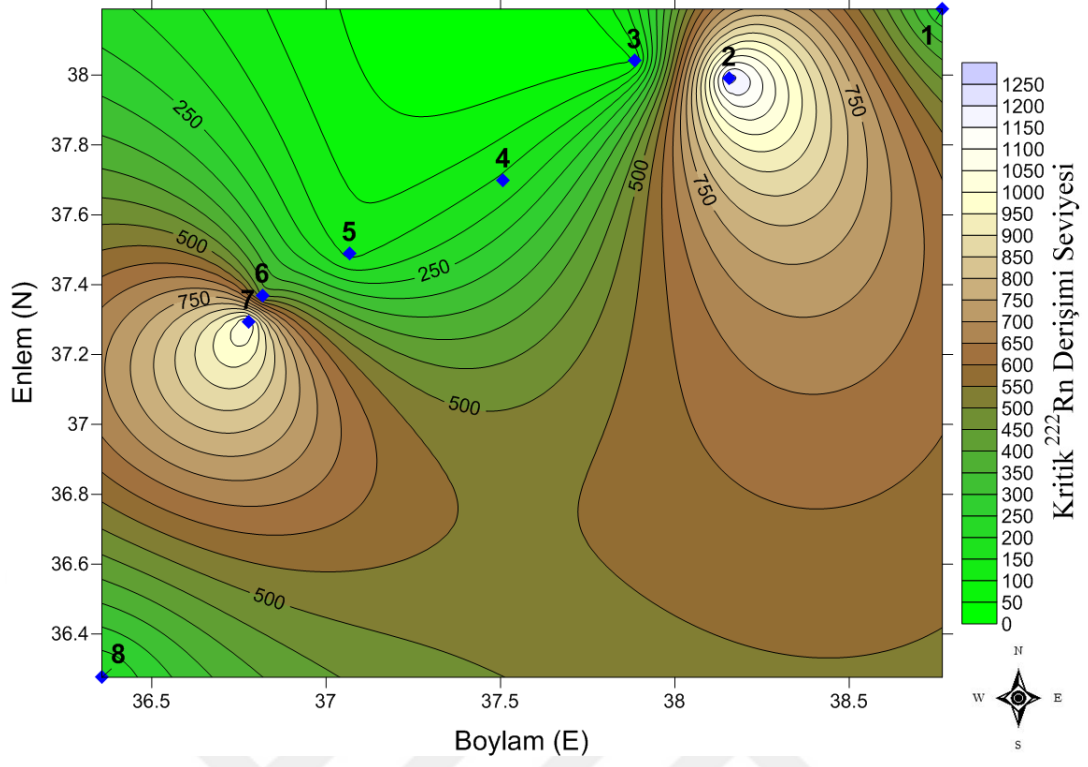


(i)

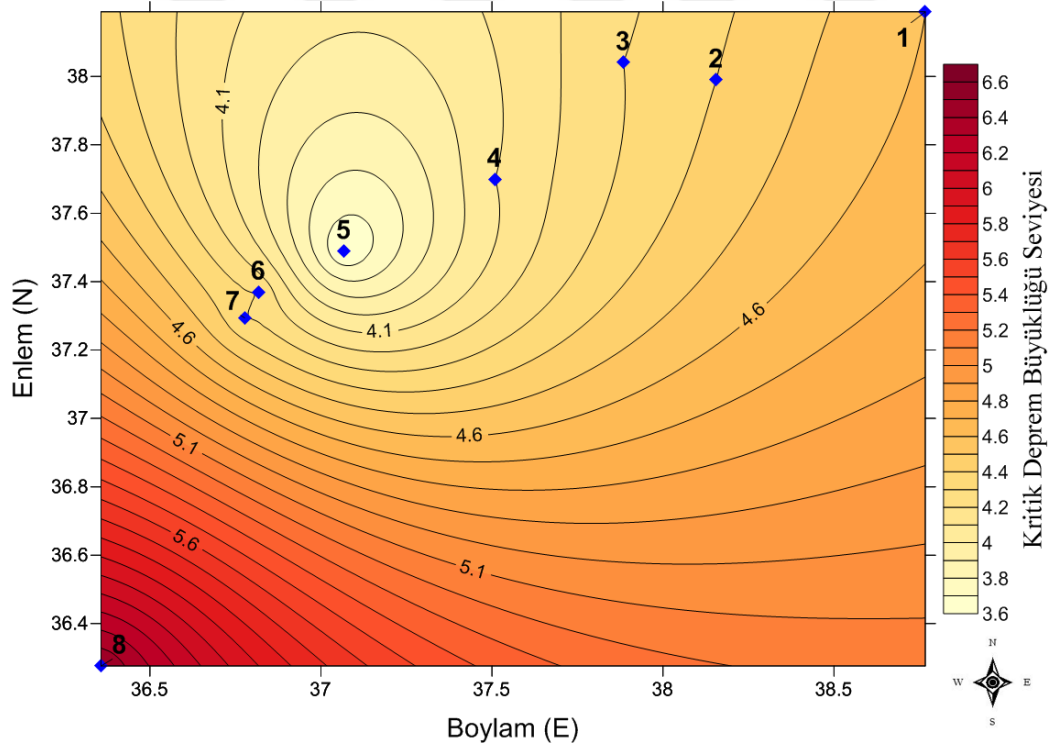


(ii)

(Şekil 7.5'in devamıdır.)

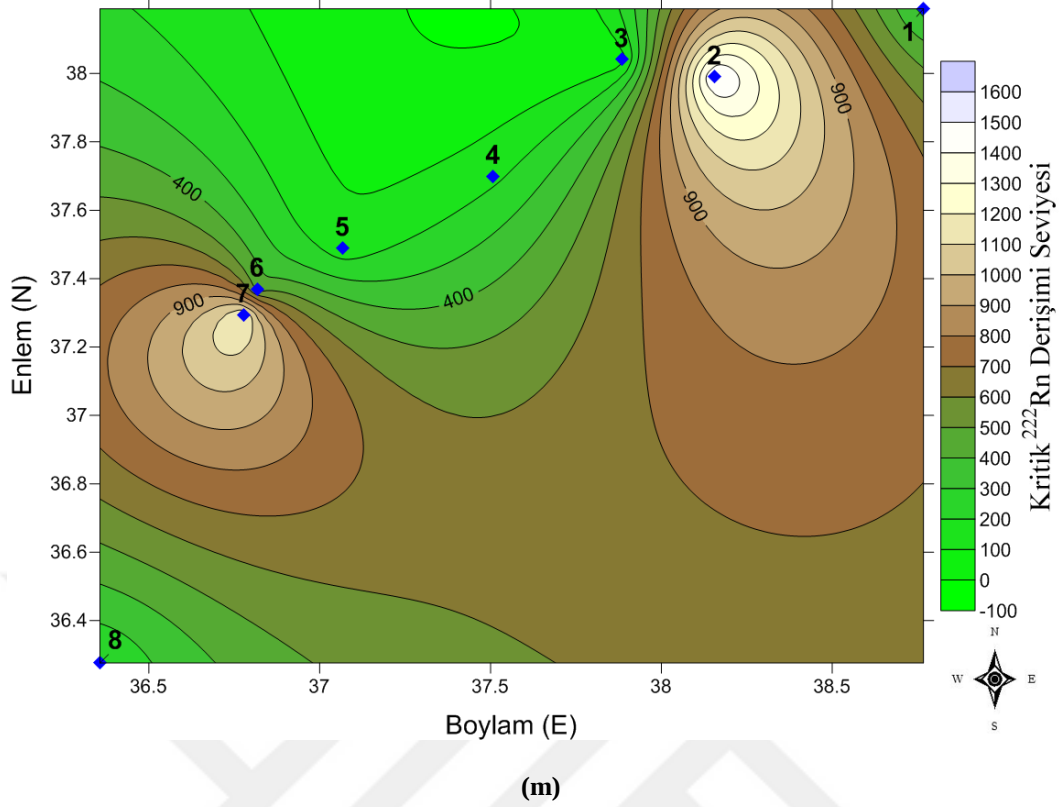


(k)



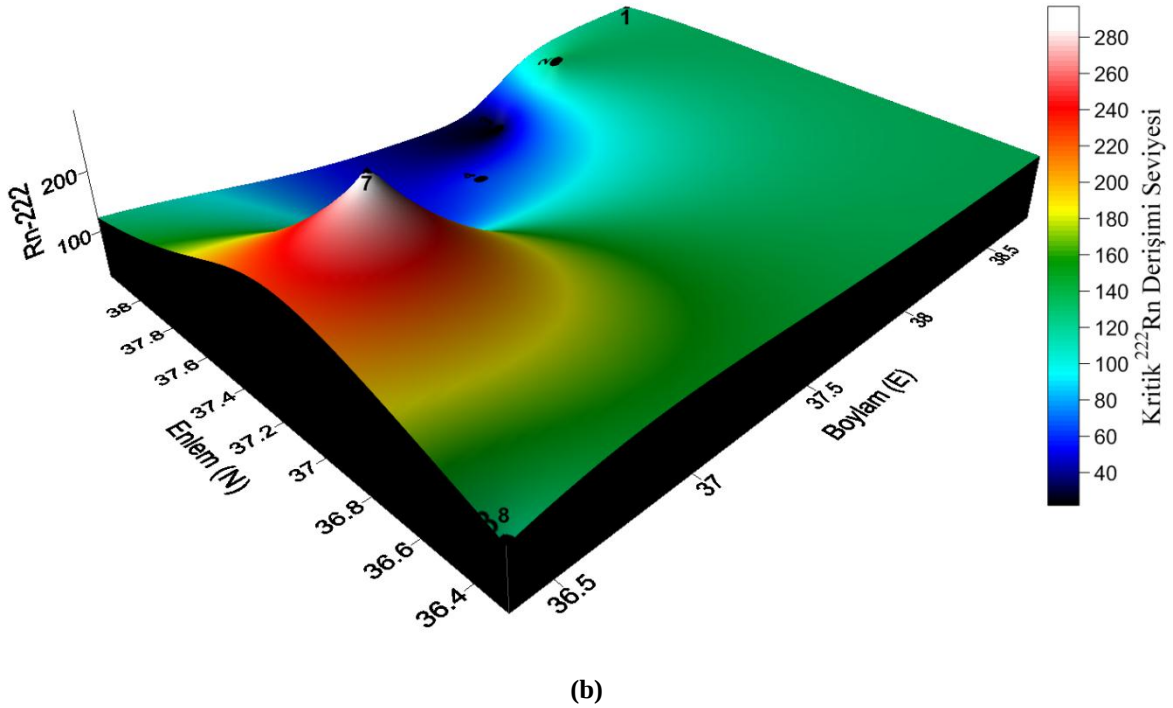
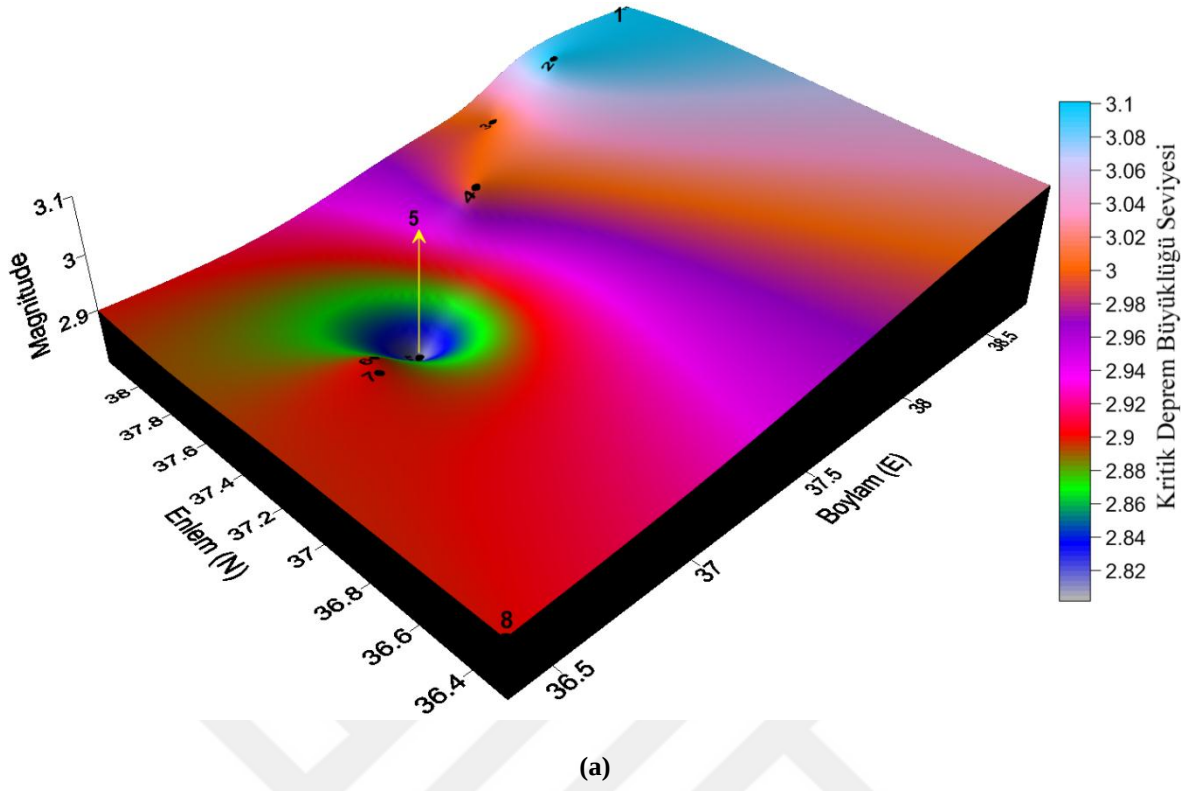
(l)

(Şekil 7.5'in devamıdır.)

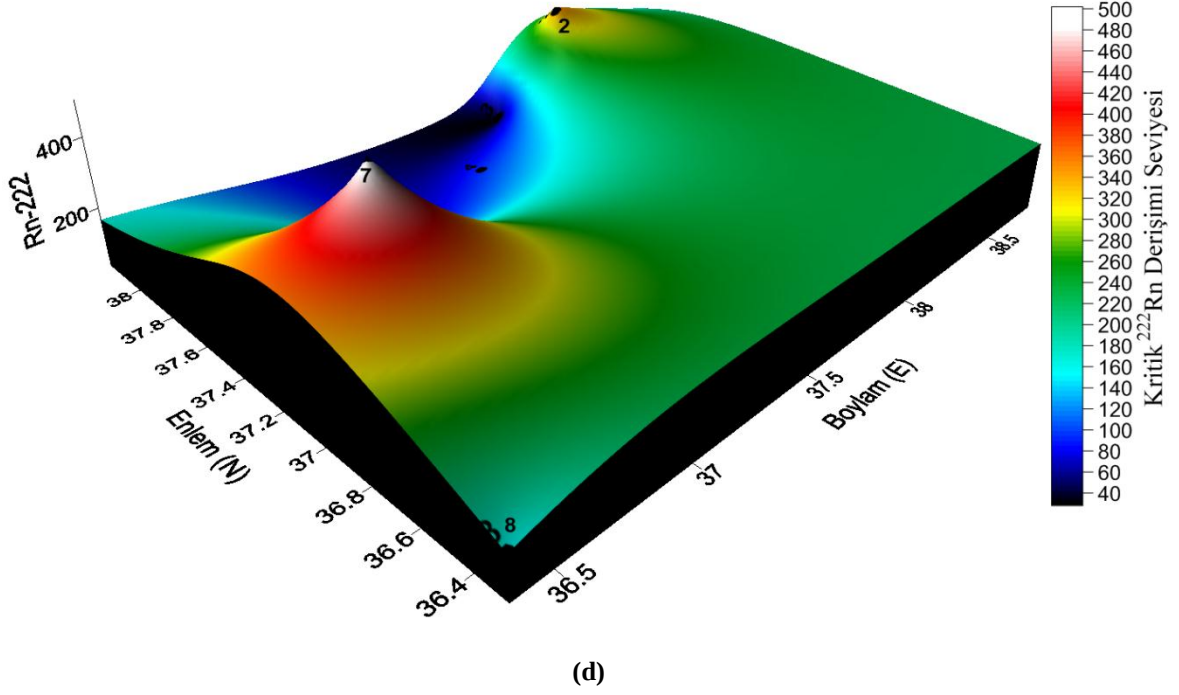
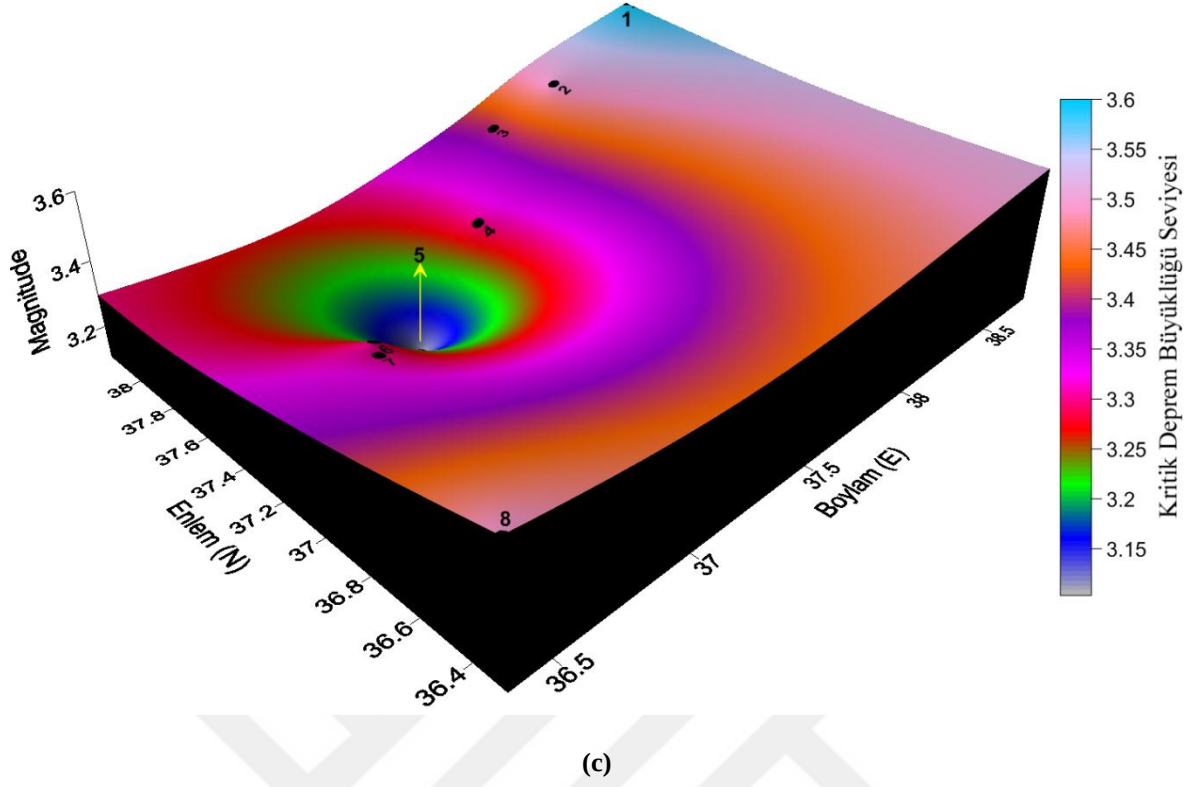


(Şekil 7.5'in devamıdır.)

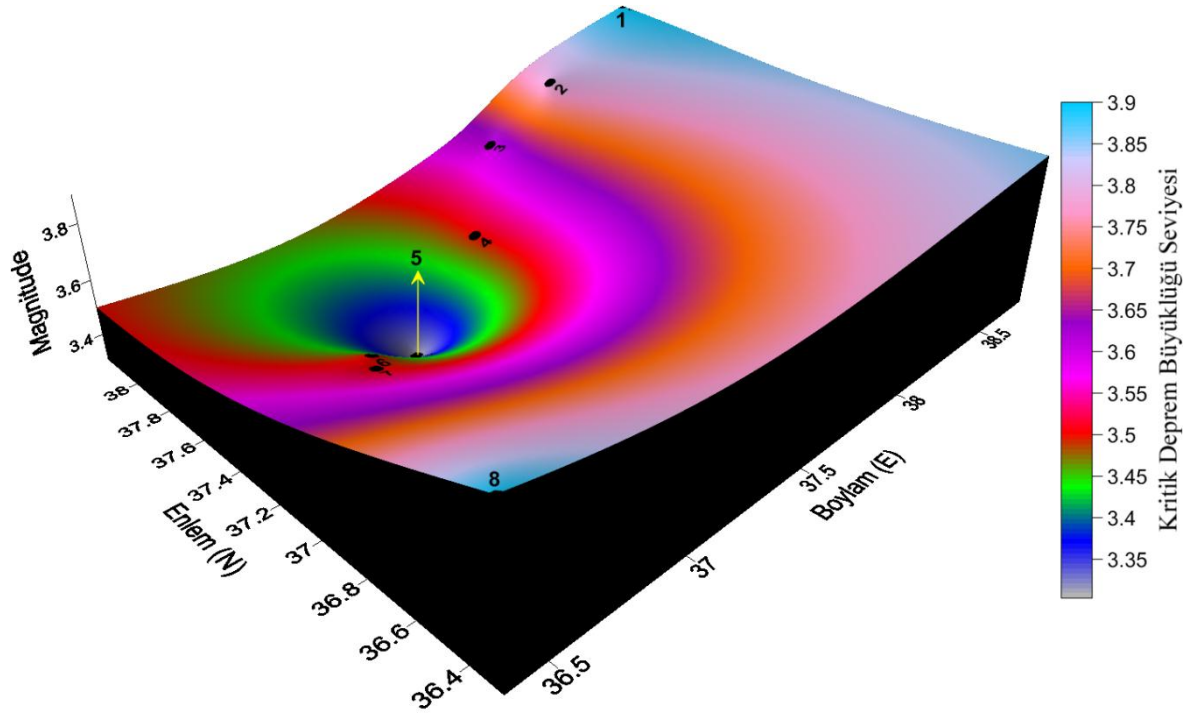
Şekil 7.5(c)'de 5 yıllık dönemde istasyonlarda meydana gelebilecek kritik deprem değerlerinin (Tablo 7.11) meydana gelme riskini gösteren haritada Demirköprü (8) istasyonunda risk değeri oldukça yüksektir. Şekil 7.5(e)'de ise, tersi durum gözlenmektedir. Demirköprü (8) istasyonunda orta seviyelerdeyken Pötürge (1) istasyonunda en yüksek, Çiğli (5) istasyonunda ise en düşük seviyededir. Şekil 7.5(b, d, f) incelendiğinde Beyoğlu (7) istasyonunda ^{222}Rn izoeğrilerinin sıklığında artış gözlenmektedir. Dolayısıyla, risk seviyelerinin arttığını söylemek mümkündür. ^{222}Rn izoharitalarında Sürgü (3), Çelik (4) ve Çiğli (5) istasyonunda araştırma alanını oluşturan diğer istasyonlara göre kritik ^{222}Rn gazı derişim değeri daha düşüktür. Şekil 7.5(f)'de ^{222}Rn konsatrasyonu en yüksek Beyoğlu (7) istasyonunda gözlemlendi. Bununla birlikte, Beyoğlu (7) istasyonu ^{222}Rn derişimi bakımından tüm dönemlerde maksimum düzeyde bulunmaktadır. Bu istasyondaki toprak yapısının geçirimliliğinin fazla olması ve toprakta ^{222}Rn üreten mekanizmanın diğer bölgelere nazaran daha fazla olduğu söylenebilir. Şekil 7.5'de 2 boyutlu izoharitalara göre yapılan tüm yorumlamalar, Şekil 7.6'da verilen 3 boyutlu eş-deprem ve eş- ^{222}Rn kritik seviyesi haritalarında da yapmak mümkündür.



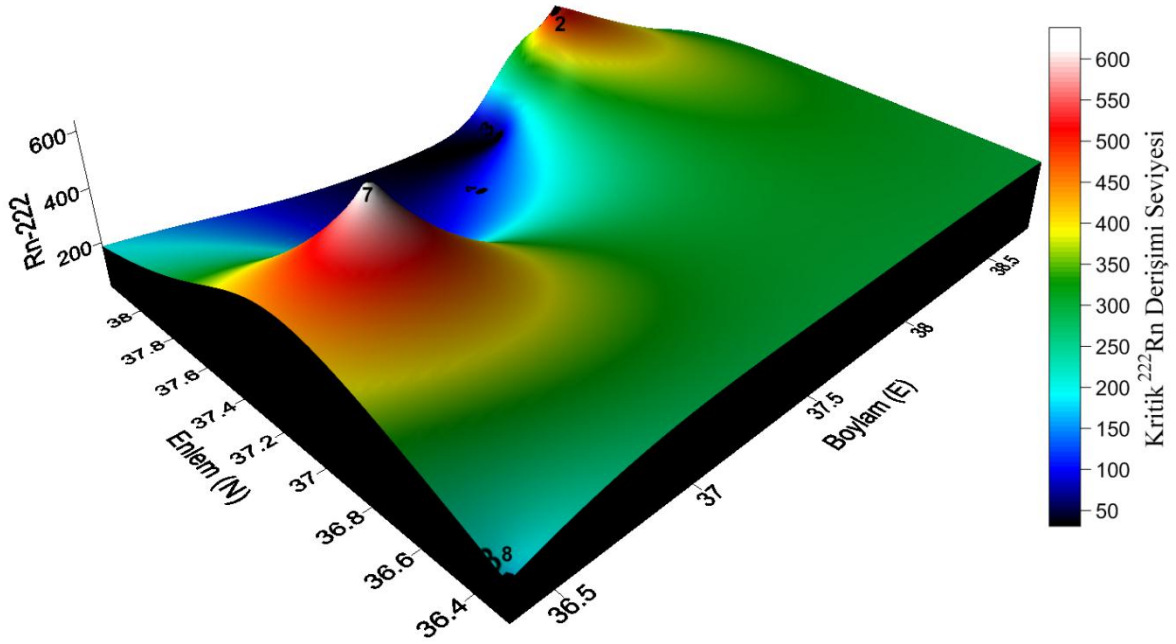
Şekil 7.6. (a) $T=2$ yıl deprem, (b) $T=2$ yıl ^{222}Rn , (c) $T=5$ yıl deprem, (d) $T=5$ yıl ^{222}Rn , (e) $T=10$ yıl deprem, (f) $T=10$ yıl ^{222}Rn , (g) $T=25$ yıl deprem, (h) $T=25$ yıl ^{222}Rn , (i) $T=50$ yıl deprem, (j) $T=50$ yıl ^{222}Rn , (k) $T=100$ yıl deprem, (l) $T=100$ yıl ^{222}Rn , (m) $T=250$ yıl deprem, (n) $T=250$ yıl ^{222}Rn 3 boyutlu risk haritaları



(Şekil 7.6'nın devamıdır.)

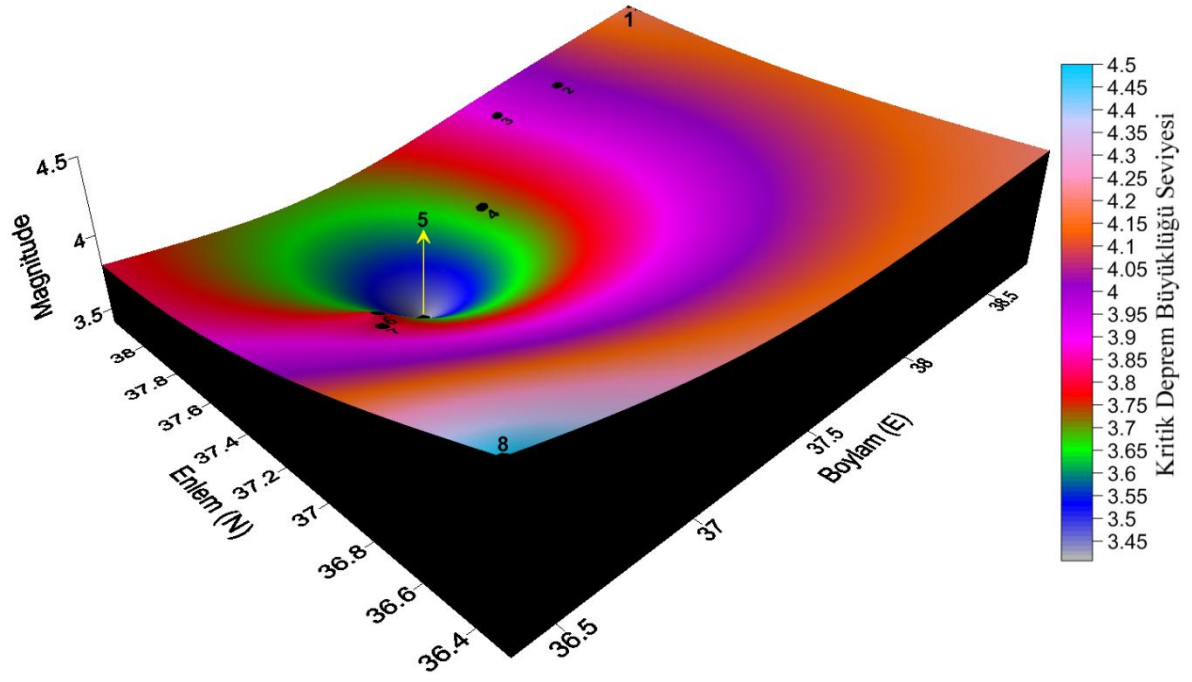


(e)

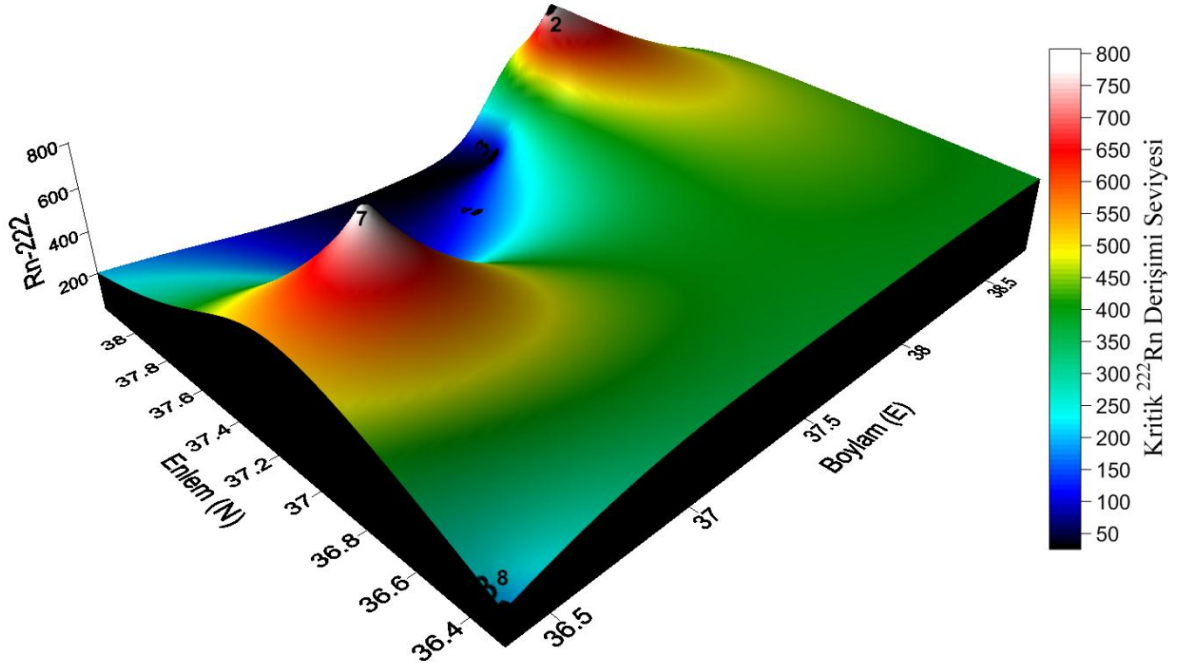


(f)

(Şekil 7.6'nın devamıdır.)

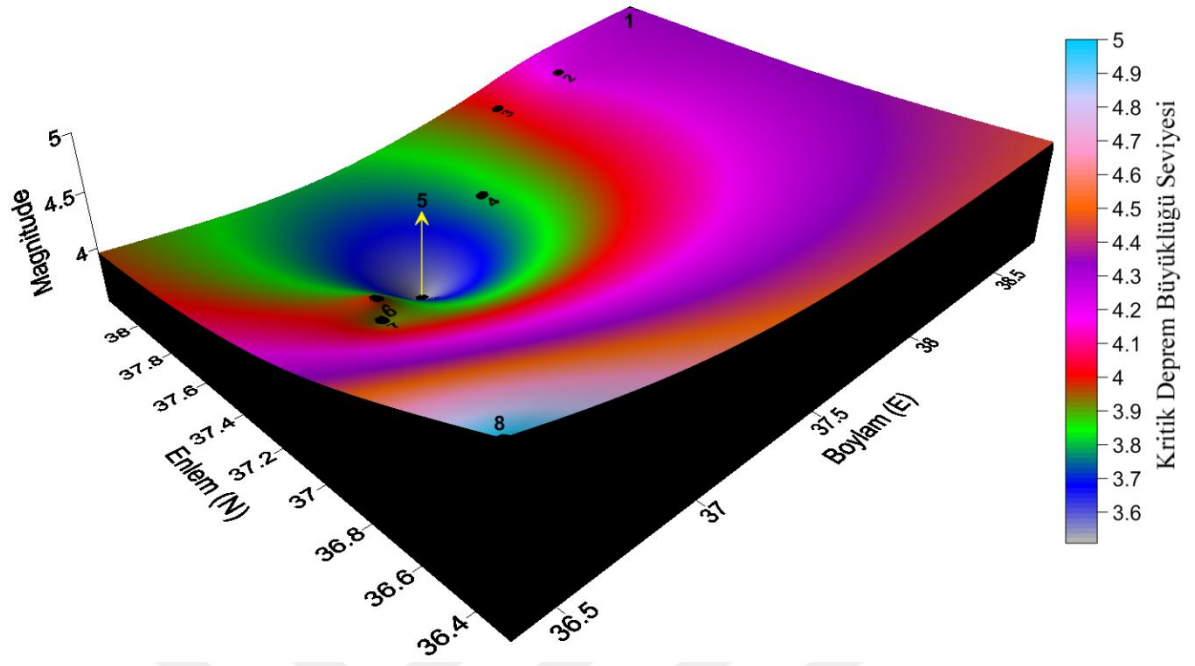


(g)

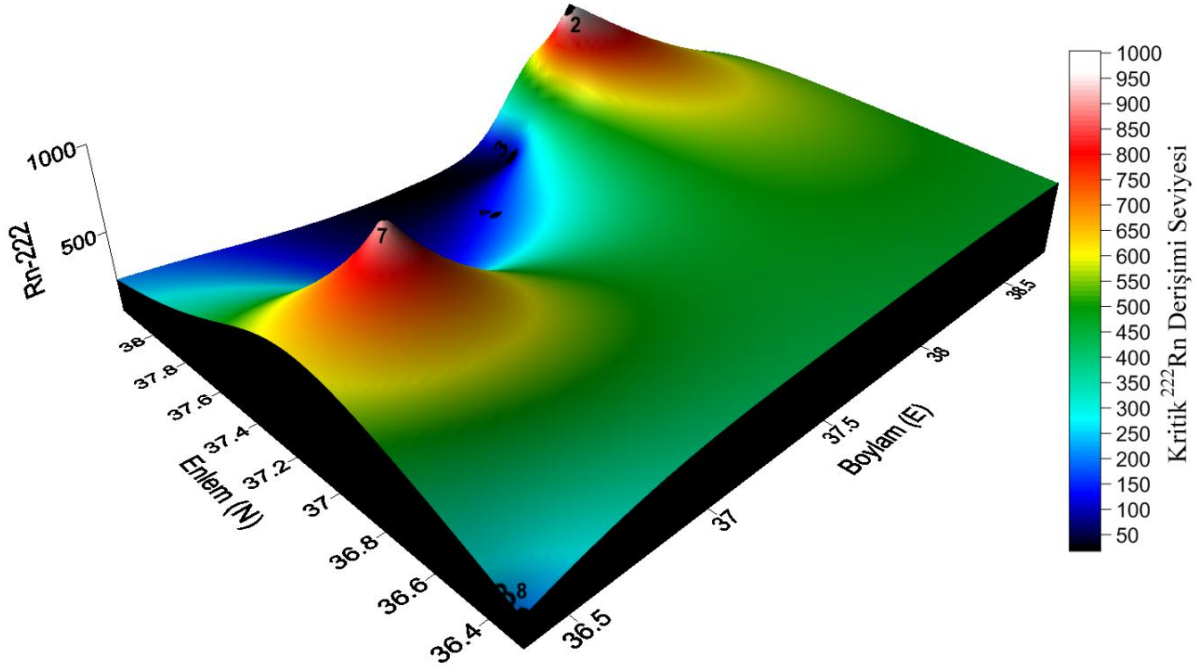


(h)

(Şekil 7.6'nın devamıdır.)

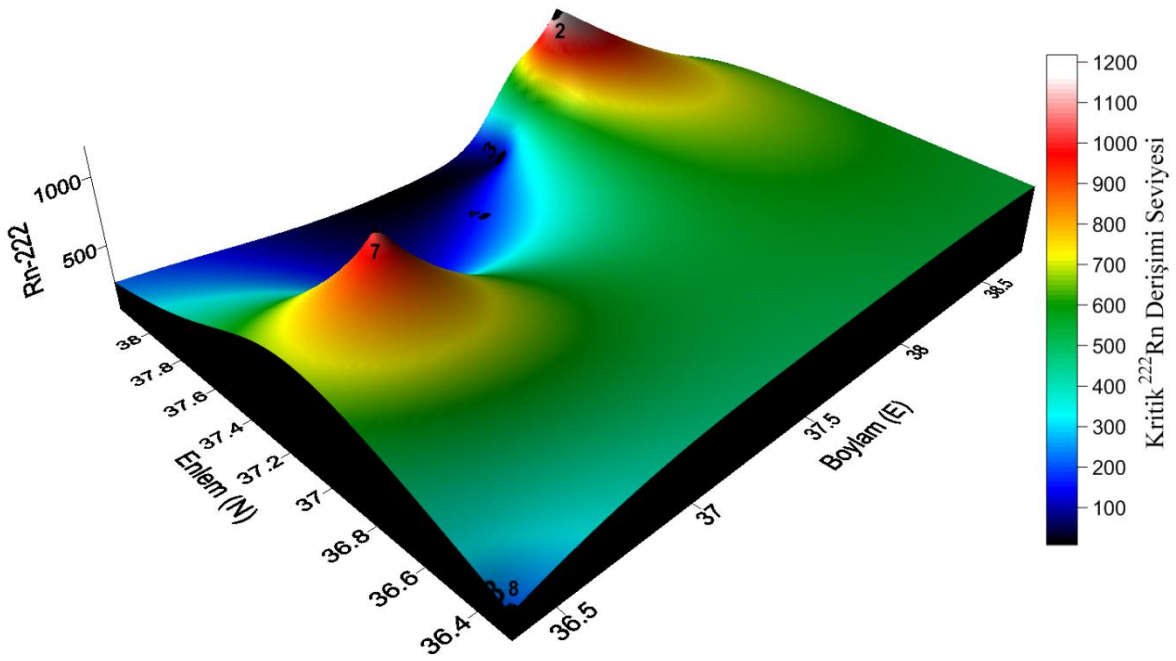
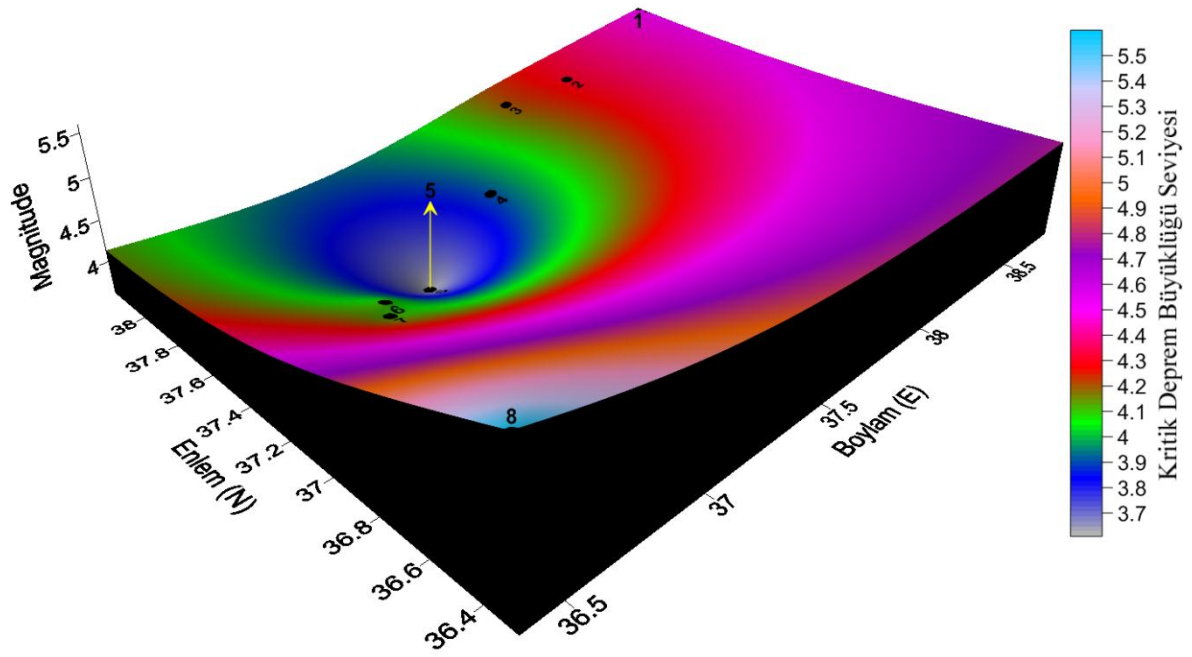


(i)

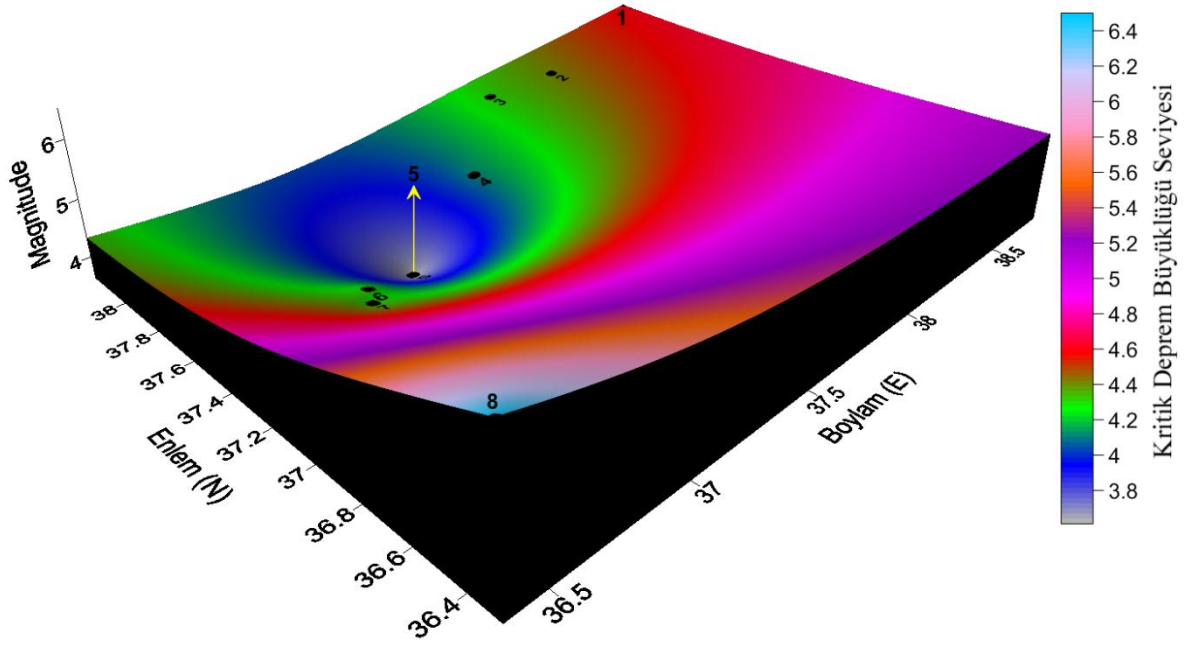


(ii)

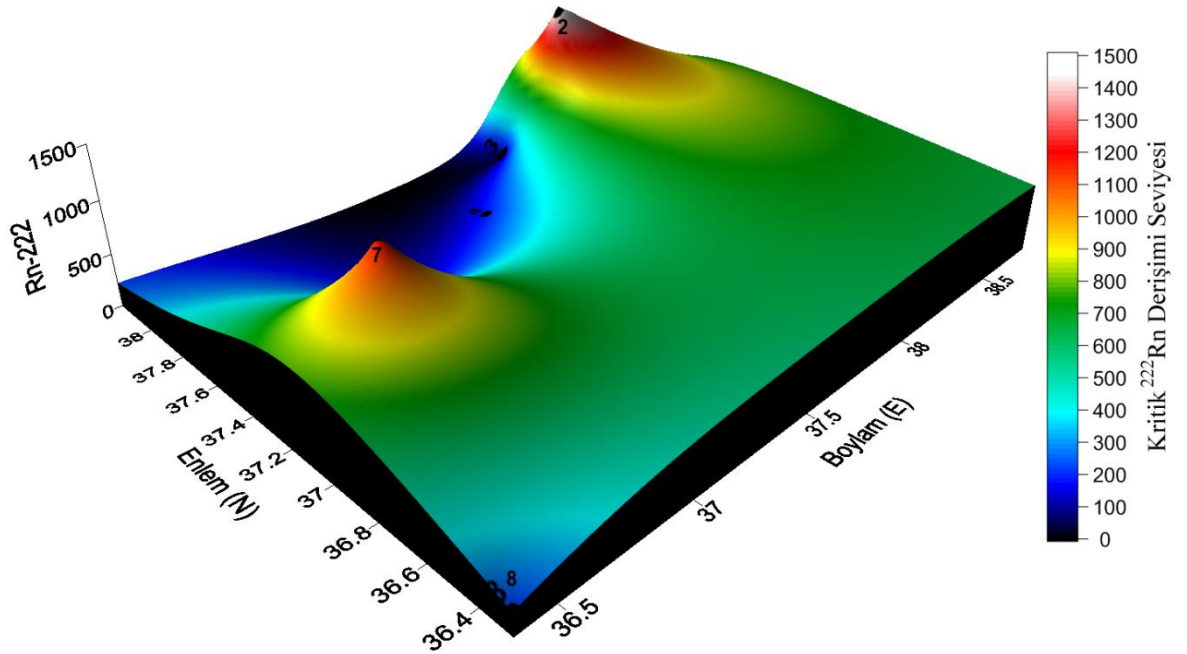
(Şekil 7.6'nın devamıdır.)



(Şekil 7.6'nın devamıdır.)



(l)



(m)

(Şekil 7.6'nın devamıdır.)

Şekil 7.5'te gösterilen deprem ve ^{222}Rn 2 boyutlu risk haritalarından elde edilen simülasyon, `mucahit_yilmaz_deprem_risk_2D.avi` ve `mucahit_yilmaz_radon_risk_2D.avi` dosyaları Compact Disk (CD) içerisinde ayrıca ek olarak verildi. Buna benzer olarak, Şekil 7.6'da verilen 3 boyutlu simülasyon grafikleri de `mucahit_yilmaz_deprem_risk_3D.avi` ve `mucahit_yilmaz_radon_risk_3D.avi` dosyasında gösterildi.

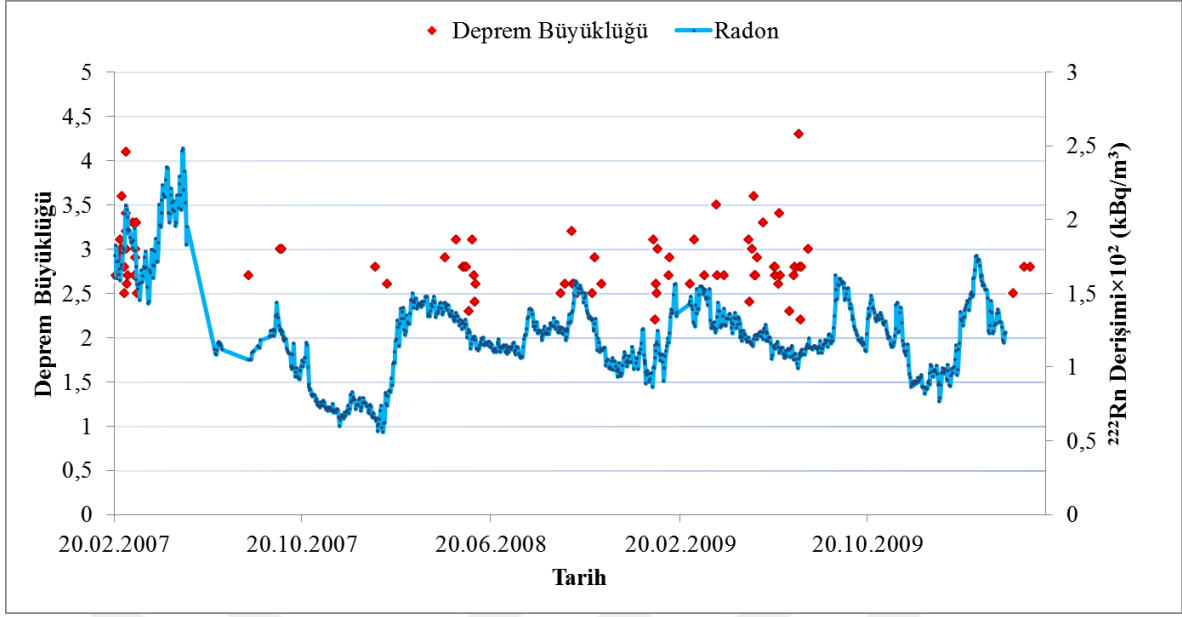
7.3. Toprak ^{222}Rn Derişiminin Deprem ve Çevresel Değişkenler ile İlişkisinin Zaman Serileri Analiziyle İncelenmesi

Dünya üzerinde sismik olarak en aktif faylardan biri olan DAF hattı üzerinde yer alan yaklaşık olarak 300 km uzunluğundaki çalışma bölgesi, 8 istasyondan oluşmaktadır. Bu istasyonlarda 2007-2010 yılları arasında ölçülen toprak ^{222}Rn gazının değişimi, sadece bölgenin jeolojik özelliklerine ve meydana gelen depremlere bağlı olmayıp, aynı zamanda meteorolojik değişkenlerden de etkilenmektedir. Bu nedenle, ^{222}Rn gazının 8 farklı meteorolojik değişken ile ilişkisi de incelendi. Bu değişkenler, Tablo 7.12’de verildi.

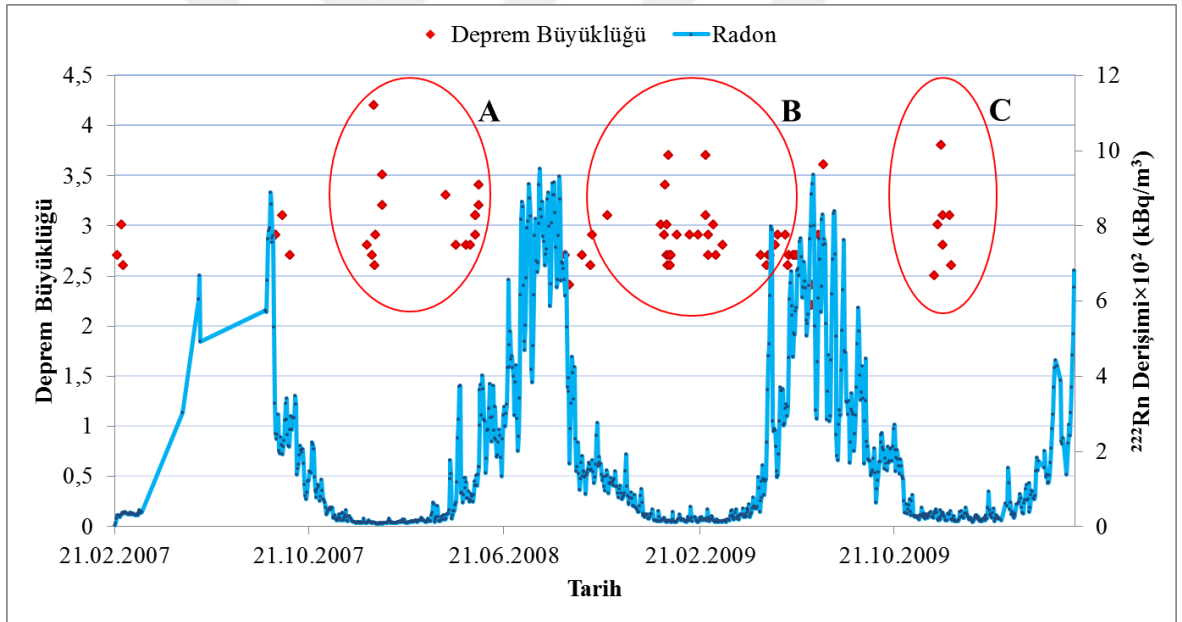
Tablo 7.12. Çalışmada kullanılan meteorolojik değişkenler

Değişken	Birimi
Gün içindeki maksimum dakikalık güneş radyasyonu	cal/cm ²
5 cm derinlikteki toprak sıcaklığı	°C
10 cm derinlikteki toprak sıcaklığı	°C
20 cm derinlikteki toprak sıcaklığı	°C
50 cm derinlikteki toprak sıcaklığı	°C
Buhar basıncı	hPa
Islak termometre sıcaklığı	°C
Kuru termometre sıcaklığı	°C

Çalışma süresince araştırma alanı içerisinde belirlenen 8 istasyondan alınan toprak ^{222}Rn gazının depremlerle olan ilişkisini gösteren zaman serisi analizi grafikleri Şekil 7.7’de gösterildi. Şekil 7.7’deki değişimlerden deprem- ^{222}Rn değişimi üzerine önemli yorumlamalar yapmak mümkündür.

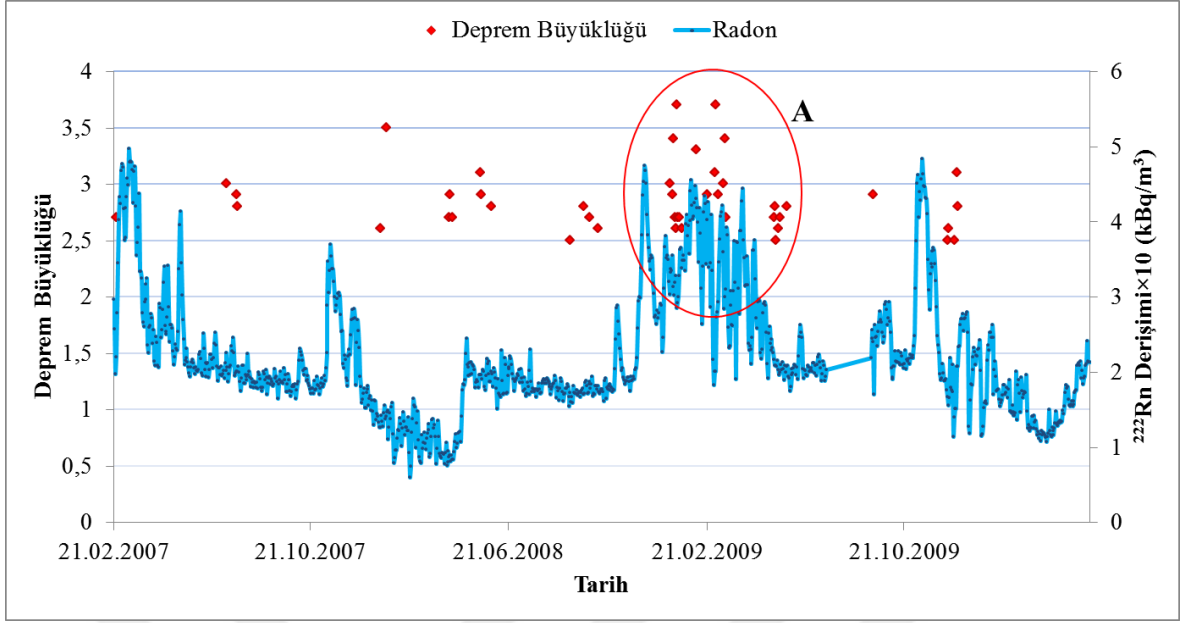


a) Pötürge istasyonu

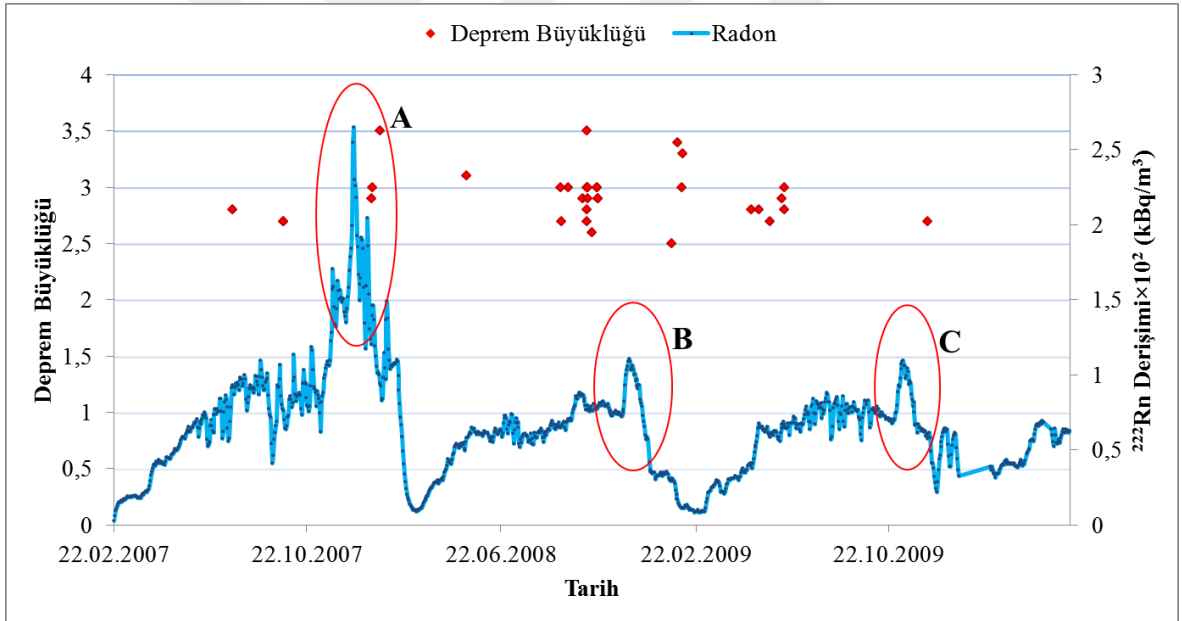


b) Kasımlar istasyonu

Şekil 7.7. DAF hattı boyunca araştırma alanı içindeki istasyonlardan elde edilen toprak ^{222}Rn gazı zaman serileri analizi

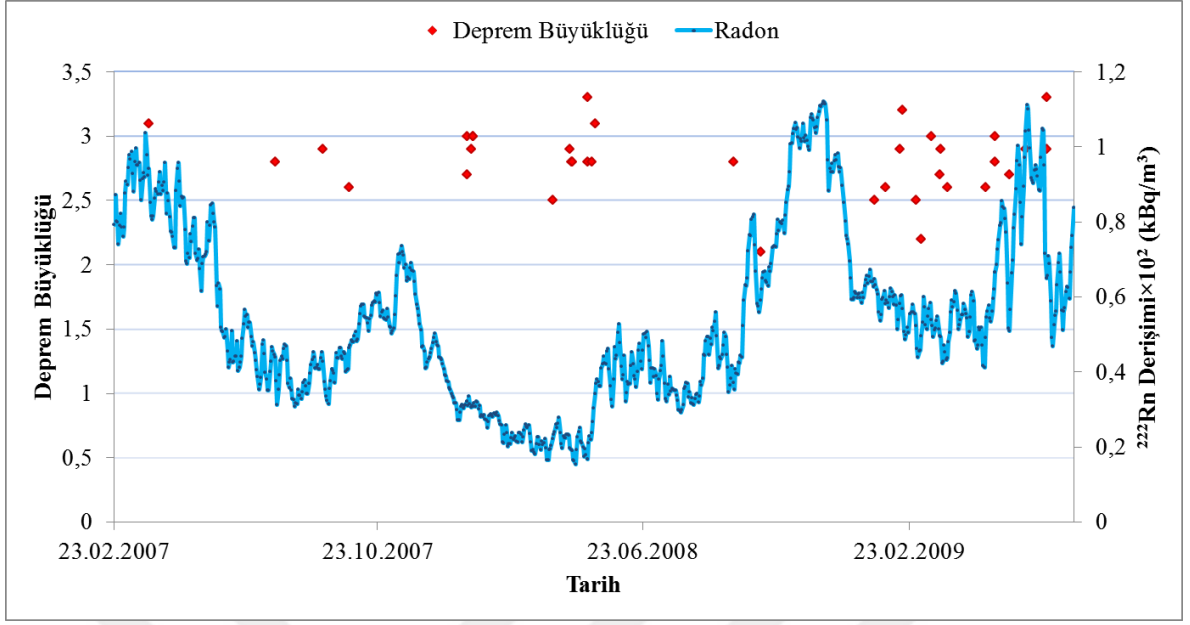


c) Sürgü istasyonu

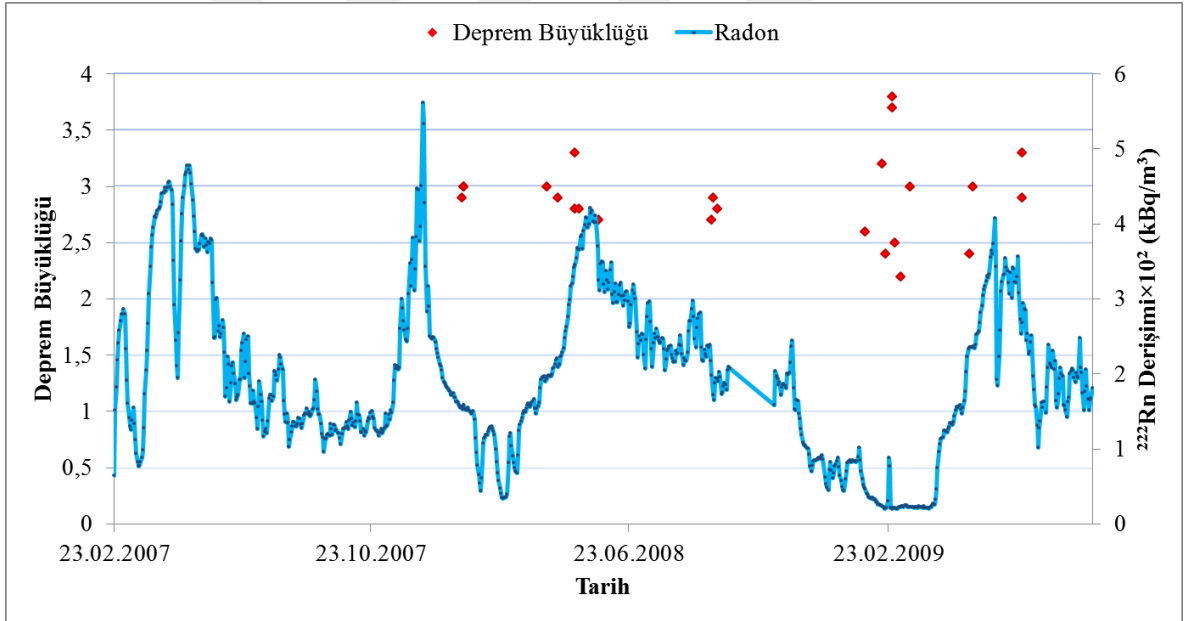


d) Çelik istasyonu

(Şekil 7.7'nin devamıdır.)

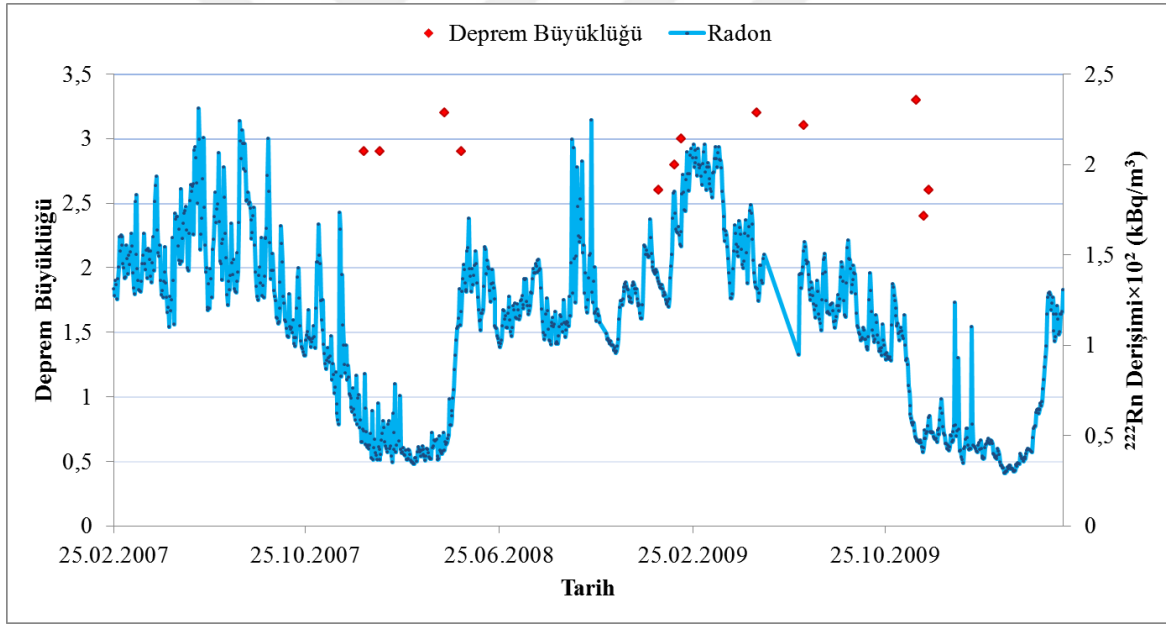
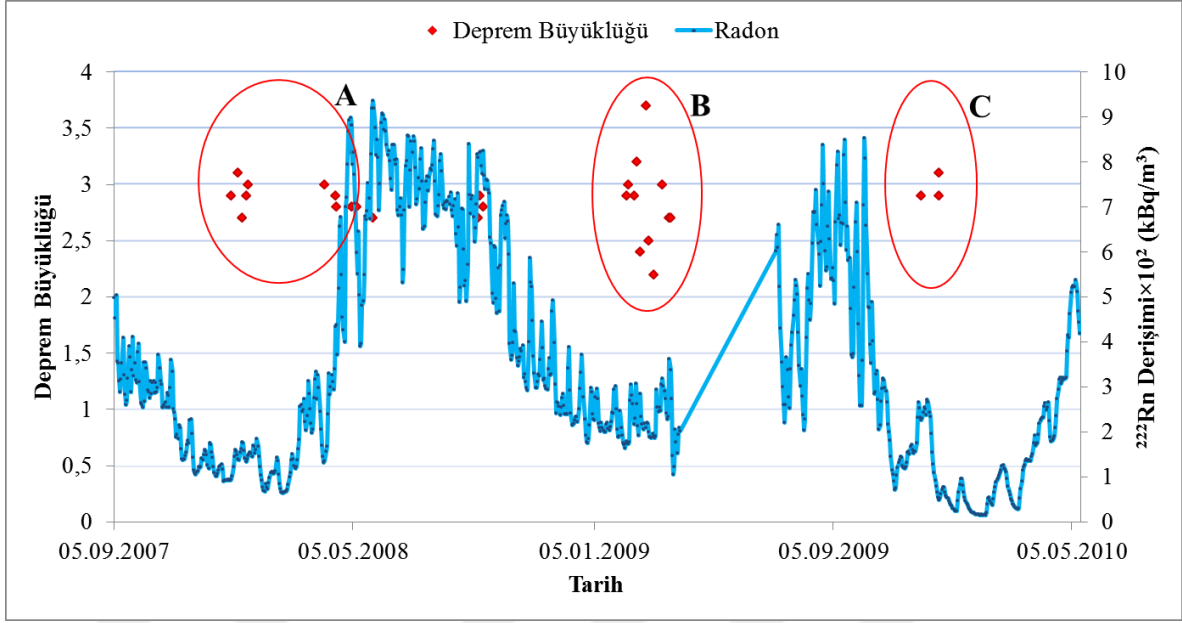


e) Çiğli istasyonu



f) Kızıleniş istasyonu

(Şekil 7.7'nin devamıdır.)



(Şekil 7.7'nin devamıdır.)

Şekil 7.7 (a) incelendiğinde **Pötürge** istasyonunda 2007 yılının Şubat-Mart aylarında meydana gelen pek çok deprem görülmektedir. Bu depremlerin oluşumundan sonra ^{222}Rn gazı derişimlerinde yaklaşık %40'lık bir artış gözlemlendi. Daha sonra bölgede sıcaklığın artmasıyla birlikte, toprakta ısınmalar meydana geldiği görülmüş ve ^{222}Rn gazının topraktan atmosfere geçişinin daha kolay olduğu gözlemlenmiştir. Şubat ve Mart aylarında

bölgedeki yağışlardan dolayı Pötürge istasyonunun toprak yapısındaki gözenekler arası boşluklar dolmuştur. Bu nedenle, ^{222}Rn gazı kaçışının diğer aylara göre nispeten daha az olduğu görüldü. Nitekim bu durum 2008 ve 2009'un aynı dönemlerinde de gözlemlendi. Çalışma bölgesini oluşturan her istasyon için Ek 2 Tablo 100-107'de gösterilen, ^{222}Rn gazı anomalilerinin oluşum nedenlerinin yorumlanması açısından ortalama ^{222}Rn derişimine ait %90 güven aralığı içerisinde alt (L_B) ve üst sınırları (U_B) Denklem 7.5 ve Denklem 7.6 kullanılarak hesaplandı.

$$L_B = \mu - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad 7.5$$

$$U_B = \mu + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad 7.6$$

Burada, μ ; ortalama değer, σ ; standart sapma, n ; veri sayısı ve $z_{\alpha/2}$ ise, güven aralığı için güvenirlilik faktörüdür. %90 güven aralığı için bu değer 1,645'e eşittir. ^{222}Rn gazı salınımı, meteorolojik şartlardan etkilendiğinden ötürü bütün istasyonlar mevsimler olarak gruplandırılarak Ek 2 Tablo 1-99'da görüldüğü gibi tanımlayıcı istatistikleri çıkarıldı. Bu tanımlayıcı istatistiklerin Denklem 7.5 ve Denklem 7.6'dan faydalanarak kullanılması sonucunda elde edilen güven aralığı sınırları Ek 2 Tablo 100-107'de gösterildi. Farklı yıllarda mevsimsel olarak gruplandırılarak elde edilen değerler neticesinde, ^{222}Rn gazı salınımının etkilendiği durumların yıllar bazında benzer olup olmadığının tespit edilebilmesi açısından önemlidir. Eğer ^{222}Rn derişim değerleri aynı mevsim içerisinde farklı yıllarda benzerlik göstermez ise, ^{222}Rn salınımını değiştiren bir etkenin olduğu konusunda ipucu vermektedir. Bu etkenler ^{222}Rn derişiminde farklılığa neden olabilecek deprem, sel veya kuraklık gibi olaylar olabilir. Bu amaç doğrultusunda elde edilen sonuçlar Ek 2 Tablo 100'de gösterildi. 2008-2009 yıllarında Pötürge istasyonu için elde edilen toprak ^{222}Rn gazı salınımının %90 güven aralığıyla hesaplanan alt (L_B) ve üst değerlerinin (U_B) birbiriyle farklı yılların aynı mevsimlerinde %75 oranında uyduğu gözlemlendi. Bu durum, aynı mevsimlerdeki ^{222}Rn gazı salınımının yıllara göre benzer durumlardan etkilendiğini, herhangi bir sıra dışı olayın olmadığını desteklemektedir.

^{222}Rn derişimi ile meteorolojik değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 7.13'te gösterildi. Pötürge istasyonunda, ^{222}Rn derişimi ile meteorolojik değişkenler arasında güçlü bir ilişki bulunmamaktadır. Bu durum, **Ek 3 Şekil 1**'de ^{222}Rn gazı derişimi

ile meteorolojik değişkenler ile değişimi grafiğinde de görüldü. ^{222}Rn gazı salınımını üzerine meteorolojik değişkenlerin etkisinin düşük olduğu, anomalilerin sebebi bölgede meydana gelen depremlerden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 7.13. Çalışma bölgesi için elde edilen korelasyon katsayıları

İstasyonlarda ölçülen ^{222}Rn gazı (kBq/m^3)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Pötürge	0,42	0,21	0,21	0,21	0,19	0,22	0,28	0,25
Kasımlar	0,43	0,85	0,85	0,83	0,81	0,68	0,82	0,82
Sürgü	-0,09	0,37	0,38	0,36	0,37	0,30	0,32	0,35
Çelik	0,69	0,70	0,74	0,77	0,50	0,61	0,67	1,00
Çiğli	-0,08	-0,65	-0,66	-0,66	-0,71	-0,63	-0,65	-0,65
Kızıleniş	0,34	0,40	0,40	0,40	0,38	0,30	0,36	0,38
Beyoğlu	0,00	0,76	0,82	0,86	0,92	0,58	0,62	0,67
Demirköprü	0,32	0,33	0,34	0,34	0,33	0,33	0,31	1,00

[I] Gün içindeki maksimum dakikalık güneş radyasyonu (cal/cm^2)

[II, III, IV, V] 5, 10, 20, 50 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

[VI] Buhar basıncı (hPa)

[VII- VIII] Islak ve kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

2007 yılı İlkbahar mevsiminde ^{222}Rn derişimi $142,98\text{-}248,10 \text{ kBq/m}^3$ aralığında değerler alırken, yaz mevsiminde $91,10\text{-}139,42 \text{ kBq/m}^3$ aralığında değişti. Buna karşılık, bu mevsimlerde elde edilen güven aralıkları, 2007 ilkbahar mevsiminde $L_B=186,34 \text{ kBq/m}^3$, $U_B=194,72 \text{ kBq/m}^3$ ve 2007 yaz mevsiminde ise $L_B=107,71 \text{ kBq/m}^3$, $U_B=141,61 \text{ kBq/m}^3$ olarak hesaplandı. Burada hesaplanan güven aralıklarının genişlikleri diğer mevsimlere nazaran daha geniştir (Ek 2 Tablo 100). Bu sonuç, ilkbahar mevsiminde, yaz mevsimine göre daha fazla sayıda deprem olması şeklinde yorumlanabilir. Çünkü depremler topraktan havaya ^{222}Rn salınımını arttırmaktadır. Yeraltında toprak ve kaya tabakaları arasındaki boşluklarda tutulan ^{222}Rn sarsıntıyla birlikte bu boşluklardan kaçmaktadır. 2007 yılı Sonbahar mevsiminde ise sadece iki deprem meydana geldiğinden dolayı, ^{222}Rn derişimi ilkbahar ve yaz mevsimine göre azalmakta olup $73,47\text{-}143,74 \text{ kBq/m}^3$ aralığında değerler aldı. 2007 yılı ilkbaharda ortalama ^{222}Rn değeri $190,53 \text{ kBq/m}^3$ ve yaz mevsiminde $124,66 \text{ kBq/m}^3$ olarak ölçülürken, en düşük gaz salınımı ortalama 107 kBq/m^3 ile sonbahar mevsimine aittir. Bu dönemde, ^{222}Rn salınımına meteorolojik değişkenlerin etkisinin çok az olduğu, dolayısıyla gaz salınımının deprem ile tetiklendiği söylenebilir.

2008 yılı ilkbahar mevsiminde ortalama ^{222}Rn derişimi, $134,03 \text{ kBq/m}^3$ değerinde ölçüldü. Yaz mevsiminde bu değer, $117,41 \text{ kBq/m}^3$ 'e düşmekte ve ardından sonbaharda

130,54 kBq/m³ e yükselmektedir. Bu dönemde, büyüklükleri 2,5 ile 3,5 arasında değişen toplam 18 deprem meydana gelmiş olup, yaz mevsiminde ise 2,6 büyüklüğünde tek deprem olmuştur. Bu nedenle, ilkbahar ve sonbaharda ²²²Rn salınımı, yaz mevsimine göre fazla olmuştur. 2009 yılı için mevsimsel olarak gruplandırılarak hesaplanan ortalama ²²²Rn değerlerinde, 2008 yılı değerleriyle oldukça yakın sonuçlar elde edildi. Pötürge istasyonunda ölçülen ²²²Rn için 2008, 2009 ve 2010 yıllarında hesaplanan ortalamaya ait %90 güven aralığında alt ve üst sınırlara bakıldığında (Ek 2 Tablo 100), sınır değerleri oldukça yakındır. Buda bize 2008, 2009 ve 2010 yıllarında ²²²Rn gazı salınımında farklılığın olmadığını göstermektedir. 2007 ve 2008 ilkbahar mevsimine benzer sonuçlar, 2009 yılı içinde gözlemlendi.

Çalışma alanını içerisinde bulunan ikinci istasyon **Kasımlar**, Malatya ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu istasyonda toprak ²²²Rn derişimi ile meteorolojik değişkenler arasında, gün içindeki maksimum dakikalık güneş radyasyonu (cal/cm²) ve buhar basıncı (hPa) dışında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Bu durum, mevsimsel değişimlerin ²²²Rn salınımının üzerinde katkısı olduğu anlamına gelmektedir. **Şekil 7.7(b)** ²²²Rn-deprem ilişkisi açısından önemli anomaliler içermektedir. Kasımlar istasyonunun nispeten geçirimli toprak yapısı ²²²Rn anomalilerinin depremle olan değişiminin çok güzel görünmesine sebep olmaktadır. Grafik üzerinde **A**, **B**, ve **C** bölgelerinde meydana gelen depremler sırasında ²²²Rn gazında çok ciddi düşüşler gözlemlendi. Depremlerden sonra ise, ²²²Rn derişiminde ortalama %500 oranında artışlar gözlenmiştir. Bu durum literatürdeki benzer çalışmalar ile uyum içerisinde (Külahcı ve Çiçek, 2015; Piersanti vd., 2016; Li vd., 2016; Attanasio ve Maravalle, 2016). Bununla beraber, meydana gelen depremlerden hemen sonra ²²²Rn gazı derişiminde yaklaşık 5 katlık bir artış oldu. Kasımlar istasyonunda 2007 yılı Eylül ayı içerisinde ²²²Rn derişim değerlerinde ani artışlar oldu. Bu artışların ardından büyüklüğü 2,7 ile 3,1 aralığında değişen depremler ile boşalmalar meydana geldi. Ekim ve kasım aylarında ise, herhangi bir deprem olmayıp ²²²Rn salınımında yüksek oranda düşüşler gözlemlendi. Depremlerin yanısıra, özellikle kasım ayında yağışlara bağlı olarak hava sıcaklıklarının azalması ve toprak neminin artmasıyla da, ²²²Rn salınımındaki düşüşlere etkisi olmaktadır. 2008 yılı ilkbahar mevsiminde ²²²Rn, 11,19 kBq/m³ minimum değerini alırken daha sonra 401,82 kBq/m³'e kadar yükseldiği görüldü. Yaz mevsiminde hava sıcaklıklarının artması ve yağışların azalmasıyla ²²²Rn değeri en az 132,91 kBq/m³, en fazla ise, 937,29 kBq/m³ olarak ölçüldü. Ardından sonbahar mevsiminde tekrar başlayan yağışlardan ötürü toprağın tutuculuğu artmakta olup, ²²²Rn salınımında ciddi

düşüşler gözlemlendi. Sonbahar mevsiminde (2008 yılı) derişim değerleri 54,83-728,58 kBq/m³ aralığında değışti. Kış mevsiminde hava sıcaklığının sıfırın altına düşmesiyle yaşanan kar yağışları ve meydana gelen don olaylarının etkisiyle toprak sertleşmektedir. Böylece, ²²²Rn salınımında ciddi düşüşler olmaktadır. ²²²Rn derişimi asgari 7,75 kBq/m³ olarak ölçülürken, azami 44,40 kBq/m³ değerine ulaşmıştır. Bu değerler, diğer mevsimlere göre oldukça küçüktür. Çalışma süresi boyunca ²²²Rn ile meteorolojik değışkenlerin temel istatistiksel değışimleri mevsimsel olarak hesaplanarak Ek 2 Tablo 14-23'de gösterildi. Mevsimlere göre; ²²²Rn'nin değışimi Yaz>Sonbahar>İlkbahar>Kış şeklinde sıralanabilir.

2009 yılında da 2008 yılına benzer sonuçlar gözlemlendi. Ortalama değerlere bakıldığında en fazla ²²²Rn salınımı 527,70 kBq/m³ ile yaz mevsiminde gözlemlendi. İlkbaharda ortalama derişim değeri 95,31 kBq/m³, sonbaharda 165,86 kBq/m³ ve kış mevsiminde 25,00 kBq/m³ civarındadır. Topraktan havaya doğru gaz salınımlarındaki bu düşüş, ilkbahar mevsiminde yağış oranının fazla olması sonucu, toprak neminin yaz mevsimine göre daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü nemli topraklar, kuru topraklara göre daha fazla tutucudur. Bununla birlikte, kurak mevsimlerde topraklarda çatlaklar olduğundan gaz salınımı kolaylaşmaktadır. Yine 2009 yılı içinde toprak ²²²Rn derişim değerleri, 2008 yılına benzer olarak Yaz>Sonbahar>İlkbahar>Kış şeklinde sıralanmaktadır.

Çalışma bölgesinde 3. istasyon olan **Sürgü** istasyonunda, toprak ²²²Rn derişimi ile meteorolojik değışkenler arasındaki korelasyon katsayılarına (Tablo 7.13) bakıldığında ilişkinin gün içindeki maksimum dakikalık güneş radyasyonu değışkeninde negatif yönde, diğer değışkenler için ise pozitif yönde çok zayıf olduğu görülmektedir. Bu nedenle, Sürgü istasyonunda topraktan havaya ²²²Rn salınımını, sadece meteorolojik değışkenler ile açıklamak pek mümkün değildir. Mevsim değışimlerinden kaynaklanan hava sıcaklığı ve yağış oranındaki değışimlerin ²²²Rn derişimleri üzerinde etkisi olduğu şüphesizdir (Cothorn, 1987; Otton, 1992; Durrani ve Ilić, 1997; Külahcı ve Şen, 2014; Barman vd., 2016; Li vd., 2016). Ancak Sürgü istasyonunda bu etkinin oldukça zayıf olduğu görüldü. Şekil 7.7(c) Sürgü istasyonundaki ²²²Rn-deprem değışimini göstermektedir. Çalışma süresi boyunca Sürgü istasyonundan elde edilen ²²²Rn gazı ile meteorolojik değışkenlerin istatistikleri mevsimsel olarak hesaplanarak Ek 2 Tablo 24-36 aralığında gösterildi. Bölgedeki ²²²Rn gazı anomalileri daha çok bölgenin toprak yapısı ve araştırma dönemi boyunca bölgede meydana gelen depremler ile meydana gelmektedir. Bu bölgenin toprak yapısı killi bir yapıda olduğu için gazın yeryüzüne çıkışı yukarıda bahsedilen istasyonlardaki gibi olmamıştır. Altaki kil tabakası, ²²²Rn gazının yüzeye kolayca

çıkmasını engellemektedir. Dolayısıyla yeraltından gelen ^{222}Rn , bu kil tabakasına tutunur. Özellikle grafik üzerinde belirtilen **A** bölgesinde (Şekil 7.7(c)) görüldüğü gibi depremlerin artmasıyla beraber ^{222}Rn gazında belirli bir yükseliş olmuş, fakat toprak yapısının nispeten geçirimsiz olması sebebiyle ^{222}Rn gazı derişiminin artışı depremlerin olduğu zamanlara denk gelmiştir. Grafik üzerindeki **A** bölgesi, 2009 kış ve ilkbahar mevsimini kapsamaktadır. Bu mevsimlerde, ortalama ^{222}Rn gazı derişimi sırasıyla $35,56 \text{ kBq/m}^3$ ve $27,79 \text{ kBq/m}^3$ olarak ölçüldü. Sürgü istasyonunda 2007-2010 yılları arasında ölçülen toprak ^{222}Rn gazı derişimi, deprem ve meteorolojik değişkenler arasındaki değişim grafiği Ek 3 Şekil 3'te gösterildi. Bu grafik üzerinde de meteorolojik değişkenlerin ^{222}Rn gazı salınımı üzerinde etkisinin zayıf olduğu görüldü. Örneğin, 2007 Şubat ayının son haftasında meteorolojik değişkenler ile uyum sözkonusu oldu ancak eylül ayına kadar toprak ve hava sıcaklıklarının artmasına rağmen, ^{222}Rn gazı derişimlerinde düşüş gözlemlendi. 24.02.2007 tarihinde bölgede meydana gelen depremin ^{222}Rn gazı salınımına neden olduğu söylenebilir. Çalışma süresi boyunca deprem olduğu dönemlerde ^{222}Rn gazı derişimlerinde anomalilerin olduğu görüldü. Sürgü istasyonunda ^{222}Rn gazı anomalileri üzerinde depremlerin etkisinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü, bu istasyon hem DAF hem de Sürgü fayına yakın olduğundan gaz salınımında meteorolojik değişkenlerden ziyade yer hareketlerinin etkisi daha fazladır.

Çalışma alanını oluşturan bir diğer istasyon olan **Çelik** istasyonundan elde edilen toprak ^{222}Rn ölçümleri incelendiğinde, Tablo 7.17'de gösterildiği gibi meteorolojik değişkenler ile pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Şekil 7.7(d) grafiğinde **A**, **B** ve **C** bölgeleri ekim-kasım dönemlerine rastgelmektedir. Bu dönemde Çelik istasyonunda ^{222}Rn çıkışı yıllar bazında eş zamanlılık gösterdiği görülmektedir (Ek 2 Tablo 103). Çalışma süresi boyunca ^{222}Rn ile meteorolojik değişkenlerin istatistikleri mevsimsel olarak hesaplanarak Ek 2 Tablo 37-49 aralığında gösterildi. Bu sonuçlara bakıldığında, 2009 yılı ilkbahar mevsiminde ^{222}Rn derişimi $8,76-67,73 \text{ kBq/m}^3$ arasında olup ortalama derişim değeri $37,46 \text{ kBq/m}^3$ civarında ölçüldü. Yaz mevsiminde hava sıcaklıklarının artmasıyla toprağın nemi azalmaktadır. Dolayısıyla toprağın geçirimliliği artmakta, ^{222}Rn salınımında artışlar olmaktadır. Yaz mevsiminde minimum derişim değeri $55,67 \text{ kBq/m}^3$ ve azami $88,28 \text{ kBq/m}^3$ değerine ulaşmaktadır (Ek 2 Tablo 44). Ortalama derişim değeride $71,75 \text{ kBq/m}^3$ olarak hesaplandı. 2007 ve 2009 yılı yaz mevsiminde ölçülen derişim değeri, ilkbahara göre yaklaşık 2 kat, 2008 yılında ise yaklaşık 1,5 katlık artış gösterdi. Çelik

istasyonu için, kış ölçümleri incelendiğinde 2008 Aralık ayının ilk haftasında salınan ^{222}Rn gazı derişimi azami $108,93 \text{ kBq/m}^3$ değerinde ulaşırken, aralık ayının sonlarına doğru derişim değerlerinde düşmeler meydana geldi. En küçük derişim değeri $34,45 \text{ kBq/m}^3$ olarak ölçüldü. 2009 yılı ocak ve şubat aylarında sıcaklıklarda hissedilebilir seviyede düştüğü için don olaylarıyla birlikte toprağın geçirirmliliği azalmakta olduğu için ^{222}Rn gazı ölçümlerinde ciddi düşüşler gözlemlendi. Toprak ^{222}Rn derişimi asgari $8,29 \text{ kBq/m}^3$, azami $35,47 \text{ kBq/m}^3$ değerine ulaştı. Ortalama derişim değeri ise $21,03 \text{ kBq/m}^3$ olarak hesaplandı.

Çalışma alanında 5. istasyon olan **Çiğli** istasyonunda elde edilen toprak ^{222}Rn ölçümleri incelendiğinde, Tablo 7.13'te gösterildiği gibi meteorolojik değişkenler ile negatif yönde yüksek ilişki olduğu görüldü. Bu istasyonda 2007-2010 yılları arasında ölçülen toprak ^{222}Rn derişimi, deprem ve meteorolojik değişkenler arasındaki değişim grafiği Ek 3 Şekil 5'te gösterildi. 2007 Şubat ayında toprak ^{222}Rn derişimi $79,06 \text{ kBq/m}^3$ seviyelerine yükselmekte olup, mart ayının son haftasında azami değerine ulaştı ($103,64 \text{ kBq/m}^3$). Bu dönemde meydana gelen 3,1 büyüklüğündeki depremin ardından 2007 Ağustos ayına kadar derişim değerlerinde genel bir azalma gözlemlendi. 2008 ilkbaharında ^{222}Rn derişimi $15,49 \text{ kBq/m}^3$ ile $50,52 \text{ kBq/m}^3$ aralığında azalmakta olup, çok sayıda depremler olmuştur. 2008 Eylül ayında ^{222}Rn gazı derişimi artmaya başlayıp, bu artış aralık ayına kadar devam etmektedir. 2009 yılı kış ve ilkbahar mevsiminde gaz derişimi boşalmaya başlamış ve büyüklüğü 2,2 ile 3,2 aralığında değişen çok sayıda deprem meydana gelmiştir. Çalışma süresi boyunca ^{222}Rn gazı ile meteorolojik değişkenlerin istatistikleri mevsimsel olarak hesaplanarak Ek 2 Tablo 50-62'de gösterildi.

Çalışma bölgesindeki 6. istasyon **Kızılönü** ve 8. istasyon **Demirköprü** istasyonları için korelasyon katsayısı değerlerine bakıldığında (Tablo 7.13), ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile pozitif yönde zayıf ilişkiye sahip olduğu görüldü. Bu durum bize mevsim değişimlerinin ^{222}Rn salınımı üzerinde etkisinin az olduğunu gösterdi. Bu istasyonlarda ^{222}Rn anomalilerin oluşmasında, bölge içerisinde meydana gelen depremlerin etkisi fazladır. Türkiye'nin güneyinde bulunan bu iki istasyonda kış mevsiminde sıcaklıklar çok fazla düşmemekte, dolayısıyla don olayı yaşanmamaktadır. Bu nedenle, diğer istasyonlarda olduğu gibi kış mevsiminde ^{222}Rn derişim değerleri diğer mevsimlere göre çok fazla azalmamaktadır. Demirköprü istasyonunda farklı derinliklerden ölçülen toprak sıcaklıkları ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, yaz mevsimine göre çok fazla bir fark yoktur (Ek 2 Tablo 63-75 ve 87-99). Bu durum toprağın nem oranını etkilediği için, ilkbahar ve

sonbahar mevsimlerinde de yüksek ^{222}Rn gazı salınımı gerçekleşmektedir. Kızılören istasyonunda ekim ayında ^{222}Rn salınımı ortalama 5 kat artmış ve aralık ayında 561,09 kBq/m^3 değerine ulaşarak pik yapmıştır. Bu dönemden sonra boşalmalar olmakta ve birçok deprem meydana gelmektedir. Benzer şekilde, 2008 ve 2009 ilkbaharında ^{222}Rn seviyelerinde tekrar artışlar meydana gelmekte ve boşalmanın ardından çok sayıda deprem oluşmaktadır (Şekil 7.7(f)). 2007 ilkbaharından 2009 sonbaharına kadar bu durum kendini 4 kez tekrarlamaktadır. Bölgenin toprak ve jeolojik yapısına bağlı olarak deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında ^{222}Rn gazının yeryüzüne yayıldığı bilinmektedir (Ghosh, 2009; Vizzini ve Brai, 2012; Külahcı ve Şen, 2014; Külahcı ve Çiçek, 2015; Attanasio vd., 2016; Barman vd., 2016; Kamışlıoğlu ve Külahcı, 2016; Kuo, 2016; Piersanti vd., 2016; Zhou vd., 2016). Bölgenin toprak yapısına bakıldığında, kırmızı renkli Akdeniz (Terra-Rossa) topraklarına sahip olduğu görüldü. Bu tür topraklar, kil bakımından zengin olduğundan geçirimsizliği düşüktür. Bu nedenle ^{222}Rn gazının kaçıışı zor olup, deprem sayısının fazla olduğu dönemlerde (06.04.2008-25.05.2008 ve 15.02.2009-29.06.2009), deprem sonrasında ^{222}Rn derişim seviyeleri azami değerinde ulaştığı görüldü. 06.04.2008-25.05.2008 tarihleri arasında, ^{222}Rn boşalmalarının ardından az sayıda deprem meydana gelmesine rağmen tekrar derişim seviyesinde yükselmelere neden olmadığı görüldü.

Demirköprü istasyonunda 2007 Haziran ayından itibaren boşalmalar olmuş, 2008 Mart ayına kadar düşmeler gözlemlenmiştir. 2007 Aralık ayında toprak ^{222}Rn derişimleri ani pik yapmış, 62,25 kBq/m^3 'den 173,27 kBq/m^3 'e yükselmiştir. Bu yükselişin ardından meydana gelen depremler ile tekrar boşalmalar olmuştur. 2008 yılı ilkbaharından sonra ^{222}Rn gazı yayılımında artışlar olup, bir diğer boşalmanın olduğu sonbahar mevsiminden sonra bölgede birçok deprem meydana gelmiştir.

Araştırma bölgesinde 7. istasyon olan **Beyoğlu** istasyonunda elde edilen toprak ^{222}Rn ölçümleri incelendiğinde, Tablo 7.13'te gösterildiği gibi meteorolojik değişkenler ile pozitif yönde güçlü ilişkili olduğu görülmektedir. 2008 Yaz mevsiminde, diğer mevsimlere oranla topraktan havaya yayılan ^{222}Rn gazı derişimlerinde depremlerden sonra artışlar gözlemlenmektedir. ^{222}Rn gazı derişimleri asgari 488,96 kBq/m^3 , azami ise 908,21 kBq/m^3 olarak ölçülmüştür. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ^{222}Rn salınımında çok az bir fark olduğu görüldü. Kış mevsiminde ise 64,41 kBq/m^3 ile 184,46 kBq/m^3 aralığında derişim değerleri değişmekte olup ortalama derişim değeri 120,63 kBq/m^3 olarak hesaplandı. 2009 yılında da 2008 yılına benzer olarak en fazla yayılım yaz mevsiminde gözlenmiş olup

204,55 kBq/m³ ile 837,69 kBq/m³; ilkbahar mevsiminde 105,54 kBq/m³–362,86 kBq/m³; sonbaharda 71,28 kBq/m³–852,63 kBq/m³ ve kış mevsiminde ise, 164,07 kBq/m³ ile 388,46 kBq/m³ aralığında değişti (Ek 2 Tablo 76-86). Kış mevsiminde meydana gelen depremlerin ²²²Rn gazı derişimlerini arttırdığını söyleyebilmemiz mümkündür. Yerkabuğu altındaki boşluklarda birikmiş olan ²²²Rn gazı, depremin neden olduğu levhaların kırılmalarından ötürü atmosfere sızmıştır. Beyoğlu istasyonunda çalışma süresi boyunca ölçülen toprak ²²²Rn derişimi ile ilgili tarih aralığında meydana gelen depremleri gösteren Şekil 7.7 (g) üzerinde gösterilen **A**, **B** ve **C** bölgelerinde depremler oluncaya kadar ²²²Rn gazında çok büyük değişimler (%87,5 oranında) gözlemlendi. 800 kBq/m³'e kadar biriken gaz miktarı depremler neticesinde 100 kBq/m³'e kadar düştü. Bu durum literatürdeki benzer çalışmalara da uygunluk gösterdi (Ghosh, 2009; Vizzini ve Brai, 2012; Külahcı ve Şen, 2014; Külahcı ve Çiçek, 2015).

Araştırma istasyonlarında, 2007-2010 yılları arasında ölçülen toprak ²²²Rn gazı derişimi, deprem ve meteorolojik değişkenler arasındaki değişim grafikleri **Ek 3 Şekil 1-8** aralığında gösterildi. Pötürge istasyonunda, ²²²Rn gazı derişim değerlerinin üzerine meteorolojik değişkenlerin etkisinin zayıf olduğu Ek 3 Şekil 1'de görülmektedir. ²²²Rn salınımı, bölgenin jeolojik yapısına bağlı olmasıyla birlikte bölgede meydana gelen depremlere bağlı olarak değişmektedir. Malatya ili, deprem kuşağı bakımından ikinci büyük fay kuşağında yer aldığından dinamik bir yer hareketliliğine bağlı kalmakta ve bölgede sıklıkla depremler oluşmaktadır (Çolak, 2011). 2007 Haziran-Eylül ayları arasında yağış oranı azalmakta ve bununla birlikte sıcaklıklarında yükselmesiyle toprağın nemi azalmaktadır. Ek 3 Şekil 1 incelendiğinde, bu dönemde ²²²Rn gazı seviyesinde yükselmeler olduğu görüldü. Ocak 2008'e kadar genel olarak ²²²Rn derişiminde düşüş gözlemlendi. Ocak ve mart aylarında birçok depremin olduğu görüldü. Ek 2 Tablo 11'de görüldüğü gibi sıcaklıkların bu aylarda düşük olduğu, dolayısıyla meteorolojik değişkenler tarafından ²²²Rn gazının topraktan kaçmasını kolaylaştıracak zeminin hazırlanmadığı anlaşıldı. Bu bölgede ²²²Rn gazının salınımı üzerine depremlerin etkisinin daha fazla olduğu söylenebilir. Pötürge istasyonu ile benzer davranışlar sergileyen Sürgü ve Kızıleniş istasyonları içinde aynı yorumlamaları yapmak mümkündür. Bu iki istasyonda da meteorolojik değişkenlerin ²²²Rn salınımına etkisi oldukça düşüktür. Bu durum; Sürgü ve Kızıleniş istasyonları için sırasıyla Ek 3 Şekil 3 ve Şekil 6'da grafik üzerinde gösterildi.

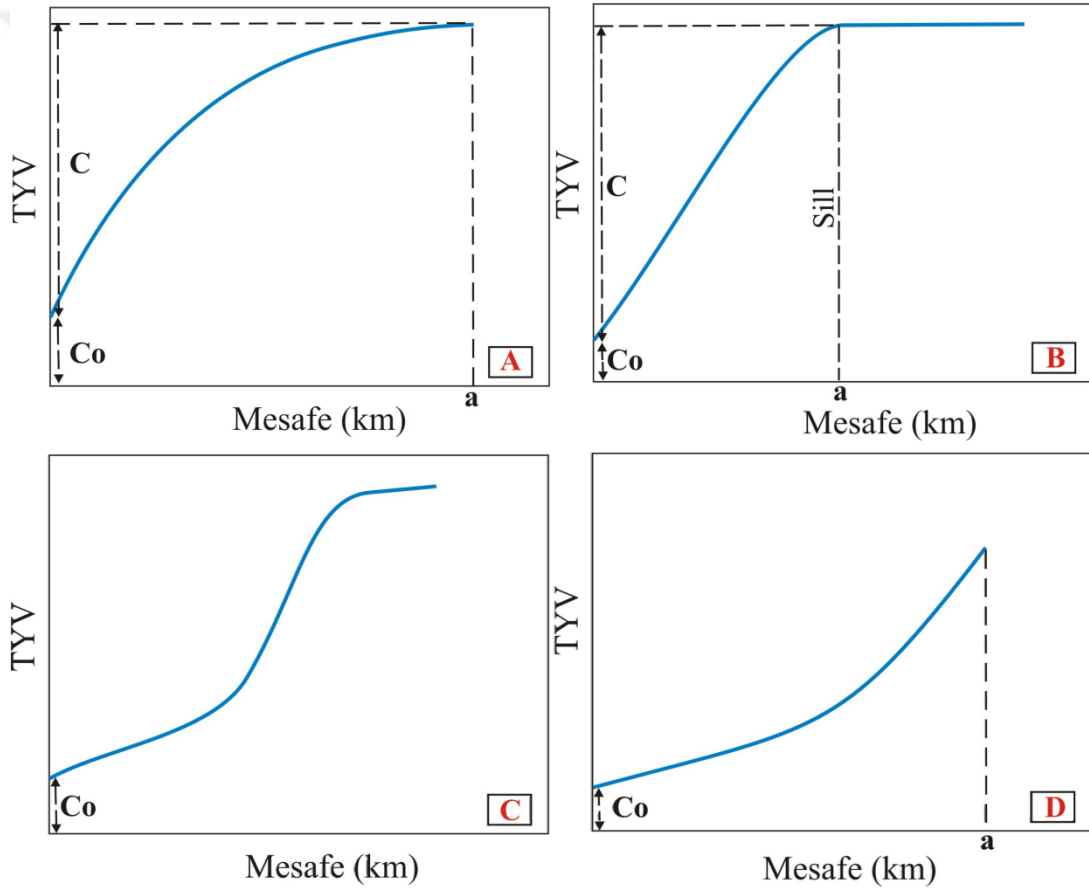
Kasımlar, Çelik, Çiğli, ve Beyoğlu istasyonlarında ^{222}Rn salınımına depremlerin yanısıra, meteorolojik değişkenlerin etkisinin olduğu görüldü (Ek 3 Şekil 2, 4, 5 ve 7). Kış mevsimlerinde hava şartlarından ötürü ^{222}Rn salınımı azalmakta, yağışlı dönemlerin sonra erdiği özellikle de yaz mevsimlerinde toprağın geçirirmliliği arttığından ^{222}Rn gazı salınımında artışlar gözlemlendi. Bu istasyonlarda, depremler ile birlikte bölgelerin jeolojik yapılarına da bağlı olarak meteorolojik değişkenlerin ^{222}Rn gazı anomalilerinin oluşmasında etkili olduğu düşünüldü.

7.4. ^{222}Rn Derişimi ve Deprem Büyüklüğünün TYV Yöntemi ile Modellenmesi

Toplam Yarıvaryogram (TYV) Yöntemi, Matheron (1963) tarafından önerilen klasik yarıvaryogram tekniğine alternatif olarak Şen (1989) tarafından önerildi. TYV, bölgesel değişkenlerin modellenmesi için önerilen bir yaklaşımdır. TYV herhangi bir ortam içerisindeki örnekleme noktalarının diğer bütün konumlara olan uzaklıklarının artan değere göre sıralanması ve her bir uzaklığa karşılık gelen bölgesel değişken değerinin yarı kare farklarının ardışık toplamının alınmasıyla hesaplanır. Bu yöntem, diğer klasik istatistik yöntemlerin gerektirdiği Normal Dağılım ve eşit aralıklı mesafelerde ölçüm gibi kısıtlamalar gerektirmedikinden uzaysal bağımlılık yapısını ve bölgesel değişkenliği belirlemede klasik yöntemlerden daha avantajlıdır (Şen, 1989; Şahin, 2001; Külahcı ve Şen, 2007; Şen, 2009(b)). Bölgesel bağımlılığın bir ölçüsü olan TYV, birbirine daha yakın iki konum arasındaki ilişkinin birbirine uzak olan konumlara göre daha güçlü olduğunu ifade eder ve bu konumlarda TYV'nin değeri daha küçük olmaktadır. Araştırma alanı içerisinde 2007-2010 tarihleri arasında koordinatları Tablo 5.1'de verilen 8 istasyonun 3 yıl boyunca gözlemlenen toprak ^{222}Rn değerleri ile, ilgili tarihlerde bölgede meydana gelen deprem büyüklüğü arasındaki ilişki TYV metodu ile incelendi. Toprak ^{222}Rn gazı derişimi ve deprem büyüklükleri yıllık olarak gruplanarak deprem- ^{222}Rn karakteristikleri elde edildi. Burada, öncelikle bölgesel değişken olarak toprak ^{222}Rn derişimi verileri kullanıldı ve 2007-2010 yılları arasında topraktan atmosfere salınan ^{222}Rn gazının derişim değerleri yıllık seriler halinde gruplandırılarak modellendi. DAF hattı üzerinde ve yakınında bulunan ve Tablo 5.1'de koordinatları verilen istasyonların birbirlerine olan uzaklıkları belirlendi. Denklem 6.11 kullanılarak, her bir mesafe değeri için bölgesel değişken verisinin yarı kare farkları hesaplandı. Daha sonra, mesafe değerleri en küçük mesafeden en büyük mesafeye doğru sıralanıp, yarı kare farkların ardışık toplamı hesaplandı. Bu hesaplamalar neticesinde

Çizilen ^{222}Rn TYV grafikleri Ek 4 Şekil 1-3'te, deprem TYV grafikleri ise Ek 4 Şekil 4-6'da gösterildi.

Her istasyon için 1 tane TYV grafiği mevcut olup, ^{222}Rn ve deprem değerleri yıllık olarak gruplandırıldığından, her istasyon için 3 grafik elde edildi ve literatürde yaygın olarak kullanılan çeşitli varyogram modellerine göre tasnif edildi (Şen, 1989; Şen, 1997; Şahin, 2001; Niksarlıoğlu ve Külahcı, 2015). Bu modellerin her biri ^{222}Rn açısından farklı matematiksel eşitliklere uymakta olup, detaylı yorumlamalar yapıldı. Bizim alışmamızda elde ettiğimiz eğrileri gruplandırdığımız zaman elde edilen TYV grafikleri Şekil 7.8'de verildi.



Şekil 7.8. Deprem- ^{222}Rn TYV modelleri

Verilerin dağılımına ve kullanılan örneklem aralığına bağlı olarak Şekil 7.8'de gösterilen çeşitli TYV modelleri elde edildi. TYV'lerin birbirlerinden farklı görünümü, seçilen örneklem noktalarının deprem büyüklüğü ve ^{222}Rn gazı değişimleri açısından farklı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma alanı içerisinde yer alan istasyonların, deprem ve ^{222}Rn 'nin uyduğu modellere göre dağılımı Tablo 7.14'te verildi.

Tablo 7.14. 8 istasyon için hesaplanan deprem ve ^{222}Rn TYV'lerin modellere göre dağılımı

Modeller	2007		2008		2009	
	Deprem	^{222}Rn	Deprem	^{222}Rn	Deprem	^{222}Rn
Model A	6, 7	3	1, 4, 5, 6, 7	8	-	3, 7, 8
Model B	1, 2, 8	1	3, 8	3	-	-
Model C	3, 4, 5	2, 4, 5, 6,7,8	2	1, 2, 4, 5, 6,7	1	1, 2, 4, 5, 6
Model D	-	-	-	-	2,3,4,5,6,7,8	-

Yaygın olarak kullanılan varyogram modelleri tepe değerine göre iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grupta Üssel model (**Model A**), Küresel model (**Model B**) ve Gauss modeli (**Model C**) tepe değerine sahip olan modellerdir (Journel ve Huijbregts, 1978). Tepe değerine sahip olmayan modellere ise, doğrusal model örnek olarak verilebilir.

Şekil 7.8'de gösterilen modellerden **Model A** teorik TYV değerleri, mesafe ile üssel (ekponansiyel) olarak değişmektedir. Bu TYV'lere karşılık gelen modellerin matematiksel fonksiyonu Denklem 7.7'de;

$$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - \exp \left(-\frac{h}{a} \right) \right) \quad 7.7$$

gösterildiği gibidir (Davis, 1973). Burada; $\gamma(h)$; TYV değerini, C_0 ; Nugget Etkisini, C ; TYV'nin yapısal bileşenleri için düşey ölçek değerini ve h ; örneklem noktaları arası yatay uzaklığı temsil etmektedir. Bu model için çizilen TYV eğrisi, belirli bir mesafeden sonra artışını durdurur ve TYV değerlerinin neredeyse sabit olduğu "Sill" değerine asimptotik olarak yaklaşmaktadır. Bu nedenle, üssel modele uyan TYV, sill değerine sahip olmadığından etki mesafesine sahip değildir. Dolayısıyla bu modele uyan istasyonlarda (Tablo 7.14), ^{222}Rn hareketi diğer istasyonları etkilememektedir. Mesafenin artmasıyla kademeli olarak TYV'de artmaktadır. Belirli bir mesafe sonrasında artık TYV'nin deneysel değeri aşağı yukarı sabit kalmaktadır. Bu mesafeden sonra oluşturulan modele uygunluk gösteren istasyonlardan yayılan ^{222}Rn derişim değeri ile meydana gelen depremin etkisinin, bölgesel bağımlılığın zayıflaması nedeniyle çok az olduğu anlamına gelmektedir. Tablo 7.14'te karakteristiği çıkarılan istasyonların deprem ve ^{222}Rn TYV'lerinden ilgili modele göre davranış sergileyenler gösterildi. Sürgü istasyonunun 2007 ve 2009 ^{222}Rn TYV'leri (Ek 4 Şekil 1(c), 3(c)) ile Pötürge, Çelik, Çiğli, Kızıleniş, Beyoğlu ve Demirköprü istasyonlarının 2008 yılı deprem TYV'leri nugget değerine ($C_0=0$) sahip

değildir (Ek 4 Şekil 11 a, d-h). Ancak, üssel değişim gösteren Demirköprü istasyonu 2008 ve 2009 yıllarında, ^{222}Rn TYV grafikleri sırasıyla, $C_0=9,2 \cdot 10^3$ ve $C_0=10,1 \cdot 10^3$ ve 2009 yılı Beyoğlu istasyonu $C_0=4,8 \cdot 10^3$ büyüklüğünde bir nugget değerine sahiptir. Nugget değerlerinin yüksek olması, ilgili değişkenin çalışma alanındaki dağılımında önemli bölgesel değişimlere maruz kalmadığını ve bu süreç içerisinde düzenli jeolojik şartların hakim olmadığını ifâde etmektedir (Külahcı vd., 2008; Külahcı ve Şen, 2009(a), (b); Şen, 2009(b)). Biraz önce bahsedilen nugget değerleri dikkate alındığında Demirköprü istasyonunun Beyoğlu'ndan daha yüksek değere sahip olduğu görüldü. Dolayısıyla çevresel değişkenlerin Demirköprü istasyonunda meydana gelen ^{222}Rn derişimi değişimlerine Beyoğlu istasyonundan daha az etkili olduğu söylenebilir. Bu durum elde edilen korelasyon değerleri ile de ispatlandı (Tablo 7.13). Tablo 7.13'e göre, Beyoğlu istasyonunda ^{222}Rn derişimi çevresel değişkenler ile pozitif yönde güçlü bir ilişki içerisindeyken Demirköprü istasyonunda ilişki pozitif yönde zayıftır. Deprem TYV grafiklerinde ise nugget değeri gözlenmemiştir. Asimptotik olarak sill'e yaklaşan bu modelin varyansı, küresel modelin (**Model B**) varyansından daha küçüktür (Külahcı, 2007, 2016).

Varyogram modelleri içerisinde en yaygın şekilde kullanılan küresel model, **Model B** olarak gruplandırıldı (Şekil 7.8). Matheron (1963) tarafından ilk olarak önerilen bu model, etki alanı ve menzile uzanan sill değeri olmak üzere iki parametreye sahiptir. Bu TYV'lere karşılık gelen modellerin matematiksel fonksiyonu Denklem 7.8 ve 7.9'da;

$$\gamma(h) = C_0 + C \left(\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right) \quad (0 \leq h \leq a) \quad 7.8$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \quad (h > a) \quad 7.9$$

verildi. Burada; $\gamma(h)$; TYV değerini, h ; örnekleme noktaları arası yatay uzaklığı, a ; parametresi ise, varyogramın etki alanını ifâde etmektedir. **Model B**'ye uyan istasyonlar küçük mesafelerde uzaklıkla varyogram değeri doğru orantılı olarak değişmektedir. Bu durum, bölgesel değişkenin küçük mesafelerde türevlenemez ancak sürekli olduğunu ifâde etmektedir. Böylece değişkenin küçük mesafelerde bölgesel bağımlılığa sahip olduğunu ve olayın bağımsız bir sürece uygun geliştiğini gösterdiğinden oldukça önemlidir. Büyük mesafelerde etki alanına ulaşıldığında varyogram değeri en yüksek değere ulaşarak artışını durdurur ve bu uzaklıkta sill değerine ulaşmaktadır (Şen, 1989; Şen, 2009; Külahcı ve Şen, 2007, 2009). Pötürge istasyonu 2007 yılı ^{222}Rn TYV grafiği incelendiğinde $C_0=0$ olup 196 km'lik etki yarıçapına sahip olduğu görüldü (Ek 4 Şekil 1a). Bu değerden daha büyük

mesafelerde, ^{222}Rn gazının mevcut etkisinin olmadığı görüldü. Bununla birlikte, Sürgü istasyonu 2008 yılı ^{222}Rn TYV’de $C_0=15,6 \cdot 10^3$ değerinde nugget etkisine sahiptir. Bu istasyonun etki yarıçapı ise, yaklaşık olarak 172 km’dir (Ek 4 Şekil 2c). Kasımlar istasyonu 2007 yılı, Sürgü ve Demirköprü istasyonlarının ise, 2008 yılı deprem TYV’leri nugget etkisine sahip olmayıp sırasıyla 205 km, 203 km ve 189 km’lik etki alanına sahiptir. Bahsedilen bu etki uzaklığı, kovaryansın sıfır olduğu yani bu uzaklıktan sonra, verilerin artık birbirleriyle ilişkili olmadığı anlamına gelmektedir. Model B’ye uygunluk gösteren bu TYV’ler ortalama olarak 193 km’lik alan içerisinde, bölgesel değişkenin (^{222}Rn ve deprem) etkisi altındadır.

TYV modellerinden, Şekil 7.8 (C)’de gösterildiği gibi parabolik bir başlangıca sahip TYV grafikleri **Model C** olarak gruplandırıldı. Bu modele Gauss modeli de denir. Gauss modeli orijinde parabolik davranış gösteren tek TYV modelidir. Bu TYV’lere karşılık gelen modellerin matematiksel fonksiyonu Denklem 7.10’da gösterildiği gibi ifade edilebilir (Davis, 1973; Niksarlıoğlu vd., 2015).

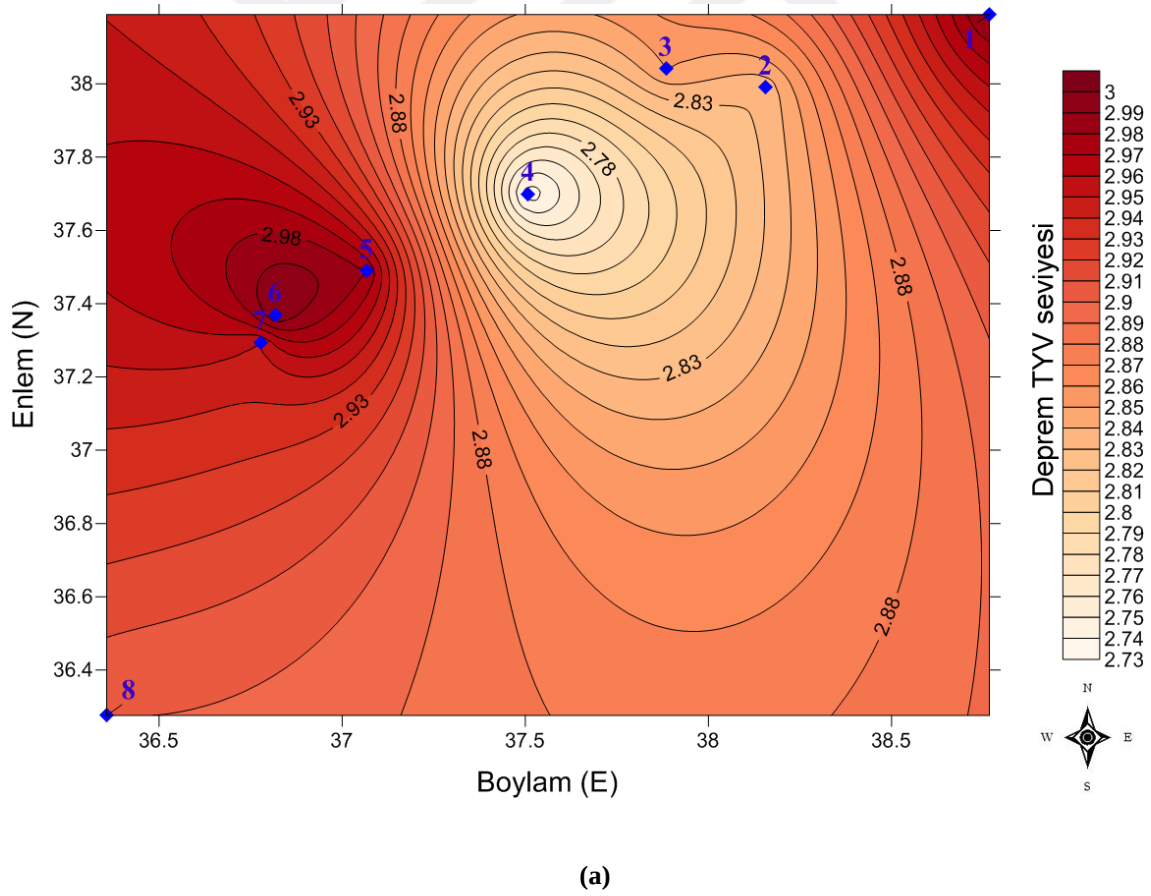
$$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - \exp \left(-\frac{h^2}{a^2} \right) \right) \quad 7.10$$

Model C’ye değişim gösteren TYV’lerde söz konusu bölgesel değişkenin (^{222}Rn ve deprem büyüklüğü) kısa mesafelerde son derece düzgün ve sürekli olduğunu göstermektedir. **Model C**’ye göre istasyonların birbirlerine etkisi yakın mesafelerde güçlü olup mesafenin artmasıyla etkileri azalmaktadır. Büyük mesafelerde yatay kısım mevcuttur. Bu durum, büyük mesafelerde bölgesel değişkenin durağan olduğunu göstermektedir (Külahcı ve Şen, 2007; 2009). Uzaklık arttıkça eşik değerine asimptotik olarak ulaşmaktadır. Bu model bölgesel değişkenin kısa mesafelerin üstünde süreklilik ve düzgünlüğünün nadir olduğunu ifade etmektedir (Külahcı, 2016). 2007 yılı Çiğli (5 nolu) ve Demirköprü (8 nolu) istasyonların ^{222}Rn TYV grafikleri nuggetsiz ($C_0=0$) Gauss modeline uygun davranış sergilediği görüldü. Bununla birlikte, 2007 yılı Sürgü (3), Çelik (4), Çiğli (5) ve 2009 yılında ise Pötürge (1) istasyonlarında deprem TYV’lerinde aynı durum söz konusudur. Bölgesel değişkenin doğasından ve ölçüm hatalarından veya tekrarlanan ölçüm değerlerinden kaynaklanan nugget etkisi ^{222}Rn TYV’lerde gözlenmedi.

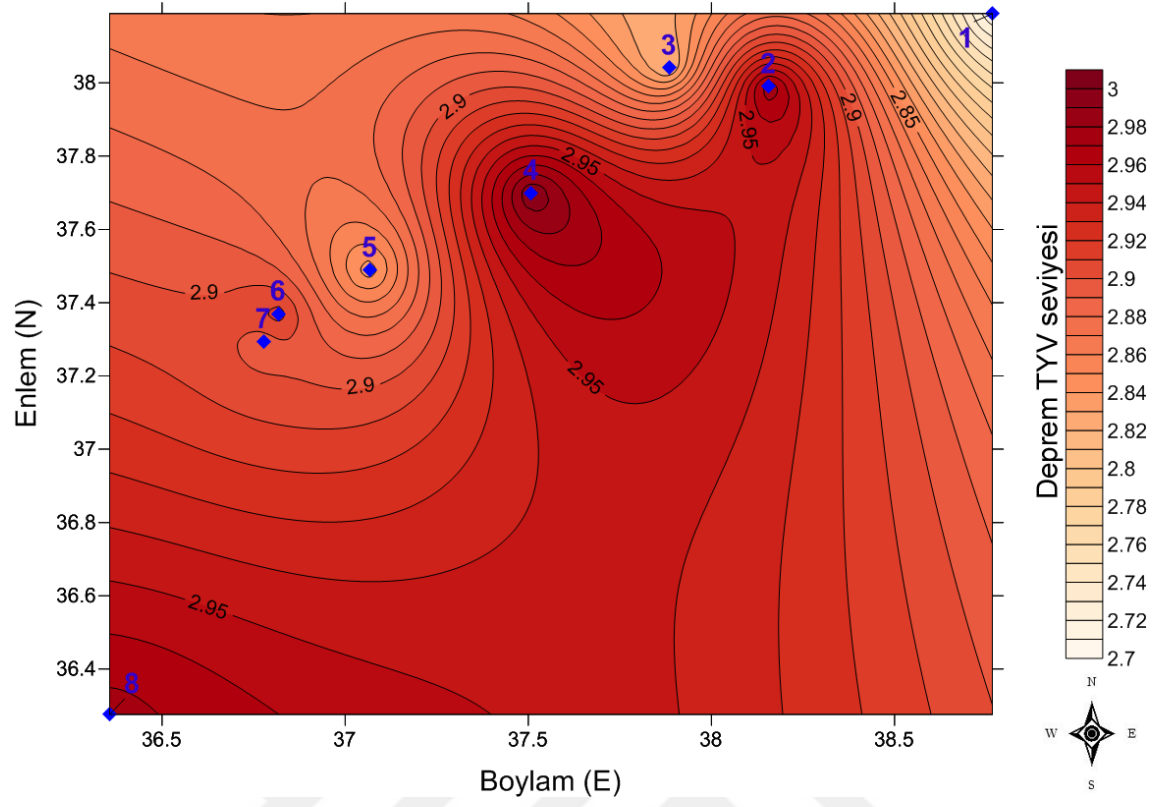
Kasımlar, Sürgü, Çelik, Çiğli, Kızıleniş, Beyoğlu ve Demirköprü istasyonlarında, 2009 yılı deprem TYV’leri **Model D**’ye göre değişim göstermektedir (Tablo 7.14). Buradaki geniş mesafelerde TYV grafikleri yaklaşık olarak bir doğrudur. Bu kısımlar Matheron (1963) tarafından tanımlanan klasik YV’de geniş mesafelerde ki yatay kısımlara denk

gelmektedir. Bu nedenle, klasik YV’de sill özelliğine denk olmasından dolayı örnek konumlarında, sill hakkında bilgi sağlamaktadır. TYV’de doğrusal kısımların varlığı bize büyük mesafelerde sismik aktivitelerin birbirinden bağımsız olduğunu gösterdi (Şen, 1998; Mader vd., 2006).

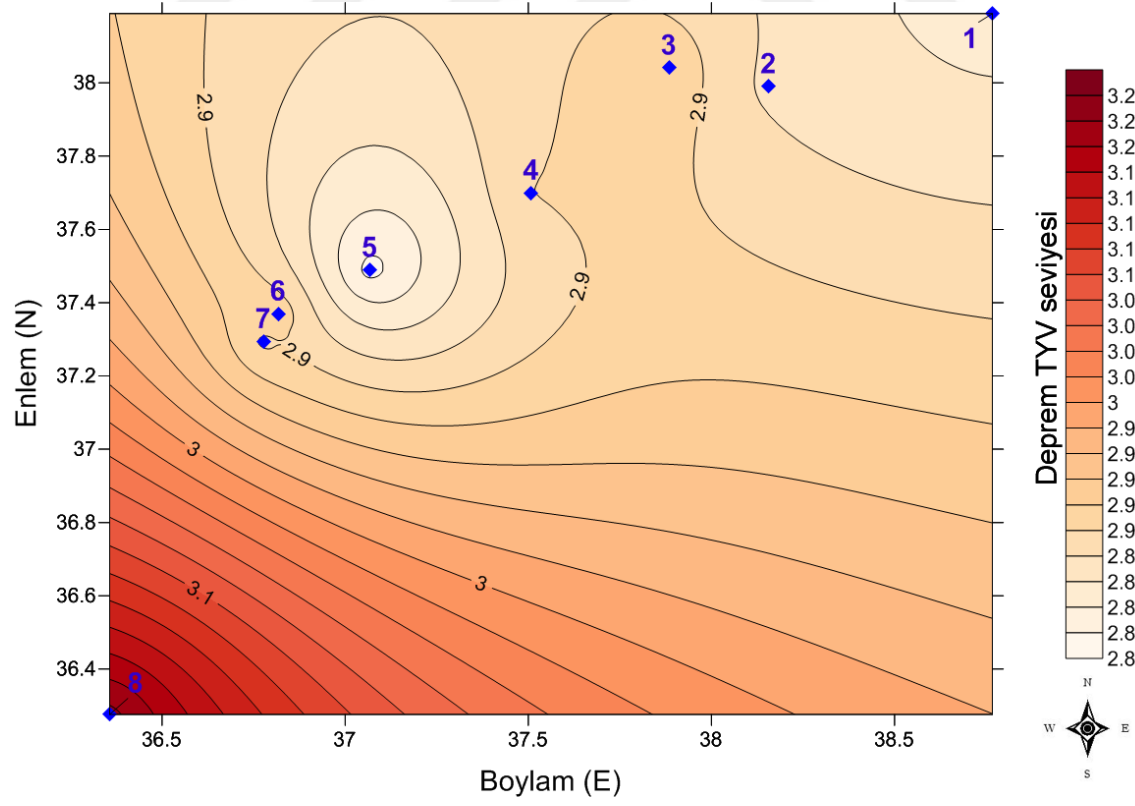
2007-2010 yılları arasında, yıllık olarak çizilen deprem- ^{222}Rn TYV 2 ve 3 boyutlu eş-haritaları Şekil 7.9 ve 7.10’da gösterildi. Bu haritalar, istasyonların birbirlerine olan etkisinin ve söz konusu bölgesel değişkenin davranışının görselleştirilmesi açısından önemlidir. Dikey eksen; istasyonların enlem değerlerini, yatay eksen ise; boylam değerlerini ifade etmektedir. TYV metoduyla çizilen bu haritalarda, çalışma bölgesini oluşturan 8 araştırma istasyonunda meydana gelen depremlerin ve topraktan yayılan ^{222}Rn gazının uzaysal dağılımını ve farklı konumlarda ki etkisini görmek mümkündür. Deprem ve ^{222}Rn gazı için yapılan hesaplamalar neticesinde oluşturulan eş-haritalar, TYV grafiklerinden elde edilen benzerlik haritalarını göstermektedir.



Şekil 7.9. (a) 2007 deprem TYV, (b) 2008 deprem TYV, (c) 2009 deprem TYV, (d) 2007 ^{222}Rn TYV, (e) 2008 ^{222}Rn TYV, (f) 2009 ^{222}Rn TYV 2 boyutlu eş-eğrileri

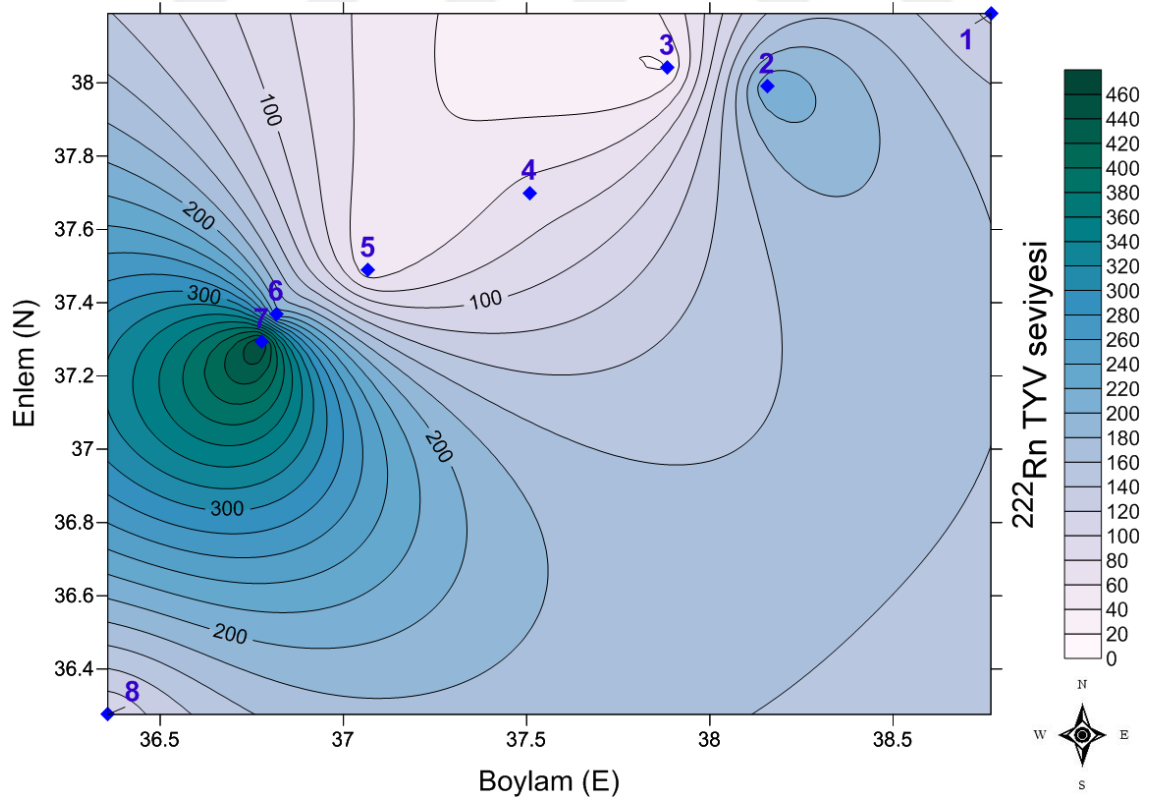
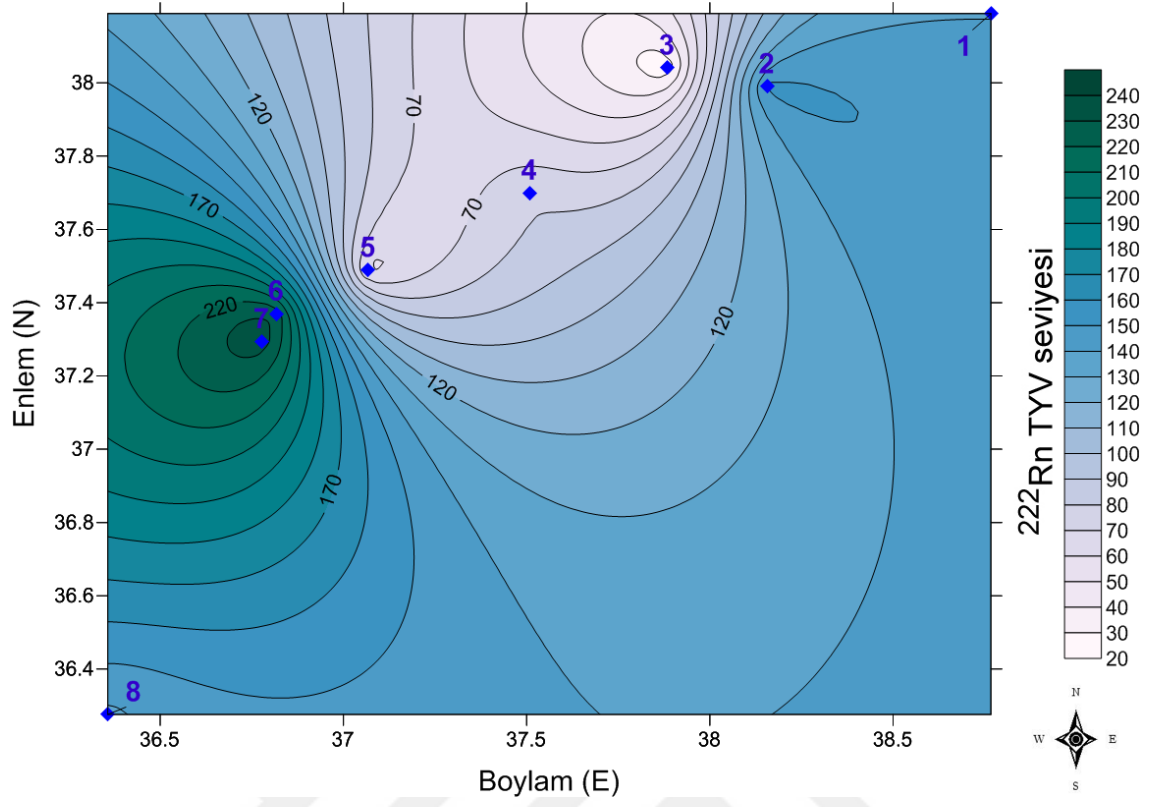


(b)

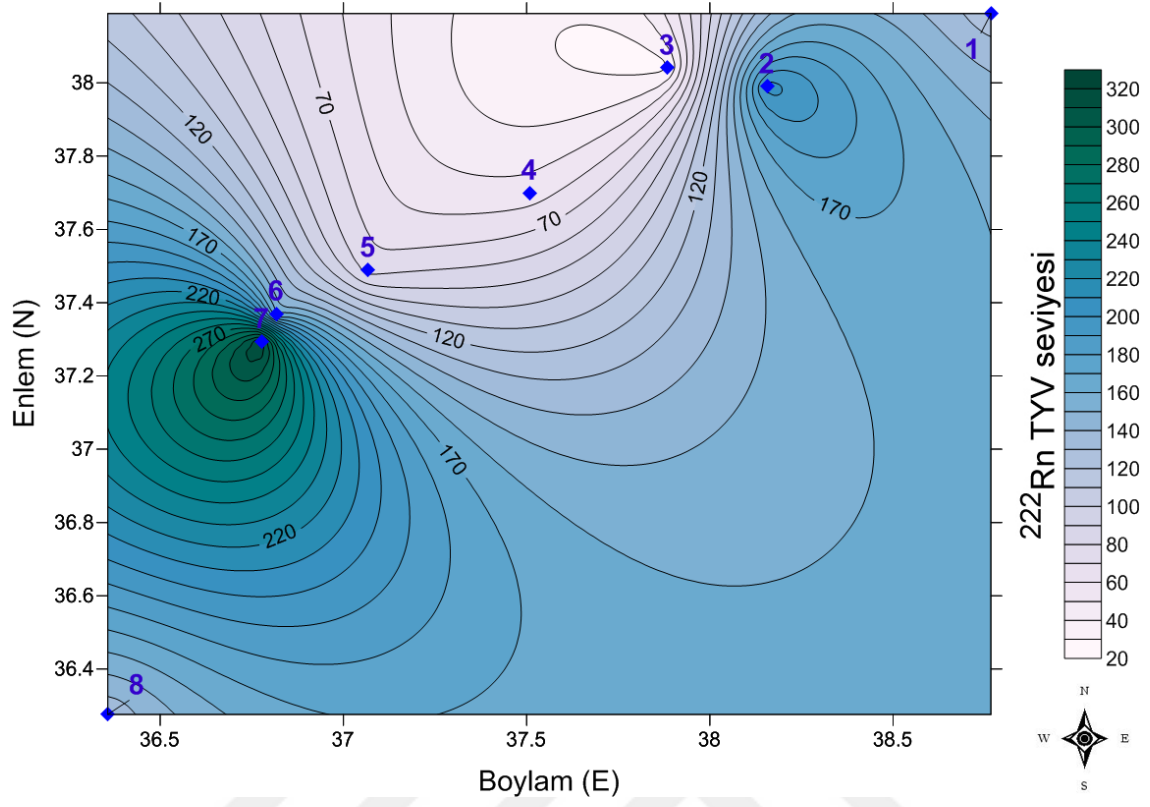


(c)

(Şekil 7.9'un devamıdır.)



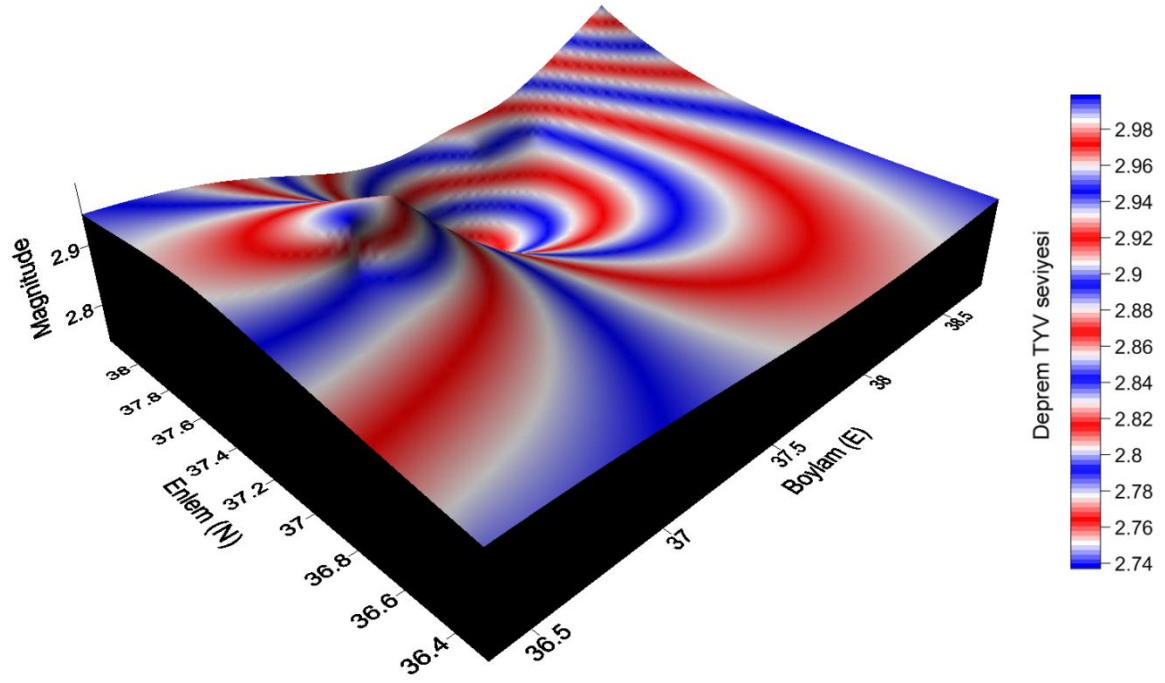
(Şekil 7.9'un devamıdır.)



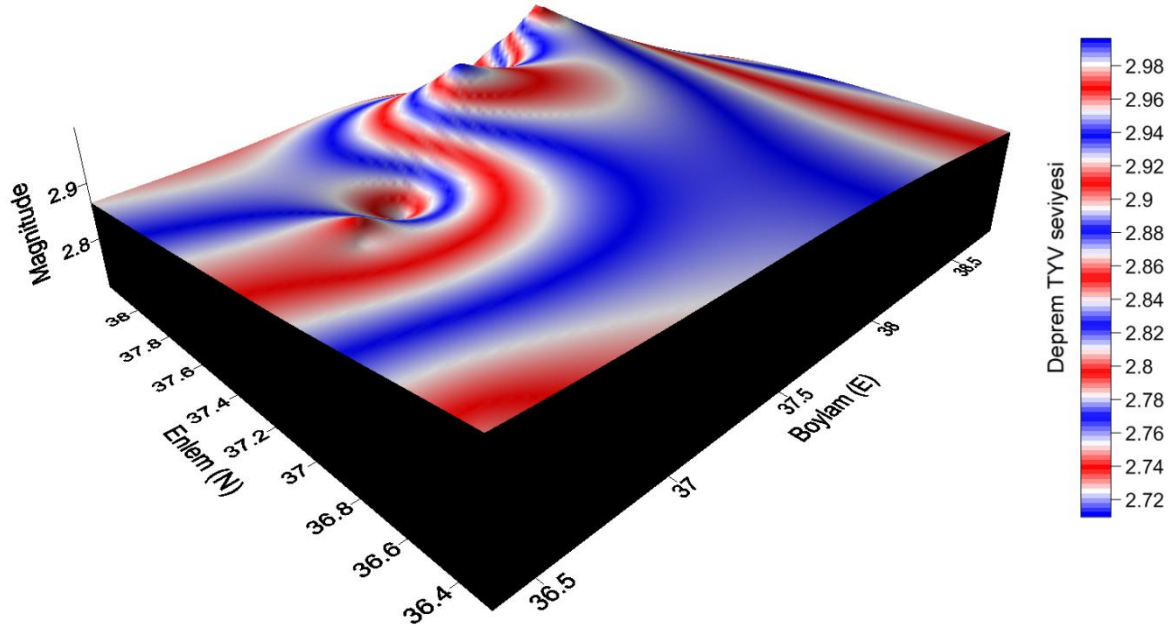
(f)

(Şekil 7.9'un devamıdır.)

Harita üzerinde, 1 nolu istasyon; Pötürge, 2 nolu istasyon; Kasımlar, 3 nolu istasyon; Sürğü, 4 nolu istasyon; Çelik, 5 nolu istasyon; Çiğli, 6-8 aralığındaki istasyonlar ise, sırasıyla; Kızıleniş, Beyoğlu ve Demirköprü istasyonlarıdır.

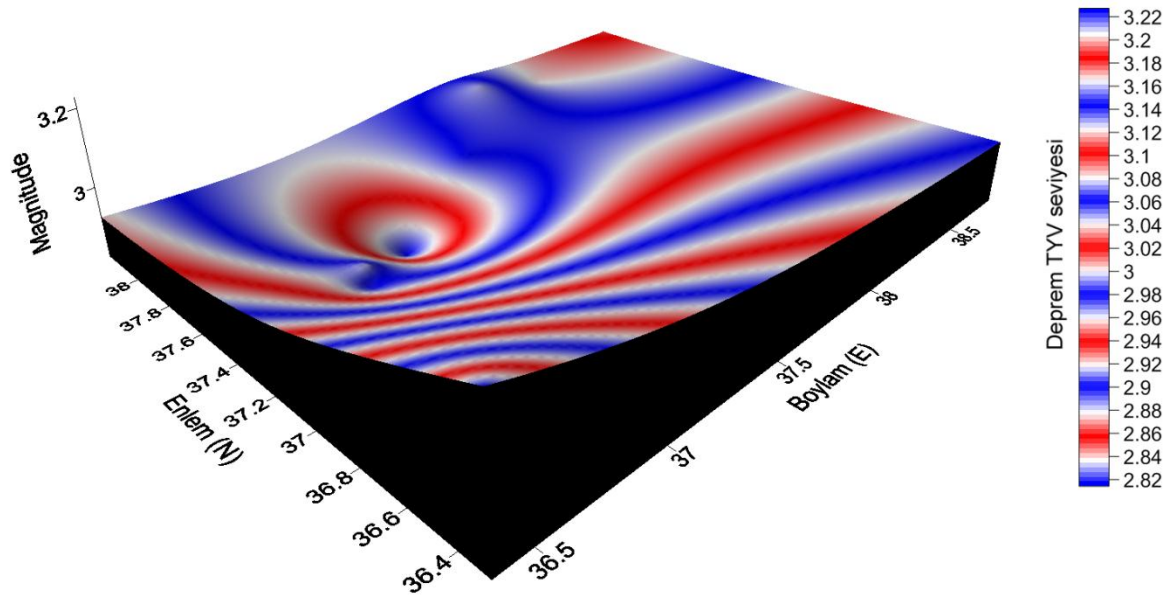


(a)

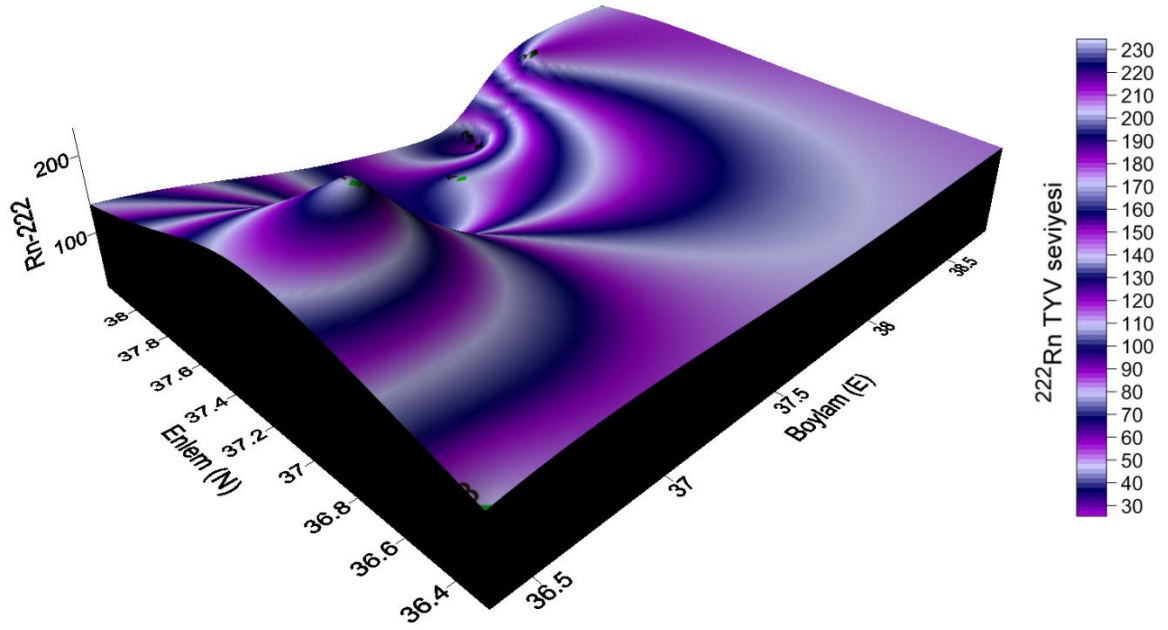


(b)

Şekil 7.10. (a) 2007 deprem TYV, (b) 2008 deprem TYV, (c) 2009 deprem TYV, (d) 2007 ^{222}Rn TYV, (e) 2008 ^{222}Rn TYV, (f) 2009 ^{222}Rn TYV 3 boyutlu eş-eğrileri

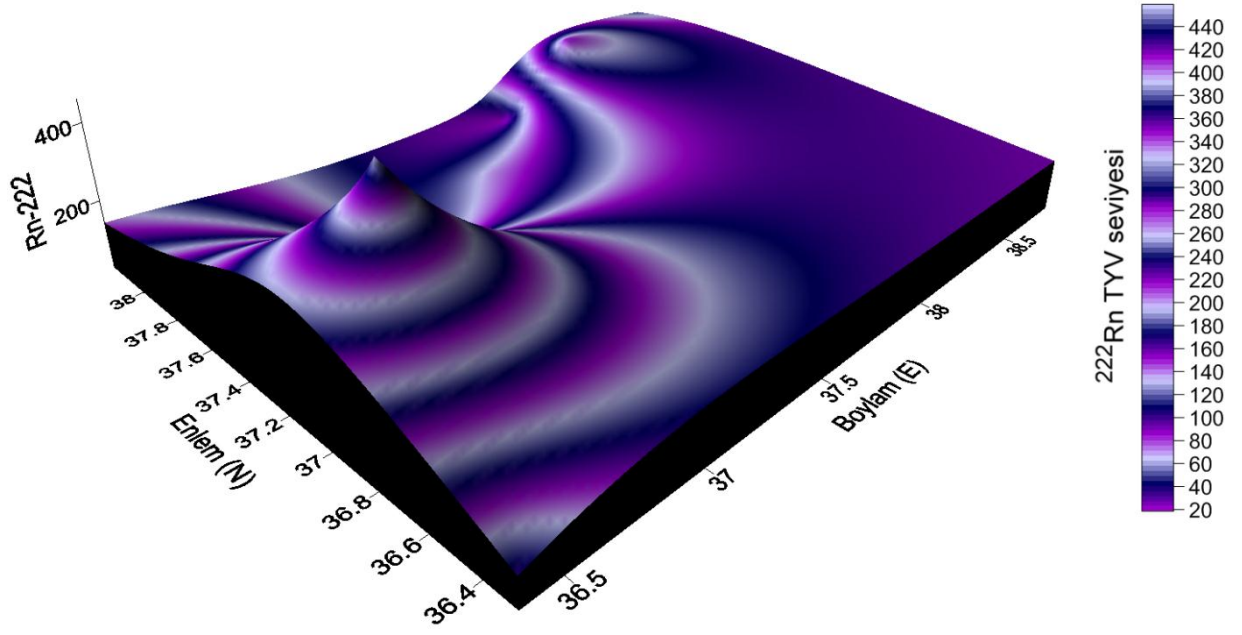


(c)

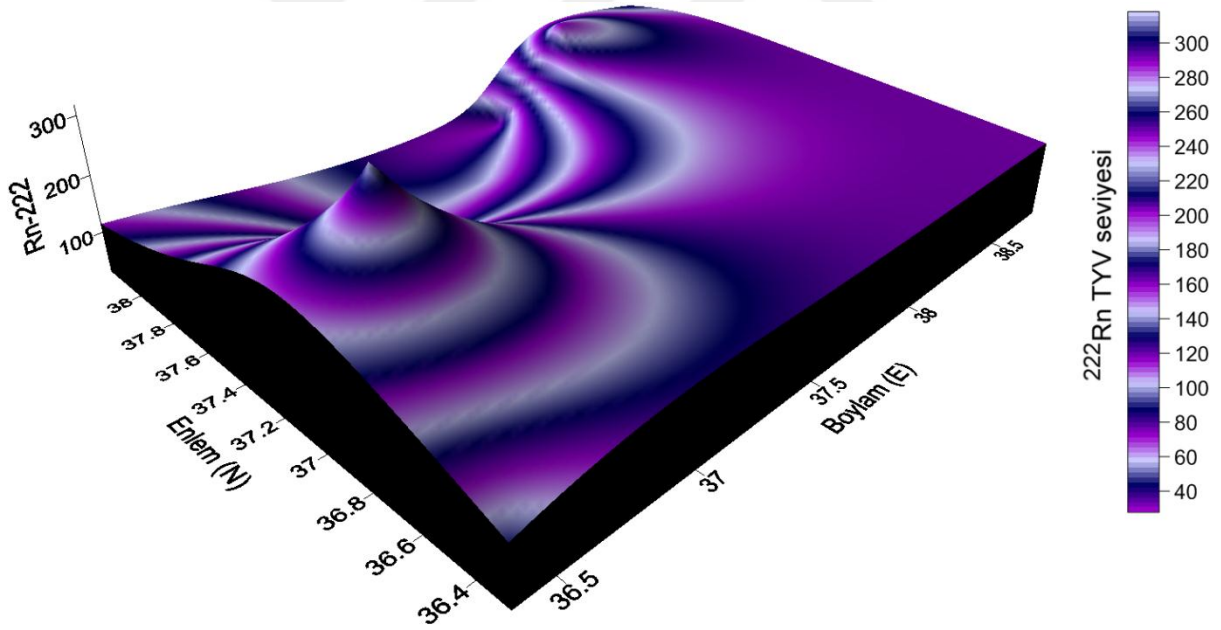


(d)

(Şekil 7.10'un devamıdır.)



(e)



(f)

(Şekil 7.10'un devamıdır.)

Şekil 7.9(a)'da gösterilen 2007 yılı deprem TYV haritasındaki Pötürge istasyonunda, benzerlik eğrilerinin sıklığı 2008 yılında artmıştır (Şekil 7.9(b)). Aynı durum ^{222}Rn TYV haritalarında da söz konusudur (Şekil 7.9(d, e)). Bu uyumluluk Pötürge istasyonunda, ^{222}Rn salınımı üzerinde depremlerin etkisinin, diğer çevresel değişkenlere göre yüksek

olduğunu göstermektedir. Pötürge istasyonunda, araştırma dönemi boyunca Tablo 7.13'te gösterilen ^{222}Rn gazının çevresel parametreler ile korelasyon katsayılarının düşük olması, topraktan sızan ^{222}Rn gazının depremin ve bölgenin jeolojik yapısının daha baskın olduğunu ispatladı.

^{222}Rn TYV haritalarındaki eğrilerin sıklığının arttığı gözlemlendi. Özellikle yakın istasyonlarda birbirlerini etkileme oranının oldukça yüksek olduğu görüldü. Çelik ve Kasımlar istasyonunda ^{222}Rn TYV değerleri düşük olmasına karşın deprem TYV eğrileri yoğun ve sık olduğu görülmektedir. Burada, depremler ile ^{222}Rn gazının bölgesel bağımlılığının düşük olduğu sonucu çıkarılabilir.

Çelik ve Kasımlar istasyonunda Tablo 7.13'te gösterildiği gibi elde edilen toprak ^{222}Rn ölçümlerinin depremlerden ziyade çevresel değişkenler ile bağımlılığının pozitif yönde güçlü olduğu söylenebilir. Bu durumun oluşmasında, çevresel etkilerin rolü yüksektir.

Sürgü ve Kızıleniş istasyonunda ^{222}Rn derişiminin artmasında, çevresel değişkenlerin etkisinin az olduğu, ancak Şekil 7.9 (a), (b), (c)'de deprem TYV'lerinde görüldüğü gibi derişim artışının depremler ile bağlantılı olduğu söylenebilir.

Şekil 7.9 (d), (e), (f) ve Şekil 7.10 (d), (e), (f)'de Beyoğlu istasyonunda ^{222}Rn TYV değerleri çalışma süresi boyunca diğer istasyonlara göre, eğrilerin daha sık ve yoğun olduğu 2 ve 3 boyutlu eş-haritalarında görülmektedir. Bu istasyonda, gerek depremlerin gerekse çevresel değişkenlerin etkisinin fazla olmasından dolayı gaz salınımının azami düzeye ulaştığını söylemek mümkündür.

Şekil 7.9'da gösterilen deprem TYV ve ^{222}Rn TYV 2 boyutlu haritalardan elde edilen simülasyon, `mucahit_yilmaz_depremTYV_2D.avi` ve `mucahit_yilmaz_radonTYV_2D.avi` CD içerisinde ayrıca ek olarak verildi. Buna benzer olarak, Şekil 7.10'da verilen 3 boyutlu simülasyon grafikleride `mucahit_yilmaz_depremTYV_3D.avi` ve `mucahit_yilmaz_radonTYV_3D.avi` dosyasında gösterildi.

Genel olarak sonuçlar incelendiğinde, geçirimsiz topraklarda az sayıda meydana gelen depremlerin, ^{222}Rn seviyesini arttıracak düzeyde olmadığı görüldü. Ancak geçirimsizliği yüksek olan topraklarda, öncü sarsıntılar topraktan havaya gaz salınımına izin verdiğinden, ^{222}Rn anomalilerinin deprem habercisi olarak değişim gösterdiği görüldü.

Bu çalışmada elde edilen hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar da, bölgelerin jeolojik yapısı ve çevresel değişkenler göz önünde tutularak, önemli bulgular elde edildi. Veri alımının sonlandığı (2010 yılı) tarihten günümüze kadar geçen sürede yapılan kestirimlerin tutarlılığı incelendi. Sonuçlar Tablo 7.15'te gösterildi.

Tablo 7.15. Günümüze kadar geçen sürede istasyonlarda kritik düzeyde meydana gelen depremler

İstasyon	T=2 yıl		T=5 yıl	
	Deprem Büyüklüğü	Deprem Sayısı	Deprem Büyüklüğü	Deprem Sayısı
Pötürge	3,1	22	3,6	9
Kasımlar	3,1	4	3,5	5
Sürgü	3,0	4	3,4	3
Çelik	3,0	6	3,3	4
Çiğli	2,8	37	3,1	55
Kızıleniş	2,9	26	3,3	36
Beyoğlu	2,9	27	3,3	21
Demirköprü	2,9	4	3,5	-

Hatay ili sınırlarında yer alan Demirköprü istasyonunun, diğer istasyonlara göre yüksek deprem riski taşıdığı görüldü. Bu çalışma içerisinde yaptığımız kestirimlere bakıldığında, Demirköprü dışındaki istasyonlarda, 2010 yılından günümüze kadar geçen sürede, kritik büyüklüklerde ve daha üzerinde depremlerin meydana geldiği, Kandilli Rasathanesi'nden alınan verilerden teyit edildi. Ancak Demirköprü istasyonunda kritik seviye ve üzerinde deprem gerçekleşmemiştir. Bu beklenen bir durumdur. Çünkü bu istasyonda ileriki zamanlarda büyük bir depremin meydana gelebileceği sonucuna varılmıştır. Bölgede kritik seviye ve üzerinde depreme veya depremlere rastlanmaması stresin ve gerilmenin arttığına işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

- Åkerblom, G., 1993. Ground Radon-Monitoring Procedures in Sweden. *Geoscientist*, **4**, 21–27.
- Abadi, A.A.M., Rahimi, M., Koopaei, L.J., 2016. The Effect of Geological Structure on Radon Concentration Dissolved in Groundwater in Nearby. Anar Fault Based on a Statistical Analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. **308**, 801-807.
- Akdi, Y., 2010. Zaman Serileri Analizi, Birim Kökler ve Kointegrasyonu, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Al-Hilal, M., Sbeinati, M.R., Darawchah, R., 1998. Radon Variations and Microearthquakes in Western Syria, *Applied Radiation and Isotope*, **49** (1-2), 117-123.
- Alessandro, A., Maurizio, M., 2016. Some Considerations Between Radon and Earthquakes in The Crater of L'Aquila, *Natural Hazards*, **81** (3), 1971-1979.
- Antonio, P., Valentina, C., Gianfranco, G., 2016. The Pollino 2012 Seismic Sequence: Clues from Continuous Radon Monitoring, *Solid Earth*, **7** (5), 1303-1316.
- Atabey, E., 2000. Deprem, *Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü*, **34**, Ankara.
- Ateş, Ş., Keçer, M., Osmançelebioğlu, R., Kahraman, S., 2004. Hatay İl Merkezi ve Çevresinin Yerbilim Verileri, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Derleme Raporu, No: 10717, Ankara.
- Barman, C., Ghose, D., Sinha, B., Deb, A., 2016. Detection of Earthquake Induced Radon Precursors by Hilbert Huang Transform, *Journal of Applied Geophysics*, **133**, 123-131.
- Bayazıt, M., 2006. Çok Değişkenli İstatistik Analiz ve Hidrolojide Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Bayazıt, M., ve Oğuz, B., 1994. Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Biagi, P.F., Ermini, A., Kingsley, S.P., Khatkevich, Y.M., Gordeev, E.I., 2001. Difficulties with Interpreting Changes In Groundwater Gas Content as Earthquake Precursors in Kamchatka, Russia, *Journal of Seismology*, **5** (4), 487-497.

- Biricik, A. S., Korkmaz, H.,** 2001. Kahramanmaraş'ın Depremselliği, *Marmara Coğrafya Dergisi*, **3**, 53-82.
- Bozkurt, H.Y.,** 2013. Zaman Serileri Analizi, Ekin Basım Yayın, Bursa.
- Box, C., Jenkins, G. M.,** 1970. Time Series Analysis, Forecasting and Control, Golden Day, San Francisco.
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö., Köklü, N.,** 2010. Sosyal Bilimler için İstatistik, Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Clarck, I.,** 1979. Practical Geostatistics, Applied Science Publishers, London.
- Cothorn, C. R.,** 1987. Environmental Radon, Plenum Press, New York.
- Cressie, N.,** 1991. Statistics for Spatial Data, Wiley Classics Library, New York.
- Cuomo, V., Lapenna, V., Macchiato, M., Serio, C., Telesca, L.,** 1998. Linear and Nonlinear Dynamics in Electrical Precursory Time Series: Implications for Earthquake Prediction, *Tectonophysics*, **287**, 279-298.
- Çolak, M.,** 2011. Malatya Valiliği İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Malatya İl Çevre Durum Raporu, Malatya.
- Davis, J. C.,** 1973. Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & Sons Inc. Canada.
- Davisa, C., Keilis-Borok, V., Kossobokov, V., Soloviev, A.,** 2012. Advance Prediction of The March 11, 2011 Great East Japan Earthquake: A Missed Opportunity for Disaster Preparedness, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **1**, 17-32.
- Dubinchuk, V.T.,** 1993, Radon as a Precursor of Earthquakes, Isotopic and Geochemical Precursors of Earthquakes and Volcanic Eruptions, IAEA TECDOC-726.
- Durrani, S. A., Ilić, R.,** 1997. Radon Measurements by Etched Track Detectors, World Scientific, Singapore.
- Ekinci, M.,** 2011. Adıyaman Valiliği İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Adıyaman İl Çevre Durum Raporu, Adıyaman.
- Feller, W.,** 1967. An Introduction to Probability Theory and Its Applications Volume 1, John Wiley & Sons, New York.
- Ghosh, D., Deb, A., Sengupta, R.,** 2009. Anomalous Radon Emission as Precursor of Earthquake, *Journal of Applied Geophysics*, **69**, 67–81.

- Güloğlu, A.**, 2007. Çeşme Bölgesi Aktif Fay Hatlarındaki Kaplıçalarda Radon Anomalileri ile Sismik Aktiviteler Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hovav, Z., Yochai, B. H., Uri, U., Chaim, C., Zeev, Z.**, 2016. Novel Determination of Radon-222 Velocity in Deep Subsurface Rocks and The Feasibility to Using Radon as an Earthquake Precursor, *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*. **121(9)**, 6346-6364.
- Hu, Y. X., Liu, S. C., Dong, W.**, 1996. Earthquake Engineering, E & FN Spon, London.
- İnceöz, M., Baykara, O., Doğru, M.**, 2005. Measurements of Soil Gas Radon in Active Fault Systems: A Case Study Along the North and East Anatolian Fault System in Turkey. *Radiation Measurements*, **41**, 349-353.
- Journal, A., Huijbregts, C. J.**, 1978. Mining Geostatistics, Academic Press, New York.
- Kamışhoğlu, M., Külahcı, F.**, 2016. Application of Chaos Analyses Methods on East Anatolian Fault Zone Fractures, *AIP Conference Proceedings*, **1738**, Article Number 130005.
- Karagöz, M.**, 1998. İstatistik Yöntemleri, Özmert Ofset, Malatya.
- King, C.Y.**, 1986. Gas Geochemistry Applied to Earthquake prediction: An Overview, *Journal of Geophysical Research*, **91**, 12269–12281.
- King, C. Y., King, B. S., Evans, W. C.**, 1995, Spatial Radon Anomalies on Active Faults in California, *Applied Geochemistry*, **11**, 497-510.
- King, C.Y., Luo, G.**, 1990. Variations of Electric Resistance and H₂ and Rn Emissions of Concrete Blocks Under Increasing Uniaxial Compression, *Pure and Applied Geophysics*, **134**, 45–56.
- Kramer, S. L.**, 1996. Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice-Hall , New Jersey.
- Kristiansson, K., Malmqvist, L.**, 1982. Evidence for Nondiffusive Transport of ²²²Rn in the Ground and a New Physical Model for The Transport, *Geophysics*, **47**, 1444-1452.
- Kuo, T., Fan, K., Kuochen, H., Han, Y., Chu, H., Lee, Y.**, 2014. Anomalous Decrease in Groundwater Radon Before The Taiwan M=6.8 Chengkung Earthquake. *Journal of Environmental Radioactivity*, **88**, 101-106.

- Külahcı, F. ve Şen, Z.,** 2009. Potential Utilization of The Absolute Point Cumulative Semivariogram Technique for The Evaluation of Distribution Coefficient, *Journal of Hazardous Materials*, 168, 1387–1396.
- Külahcı, F.,** 2011. A Risk Analysis Model for Radioactive Wastes, *Journal of Hazardous Materials*, **191**, 349-355.
- Külahcı, F.,** 2016. Spatiotemporal (Four-Dimensional) Modeling And Simulation of Uranium (238) Hazar Lake (Turkey) Water, *Environmental Earth Sciences*, 75, 452.
- Külahcı, F., Çiçek, Ş.,** 2015. Time-series Analysis of Water and Soil Radon Anomalies to Identify Micro–Macro Earthquakes, *Arabian Journal of Geosciences*, **8**, 5239–5246.
- Külahcı, F., İnceöz, Doğru, M., Aksoy, E., Baykara, O.,** 2009. Artificial Neural Network Modeling for Earthquake Prediction with Radon Monitoring, *Applied Radiation and Isotopes*, **67**, 212-219.
- Külahcı, F., Şen, Z.,** 2007. Spatial Dispersion Modelling of ^{90}Sr by Point Cumulative Semivariogram in Keban Dam Lake, Turkey, *Applied Radiation and Isotopes*, **65**, 1070-1077.
- Külahcı, F., Şen, Z.,** 2009 (a). Potential Utilization of the Absolute Point Cumulative Semivariogram Technique for the Evaluation of Distribution Coefficient, *Journal of Hazardous Materials*, **168**, 1387-1396.
- Külahcı, F., Şen, Z.,** 2009 (b). Spatio-Temporal Modeling of ^{210}Pb Transportation in Lake Environments, *Journal of Hazardous Materials*, **165**, 525-532.
- Külahcı, F., Şen, Z.,** 2009 (c). Risk Assessment of Distribution Coefficient from ^{137}Cs Measurements, *Environmental Monitoring and Assessment*, **149**, 363-370.
- Külahcı, F., Şen, Z.,** 2014. On the Correction of Spatial and Statistical Uncertainties in Systematic Measurements of ^{222}Rn for Earthquake Prediction, *Surveys in Geophysics*, **35**, 449–478.
- Külahcı, F., Şen, Z., Kazanç, S.,** 2008. Cesium Concentration Spatial Distribution Modeling by Point Cumulative Semivariogram, *Water Air Soil Pollution*, **195**, 151-160.
- Kop, A.,** 2010. Faylarla İlişkili Jeotermal Alanlarda Radon Gazı Ölçümlerinin Önemine İlişkin Bir Örnek, Hartlap Kaplıcası, Kahramanmaraş, *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, **23**, 39-52.

- Korkmaz, H.**, 2006. The Relationship Between Ground Conditions and Earthquake Effect In Hatay, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **4**, 49-66.
- Li, C., Su, H., Zhang, H., Zhou, H.**, 2016. Correlation Between The Spatial Distribution of Radon Anomalies and Fault Activity In The Northern Margin of West Qinling Fault Zone, Central China, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. **308 (2)**, 679-686.
- Maden, S.**, 2006. Olasılığa Giriş, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Mader, H.M., Coles, S.G., Connor, C.B., Connor, L.J.**, 2006. Statistics in Volcanology, London. (Doi: 10.1144/IAVCEI001)
- Matheron, G.**, 1963. Principles of Geostatistics, *Economic Geology*, **58**, 1246–1266.
- Matheron, G.**, 1970, Random Structures and Mathematical Geology, *Revue De L Institut International De Statistique-Review of The International Statistical Institute* **38**, (1).
- Moreno, V., Bach, J., Font, L., Baixeras, C., Zarroca, M., Linares, R., Roqué, C.**, 2016. Soil Radon Dynamics in The Amer Fault Zone: An Example of Very High Seasonal Variations, *Journal of Environmental Radioactivity*, **151 (1)**, 293-303.
- Moustra, M., Avraamides, M., Christodoulou, C.**, 2011. Artificial Neural Networks for Earthquake Prediction Using Time Series Magnitude Data or Seismic Electric Signals, *Expert Systems with Applications*, **38**, 15032-15039.
- Myers, D. E., Begovich, C. L., Butz, T. R., Kane, V. E.**, 1982. Variogram Models for Regional Groundwater Geochemical Data, *Mathematical Geology*, **14**, 629-644.
- Nazaroff, W. W.**, 1992. Radon Transport from Soil to Air, *Reviews of Geophysics*, **30**, 137–160, New YORK.
- Negarestani, A., Namvaran, M., Shahpasandzadeh, M., Fatemi, S.A., Alavi, S., Hashemi, M., Mokhtari, M.**, 2014. Design and Investigation of a Continuous Radon Monitoring Network for Earthquake Precursory Process in Great Tehran, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **300 (2)**, 757-767.
- Niksarhoğlu, S., Külahcı, F. Şen, Z.**, 2015. Spatiotemporal Modeling and Simulation of Chernobyl Radioactive Fallout in Northern Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **303 (1)**, 171-186.

- Nivin, V. A., Belov, N. I., Treloar, P. T., Timofeyev, V. V.,** 2001. Relationships Between Gas Geochemistry and Release Rates and The Geomechanical State of Igneous Rock Massifs, *Tectonophysics*, **336**, 233–244.
- Noguchi, M., Wakita, H.,** 1977. Method for Continuous Measurement of Radon in Groundwater for Earthquake Prediction, *Journal of Geophysical Research*, **82**, 1353–1357.
- Okabe, S.,** 1956. Time Variation of the Atmospheric Radon Content Near the Ground Surface with Relation to Some Geophysical Phenomena. *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University, Series A*, **28**, 99-115.
- Otton, J. K.,** 1992. The Geology of Radon, U.S. Government Printing Office.
- Özer, N., Altınok, Y., Utkucu, M., vd.,** 2002. 3 Şubat 2002 Afyon (Çay-Eber) Depremi Gözlem ve Değerlendirmeleri, *Yerbilimleri Dergisi*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, **2**, 11-24.
- Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H.,** 1997, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Coğrafi Bilgi Sistemi İle Deprem Bölgelerinin İncelenmesi, Ankara.
- Peresan, A., Kossobokov, V., Romashkova, L., Panza G. F.,** 2005. Intermediate-term Middle-range Earthquake Predictions in Italy, *Earth-Science Reviews*, **69**, 97-132.
- Pinault, J., L., Baubron, J., C.,** 1996. Signal Processing of Soil Gas Radon, Atmospheric Pressure, Moisture, and Soil Temperature Data: A New Approach for Radon Concentration Modeling, *Journal of Geophysical Research*, **101**, 3157–3171.
- Planinić, J., Radolić, V., Vuković, B.,** 2004. Radon as an Earthquake Precursor, *Nuclear Instruments Methods*, **530**, 568–574.
- Saç, M. M., Camgöz, B.,** 2005. İzmir'de Sismik Aktiviteler ile Radon Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonun İncelenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, **7**, 47-54.
- Selçuk, H.,** 1985. Kızıldağ-Keldağ-Hatay Dolayının Jeolojisi ve Jeodinamik Evrimi, MTA. Enst., *Jeoloji Etütleri Dairesi, Derleme Raporu*, No: 7787, Ankara.
- Singh, M., Kumar, M., Jain, R. K. Chatrath, R. P.,** 1999. Radon in Ground Water Related to Seismic Events, *Radiation Measurements*, **30**, 465-469.

- Şahin, A. D.**, 2001. Türkiye Rüzgarlarının Alan-Zaman Modellenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şen, Z.**, 1989. Cumulative Semivariogram Models of Regionalized Variables. *Mathematical Geology*, **21**, 891.
- Şen, Z.**, 1997. Objective Analysis by Cumulative Semivariogram Technique and Its Application in Turkey, *Journal Applied Meteorology*, **36**, 1712–1724.
- Şen, Z.**, 1998. Point Cumulative Semivariogram for Identification of Heterogeneities in Regional Seismicity of Turkey, *Mathematical Geology*, **30**, 7.
- Şen, Z., Şahin, A. D.**, 2001. Spatial Interpolation and Estimation of Solar Irradiation by Cumulative Semivariograms, *Solar Energy*, **71**, 11-21.
- Şen, Z.**, 2002 (a). Hidrolojide Veri, İşlem, Yorumlama ve Tasarım, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şen, Z.**, 2002 (b). İstatistik Veri İşleme Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şen, Z.**, 2009 (a). İklim Değişikliği İçerikli Taşkın Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şen, Z.**, 2009 (b). Spatial Modeling Principles in Earth Sciences, Springer Science Business Media B.V., New York.
- Şen, Z., Habib, Z. Z.**, 1998. Point Cumulative Semivariogram of Areal Precipitation in Mountainous Regions, *Journal of Hydrology*, **205**, 81–91.
- Tekin, A.**, 2012. Temel İstatistik Dersleri, *Eğitim Kitabevi Yayınları*, İstanbul.
- Toma, T., Akkuyu, E.**, 2011. T.C. Hatay Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Hatay Çevre Durum Raporu.
- Toutain, J. P., Baubron, J. C.**, 1999. Gas Geochemistry and Seismotectonics, *Tectonophysics*, **304**, 1-27.
- Turanlı, M., Güriş, S.**, 2012. Temel İstatistik, *Der Yayınları*, İstanbul.
- URL-1**, <http://www.deprem.gov.tr/tr/kategori/deprem-bolgeleri-haritasi-28841> Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası İndeksi. 17 Mart 2016.
- Ünsal, N.**, 2001. İnşaat Mühendisleri için Jeoloji, Gazi Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Virk, H.S., Walia, V.**, 2001. Helium/Radon Precursory Signals of Chamoli Earthquake, India, *Radiation Measurements*, **34**, 379–384.
- Virk, HS., Singh, B.**, 1993. Radon Anomalies in Soil Gas and Groundwater as Earthquake Precursor Phenomena, *Tectonophysics*, **227**, 215–224.

- Vizzini, F., Brai, M.,** 2012. In-Soil Radon Anomalies as Precursors of Earthquakes: A Case Study in the SE Slope of Mt. Etna in a Period of Quite Stable Weather Conditions, *Journal of Environmental Radioactivity*, **113**, 131-141.
- Wakabayashi, M.,** 1986. Design of Earthquake Resistant Buildings, McGraw Hill.
- Walia, V., Su, T. C., Fu, C. C. Yang, T. F.,** 2005. Spatial Variations of Radon and Helium Concentrations in Soil-Gas Across the Shan-Chiao Fault, Northern Taiwan, *Radiation Measurements*, **40**, 513–516.
- Walia, V., Virk, H. S., Bajwa, B. S. and Sharma, N.,** 2003. Relationship Between Radon Anomalies and Seismic Parameters in N-W Himaliya, India, *Radiation Measurements*, **36**, 393–396.
- Wasti, S. T., Sucuoğlu, H., Özcebe, G., Ersoy, U. Canbay, E.,** 2008. Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeler, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Weibull, W.,** 1951. A Statistical Distribution Function of Wide Applicability , *Journal of Applied Mechanics*, Transactions ASME, 18 (3), 293-297.
- William, L. H.,** 1994. Statistics, Harcourt Brace College Publishers, California.
- William, H., Lee, K., Jennings, P., Kisslinger, C.,** 2002. International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology, Academic Press, San Francisco Singapore Sydney Tokyo.
- Xiaocheng, Z., Zhi, C., Yueju, C.,** 2016. Environmental Impact of CO₂, Rn, Hg Degassing from The Rupture Zones Produced by Wenchuan M(s) 8.0 Earthquake in Western Sichuan, China, *Environmental Geochemistry and Health*, **38 (5)**, 1067-1082.
- Yakovleva, V. S.,** 2003. A Versatile Method for Estimating the Characteristics of Radon Transport in Soil, *Proceedings of ICGG7*, 59–61.
- Yalçınkaya, E., Alptekin O.,** 2005. Site Effect and Its Relationship with The Intensity and Damage Observed in the June 27, 1998 Adana-Ceyhan Earthquake, *Pure and Applied Geophysics*, **162**, 913-930.
- Yaprak, G., Kaya, O., Candan, O.,** 2003. Aktif Gediz Grabeninde Yer Alan Alaşehir/Manisa Yöresinde Tektonik Aktiviteye Dayalı Radon Anomalilerinin İncelenmesi, TÜBİTAK Raporu, İzmir, Türkiye.

- Yaprak, S.,** 2007. Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Var Olan Yöntemlerle Karşılaştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaprak, S., TArslan, E.,** 2008. Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu. *Jeodezi ve Arazi Yönetimi Dergisi*, **1**, 98.
- Yasuokai Y., Kawada. Y., Omori., Y., Shinogi, M.,** 2012. Anomalous Change in Atmospheric Radon Concentration Sourced from Broad Crustal Deformation: A Case Study of the 1995 Kobe Earthquake, *Applied Geochemistry*, **27**, 825–830.
- Zhou, H., Su, H., Zhang, H., Li, C.,** 2016. Correlations Between Soil Gas and Seismic Activity in the Generalized Haiyuan Fault Zone, North-Central China, *Natural Hazards*, 1-14.
- Zhuang, J., Jiang, C.,** 2012. Scoring Annual Earthquake Predictions in China, *Tectonophysics*, **524**, 155-164.
- Zmazek, B., Todorovski, L., Dzeroski, S., Vaupotic, J., Kobal, I.,** 2003. Application of Decision Trees to The Analysis of Soil Radon Data for Earthquake Prediction, *Applied Radiation and Isotopes*, **58**, 697–706.
- Zmazek, B., Zivcic, M., Dzeroski, Todorovski, L., S., Vaupotic, J. Kobal, I.,** 2005. Radon in Soil Gas: How to Identify Anomalies Caused by Earthquake, *Applied Geochemistry*, **20**, 1106-1119.
- Zmazek, B., Zivcic, M., Vaupotic, J., Bidovec, M., Poljak, M., Kobal, I.,** 2002. Soil Radon Monitoring in The Krsko Basin, Slovenia, *Applied Radiation and Isotopes*, **56**, 649–657.
- Zoran, M., Savastru, R., Savastru, D.,** 2012. Radon Levels Assessment in Relation with Seismic Events in Vrancea Region, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **293**, 655-663.



EKLER

EK 1

Risk Hesaplamaları

Ek 1 Tablo 1. Kasımlar istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Tarih	^{222}Rn (kBq/m ³)	Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	21,8713	10,4481	1	0,9762	0,0238
Mart	34,9441	11,7970	2	0,9524	0,0476
Nisan	32,4581	17,4811	3	0,9286	0,0714
Mayıs	302,2128	17,9525	4	0,9048	0,0952
Haziran	618,7067	18,3929	5	0,8810	0,1190
Temmuz	629,9807	19,2864	6	0,8571	0,1429
Ağustos	641,2547	21,8713	7	0,8333	0,1667
Eylül	390,0632	22,2893	8	0,8095	0,1905
Ekim	175,7789	23,7268	9	0,7857	0,2143
Kasım	52,3382	27,8056	10	0,7619	0,2381
Aralık	17,9525	29,4715	11	0,7381	0,2619
Ocak	10,4481	32,4581	12	0,7143	0,2857
Şubat	11,7970	34,9441	13	0,6905	0,3095
Mart	22,2893	36,4465	14	0,6667	0,3333
Nisan	88,6427	37,9583	15	0,6429	0,3571
Mayıs	165,3998	41,4283	16	0,6190	0,3810
Haziran	309,1090	52,3382	17	0,5952	0,4048
Temmuz	574,9887	52,6349	18	0,5714	0,4286
Ağustos	792,1246	88,6427	19	0,5476	0,4524
Eylül	338,6743	98,2451	20	0,5238	0,4762
Ekim	147,7950	107,5804	21	0,5000	0,5000
Kasım	98,2451	147,7950	22	0,4762	0,5238
Aralık	37,9583	165,3998	23	0,4524	0,5476
Ocak	17,4811	175,7789	24	0,4286	0,5714
Şubat	19,2864	188,5648	25	0,4048	0,5952
Mart	18,3929	231,6630	26	0,3810	0,6190
Nisan	36,4465	266,8334	27	0,3571	0,6429
Mayıs	231,6630	274,5405	28	0,3333	0,6667
Haziran	521,3563	302,2128	29	0,3095	0,6905
Temmuz	640,0573	309,1090	30	0,2857	0,7143
Ağustos	417,8533	338,6743	31	0,2619	0,7381
Eylül	266,8334	390,0632	32	0,2381	0,7619
Ekim	188,5648	417,8533	33	0,2143	0,7857
Kasım	41,4283	521,3563	34	0,1905	0,8095
Aralık	29,4715	574,9887	35	0,1667	0,8333
Ocak	23,7268	618,7067	36	0,1429	0,8571
Şubat	27,8056	629,3490	37	0,1190	0,8810
Mart	52,6349	629,9807	38	0,0952	0,9048
Nisan	107,5804	640,0573	39	0,0714	0,9286
Mayıs	274,5405	641,2547	40	0,0476	0,9524
Haziran	629,3490	792,1246	41	0,0238	0,9762

Ek 1 Tablo 2. Weibull Dağılımına göre Kasımlar istasyonu ²²²Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Sıralı ²²² Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Weibull Dağılımı Risk (<i>r_{gud}</i>)	Weibull Dağılımı Güven (<i>g_{gud}</i>)
10,4481	0,9762	0,9579	0,0788
11,7970	0,9524	0,9294	0,0869
17,4811	0,9286	0,9291	0,1190
17,9525	0,9048	0,9265	0,1215
18,3929	0,8810	0,9264	0,1239
19,2864	0,8571	0,9236	0,1286
21,8713	0,8333	0,9108	0,1419
22,2893	0,8095	0,8920	0,1440
23,7268	0,7857	0,8421	0,1512
27,8056	0,7619	0,8248	0,1709
29,4715	0,7381	0,7869	0,1787
32,4581	0,7143	0,7610	0,1923
34,9441	0,6905	0,7545	0,2033
36,4465	0,6667	0,7261	0,2098
37,9583	0,6429	0,7176	0,2163
41,4283	0,6190	0,6744	0,2308
52,3382	0,5952	0,6106	0,2736
52,6349	0,5714	0,5889	0,2747
88,6427	0,5476	0,5702	0,3927
98,2451	0,5238	0,5360	0,4195
107,5804	0,5000	0,4442	0,4442
147,7950	0,4762	0,4195	0,5360
165,3998	0,4524	0,3927	0,5702
175,7789	0,4286	0,2747	0,5889
188,5648	0,4048	0,2736	0,6106
231,6630	0,3810	0,2308	0,6744
266,8334	0,3571	0,2163	0,7176
274,5405	0,3333	0,2098	0,7261
302,2128	0,3095	0,2033	0,7545
309,1090	0,2857	0,1923	0,7610
338,6743	0,2619	0,1787	0,7869
390,0632	0,2381	0,1709	0,8248
417,8533	0,2143	0,1512	0,8421
521,3563	0,1905	0,1440	0,8920
574,9887	0,1667	0,1419	0,9108
618,7067	0,1429	0,1286	0,9236
629,3490	0,1190	0,1239	0,9264
629,9807	0,0952	0,1215	0,9265
640,0573	0,0714	0,1190	0,9291
641,2547	0,0476	0,0869	0,9294
792,1246	0,0238	0,0788	0,9579

Ek 1 Tablo 3. Sürğü istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Tarih	^{222}Rn (kBq/m ³)	Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	30,4647	10,6445	1	0,9756	0,0244
Mart	40,7040	12,0891	2	0,9512	0,0488
Nisan	26,6063	12,2594	3	0,9268	0,0732
Mayıs	24,8011	12,5610	4	0,9024	0,0976
Haziran	21,3479	14,0901	5	0,8780	0,1220
Temmuz	20,3968	14,9521	6	0,8537	0,1463
Ağustos	19,0329	17,4493	7	0,8293	0,1707
Eylül	18,5972	17,6588	8	0,8049	0,1951
Ekim	19,0568	17,7922	9	0,7805	0,2195
Kasım	26,7184	18,0948	10	0,7561	0,2439
Aralık	21,0449	18,3626	11	0,7317	0,2683
Ocak	14,0901	18,5972	12	0,7073	0,2927
Şubat	12,0891	18,6051	13	0,6829	0,3171
Mart	10,6445	18,6966	14	0,6585	0,3415
Nisan	12,2594	19,0329	15	0,6341	0,3659
Mayıs	19,6804	19,0568	16	0,6098	0,3902
Haziran	19,1538	19,1538	17	0,5854	0,4146
Temmuz	18,3626	19,6804	18	0,5610	0,4390
Ağustos	18,0948	19,9393	19	0,5366	0,4634
Eylül	17,4493	20,3968	20	0,5122	0,4878
Ekim	18,6966	21,0101	21	0,4878	0,5122
Kasım	22,3333	21,0449	22	0,4634	0,5366
Aralık	34,2351	21,1999	23	0,4390	0,5610
Şubat	35,2292	21,2391	24	0,4146	0,5854
Mart	36,1590	21,3180	25	0,3902	0,6098
Nisan	32,2399	21,3479	26	0,3659	0,6341
Mayıs	29,8490	22,3333	27	0,3415	0,6585
Haziran	21,1999	23,7353	28	0,3171	0,6829
Temmuz	21,0101	24,8011	29	0,2927	0,7073
Ağustos	21,3180	26,1527	30	0,2683	0,7317
Eylül	23,7353	26,6063	31	0,2439	0,7561
Ekim	26,1527	26,7184	32	0,2195	0,7805
Kasım	21,2391	29,8490	33	0,1951	0,8049
Aralık	40,3509	30,4647	34	0,1707	0,8293
Ocak	17,7922	32,2399	35	0,1463	0,8537
Şubat	19,9393	34,2351	36	0,1220	0,8780
Mart	17,6588	35,2292	37	0,0976	0,9024
Nisan	14,9521	36,1590	38	0,0732	0,9268
Mayıs	12,5610	40,3509	39	0,0488	0,9512
Haziran	18,6051	40,7040	40	0,0244	0,9756

Ek 1 Tablo 4. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Sürgü istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{gud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{gud})
10,6445	0,9756	0,9865	0,0135
12,0891	0,9512	0,9645	0,0355
12,2594	0,9268	0,9608	0,0392
12,5610	0,9024	0,9537	0,0463
14,0901	0,8780	0,9047	0,0953
14,9521	0,8537	0,8675	0,1325
17,4493	0,8293	0,7295	0,2705
17,6588	0,8049	0,7165	0,2835
17,7922	0,7805	0,7082	0,2918
18,0948	0,7561	0,6892	0,3108
18,3626	0,7317	0,6722	0,3278
18,5972	0,7073	0,6573	0,3427
18,6051	0,6829	0,6568	0,3432
18,6966	0,6585	0,6510	0,3490
19,0329	0,6341	0,6295	0,3705
19,0568	0,6098	0,6280	0,3720
19,1538	0,5854	0,6218	0,3782
19,6804	0,5610	0,5882	0,4118
19,9393	0,5366	0,5719	0,4281
20,3968	0,5122	0,5433	0,4567
21,0101	0,4878	0,5058	0,4942
21,0449	0,4634	0,5037	0,4963
21,1999	0,4390	0,4944	0,5056
21,2391	0,4146	0,4921	0,5079
21,3180	0,3902	0,4874	0,5126
21,3479	0,3659	0,4856	0,5144
22,3333	0,3415	0,4292	0,5708
23,7353	0,3171	0,3561	0,6439
24,8011	0,2927	0,3068	0,6932
26,1527	0,2683	0,2521	0,7479
26,6063	0,2439	0,2357	0,7643
26,7184	0,2195	0,2318	0,7682
29,8490	0,1951	0,1431	0,8569
30,4647	0,1707	0,1298	0,8702
32,2399	0,1463	0,0977	0,9023
34,2351	0,1220	0,0707	0,9293
35,2292	0,0976	0,0601	0,9399
36,1590	0,0732	0,0516	0,9484
40,3509	0,0488	0,0258	0,9742
40,7040	0,0244	0,0244	0,9756

Ek 1 Tablo 5. Çelik istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Tarih	^{222}Rn (kBq/m ³)	Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	12,0892	11,0337	1	0,9722	0,0278
Mart	19,5481	12,0892	2	0,9444	0,0556
Nisan	30,1926	19,0079	3	0,9167	0,0833
Mayıs	49,9095	19,5481	4	0,8889	0,1111
Haziran	64,3589	20,8953	5	0,8611	0,1389
Ağustos	80,2128	30,1926	6	0,8333	0,1667
Eylül	92,2868	30,2324	7	0,8056	0,1944
Ekim	75,9259	34,5570	8	0,7778	0,2222
Kasım	90,6848	40,4982	9	0,7500	0,2500
Aralık	108,6090	49,9095	10	0,7222	0,2778
Şubat	174,6054	56,3953	11	0,6944	0,3056
Mart	134,2100	56,9199	12	0,6667	0,3333
Nisan	80,4442	59,8532	13	0,6389	0,3611
Mayıs	19,0079	60,6871	14	0,6111	0,3889
Haziran	40,4982	61,5121	15	0,5833	0,4167
Temmuz	56,3953	62,3916	16	0,5556	0,4444
Ağustos	60,6871	64,3589	17	0,5278	0,4722
Ekim	61,5121	64,5581	18	0,5000	0,5000
Kasım	62,3916	72,7491	19	0,4722	0,5278
Aralık	72,7491	74,3659	20	0,4444	0,5556
Şubat	79,9117	74,8981	21	0,4167	0,5833
Mart	82,7130	75,9259	22	0,3889	0,6111
Nisan	76,5244	76,5244	23	0,3611	0,6389
Mayıs	30,2324	76,8759	24	0,3333	0,6667
Haziran	11,0337	78,4737	25	0,3056	0,6944
Temmuz	20,8953	79,9117	26	0,2778	0,7222
Ağustos	34,5570	80,2128	27	0,2500	0,7500
Eylül	59,8532	80,4442	28	0,2222	0,7778
Ekim	64,5581	82,7130	29	0,1944	0,8056
Kasım	74,8981	90,6848	30	0,1667	0,8333
Aralık	78,4737	91,3381	31	0,1389	0,8611
Ocak	76,8759	92,2868	32	0,1111	0,8889
Şubat	74,3659	108,6090	33	0,0833	0,9167
Mart	91,3381	134,2100	34	0,0556	0,9444
Nisan	56,9199	174,6054	35	0,0278	0,9722

Ek 1 Tablo 6. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Çelik istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{gud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{gud})
11,0337	0,9722	0,9742	0,0258
12,0892	0,9444	0,9711	0,0289
19,0079	0,9167	0,9433	0,0567
19,5481	0,8889	0,9406	0,0594
20,8953	0,8611	0,9334	0,0666
30,1926	0,8333	0,8678	0,1322
30,2324	0,8056	0,8675	0,1325
34,5570	0,7778	0,8279	0,1721
40,4982	0,7500	0,7655	0,2345
49,9095	0,7222	0,6534	0,3466
56,3953	0,6944	0,5719	0,4281
56,9199	0,6667	0,5653	0,4347
59,8532	0,6389	0,5286	0,4714
60,6871	0,6111	0,5183	0,4817
61,5121	0,5833	0,5081	0,4919
62,3916	0,5556	0,4973	0,5027
64,3589	0,5278	0,4735	0,5265
64,5581	0,5000	0,4711	0,5289
72,7491	0,4722	0,3773	0,6227
74,3659	0,4444	0,3600	0,6400
74,8981	0,4167	0,3545	0,6455
75,9259	0,3889	0,3438	0,6562
76,5244	0,3611	0,3377	0,6623
76,8759	0,3333	0,3342	0,6658
78,4737	0,3056	0,3183	0,6817
79,9117	0,2778	0,3044	0,6956
80,2128	0,2500	0,3016	0,6984
80,4442	0,2222	0,2994	0,7006
82,7130	0,1944	0,2786	0,7214
90,6848	0,1667	0,2134	0,7866
91,3381	0,1389	0,2086	0,7914
92,2868	0,1111	0,2018	0,7982
108,6090	0,0833	0,1094	0,8906
134,2100	0,0556	0,0364	0,9636
174,6054	0,0278	0,0045	0,9955

Ek 1 Tablo 7. Çiğli istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Tarih	^{222}Rn (kBq/m ³)	Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	79,9411	21,4311	1	0,9762	0,0238
Mart	90,0713	21,7833	2	0,9524	0,0476
Nisan	85,3212	24,8757	3	0,9286	0,0714
Mayıs	72,9093	30,4059	4	0,9048	0,0952
Haziran	47,9795	34,4704	5	0,8810	0,1190
Temmuz	41,6993	36,0383	6	0,8571	0,1429
Ağustos	37,2329	37,2329	7	0,8333	0,1667
Eylül	41,5566	40,7426	8	0,8095	0,1905
Ekim	55,0769	41,5566	9	0,7857	0,2143
Kasım	62,4389	41,6993	10	0,7619	0,2381
Aralık	43,2843	42,4243	11	0,7381	0,2619
Ocak	30,4059	43,2843	12	0,7143	0,2857
Şubat	24,8757	47,9795	13	0,6905	0,3095
Mart	21,4311	48,3403	14	0,6667	0,3333
Nisan	21,7833	50,2389	15	0,6429	0,3571
Mayıs	34,4704	51,4607	16	0,6190	0,3810
Haziran	42,4243	53,5351	17	0,5952	0,4048
Temmuz	36,0383	54,4399	18	0,5714	0,4286
Ağustos	40,7426	55,0769	19	0,5476	0,4524
Eylül	48,3403	56,5127	20	0,5238	0,4762
Ekim	70,8135	60,7544	21	0,5000	0,5000
Kasım	100,9764	61,2036	22	0,4762	0,5238
Aralık	94,6809	62,4389	23	0,4524	0,5476
Ocak	61,2036	64,7432	24	0,4286	0,5714
Şubat	56,5127	65,6868	25	0,4048	0,5952
Mart	50,2389	68,5204	26	0,3810	0,6190
Nisan	54,4399	69,4795	27	0,3571	0,6429
Mayıs	64,7432	70,8135	28	0,3333	0,6667
Haziran	91,3175	72,9093	29	0,3095	0,6905
Temmuz	65,6868	78,4224	30	0,2857	0,7143
Ağustos	78,4224	79,9411	31	0,2619	0,7381
Eylül	82,8684	82,8684	32	0,2381	0,7619
Ekim	102,8399	85,3212	33	0,2143	0,7857
Kasım	114,2260	89,8595	34	0,1905	0,8095
Aralık	89,8595	90,0713	35	0,1667	0,8333
Ocak	68,5204	91,3175	36	0,1429	0,8571
Şubat	60,7544	92,5833	37	0,1190	0,8810
Mart	51,4607	94,6809	38	0,0952	0,9048
Nisan	53,5351	100,9764	39	0,0714	0,9286
Mayıs	69,4795	102,8399	40	0,0476	0,9524
Haziran	92,5833	114,2260	41	0,0238	0,9762

Ek 1 Tablo 8. Gamma Dağılımına göre Çiğli istasyonu ²²²Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Sıralı ²²² Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Gamma Dağılımı Risk (<i>r_{gud}</i>)	Gamma Dağılımı Güven (<i>g_{gud}</i>)
21,4311	0,9762	0,9830	0,0170
21,7833	0,9524	0,9817	0,0183
24,8757	0,9286	0,9675	0,0325
30,4059	0,9048	0,9270	0,0730
34,4704	0,8810	0,8845	0,1155
36,0383	0,8571	0,8653	0,1347
37,2329	0,8333	0,8498	0,1502
40,7426	0,8095	0,7998	0,2002
41,5566	0,7857	0,7875	0,2125
41,6993	0,7619	0,7853	0,2147
42,4243	0,7381	0,7740	0,2260
43,2843	0,7143	0,7603	0,2397
47,9795	0,6905	0,6822	0,3178
48,3403	0,6667	0,6760	0,3240
50,2389	0,6429	0,6432	0,3568
51,4607	0,6190	0,6220	0,3780
53,5351	0,5952	0,5859	0,4141
54,4399	0,5714	0,5702	0,4298
55,0769	0,5476	0,5592	0,4408
56,5127	0,5238	0,5346	0,4654
60,7544	0,5000	0,4637	0,5363
61,2036	0,4762	0,4564	0,5436
62,4389	0,4524	0,4366	0,5634
64,7432	0,4286	0,4009	0,5991
65,6868	0,4048	0,3867	0,6133
68,5204	0,3810	0,3459	0,6541
69,4795	0,3571	0,3326	0,6674
70,8135	0,3333	0,3148	0,6852
72,9093	0,3095	0,2881	0,7119
78,4224	0,2857	0,2253	0,7747
79,9411	0,2619	0,2100	0,7900
82,8684	0,2381	0,1826	0,8174
85,3212	0,2143	0,1620	0,8380
89,8595	0,1905	0,1287	0,8713
90,0713	0,1667	0,1273	0,8727
91,3175	0,1429	0,1193	0,8807
92,5833	0,1190	0,1116	0,8884
94,6809	0,0952	0,0998	0,9002
100,9764	0,0714	0,0706	0,9294
102,8399	0,0476	0,0635	0,9365
114,2260	0,0238	0,0325	0,9675

Ek 1 Tablo 9. Kızıleniş istasyonu ²²²Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Tarih	²²² Rn (kBq/m ³)	Sıralı ²²² Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	191,0935	22,5692	1	0,9750	0,0250
Mart	391,9823	34,9706	2	0,9500	0,0500
Nisan	384,2466	38,7343	3	0,9250	0,0750
Mayıs	215,3101	57,0614	4	0,9000	0,1000
Haziran	168,5420	72,2315	5	0,8750	0,1250
Temmuz	141,6811	72,9812	6	0,8500	0,1500
Ağustos	128,4868	81,6871	7	0,8250	0,1750
Eylül	134,0225	87,6944	8	0,8000	0,2000
Ekim	203,7844	97,1385	9	0,7750	0,2250
Kasım	316,4074	121,2900	10	0,7500	0,2500
Aralık	192,9792	128,4868	11	0,7250	0,2750
Ocak	158,6166	132,7255	12	0,7000	0,3000
Şubat	81,6871	134,0225	13	0,6750	0,3250
Mart	132,7255	141,6811	14	0,6500	0,3500
Nisan	227,3872	154,4986	15	0,6250	0,3750
Mayıs	372,7134	158,6166	16	0,6000	0,4000
Haziran	305,8118	168,5420	17	0,5750	0,4250
Temmuz	243,6263	174,3080	18	0,5500	0,4500
Ağustos	243,3347	184,8767	19	0,5250	0,4750
Eylül	201,4635	187,4302	20	0,5000	0,5000
Ekim	87,6944	191,0935	21	0,4750	0,5250
Kasım	187,4302	192,9792	22	0,4500	0,5500
Aralık	72,9812	196,0810	23	0,4250	0,5750
Şubat	34,9706	201,4635	24	0,4000	0,6000
Mart	22,5692	203,7844	25	0,3750	0,6250
Nisan	97,1385	208,9561	26	0,3500	0,6500
Mayıs	252,8112	215,3101	27	0,3250	0,6750
Haziran	311,5917	217,5563	28	0,3000	0,7000
Temmuz	196,0810	220,0696	29	0,2750	0,7250
Ağustos	184,8767	227,3872	30	0,2500	0,7500
Eylül	174,3080	243,3347	31	0,2250	0,7750
Ekim	208,9561	243,6263	32	0,2000	0,8000
Kasım	217,5563	252,8112	33	0,1750	0,8250
Aralık	121,2900	305,8118	34	0,1500	0,8500
Ocak	57,0614	311,5917	35	0,1250	0,8750
Şubat	38,7343	316,4074	36	0,1000	0,9000
Mart	72,2315	372,7134	37	0,0750	0,9250
Nisan	154,4986	384,2466	38	0,0500	0,9500
Mayıs	220,0696	391,9823	39	0,0250	0,9750

Ek 1 Tablo 10. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Kızılören istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{gud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{gud})
22,5692	0,9750	0,9750	0,0250
34,9706	0,9500	0,9620	0,0380
38,7343	0,9250	0,9572	0,0428
57,0614	0,9000	0,9275	0,0725
72,2315	0,8750	0,8942	0,1058
72,9812	0,8500	0,8923	0,1077
81,6871	0,8250	0,8692	0,1308
87,6944	0,8000	0,8517	0,1483
97,1385	0,7750	0,8217	0,1783
121,2900	0,7500	0,7330	0,2670
128,4868	0,7250	0,7038	0,2962
132,7255	0,7000	0,6862	0,3138
134,0225	0,6750	0,6807	0,3193
141,6811	0,6500	0,6481	0,3519
154,4986	0,6250	0,5923	0,4077
158,6166	0,6000	0,5743	0,4257
168,5420	0,5750	0,5307	0,4693
174,3080	0,5500	0,5056	0,4944
184,8767	0,5250	0,4603	0,5397
187,4302	0,5000	0,4495	0,5505
191,0935	0,4750	0,4343	0,5657
192,9792	0,4500	0,4265	0,5735
196,0810	0,4250	0,4138	0,5862
201,4635	0,4000	0,3921	0,6079
203,7844	0,3750	0,3829	0,6171
208,9561	0,3500	0,3628	0,6372
215,3101	0,3250	0,3389	0,6611
217,5563	0,3000	0,3306	0,6694
220,0696	0,2750	0,3215	0,6785
227,3872	0,2500	0,2958	0,7042
243,3347	0,2250	0,2442	0,7558
243,6263	0,2000	0,2433	0,7567
252,8112	0,1750	0,2165	0,7835
305,8118	0,1500	0,1009	0,8991
311,5917	0,1250	0,0920	0,9080
316,4074	0,1000	0,0850	0,9150
372,7134	0,0750	0,0306	0,9694
384,2466	0,0500	0,0242	0,9758
391,9823	0,0250	0,0206	0,9794

Ek 1 Tablo 11. Beyoğlu istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Tarih	^{222}Rn (kBq/m ³)	Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	352,9499	39,2055	1	0,9706	0,0294
Mart	294,0998	67,3149	2	0,9412	0,0588
Nisan	186,0267	89,2615	3	0,9118	0,0882
Mayıs	123,4587	100,4640	4	0,8824	0,1176
Haziran	147,1381	123,4587	5	0,8529	0,1471
Temmuz	89,2615	141,8783	6	0,8235	0,1765
Ağustos	217,0138	142,8844	7	0,7941	0,2059
Eylül	393,0705	147,1381	8	0,7647	0,2353
Ekim	720,9769	186,0267	9	0,7353	0,2647
Kasım	783,9017	217,0138	10	0,7059	0,2941
Aralık	760,6452	220,9182	11	0,6765	0,3235
Ocak	674,3945	229,1190	12	0,6471	0,3529
Şubat	679,9576	233,4278	13	0,6176	0,3824
Mart	471,5968	252,1052	14	0,5882	0,4118
Nisan	350,7417	256,5326	15	0,5588	0,4412
Mayıs	252,1052	294,0998	16	0,5294	0,4706
Haziran	233,4278	318,3402	17	0,5000	0,5000
Temmuz	220,9182	350,7417	18	0,4706	0,5294
Ağustos	229,1190	352,9499	19	0,4412	0,5588
Eylül	318,3402	362,9508	20	0,4118	0,5882
Ekim	362,9508	379,3302	21	0,3824	0,6176
Kasım	385,2561	385,2561	22	0,3529	0,6471
Aralık	407,5614	393,0705	23	0,3235	0,6765
Şubat	538,6337	407,5614	24	0,2941	0,7059
Mart	606,6399	471,5968	25	0,2647	0,7353
Nisan	379,3302	482,0705	26	0,2353	0,7647
Mayıs	142,8844	538,6337	27	0,2059	0,7941
Haziran	141,8783	606,6399	28	0,1765	0,8235
Temmuz	39,2055	674,3945	29	0,1471	0,8529
Ağustos	67,3149	679,9576	30	0,1176	0,8824
Eylül	100,4640	720,9769	31	0,0882	0,9118
Ekim	256,5326	760,6452	32	0,0588	0,9412
Kasım	482,0705	783,9017	33	0,0294	0,9706

Ek 1 Tablo 12. Gamma Dağılımına göre Beyoğlu istasyonu ²²²Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Sıralı ²²² Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Gamma Dağılımı Risk (<i>r_{gud}</i>)	Gamma Dağılımı Güven (<i>g_{gud}</i>)
39,2055	0,9706	0,9878	0,0122
67,3149	0,9412	0,9609	0,0391
89,2615	0,9118	0,9307	0,0693
100,4640	0,8824	0,9126	0,0874
123,4587	0,8529	0,8712	0,1288
141,8783	0,8235	0,8347	0,1653
142,8844	0,7941	0,8326	0,1674
147,1381	0,7647	0,8239	0,1761
186,0267	0,7353	0,7403	0,2597
217,0138	0,7059	0,6720	0,3280
220,9182	0,6765	0,6634	0,3366
229,1190	0,6471	0,6455	0,3545
233,4278	0,6176	0,6361	0,3639
252,1052	0,5882	0,5960	0,4040
256,5326	0,5588	0,5866	0,4134
294,0998	0,5294	0,5098	0,4902
318,3402	0,5000	0,4633	0,5367
350,7417	0,4706	0,4056	0,5944
352,9499	0,4412	0,4018	0,5982
362,9508	0,4118	0,3852	0,6148
379,3302	0,3824	0,3590	0,6410
385,2561	0,3529	0,3499	0,6501
393,0705	0,3235	0,3381	0,6619
407,5614	0,2941	0,3171	0,6829
471,5968	0,2647	0,2363	0,7637
482,0705	0,2353	0,2249	0,7751
538,6337	0,2059	0,1710	0,8290
606,6399	0,1765	0,1216	0,8784
674,3945	0,1471	0,0856	0,9144
679,9576	0,1176	0,0832	0,9168
720,9769	0,0882	0,0669	0,9331
760,6452	0,0588	0,0541	0,9459
783,9017	0,0294	0,0477	0,9523

Ek 1 Tablo 13. Demirköprü istasyonu ^{222}Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Tarih	^{222}Rn (kBq/m ³)	Sıralı ^{222}Rn (kBq/m ³)	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
Şubat	131,8724	37,4232	1	0,9762	0,0238
Mart	146,4809	38,2299	2	0,9524	0,0476
Nisan	149,3141	38,9053	3	0,9286	0,0714
Mayıs	148,8805	46,4941	4	0,9048	0,0952
Haziran	169,4110	46,8198	5	0,8810	0,1190
Temmuz	153,7874	48,8510	6	0,8571	0,1429
Ağustos	170,3095	49,6166	7	0,8333	0,1667
Eylül	141,1614	50,6770	8	0,8095	0,1905
Ekim	108,6759	53,1073	9	0,7857	0,2143
Kasım	107,7727	83,4558	10	0,7619	0,2381
Aralık	83,4558	94,0078	11	0,7381	0,2619
Ocak	48,8510	97,2708	12	0,7143	0,2857
Şubat	46,8198	103,8346	13	0,6905	0,3095
Mart	38,9053	107,7727	14	0,6667	0,3333
Nisan	50,6770	108,3990	15	0,6429	0,3571
Mayıs	131,3762	108,6759	16	0,6190	0,3810
Haziran	122,6757	116,0509	17	0,5952	0,4048
Temmuz	119,6791	119,6791	18	0,5714	0,4286
Ağustos	124,4435	122,6757	19	0,5476	0,4524
Eylül	122,7354	122,7354	20	0,5238	0,4762
Ekim	144,9692	124,4435	21	0,5000	0,5000
Kasım	108,3990	124,6996	22	0,4762	0,5238
Aralık	132,5531	125,0469	23	0,4524	0,5476
Ocak	139,2114	131,3762	24	0,4286	0,5714
Şubat	183,8368	131,8724	25	0,4048	0,5952
Mart	198,0951	132,5531	26	0,3810	0,6190
Nisan	154,9288	134,0641	27	0,3571	0,6429
Mayıs	148,6533	139,2114	28	0,3333	0,6667
Haziran	151,7911	141,1614	29	0,3095	0,6905
Temmuz	134,0641	144,9692	30	0,2857	0,7143
Ağustos	124,6996	146,4809	31	0,2619	0,7381
Eylül	125,0469	148,6533	32	0,2381	0,7619
Ekim	103,8346	148,8805	33	0,2143	0,7857
Kasım	97,2708	149,3141	34	0,1905	0,8095
Aralık	49,6166	151,7911	35	0,1667	0,8333
Ocak	53,1073	153,7874	36	0,1429	0,8571
Şubat	46,4941	154,9288	37	0,1190	0,8810
Mart	38,2299	169,4110	38	0,0952	0,9048
Nisan	37,4232	170,3095	39	0,0714	0,9286
Mayıs	94,0078	183,8368	40	0,0476	0,9524
Haziran	116,0509	198,0951	41	0,0238	0,9762

Ek 1 Tablo 14. Gumbell Dağılımına göre Demirköprü istasyonu ²²²Rn gazı derişimi risk ve güven değerleri

Sıralı ²²² Rn (kBq/m ³)	Risk (r)	Gumbell Dağılımı Risk (r_{gud})	Gumbell Dağılımı Güven (g_{gud})
37,4232	0,9762	0,9322	0,0678
38,2299	0,9524	0,9307	0,0693
38,9053	0,9286	0,9295	0,0705
46,4941	0,9048	0,9141	0,0859
46,8198	0,8810	0,9133	0,0867
48,8510	0,8571	0,9086	0,0914
49,6166	0,8333	0,9068	0,0932
50,6770	0,8095	0,9042	0,0958
53,1073	0,7857	0,8980	0,1020
83,4558	0,7619	0,7823	0,2177
94,0078	0,7381	0,7211	0,2789
97,2708	0,7143	0,6995	0,3005
103,8346	0,6905	0,6523	0,3477
107,7727	0,6667	0,6216	0,3784
108,3990	0,6429	0,6165	0,3835
108,6759	0,6190	0,6143	0,3857
116,0509	0,5952	0,5513	0,4487
119,6791	0,5714	0,5183	0,4817
122,6757	0,5476	0,4901	0,5099
122,7354	0,5238	0,4896	0,5104
124,4435	0,5000	0,4732	0,5268
124,6996	0,4762	0,4708	0,5292
125,0469	0,4524	0,4674	0,5326
131,3762	0,4286	0,4052	0,5948
131,8724	0,4048	0,4003	0,5997
132,5531	0,3810	0,3935	0,6065
134,0641	0,3571	0,3784	0,6216
139,2114	0,3333	0,3270	0,6730
141,1614	0,3095	0,3077	0,6923
144,9692	0,2857	0,2706	0,7294
146,4809	0,2619	0,2561	0,7439
148,6533	0,2381	0,2357	0,7643
148,8805	0,2143	0,2336	0,7664
149,3141	0,1905	0,2296	0,7704
151,7911	0,1667	0,2073	0,7927
153,7874	0,1429	0,1899	0,8101
154,9288	0,1190	0,1802	0,8198
169,4110	0,0952	0,0788	0,9212
170,3095	0,0714	0,0740	0,9260
183,8368	0,0476	0,0233	0,9767
198,0951	0,0238	0,0039	0,9961

Ek 1 Tablo 15. Kasımlar istasyonu deprem risk ve güven değerleri

M	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
2,7	2,2	1	0,9444	0,0556
3,0	2,4	2	0,8889	0,1111
2,6	2,5	3	0,8333	0,1667
2,8	2,6	4	0,7778	0,2222
2,9	2,7	5	0,7222	0,2778
3,1	2,8	6	0,6667	0,3333
4,2	2,9	7	0,6111	0,3889
3,5	3,0	8	0,5556	0,4444
3,2	3,1	9	0,5000	0,5000
3,3	3,2	10	0,4444	0,5556
3,4	3,3	11	0,3889	0,6111
2,4	3,4	12	0,3333	0,6667
3,7	3,5	13	0,2778	0,7222
2,2	3,6	14	0,2222	0,7778
3,6	3,7	15	0,1667	0,8333
2,5	3,8	16	0,1111	0,8889
3,8	4,2	17	0,0556	0,9444

Ek 1 Tablo 16. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Kasımlar istasyonu deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{gud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{gud})
2,2	0,9444	0,9643	0,0357
2,4	0,8889	0,9146	0,0854
2,5	0,8333	0,8770	0,1230
2,6	0,7778	0,8303	0,1697
2,7	0,7222	0,7748	0,2252
2,8	0,6667	0,7115	0,2885
2,9	0,6111	0,6423	0,3577
3,0	0,5556	0,5693	0,4307
3,1	0,5000	0,4951	0,5049
3,2	0,4444	0,4220	0,5780
3,3	0,3889	0,3522	0,6478
3,4	0,3333	0,2876	0,7124
3,5	0,2778	0,2296	0,7704
3,6	0,2222	0,1788	0,8212
3,7	0,1667	0,1356	0,8644
3,8	0,1111	0,0999	0,9001
4,2	0,0556	0,0202	0,9798

Ek 1 Tablo 17. Sürgü istasyonu deprem risk ve güven değerleri

M	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
2,7	2,5	1	0,9231	0,0769
3	2,6	2	0,8462	0,1538
2,9	2,7	3	0,7692	0,2308
2,8	2,8	4	0,6923	0,3077
2,6	2,9	5	0,6154	0,3846
3,5	3,0	6	0,5385	0,4615
3,1	3,1	7	0,4615	0,5385
2,5	3,3	8	0,3846	0,6154
3,4	3,4	9	0,3077	0,6923
3,7	3,5	10	0,2308	0,7692
3,6	3,6	11	0,1538	0,8462
3,3	3,7	12	0,0769	0,9231

Ek 1 Tablo 18. Log-Normal Dağılımına göre Sürgü istasyonu deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Log-Normal Risk (r_{gud})	Log-Normal Güven (g_{gud})
2,5	0,9231	0,9393	0,0607
2,6	0,8462	0,8947	0,1053
2,7	0,7692	0,8330	0,1670
2,8	0,6923	0,7551	0,2449
2,9	0,6154	0,6646	0,3354
3,0	0,5385	0,5667	0,4333
3,1	0,4615	0,4680	0,5320
3,3	0,3846	0,2898	0,7102
3,4	0,3077	0,2177	0,7823
3,5	0,2308	0,1587	0,8413
3,6	0,1538	0,1125	0,8875
3,7	0,0769	0,0777	0,9223

Ek 1 Tablo 19. Çelik istasyonu deprem risk ve güven değerleri

M	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
2,8	2,5	1	0,9231	0,0769
2,7	2,6	2	0,8462	0,1538
2,9	2,7	3	0,7692	0,2308
3,0	2,8	4	0,6923	0,3077
3,5	2,9	5	0,6154	0,3846
3,1	3,0	6	0,5385	0,4615
3,5	3,0	7	0,4615	0,5385
3,0	3,1	8	0,3846	0,6154
2,6	3,3	9	0,3077	0,6923
2,5	3,4	10	0,2308	0,7692
3,4	3,5	11	0,1538	0,8462
3,3	3,5	12	0,0769	0,9231

Ek 1 Tablo 20. Log-Normal Dağılımına göre Çelik istasyonu deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Log-Normal Risk (r_{qud})	Log-Normal Güven (g_{qud})
2,5	0,9231	0,9467	0,0533
2,6	0,8462	0,8981	0,1019
2,7	0,7692	0,8266	0,1734
2,8	0,6923	0,7334	0,2666
2,9	0,6154	0,6241	0,3759
3,0	0,5385	0,5080	0,4920
3,0	0,4615	0,5080	0,4920
3,1	0,3846	0,3949	0,6051
3,3	0,3077	0,2081	0,7919
3,4	0,2308	0,1414	0,8586
3,5	0,1538	0,0922	0,9078
3,5	0,0769	0,0922	0,9078

Ek 1 Tablo 21. Çiğli istasyonu deprem risk ve güven değerleri

M	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
3,5	2,1	1	0,9286	0,0714
3,1	2,2	2	0,8571	0,1429
2,8	2,5	3	0,7857	0,2143
2,9	2,5	4	0,7143	0,2857
2,6	2,6	5	0,6429	0,3571
2,7	2,7	6	0,5714	0,4286
3,0	2,8	7	0,5000	0,5000
2,5	2,9	8	0,4286	0,5714
3,3	3,0	9	0,3571	0,6429
2,1	3,1	10	0,2857	0,7143
3,2	3,2	11	0,2143	0,7857
2,5	3,3	12	0,1429	0,8571
2,2	3,5	13	0,0714	0,9286

Ek 1 Tablo 22. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Çiğli istasyonu deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{qud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{qud})
2,1	0,9286	0,9513	0,0487
2,2	0,8571	0,9239	0,0761
2,5	0,7857	0,7736	0,2264
2,5	0,7143	0,7736	0,2264
2,6	0,6429	0,6988	0,3012
2,7	0,5714	0,6135	0,3865
2,8	0,5000	0,5208	0,4792
2,9	0,4286	0,4249	0,5751
3	0,3571	0,3306	0,6694
3,1	0,2857	0,2427	0,7573
3,2	0,2143	0,1656	0,8344
3,3	0,1429	0,1025	0,8975
3,5	0,0714	0,0235	0,9765

Ek 1 Tablo 23. Kızıleniş istasyonu deprem risk ve güven değerleri

M	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
3,5	2,2	1	0,9231	0,0769
2,5	2,4	2	0,8462	0,1538
2,9	2,5	3	0,7692	0,2308
3,0	2,6	4	0,6923	0,3077
3,3	2,7	5	0,6154	0,3846
2,8	2,8	6	0,5385	0,4615
2,7	2,9	7	0,4615	0,5385
2,6	3,0	8	0,3846	0,6154
3,2	3,2	9	0,3077	0,6923
2,4	3,3	10	0,2308	0,7692
3,7	3,5	11	0,1538	0,8462
2,2	3,7	12	0,0769	0,9231

Ek 1 Tablo 24. Log-Normal Dağılımına göre Kızıleniş istasyonu deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Log-Normal Risk (r_{gud})	Log-Normal Güven (g_{gud})
2,2	0,9231	0,9536	0,0464
2,4	0,8462	0,8704	0,1296
2,5	0,7692	0,8077	0,1923
2,6	0,6923	0,7325	0,2675
2,7	0,6154	0,6484	0,3516
2,8	0,5385	0,5597	0,4403
2,9	0,4615	0,4711	0,5289
3	0,3846	0,3869	0,6131
3,2	0,3077	0,2429	0,7571
3,3	0,2308	0,1861	0,8139
3,5	0,1538	0,1028	0,8972
3,7	0,0769	0,0528	0,9472

Ek 1 Tablo 25. Beyoğlu istasyonu deprem risk ve güven değerleri

M	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
3,5	2,2	1	0,9286	0,0714
2,5	2,4	2	0,8571	0,1429
2,6	2,5	3	0,7857	0,2143
3,2	2,6	4	0,7143	0,2857
2,9	2,7	5	0,6429	0,3571
3,1	2,8	6	0,5714	0,4286
2,7	2,9	7	0,5000	0,5000
3,0	3,0	8	0,4286	0,5714
2,8	3,1	9	0,3571	0,6429
3,3	3,2	10	0,2857	0,7143
2,4	3,3	11	0,2143	0,7857
3,7	3,5	12	0,1429	0,8571
2,2	3,7	13	0,0714	0,9286

Ek 1 Tablo 26. Log-Normal Dağılımına göre Beyoğlu istasyonu deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Log-Normal Risk (r_{qud})	Log-Normal Güven (g_{qud})
2,2	0,9286	0,9622	0,0378
2,4	0,8571	0,8861	0,1139
2,5	0,7857	0,8260	0,1740
2,6	0,7143	0,7521	0,2479
2,7	0,6429	0,6676	0,3324
2,8	0,5714	0,5772	0,4228
2,9	0,5000	0,4858	0,5142
3,0	0,4286	0,3982	0,6018
3,1	0,3571	0,3181	0,6819
3,2	0,2857	0,2478	0,7522
3,3	0,2143	0,1885	0,8115
3,5	0,1429	0,1021	0,8979
3,7	0,0714	0,0511	0,9489

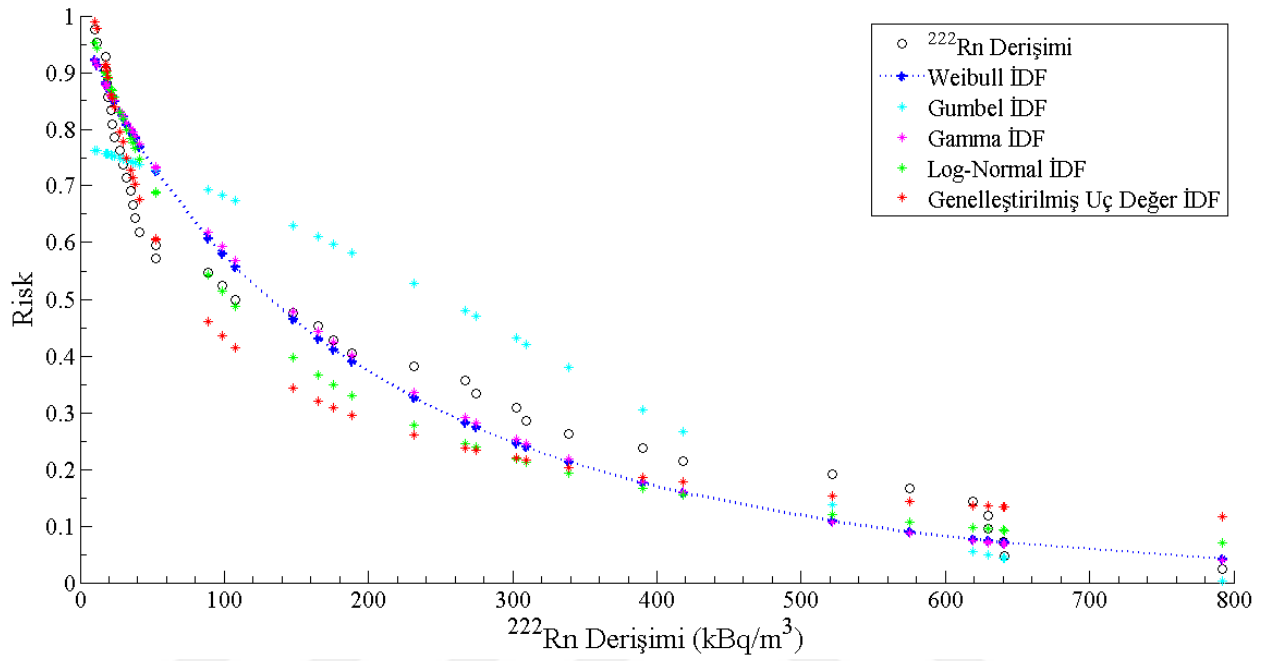
Ek 1 Tablo 27. Demirköprü istasyonu deprem risk ve güven değerleri

M	Sıralı M	Mertebe (m)	Risk (r)	Güven (g)
2,9	2,4	1	0,9091	0,0909
3,2	2,6	2	0,8182	0,1818
2,6	2,8	3	0,7273	0,2727
2,8	2,9	4	0,6364	0,3636
3,0	3,0	5	0,5455	0,4545
3,2	3,1	6	0,4545	0,5455
5,0	3,2	7	0,3636	0,6364
3,1	3,2	8	0,2727	0,7273
3,3	3,3	9	0,1818	0,8182
2,4	5,0	10	0,0909	0,9091

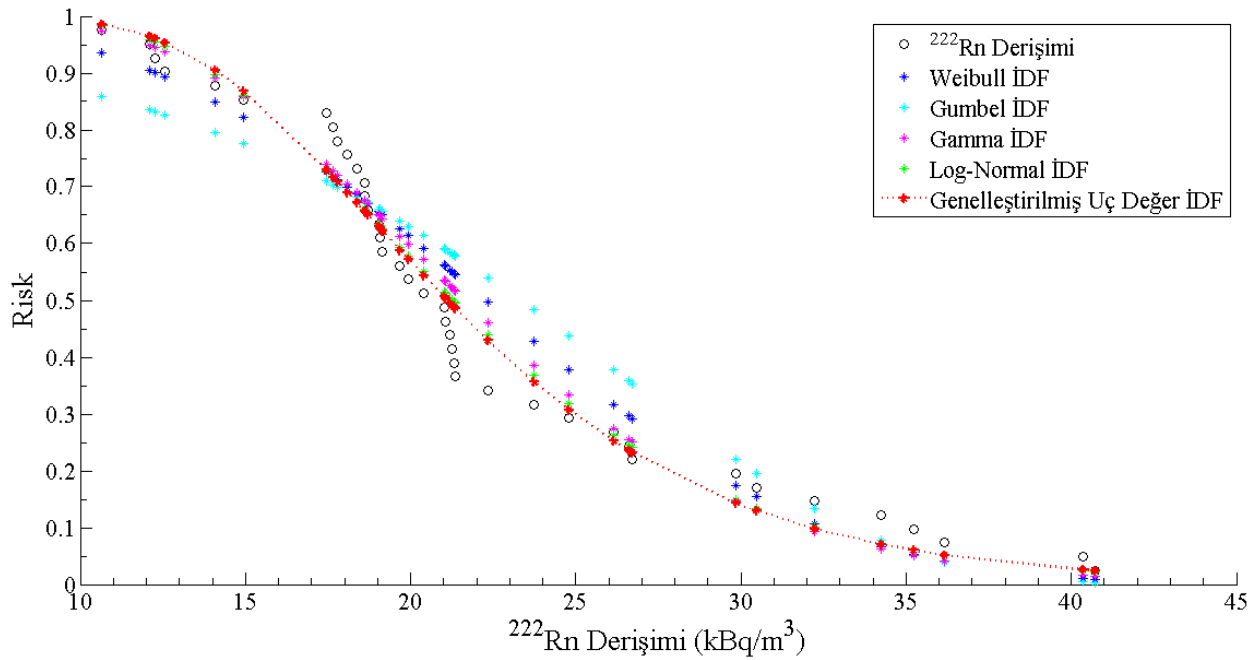
Ek 1 Tablo 28. Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımına göre Demirköprü istasyonu deprem risk ve güven değerleri

Sıralı M	Risk (r)	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Risk (r_{qud})	Genelleştirilmiş Uç Değer Dağılımı Güven (g_{qud})
2,4	0,9091	0,9737	0,0263
2,6	0,8182	0,8588	0,1412
2,8	0,7273	0,6741	0,3259
2,9	0,6364	0,5791	0,4209
3,0	0,5455	0,4911	0,5089
3,1	0,4545	0,4131	0,5869
3,2	0,3636	0,3459	0,6541
3,2	0,2727	0,3459	0,6541
3,3	0,1818	0,2890	0,7110
5,0	0,0909	0,0204	0,9796

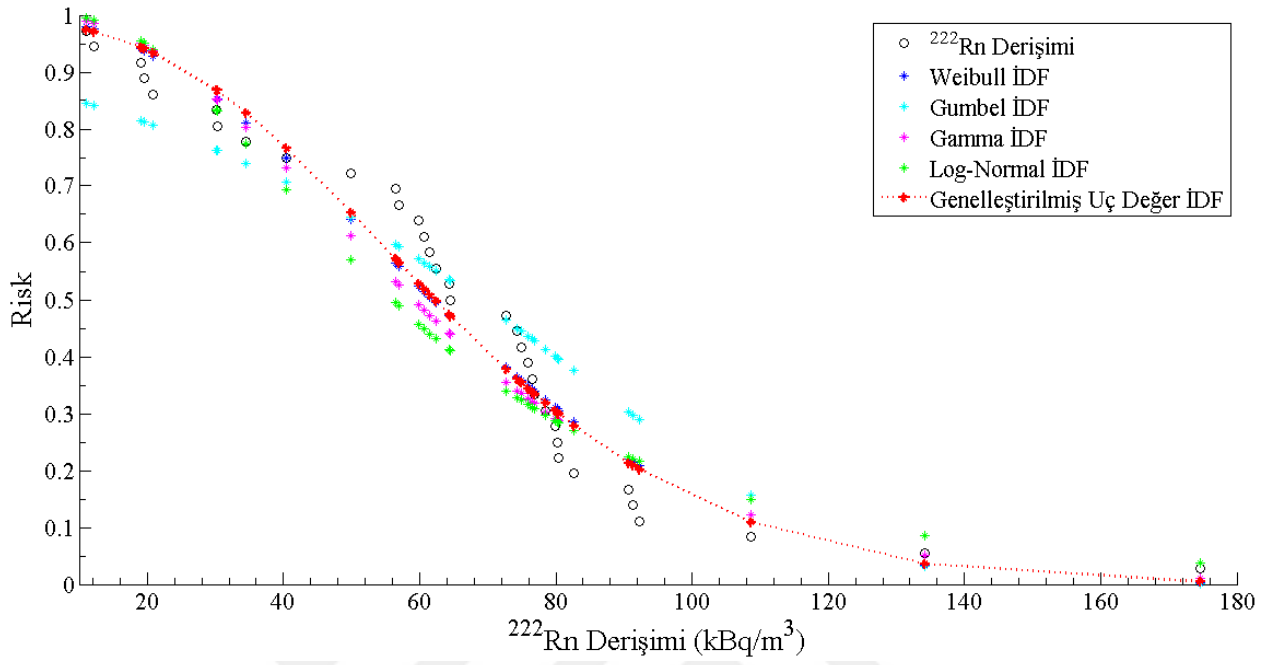
Toprak ^{222}Rn Gazı ve Deprem Risk Verileri için Çeşitli İhtimâliyet Dağılım fonksiyonları



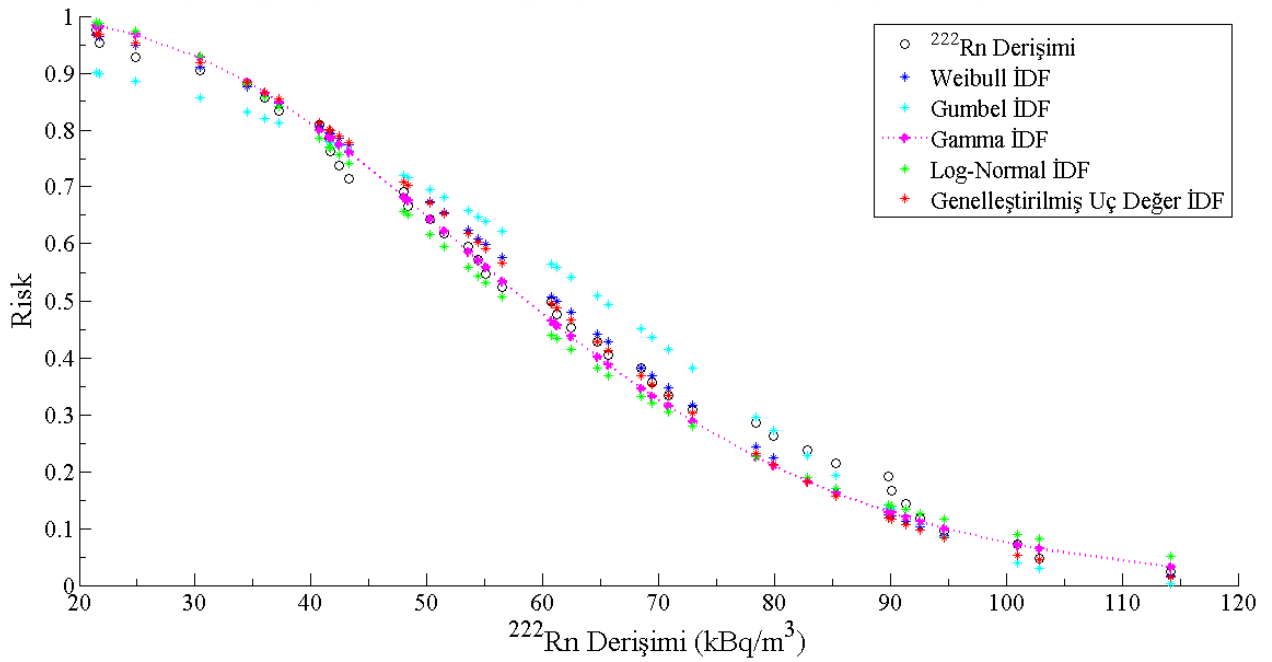
Ek 1 Şekil 1. Kasımlar istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



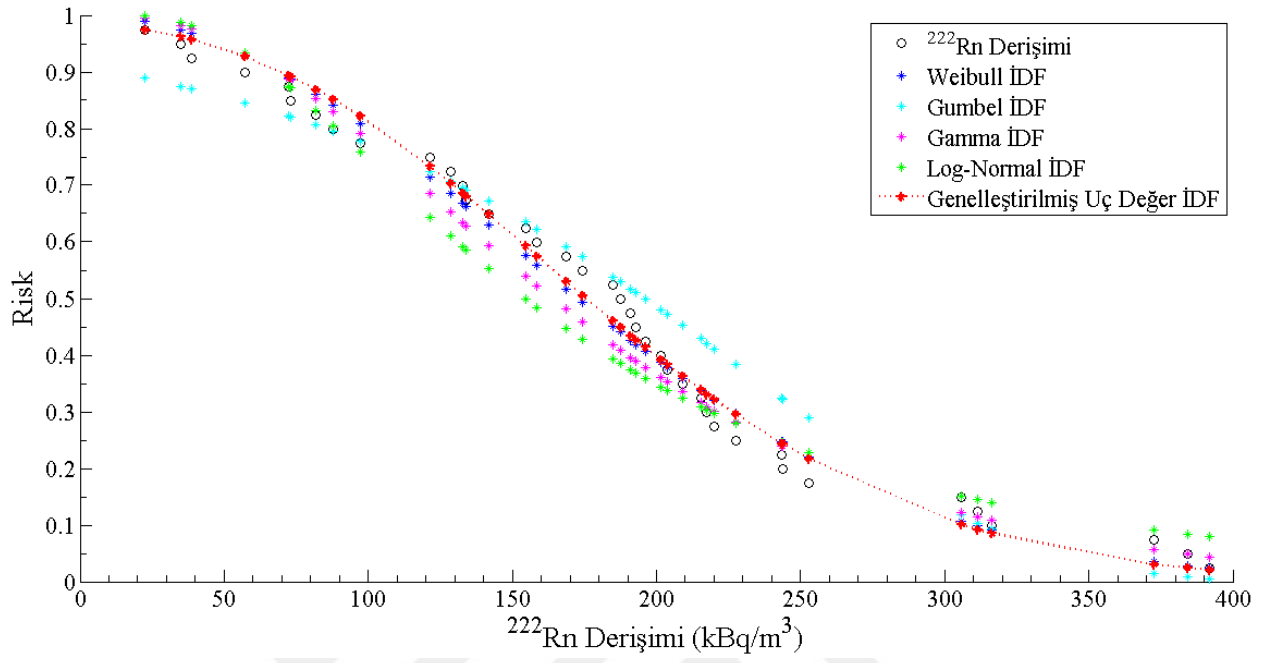
Ek 1 Şekil 2. Sürgü istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



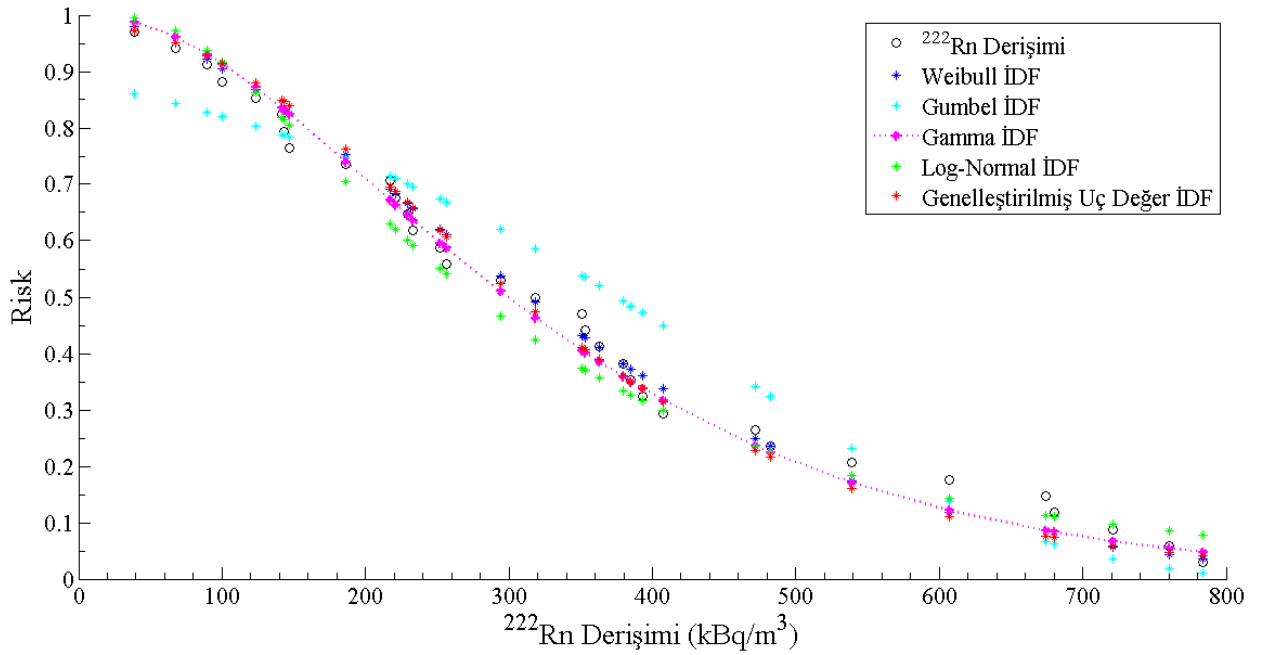
Ek 1 Şekil 3. Çelik istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



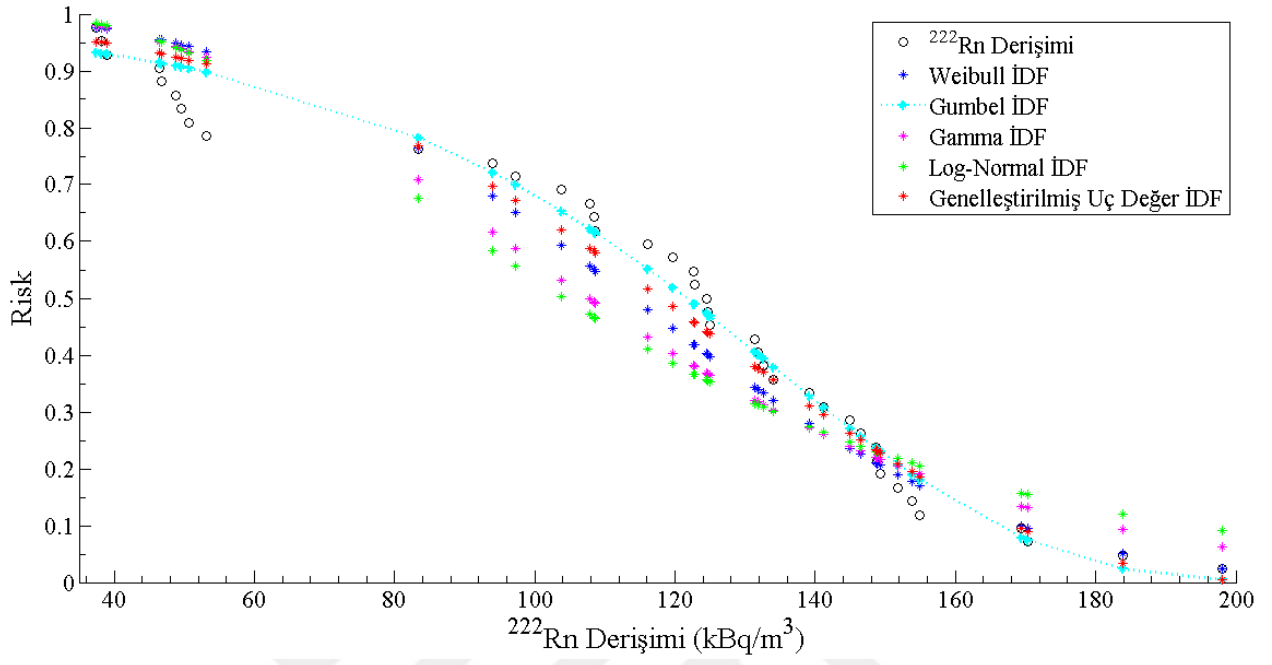
Ek 1 Şekil 4. Çiğli istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



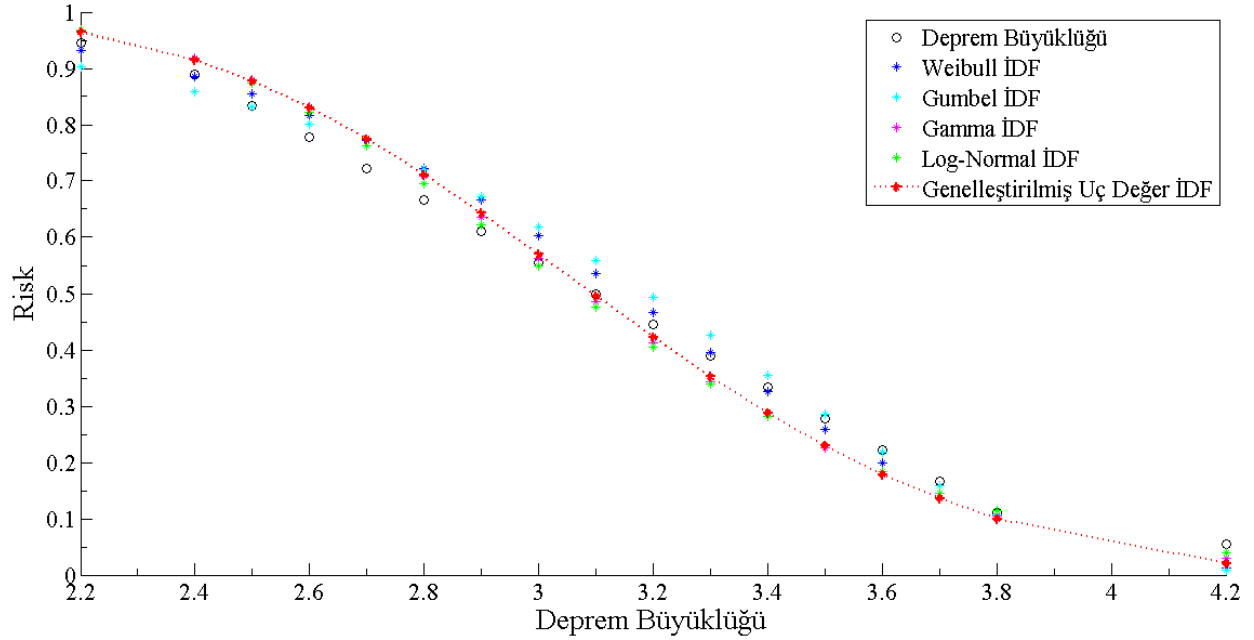
Ek 1 Şekil 5. Kızılören istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



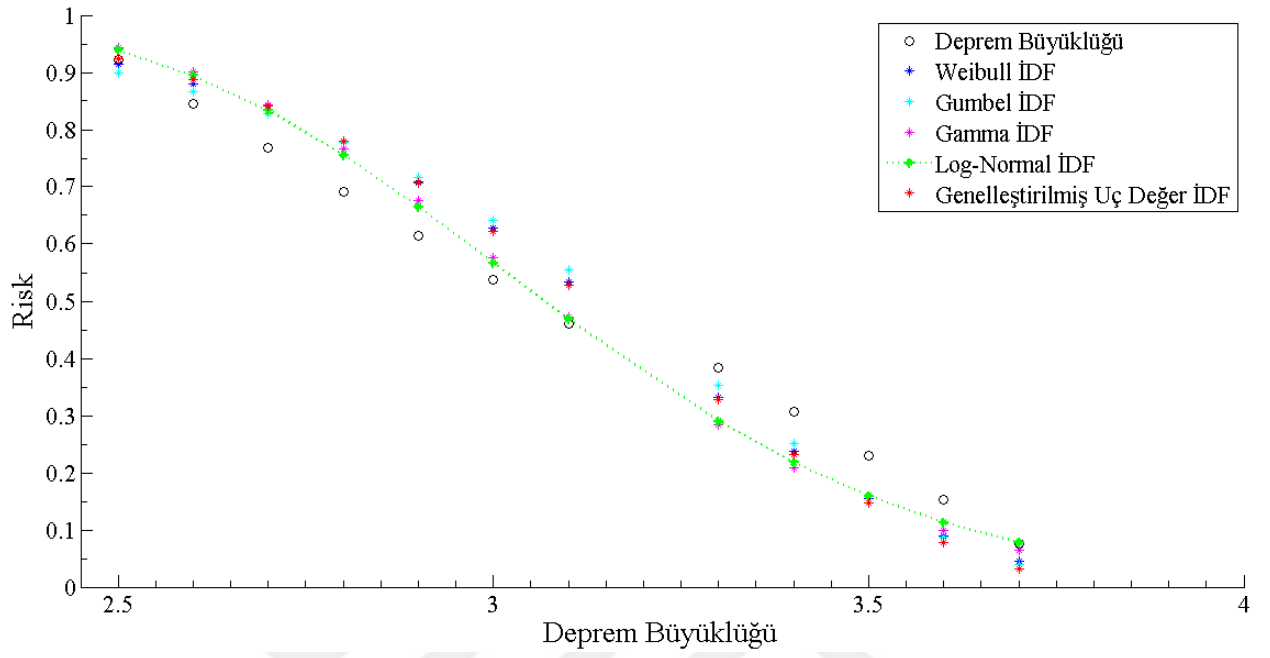
Ek 1 Şekil 6. Beyoğlu istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



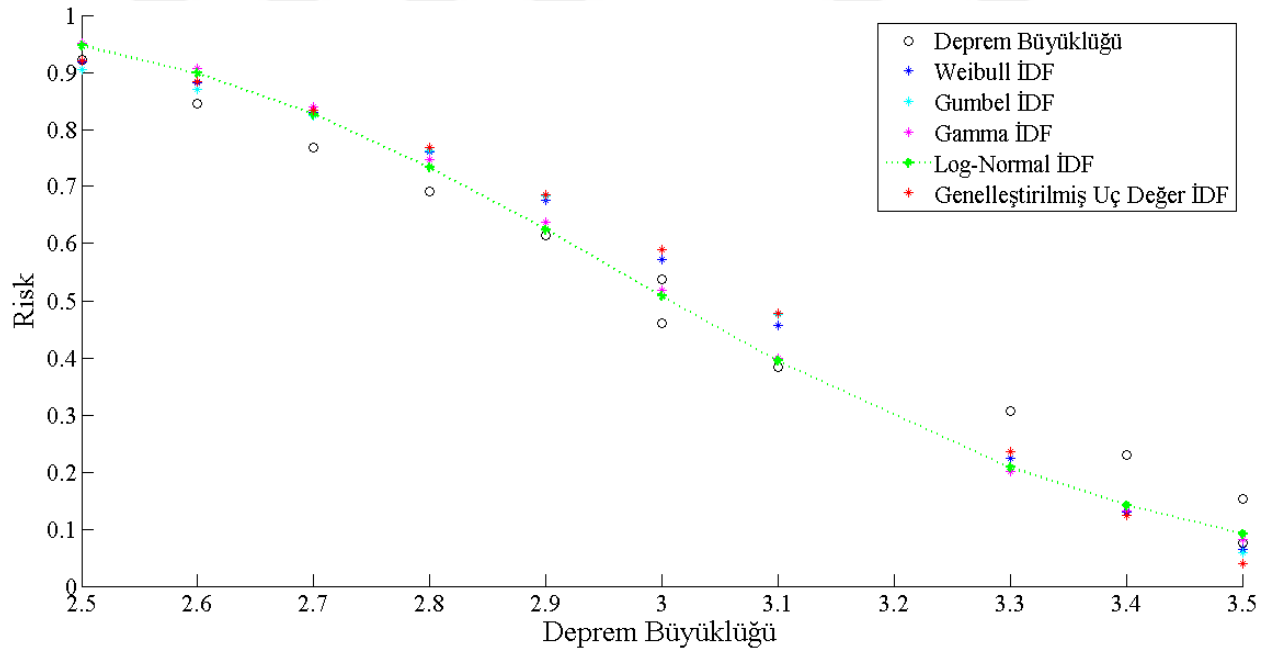
Ek 1 Şekil 7. Demirköprü istasyonu toprak ^{222}Rn gazı risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



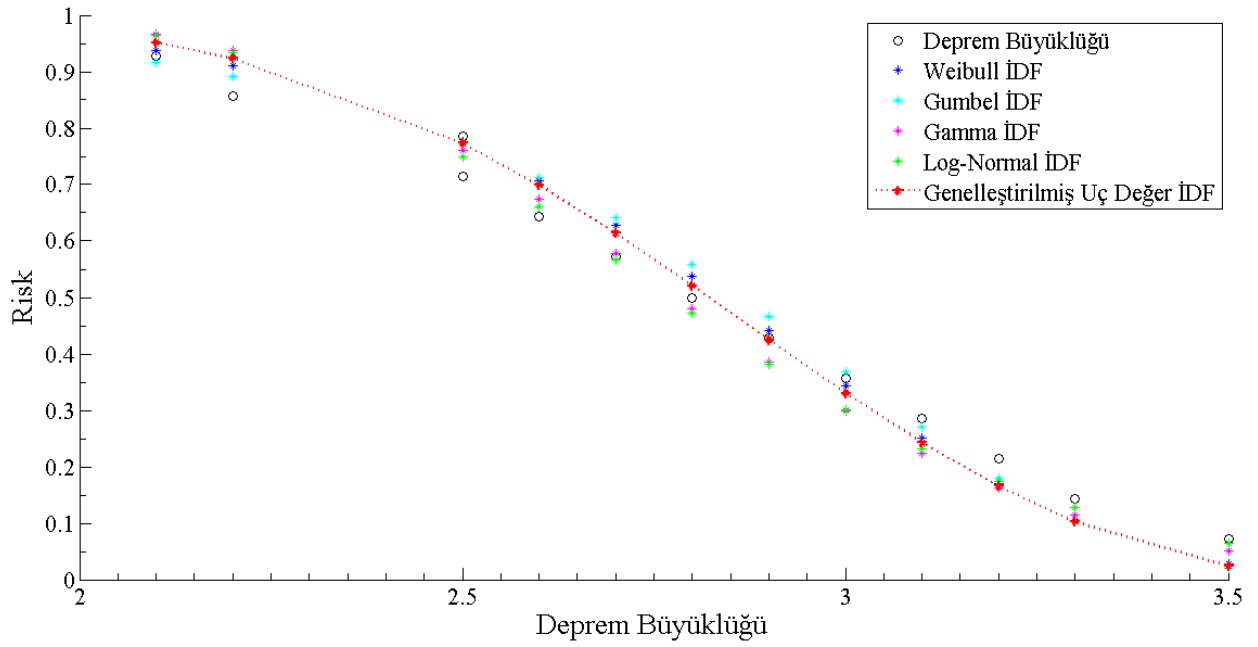
Ek 1 Şekil 8. Kasımlar istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



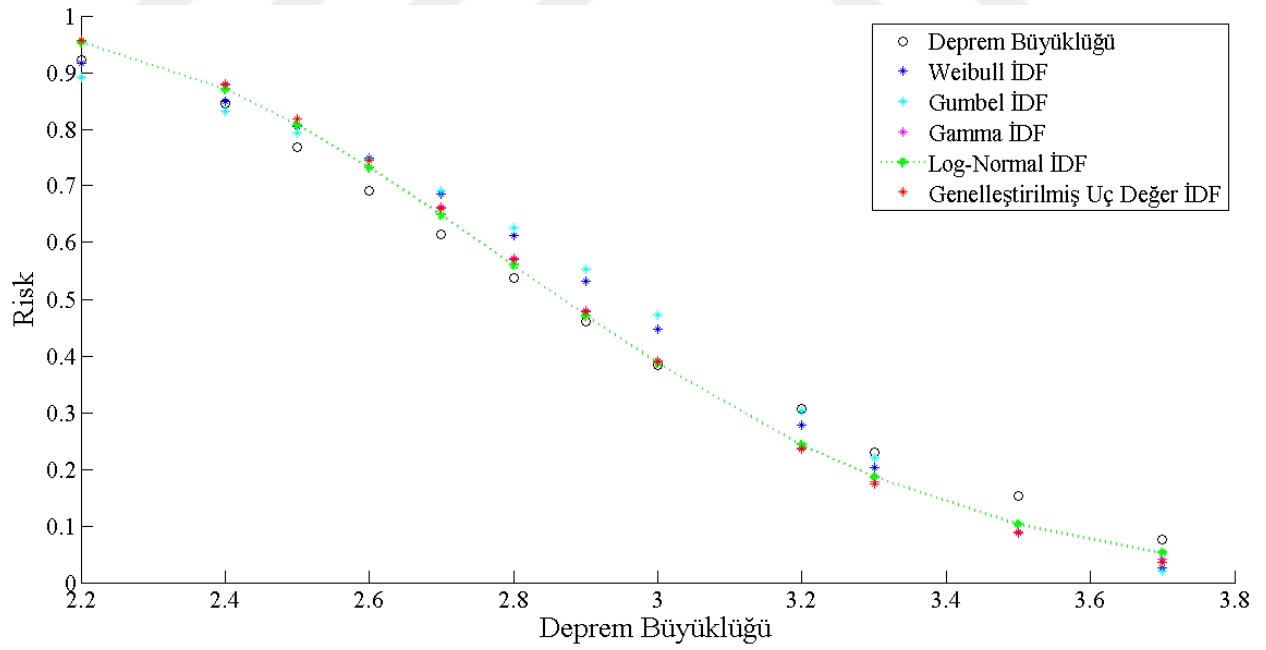
Ek 1 Şekil 9. Sürücü istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



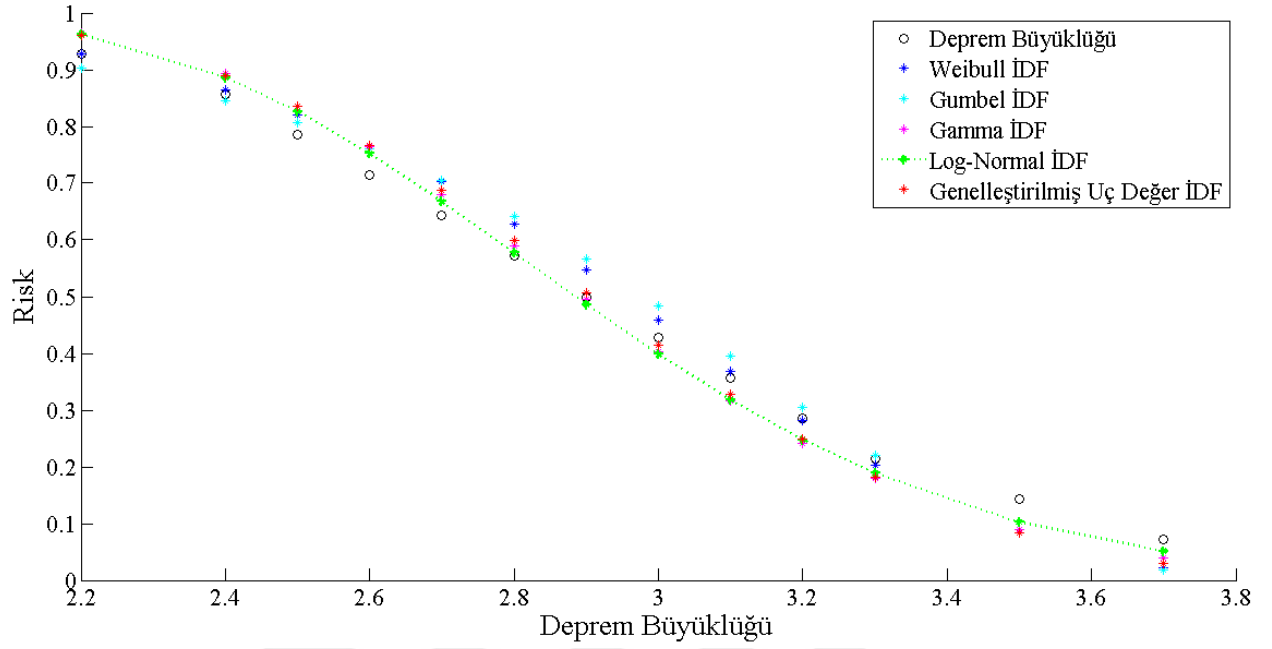
Ek 1 Şekil 10. Çelik istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



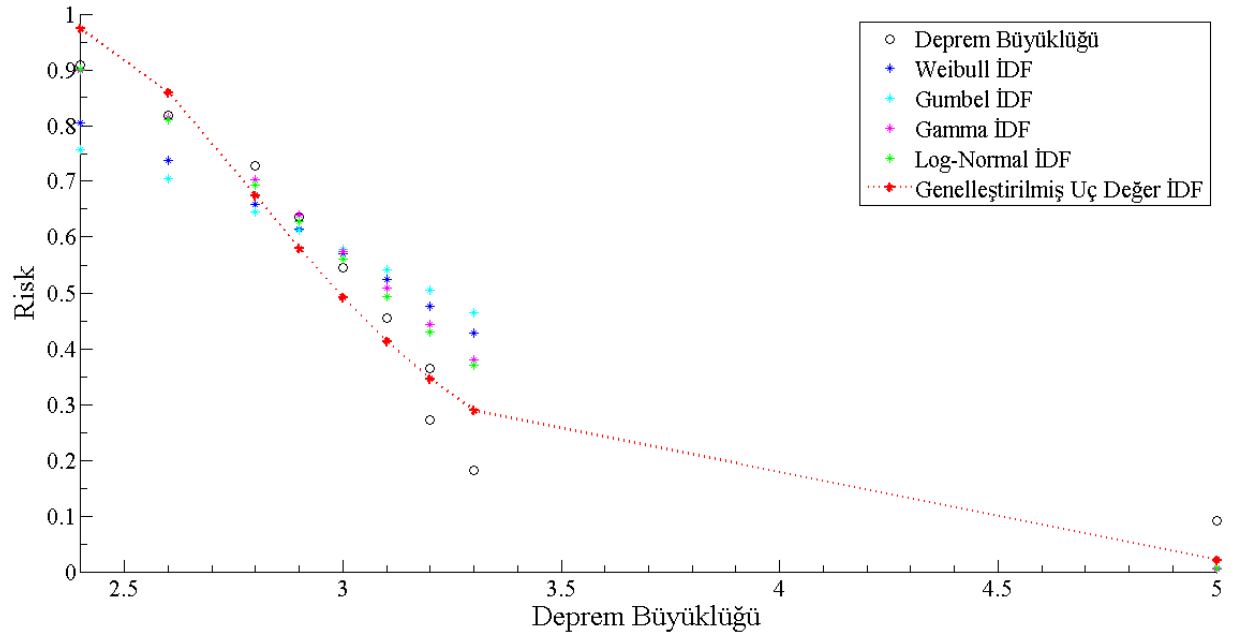
Ek 1 Şekil 11. Çiğli istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



Ek 1 Şekil 12. Kızıleniş istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



Ek 1 Şekil 13. Beyoğlu istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları



Ek 1 Şekil 14. Demirköprü istasyonu deprem risk verileri için ihtimâliyet dağılım fonksiyonları

EK 2

Tanımlayıcı İstatistikler

1. Pötürge istasyonu için mevsimsel olarak gruplandırılan ²²²Rn gazı derişimi ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

- I. ²²²Rn gazı derişimi (kBq/m³)
- II. Gün içindeki Maksimum Dakikalık Güneş Radyasyonu (cal/cm²)
- III. 5cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- IV. 10 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- V. 20 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- VI. 50 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- VII. Buhar Basıncı (hPa)
- VIII. Islak Termometre Sıcaklığı (°C)
- IX. Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)

Ek 2 Tablo 1. Pötürge istasyonu ilkbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	142,98	0,37	2,10	3,20	5,00	7,00	3,20	-1,90	0,10
Maksimum	248,10	1,62	20,80	21,10	22,60	23,40	16,30	16,00	21,40
Ortalama	190,53	1,16	9,48	10,36	12,04	12,75	7,93	5,56	8,33
Varyans	601,63	0,04	27,97	25,91	25,77	19,62	11,07	25,40	33,52
Standart Sapma	24,53	0,21	5,29	5,09	5,08	4,43	3,33	5,04	5,79

Ek 2 Tablo 2. Pötürge istasyonu ilkbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	83,14	0,16	2,10	2,60	4,90	6,00	3,80	-0,80	1,00
Maksimum	149,97	1,58	28,80	29,20	23,00	22,00	12,80	13,00	23,60
Ortalama	134,03	1,17	11,78	12,51	14,33	14,81	8,34	7,42	11,11
Varyans	165,18	0,04	29,31	26,66	22,08	19,84	3,67	11,34	23,82
Standart Sapma	12,85	0,20	5,41	5,16	4,70	4,45	1,92	3,37	4,88

Ek 2 Tablo 3. Pötürge istasyonu ilkbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	90,53	0,51	1,60	2,80	5,60	7,00	3,20	-3,10	-0,60
Maksimum	156,40	1,72	21,60	21,40	22,80	21,70	12,60	14,00	21,80
Ortalama	133,85	1,15	10,43	11,35	13,25	13,83	7,69	6,04	9,38
Varyans	152,60	0,06	25,50	24,04	25,38	19,25	5,23	16,23	27,54
Standart Sapma	12,35	0,25	5,05	4,90	5,04	4,39	2,29	4,03	5,25

Ek 2 Tablo 4. Pötürge istasyonu ilkbahar 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Minimum	94,54	0,31	1,00	4,10	6,90	8,40	2,00	-5,40	-2,00
Maksimum	175,33	1,58	18,00	16,70	17,70	16,60	14,00	12,60	16,80
Ortalama	139,53	1,11	9,06	10,20	12,16	13,11	7,45	5,56	8,68
Varyans	333,02	0,04	11,21	7,89	7,55	5,42	6,43	13,68	13,54
Standart Sapma	18,25	0,21	3,35	2,81	2,75	2,33	2,54	3,70	3,68

Ek 2 Tablo 5. Pötürge istasyonu Yaz 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Minimum	91,10	1,10	23,80	25,40	27,60	28,00	7,40	11,80	19,20
Maksimum	139,42	1,33	28,20	30,20	32,40	32,00	14,40	16,50	26,20
Ortalama	124,66	1,20	25,75	27,38	29,74	29,83	12,34	14,98	22,93
Varyans	1816,74	0,00	2,38	2,06	1,97	1,87	4,49	1,79	5,34
Standart Sapma	42,62	0,06	1,54	1,43	1,40	1,37	2,12	1,34	2,31

Ek 2 Tablo 6. Pötürge istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	105,73	0,90	16,40	17,70	20,60	21,90	6,60	8,80	15,00
Maksimum	139,42	1,49	30,20	30,80	31,60	30,60	16,20	18,40	28,80
Ortalama	117,41	1,21	24,44	25,65	27,80	27,61	11,49	14,34	22,68
Varyans	61,69	0,01	9,64	11,74	11,31	8,45	5,34	4,19	9,17
Standart Sapma	7,85	0,10	3,11	3,43	3,36	2,91	2,31	2,05	3,03

Ek 2 Tablo 7. Pötürge istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	99,23	1,08	19,60	20,40	22,40	22,10	4,80	9,60	16,00
Maksimum	128,53	1,45	27,80	28,60	30,60	29,80	18,10	18,50	26,40
Ortalama	114,39	1,19	23,85	24,66	27,28	27,35	12,16	14,34	21,55
Varyans	34,52	0,00	4,33	4,12	4,02	4,29	6,71	4,34	6,03
Standart Sapma	5,88	0,07	2,08	2,03	2,00	2,07	2,59	2,08	2,46

Ek 2 Tablo 8. Pötürge istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00
Minimum	73,47	0,37	-0,60	1,20	5,10	7,70	2,70	-6,30	-4,60
Maksimum	143,74	1,15	23,30	26,00	29,40	29,70	14,50	14,40	20,00
Ortalama	107,47	0,89	12,15	13,98	16,98	19,35	8,53	7,23	10,66
Varyans	277,62	0,03	40,75	46,76	51,70	40,62	7,32	21,13	35,99
Standart Sapma	16,66	0,16	6,38	6,84	7,19	6,37	2,71	4,60	6,00

Ek 2 Tablo 9. Pötürge istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	110,14	0,16	2,00	3,40	7,20	11,00	5,10	0,20	0,40
Maksimum	157,91	1,31	25,80	28,40	31,00	29,90	15,80	17,00	24,20
Ortalama	130,54	0,90	13,69	15,52	18,95	20,77	9,17	8,62	12,53
Varyans	135,57	0,05	38,38	42,65	42,52	30,74	5,46	14,20	33,18
Standart Sapma	11,64	0,21	6,19	6,53	6,52	5,54	2,34	3,77	5,76

Ek 2 Tablo 10.Pötürge istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	109,36	0,15	1,20	3,00	6,30	9,70	4,50	-1,40	-0,20
Maksimum	162,14	1,32	22,60	24,50	27,80	28,10	18,00	16,00	22,00
Ortalama	130,82	0,85	12,71	14,32	17,41	19,58	9,02	8,20	11,82
Varyans	219,89	0,06	32,78	35,74	41,54	31,24	6,66	15,17	28,49
Standart Sapma	14,83	0,25	5,73	5,98	6,45	5,59	2,58	3,90	5,34

Ek 2 Tablo 11. Pötürge istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	55,71	0,17	-6,40	-5,60	-2,60	0,80	1,40	-13,00	-11,80
Maksimum	83,92	1,08	6,80	7,20	8,20	8,70	8,50	5,10	5,60
Ortalama	71,18	0,69	-0,68	-0,01	1,34	3,57	3,81	-4,55	-3,44
Varyans	35,53	0,04	7,52	7,17	6,40	6,10	2,66	18,01	18,43
Standart Sapma	5,96	0,20	2,74	2,68	2,53	2,47	1,63	4,24	4,29

Ek 2 Tablo 12. Pötürge istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	76,36	0,16	-2,80	-0,30	1,20	4,60	1,40	-11,40	-9,60
Maksimum	143,82	1,04	9,00	7,70	8,60	9,70	8,90	5,70	7,60
Ortalama	101,79	0,58	3,35	4,17	5,52	7,60	6,22	1,27	2,36
Varyans	245,72	0,05	4,88	3,89	2,77	1,65	3,01	12,83	11,68
Standart Sapma	15,68	0,22	2,21	1,97	1,67	1,29	1,73	3,58	3,42

Ek 2 Tablo 13. Pötürge istasyonu Kış 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	76,36	0,16	-2,80	-0,30	1,20	4,60	1,40	-11,40	-9,60
Maksimum	143,82	1,04	9,00	7,70	8,60	9,70	8,90	5,70	7,60
Ortalama	101,79	0,58	3,35	4,17	5,52	7,60	6,22	1,27	2,36
Varyans	245,72	0,05	4,88	3,89	2,77	1,65	3,01	12,83	11,68
Standart Sapma	15,68	0,22	2,21	1,97	1,67	1,29	1,73	3,58	3,42

Ek 2 Tablo 14. Kasımlar istasyonu ilkbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	11,19	0,16	2,10	2,60	4,90	5,00	3,80	1,00	1,00
Maksimum	401,82	1,58	28,80	29,20	23,00	22,00	12,80	23,60	23,60
Ortalama	94,46	1,18	11,87	12,56	14,41	14,73	8,42	11,17	11,17
Varyans	10419,10	0,04	28,67	25,89	21,61	20,09	3,82	23,34	23,34
Standart Sapma	102,07	0,20	5,35	5,09	4,65	4,48	1,95	4,83	4,83

Ek 2 Tablo 15. Kasımlar istasyonu ilkbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	11,15	0,51	1,20	2,80	4,20	6,60	3,20	-1,40	-1,40
Maksimum	798,27	1,72	21,60	21,40	22,80	21,30	12,60	21,80	21,80
Ortalama	95,31	1,14	10,11	11,04	12,89	13,36	7,60	9,06	9,06
Varyans	22675,17	0,06	27,29	25,83	27,50	20,48	5,49	29,62	29,62
Standart Sapma	150,58	0,25	5,22	5,08	5,24	4,53	2,34	5,44	5,44

Ek 2 Tablo 16. Kasımlar istasyonu ilkbahar 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00
Minimum	16,92	0,71	1,00	4,10	6,90	8,10	2,00	-2,00	-2,00
Maksimum	456,19	1,50	21,00	27,10	22,30	21,70	15,40	21,20	21,20
Ortalama	143,01	1,15	11,25	12,44	14,32	14,86	8,36	10,86	10,86
Varyans	13500,96	0,03	23,09	20,89	17,31	12,88	8,23	26,07	26,07
Standart Sapma	116,19	0,16	4,81	4,57	4,16	3,59	2,87	5,11	5,11

Ek 2 Tablo 17. Kasımlar istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	132,91	0,90	16,40	17,70	20,60	21,40	6,60	15,00	15,00
Maksimum	952,96	1,49	30,20	30,80	31,60	30,60	16,20	28,80	28,80
Ortalama	561,45	1,21	24,44	25,65	27,80	27,52	11,49	22,68	22,68
Varyans	61384,49	0,01	9,64	11,74	11,31	8,81	5,34	9,17	9,17
Standart Sapma	247,76	0,10	3,11	3,43	3,36	2,97	2,31	3,03	3,03

Ek 2 Tablo 18. Kasımlar istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	169,73	1,08	19,60	20,40	22,40	21,70	4,80	16,00	16,00
Maksimum	937,29	1,45	27,80	28,60	30,60	29,80	18,10	26,40	26,40
Ortalama	527,70	1,20	23,89	24,73	27,38	27,39	12,13	21,60	21,60
Varyans	40300,44	0,00	4,52	4,20	3,96	4,39	6,95	6,30	6,30
Standart Sapma	200,75	0,07	2,13	2,05	1,99	2,10	2,64	2,51	2,51

Ek 2 Tablo 19. Kasımlar istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	16,90	0,37	-0,60	1,20	5,10	8,50	2,70	-4,60	-4,60
Maksimum	889,30	1,15	26,20	28,20	30,00	30,00	14,50	26,00	26,00
Ortalama	205,73	0,91	13,28	15,15	18,11	20,51	8,67	11,81	11,81
Varyans	40005,16	0,03	50,48	56,93	60,25	44,89	7,12	46,54	46,54
Standart Sapma	200,01	0,17	7,10	7,54	7,76	6,70	2,67	6,82	6,82

Ek 2 Tablo 20. Kasımlar istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	54,83	0,16	2,00	3,40	7,20	11,80	5,10	0,40	0,40
Maksimum	728,58	1,31	25,80	28,40	31,00	29,90	15,80	24,20	24,20
Ortalama	194,39	0,90	13,69	15,52	18,95	20,98	9,17	12,53	12,53
Varyans	25320,15	0,05	38,38	42,65	42,52	30,54	5,46	33,18	33,18
Standart Sapma	159,12	0,21	6,19	6,53	6,52	5,53	2,34	5,76	5,76

Ek 2 Tablo 21. Kasımlar istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	18,76	0,15	1,20	3,00	6,30	9,70	4,50	-0,20	-0,20
Maksimum	581,68	1,32	22,60	24,50	27,80	28,30	18,00	22,00	22,00
Ortalama	165,86	0,85	12,71	14,32	17,41	19,79	9,02	11,82	11,82
Varyans	15049,42	0,06	32,78	35,74	41,54	30,96	6,66	28,49	28,49
Standart Sapma	122,68	0,25	5,73	5,98	6,45	5,56	2,58	5,34	5,34

Ek 2 Tablo 22. Kasımlar istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	7,75	0,17	-6,40	-5,60	-2,60	0,80	1,40	-11,80	-11,80
Maksimum	44,40	1,20	6,80	7,20	8,20	8,70	8,50	5,60	5,60
Ortalama	13,40	0,70	-0,75	-0,06	1,29	3,56	3,78	-3,53	-3,53
Varyans	44,61	0,04	7,60	7,18	6,36	6,21	2,64	18,38	18,38
Standart Sapma	6,68	0,20	2,76	2,68	2,52	2,49	1,62	4,29	4,29

Ek 2 Tablo 23. Kasımlar istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
Minimum	11,13	0,13	-2,80	-1,80	0,40	3,50	1,70	-8,60	-8,60
Maksimum	99,72	1,10	6,60	6,70	7,60	11,00	8,90	8,20	8,20
Ortalama	25,00	0,66	1,60	2,26	3,73	6,06	4,80	-0,48	-0,48
Varyans	272,12	0,05	3,67	3,43	3,64	3,18	2,49	11,68	11,68
Standart Sapma	16,50	0,23	1,92	1,85	1,91	1,78	1,58	3,42	3,42

Ek 2 Tablo 24. Sürgü istasyonu İlkbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	19,38	0,37	2,10	3,20	5,00	7,00	3,20	-1,90	0,10
Maksimum	49,75	1,62	21,80	22,00	23,40	22,60	17,00	16,00	21,40
Ortalama	30,75	1,18	10,65	11,51	13,22	13,64	8,60	6,56	9,48
Varyans	81,76	0,04	32,39	29,62	29,03	22,38	14,00	29,66	38,34
Standart Sapma	9,04	0,19	5,69	5,44	5,39	4,73	3,74	5,45	6,19

Ek 2 Tablo 25. Sürğü istasyonu İlkbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	18,34	0,51	1,20	2,80	4,20	6,60	3,20	-3,80	-1,40
Maksimum	44,40	1,72	21,60	21,40	22,80	21,30	12,60	14,00	21,80
Ortalama	27,79	1,15	10,19	11,12	12,98	13,43	7,63	5,86	9,14
Varyans	47,39	0,06	26,99	25,49	27,12	20,21	5,47	17,58	29,37
Standart Sapma	6,88	0,25	5,20	5,05	5,21	4,50	2,34	4,19	5,42

Ek 2 Tablo 26. Sürğü istasyonu İlkbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	18,34	0,51	1,20	2,80	4,20	6,60	3,20	-3,80	-1,40
Maksimum	44,40	1,72	21,60	21,40	22,80	21,30	12,60	14,00	21,80
Ortalama	27,79	1,15	10,19	11,12	12,98	13,43	7,63	5,86	9,14
Varyans	47,39	0,06	26,99	25,49	27,12	20,21	5,47	17,58	29,37
Standart Sapma	6,88	0,25	5,20	5,05	5,21	4,50	2,34	4,19	5,42

Ek 2 Tablo 27. Sürğü istasyonu İlkbahar 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	10,71	0,31	1,00	4,10	6,90	8,10	2,00	-5,40	-2,00
Maksimum	21,43	1,58	21,00	27,10	22,30	21,70	15,40	15,00	21,20
Ortalama	15,02	1,14	11,59	12,61	14,52	15,06	8,43	7,40	11,15
Varyans	8,32	0,03	24,25	21,23	19,46	14,94	8,01	18,59	25,65
Standart Sapma	2,88	0,19	4,92	4,61	4,41	3,87	2,83	4,31	5,06

Ek 2 Tablo 28. Sürğü istasyonu Yaz 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	17,00	1,09	19,20	20,20	22,80	23,20	6,20	10,40	17,20
Maksimum	25,26	1,47	29,80	31,00	32,40	32,00	17,10	18,00	28,40
Ortalama	20,26	1,22	25,16	26,63	28,53	28,78	11,81	14,67	22,95
Varyans	2,91	0,00	6,10	7,34	7,34	6,60	5,01	2,22	8,38
Standart Sapma	1,70	0,06	2,47	2,71	2,71	2,57	2,24	1,49	2,90

Ek 2 Tablo 29. Sürğü istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	15,16	0,90	16,40	17,70	20,60	21,40	6,60	8,80	15,00
Maksimum	23,04	1,49	30,20	30,80	31,60	30,60	16,20	18,40	28,80
Ortalama	18,54	1,21	24,44	25,65	27,80	27,52	11,49	14,34	22,68
Varyans	2,17	0,01	9,64	11,74	11,31	8,81	5,34	4,19	9,17
Standart Sapma	1,47	0,10	3,11	3,43	3,36	2,97	2,31	2,05	3,03

Ek 2 Tablo 30. Sürğü istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	47,00	47,00	47,00	47,00	47,00	47,00	47,00	47,00	47,00
Minimum	17,53	1,08	19,60	20,40	22,40	21,70	7,30	10,60	18,00
Maksimum	26,29	1,45	27,80	28,60	30,60	29,80	17,60	18,50	26,40
Ortalama	20,66	1,22	24,02	24,57	26,53	26,18	12,54	14,78	22,09
Varyans	2,88	0,01	5,00	5,49	5,19	5,50	3,91	2,89	6,43
Standart Sapma	1,70	0,07	2,24	2,34	2,28	2,35	1,98	1,70	2,54

Ek 2 Tablo 31. Sürğü istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	16,45	0,37	-0,60	1,20	5,10	8,50	2,70	-6,30	-4,60
Maksimum	36,97	1,15	26,20	28,20	30,00	30,00	14,50	15,40	26,00
Ortalama	21,42	0,91	13,28	15,15	18,11	20,51	8,67	7,82	11,81
Varyans	27,13	0,03	50,48	56,93	60,25	44,89	7,12	22,99	46,54
Standart Sapma	5,21	0,17	7,10	7,54	7,76	6,70	2,67	4,79	6,82

Ek 2 Tablo 32. Sürğü istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	15,48	0,16	2,00	3,40	7,20	11,80	5,10	0,20	0,40
Maksimum	30,00	1,31	25,80	28,40	31,00	29,90	15,80	17,00	24,20
Ortalama	19,09	0,90	13,69	15,52	18,95	20,98	9,17	8,62	12,53
Varyans	10,06	0,05	38,38	42,65	42,52	30,54	5,46	14,20	33,18
Standart Sapma	3,17	0,21	6,19	6,53	6,52	5,53	2,34	3,77	5,76

Ek 2 Tablo 33. Sürğü istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00
Minimum	17,10	0,15	1,20	3,00	6,30	9,70	4,50	-1,40	-0,20
Maksimum	48,44	1,32	21,80	24,20	27,20	27,80	18,00	16,00	19,60
Ortalama	28,47	0,83	11,71	13,26	16,30	18,88	8,91	7,69	10,85
Varyans	68,30	0,06	26,12	28,30	33,51	26,07	7,01	14,11	21,90
Standart Sapma	8,26	0,25	5,11	5,32	5,79	5,11	2,65	3,76	4,68

Ek 2 Tablo 34. Sürğü istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	5,99	0,17	-6,40	-5,60	-2,60	0,80	1,40	-13,00	-11,80
Maksimum	28,41	1,20	6,80	7,20	8,20	8,70	8,50	5,10	5,60
Ortalama	15,89	0,70	-0,71	-0,02	1,33	3,59	3,79	-4,59	-3,48
Varyans	24,00	0,04	7,49	7,12	6,33	6,19	2,65	17,96	18,36
Standart Sapma	4,90	0,21	2,74	2,67	2,52	2,49	1,63	4,24	4,29

Ek 2 Tablo 35. Sürğü istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
Minimum	21,70	0,13	-2,80	-1,80	0,40	3,50	1,70	-10,30	-8,60
Maksimum	47,47	1,10	6,60	6,70	7,60	11,00	8,90	5,60	8,20
Ortalama	35,56	0,66	1,63	2,29	3,77	6,11	4,85	-1,59	-0,40
Varyans	33,15	0,05	3,66	3,42	3,65	3,18	2,48	12,18	11,48
Standart Sapma	5,76	0,23	1,91	1,85	1,91	1,78	1,57	3,49	3,39

Ek 2 Tablo 36. Sürğü istasyonu Kış 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	11,43	0,16	-2,80	-0,30	1,20	4,60	1,40	-11,40	-9,60
Maksimum	28,01	1,04	9,00	7,70	8,60	9,70	8,90	5,70	7,60
Ortalama	19,85	0,58	3,35	4,17	5,52	7,62	6,22	1,27	2,36
Varyans	17,61	0,05	4,88	3,89	2,77	1,70	3,01	12,83	11,68
Standart Sapma	4,20	0,22	2,21	1,97	1,67	1,30	1,73	3,58	3,42

4. Çelik

- I. ²²²Rn gazı derişimi (kBq/m³)
 II. 5 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
 III. 10 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
 IV. 20 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
 V. 50 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
 VI. Buhar Basıncı (hPa)
 VII. Islak Termometre Sıcaklığı (°C)
 VIII. Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)

Ek 2 Tablo 37. Çelik istasyonu İlkbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	15,26	1,70	3,80	5,80	7,50	2,90	-1,30	-0,20
Maksimum	65,16	23,00	23,20	24,20	23,60	17,20	16,70	22,90
Ortalama	36,04	10,96	12,00	13,68	14,02	9,57	7,16	9,22
Varyans	261,15	36,44	33,52	30,73	22,95	17,34	31,16	35,16
Standart Sapma	16,16	6,04	5,79	5,54	4,79	4,16	5,58	5,93

Ek 2 Tablo 38. Çelik istasyonu İlkbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	8,76	1,20	2,50	4,50	6,20	2,90	-3,80	-1,70
Maksimum	67,73	22,30	23,00	23,90	22,90	17,30	16,20	19,90
Ortalama	37,46	10,64	11,73	13,44	13,55	8,15	5,92	8,43
Varyans	276,44	28,42	28,32	30,33	23,86	6,88	17,80	24,87
Standart Sapma	16,63	5,33	5,32	5,51	4,88	2,62	4,22	4,99

Ek 2 Tablo 39. Çelik istasyonu İlkbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	8,76	1,20	2,50	4,50	6,20	2,90	-3,80	-1,70
Maksimum	67,73	22,30	23,00	23,90	22,90	17,30	16,20	19,90
Ortalama	37,46	10,64	11,73	13,44	13,55	8,15	5,92	8,43
Varyans	276,44	28,42	28,32	30,33	23,86	6,88	17,80	24,87
Standart Sapma	16,63	5,33	5,32	5,51	4,88	2,62	4,22	4,99

Ek 2 Tablo 40. Çelik istasyonu İlkbahar 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00
Minimum	31,67	3,50	5,30	7,10	8,60	2,30	-1,80	0,80
Maksimum	69,24	22,80	23,60	24,70	23,80	16,30	15,90	20,60
Ortalama	49,19	12,52	13,72	15,56	15,88	9,44	7,65	9,99
Varyans	126,88	26,44	25,79	24,53	20,98	9,01	17,24	21,04
Standart Sapma	11,26	5,14	5,08	4,95	4,58	3,00	4,15	4,59

Ek 2 Tablo 41. Çelik istasyonu Yaz 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	52,70	17,80	18,90	21,20	22,60	8,30	11,00	15,70
Maksimum	109,53	30,00	30,30	31,60	31,30	26,40	22,50	30,00
Ortalama	80,39	24,81	26,57	28,61	28,71	15,66	16,71	22,60
Varyans	190,64	5,90	6,23	6,18	6,06	15,17	5,02	8,09
Standart Sapma	13,81	2,43	2,50	2,49	2,46	3,89	2,24	2,84

Ek 2 Tablo 42. Çelik istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	51,96	19,40	21,40	23,60	23,20	8,10	9,80	14,70
Maksimum	74,07	29,70	31,20	32,60	31,20	26,20	22,50	27,90
Ortalama	61,90	24,92	27,01	28,95	28,58	15,37	16,51	22,60
Varyans	23,82	7,43	7,14	6,94	6,64	15,97	7,38	9,23
Standart Sapma	4,88	2,73	2,67	2,63	2,58	4,00	2,72	3,04

Ek 2 Tablo 43. Çelik istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	55,67	18,40	20,40	22,20	23,30	8,20	10,80	16,70
Maksimum	88,28	28,40	29,10	30,70	30,20	22,70	20,30	26,20
Ortalama	71,75	24,19	25,84	28,02	27,99	13,79	15,35	21,65
Varyans	63,68	4,26	3,91	3,56	3,91	9,78	4,11	5,95
Standart Sapma	7,98	2,06	1,98	1,89	1,98	3,13	2,03	2,44

Ek 2 Tablo 44. Çelik istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	41,36	-1,00	2,00	5,80	10,30	2,60	-4,30	-3,20
Maksimum	170,57	24,70	27,00	29,80	30,60	19,10	17,80	22,00
Ortalama	91,75	13,51	16,12	19,16	21,76	9,55	8,22	11,29
Varyans	585,31	42,36	45,46	45,67	35,71	12,20	23,24	32,25
Standart Sapma	24,19	6,51	6,74	6,76	5,98	3,49	4,82	5,68

Ek 2 Tablo 45. Çelik istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	63,19	4,00	5,60	8,30	12,20	5,30	0,20	1,70
Maksimum	110,69	25,80	28,40	30,40	30,60	22,90	20,10	24,10
Ortalama	78,04	13,99	16,22	18,98	21,30	10,93	9,23	11,21
Varyans	77,44	31,45	36,02	38,32	29,41	11,63	19,45	28,20
Standart Sapma	8,80	5,61	6,00	6,19	5,42	3,41	4,41	5,31

Ek 2 Tablo 46. Çelik istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	56,56	2,30	4,60	7,60	11,10	5,10	-1,20	-0,70
Maksimum	109,57	23,10	25,40	28,20	29,00	19,50	17,80	22,60
Ortalama	78,61	13,56	15,72	18,45	20,87	10,10	8,68	11,20
Varyans	139,90	33,17	36,71	38,05	28,92	8,72	17,28	28,81
Standart Sapma	11,83	5,76	6,06	6,17	5,38	2,95	4,16	5,37

Ek 2 Tablo 47. Çelik istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	13,36	-4,50	-2,20	0,10	2,30	1,50	-10,40	-10,00
Maksimum	264,80	7,80	8,20	8,40	10,10	9,90	7,40	8,10
Ortalama	126,29	-0,12	1,16	2,73	5,24	4,09	-3,28	-1,83
Varyans	2817,19	7,25	6,16	5,75	6,36	3,39	16,38	15,84
Standart Sapma	53,08	2,69	2,48	2,40	2,52	1,84	4,05	3,98

Ek 2 Tablo 48. Çelik istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
Minimum	8,29	-1,80	-0,30	1,30	4,00	1,60	-8,50	-6,90
Maksimum	108,93	6,20	6,40	8,50	11,70	8,70	5,70	7,00
Ortalama	39,14	1,96	2,89	4,36	6,69	4,96	-0,93	0,53
Varyans	936,54	3,30	3,05	3,13	3,38	2,63	10,37	9,01
Standart Sapma	30,60	1,82	1,75	1,77	1,84	1,62	3,22	3,00

Ek 2 Tablo 49. Çelik istasyonu Kış 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00
Minimum	21,99	1,20	2,70	5,30	8,00	3,80	-2,90	-1,40
Maksimum	64,52	8,30	8,30	8,70	11,20	10,20	8,00	8,80
Ortalama	50,43	5,03	5,86	7,23	9,31	7,34	3,35	4,28
Varyans	149,49	3,81	2,22	0,84	0,77	2,63	7,71	6,95
Standart Sapma	12,23	1,95	1,49	0,91	0,88	1,62	2,78	2,64

5. Çiğli

- I.** ²²²Rn gazı derişimi (kBq/m³)
II. Gün içindeki Maksimum Dakikalık Güneş Radyasyonu (cal/cm²)
III. 5 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
IV. 10 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
V. 20 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
VI. 50 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
VII. Buhar Basıncı (hPa)
VIII. Islak Termometre Sıcaklığı (°C)
IX. Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)

Ek 2 Tablo 50. Çiğli istasyonu İlkbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	57,45	0,00	6,70	7,50	9,00	10,20	3,40	0,50	3,50
Maksimum	103,65	1,37	28,00	26,00	26,20	25,00	21,20	19,10	21,00
Ortalama	82,86	1,10	14,37	15,23	16,46	16,06	11,36	9,48	11,33
Varyans	102,01	0,05	26,73	26,55	25,69	18,79	21,07	27,17	27,21
Standart Sapma	10,10	0,22	5,17	5,15	5,07	4,34	4,59	5,21	5,22

Ek 2 Tablo 51. Çiğli istasyonu İlkbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	15,49	0,38	6,10	7,20	9,00	8,50	4,30	2,20	4,60
Maksimum	50,52	1,40	23,40	24,30	25,20	24,00	19,80	18,20	20,30
Ortalama	26,03	1,10	15,16	16,11	17,42	16,75	11,49	10,44	12,67
Varyans	75,42	0,04	17,70	18,71	19,76	17,12	6,78	9,82	13,81
Standart Sapma	8,68	0,19	4,21	4,33	4,45	4,14	2,60	3,13	3,72

Ek 2 Tablo 52. Çiğli istasyonu İlkbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	41,25	0,61	3,40	4,60	6,50	8,10	4,60	-0,70	1,20
Maksimum	85,51	0,61	24,00	24,50	25,60	23,00	20,30	18,10	20,00
Ortalama	56,58	0,61	13,30	14,16	15,53	15,00	10,27	8,59	10,57
Varyans	108,82	0,00	28,75	29,62	29,97	20,37	8,81	14,81	20,42
Standart Sapma	10,43	0,00	5,36	5,44	5,47	4,51	2,97	3,85	4,52

Ek 2 Tablo 53. Çiğli istasyonu İlkbahar 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	39,70	0,61	5,50	8,00	8,00	10,20	2,50	-0,80	4,00
Maksimum	92,46	0,61	22,50	24,00	25,00	23,00	19,30	18,30	21,00
Ortalama	58,21	0,61	14,27	16,07	17,36	16,45	11,79	10,66	12,98
Varyans	116,43	0,00	18,07	18,66	18,82	12,56	12,15	16,64	18,54
Standart Sapma	10,79	0,00	4,25	4,32	4,34	3,54	3,49	4,08	4,31

Ek 2 Tablo 54. Çiğli istasyonu Yaz 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	30,72	1,03	23,00	23,80	25,60	25,00	5,90	12,00	18,20
Maksimum	56,51	1,32	32,40	39,20	34,00	32,10	32,40	26,00	29,90
Ortalama	42,24	1,18	27,98	29,30	30,52	29,42	20,45	19,55	23,79
Varyans	39,18	0,01	4,84	5,93	4,46	4,17	31,93	8,95	5,71
Standart Sapma	6,26	0,07	2,20	2,43	2,11	2,04	5,65	2,99	2,39

Ek 2 Tablo 55. Çiğli istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	29,09	0,70	22,00	23,00	25,30	24,30	8,40	13,00	17,10
Maksimum	55,81	1,34	34,20	32,30	33,00	32,10	31,20	25,10	27,00
Ortalama	39,71	1,16	27,89	28,97	30,31	29,31	21,18	19,91	23,80
Varyans	43,14	0,01	5,53	4,85	4,30	4,30	30,41	9,19	4,67
Standart Sapma	6,57	0,08	2,35	2,20	2,07	2,07	5,51	3,03	2,16

Ek 2 Tablo 56. Çiğli istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	46,77	0,61	23,80	24,60	26,00	23,60	9,60	13,40	19,00
Maksimum	111,23	0,61	34,80	31,70	32,00	30,10	28,10	23,80	26,00
Ortalama	78,48	0,61	26,60	28,20	29,61	27,84	19,19	18,67	22,79
Varyans	225,05	0,00	3,04	2,07	1,83	3,60	18,08	6,34	3,02
Standart Sapma	15,00	0,00	1,74	1,44	1,35	1,90	4,25	2,52	1,74

Ek 2 Tablo 57. Çiğli istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	31,52	0,11	3,80	5,00	7,80	12,00	3,30	0,60	1,80
Maksimum	73,63	1,16	29,20	31,00	32,00	31,00	27,50	23,00	24,00
Ortalama	53,05	0,81	18,05	19,59	21,59	23,28	13,35	12,15	14,56
Varyans	102,89	0,05	47,79	51,82	50,04	32,30	23,63	26,42	30,96
Standart Sapma	10,14	0,22	6,91	7,20	7,07	5,68	4,86	5,14	5,56

Ek 2 Tablo 58. Çiğli istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	34,57	0,21	7,20	8,80	10,40	14,20	6,90	4,40	6,00
Maksimum	108,63	1,22	29,00	30,00	32,00	31,00	25,40	21,90	23,70
Ortalama	73,35	0,88	18,00	19,33	21,34	23,14	13,64	12,29	14,29
Varyans	542,64	0,05	36,57	39,68	37,48	26,27	21,35	21,55	25,18
Standart Sapma	23,29	0,22	6,05	6,30	6,12	5,13	4,62	4,64	5,02

Ek 2 Tablo 59. Çiğli istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	64,95	0,61	5,30	8,30	10,50	13,00	4,80	3,50	4,00
Maksimum	126,64	0,61	27,40	29,20	30,40	29,20	25,40	21,60	24,00
Ortalama	100,01	0,61	16,28	18,20	20,42	22,15	12,31	11,34	13,99
Varyans	238,22	0,00	34,32	35,01	35,26	22,30	20,84	19,87	25,27
Standart Sapma	15,43	0,00	5,86	5,92	5,94	4,72	4,57	4,46	5,03

Ek 2 Tablo 60. Çiğli istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	20,22	0,00	0,00	0,40	1,80	4,60	2,00	-6,30	-4,90
Maksimum	52,66	1,08	9,30	9,50	10,20	12,10	10,50	8,30	10,00
Ortalama	32,97	0,59	3,01	3,62	4,94	7,27	5,31	-0,19	1,23
Varyans	70,46	0,06	6,38	6,36	6,07	5,91	3,63	12,58	12,58
Standart Sapma	8,39	0,24	2,53	2,52	2,46	2,43	1,90	3,55	3,55

Ek 2 Tablo 61. Çiğli istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
Minimum	48,76	0,09	-0,20	0,80	2,10	5,40	1,50	-6,80	-5,00
Maksimum	112,03	0,81	8,60	8,80	10,30	14,00	10,20	7,70	9,70
Ortalama	71,18	0,61	4,31	5,07	6,29	8,57	6,53	1,95	2,99
Varyans	356,72	0,01	5,01	4,36	4,14	3,88	3,15	10,12	9,35
Standart Sapma	18,89	0,12	2,24	2,09	2,04	1,97	1,78	3,18	3,06

Ek 2 Tablo 62. Çiğli istasyonu Kış 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	43,61	0,61	0,60	2,70	4,10	7,70	1,80	-5,90	-4,50
Maksimum	103,00	0,61	10,60	10,70	11,00	13,80	12,60	11,10	12,00
Ortalama	73,45	0,61	6,51	7,66	8,76	10,69	8,50	5,33	6,33
Varyans	197,45	0,00	5,65	3,85	3,06	2,09	4,77	11,28	9,52
Standart Sapma	14,05	0,00	2,38	1,96	1,75	1,45	2,19	3,36	3,09

6. Kızılönüş

- I. ^{222}Rn gazı derişimi (kBq/m^3)
- II. Gün içindeki Maksimum Dakikalık Güneş Radyasyonu (cal/cm^2)
- III. 5 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
- IV. 10 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
- V. 20 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
- VI. 50 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
- VII. Buhar Basıncı (hPa)
- VIII. Islak Termometre Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
- IX. Kuru Termometre Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Ek 2 Tablo 63. Kızılönüş istasyonu İlkbahar 2007 ^{222}Rn ve meteorolojik değışkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	77,24	0,00	6,70	7,50	9,00	10,20	3,40	0,50	3,50
Maksimum	477,56	1,37	28,00	26,00	26,20	25,00	21,20	19,10	21,00
Ortalama	321,70	1,10	14,37	15,23	16,46	16,06	11,36	9,48	11,33
Varyans	14570,76	0,05	26,73	26,55	25,69	18,79	21,07	27,17	27,21
Standart Sapma	120,71	0,22	5,17	5,15	5,07	4,34	4,59	5,21	5,22

Ek 2 Tablo 64. Kızılönüş istasyonu İlkbahar 2008 ^{222}Rn ve meteorolojik değışkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	68,44	0,38	6,10	7,20	9,00	8,50	4,30	2,20	4,60
Maksimum	420,75	1,40	23,40	24,30	25,20	24,00	19,80	18,20	20,30
Ortalama	245,54	1,10	15,16	16,11	17,42	16,75	11,49	10,44	12,67
Varyans	11038,98	0,04	17,70	18,71	19,76	17,12	6,78	9,82	13,81
Standart Sapma	105,07	0,19	4,21	4,33	4,45	4,14	2,60	3,13	3,72

Ek 2 Tablo 65. Kızılönüş istasyonu İlkbahar 2009 ^{222}Rn ve meteorolojik değışkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	24,32	0,61	5,50	8,00	8,00	10,20	2,50	-0,80	4,00
Maksimum	300,04	0,61	22,50	24,00	25,00	23,00	19,30	18,30	21,00
Ortalama	148,89	0,61	14,27	16,07	17,36	16,45	11,79	10,66	12,98
Varyans	4980,80	0,00	18,07	18,66	18,82	12,56	12,15	16,64	18,54
Standart Sapma	70,57	0,00	4,25	4,32	4,34	3,54	3,49	4,08	4,31

Ek 2 Tablo 66. Kızılönüş istasyonu İlkbahar 2010 ^{222}Rn ve meteorolojik değışkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	24,32	0,61	5,50	8,00	8,00	10,20	2,50	-0,80	4,00
Maksimum	300,04	0,61	22,50	24,00	25,00	23,00	19,30	18,30	21,00
Ortalama	148,89	0,61	14,27	16,07	17,36	16,45	11,79	10,66	12,98
Varyans	4980,80	0,00	18,07	18,66	18,82	12,56	12,15	16,64	18,54
Standart Sapma	70,57	0,00	4,25	4,32	4,34	3,54	3,49	4,08	4,31

Ek 2 Tablo 67. Kızılönüş istasyonu Yaz 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	102,65	1,03	23,00	23,80	25,60	25,00	5,90	12,00	18,20
Maksimum	271,91	1,32	32,40	39,20	34,00	32,10	32,40	26,00	29,90
Ortalama	174,74	1,18	27,98	29,30	30,52	29,42	20,45	19,55	23,79
Varyans	1677,76	0,01	4,84	5,93	4,46	4,17	31,93	8,95	5,71
Standart Sapma	40,96	0,07	2,20	2,43	2,11	2,04	5,65	2,99	2,39

Ek 2 Tablo 68. Kızılönüş istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	205,22	0,70	22,00	23,00	25,30	24,30	8,40	13,00	17,10
Maksimum	349,18	1,34	34,20	32,30	33,00	32,10	31,20	25,10	27,00
Ortalama	263,81	1,16	27,89	28,97	30,31	29,31	21,18	19,91	23,80
Varyans	1342,85	0,01	5,53	4,85	4,30	4,30	30,41	9,19	4,67
Standart Sapma	36,64	0,08	2,35	2,20	2,07	2,07	5,51	3,03	2,16

Ek 2 Tablo 69. Kızılönüş istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	101,35	0,61	23,80	24,60	26,00	23,60	9,60	13,40	19,00
Maksimum	407,64	0,61	34,80	31,70	32,00	30,10	28,10	23,80	26,00
Ortalama	230,39	0,61	26,60	28,20	29,61	27,84	19,19	18,67	22,79
Varyans	4921,05	0,00	3,04	2,07	1,83	3,60	18,08	6,34	3,02
Standart Sapma	70,15	0,00	1,74	1,44	1,35	1,90	4,25	2,52	1,74

Ek 2 Tablo 70. Kızılönüş istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	96,14	0,11	3,80	5,00	7,80	12,00	3,30	0,60	1,80
Maksimum	347,71	1,16	29,20	31,00	32,00	31,00	27,50	23,00	24,00
Ortalama	155,21	0,81	18,05	19,59	21,59	23,28	13,35	12,15	14,56
Varyans	2842,14	0,05	47,79	51,82	50,04	32,30	23,63	26,42	30,96
Standart Sapma	53,31	0,22	6,91	7,20	7,07	5,68	4,86	5,14	5,56

Ek 2 Tablo 71. Kızılönüş istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Minimum	146,91	0,21	7,20	8,80	10,40	14,20	6,90	4,40	6,00
Maksimum	244,22	1,22	29,00	30,00	32,00	31,00	25,40	21,90	23,40
Ortalama	194,33	0,87	18,82	20,16	21,93	23,48	14,85	13,07	14,88
Varyans	565,97	0,07	61,25	66,65	63,76	44,73	30,99	33,10	38,78
Standart Sapma	23,79	0,27	7,83	8,16	7,98	6,69	5,57	5,75	6,23

Ek 2 Tablo 72. Kızılönüş istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	137,13	0,61	5,30	8,30	10,50	13,00	4,80	3,50	4,00
Maksimum	448,34	0,61	27,40	29,20	30,40	29,20	25,40	21,60	24,00
Ortalama	200,37	0,61	16,28	18,20	20,42	22,15	12,31	11,34	13,99
Varyans	2881,67	0,00	34,32	35,01	35,26	22,30	20,84	19,87	25,27
Standart Sapma	53,68	0,00	5,86	5,92	5,94	4,72	4,57	4,46	5,03

Ek 2 Tablo 73. Kızılönüş istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	33,97	0,00	0,00	0,40	1,80	4,60	2,00	-6,30	-4,90
Maksimum	561,09	1,08	9,30	9,50	10,20	12,10	10,50	8,30	10,00
Ortalama	187,60	0,59	3,04	3,64	4,97	7,28	5,34	-0,12	1,29
Varyans	13361,87	0,06	6,36	6,35	6,03	5,95	3,59	12,33	12,36
Standart Sapma	115,59	0,24	2,52	2,52	2,46	2,44	1,90	3,51	3,52

Ek 2 Tablo 74. Kızılönüş istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	19,83	0,09	-0,20	0,80	2,10	5,40	1,50	-6,80	-5,00
Maksimum	140,10	0,81	8,60	8,80	10,30	14,00	10,20	7,70	9,70
Ortalama	64,80	0,61	4,36	5,10	6,31	8,55	6,58	2,01	3,04
Varyans	833,51	0,01	5,01	4,32	4,08	3,81	3,17	10,09	9,26
Standart Sapma	28,87	0,11	2,24	2,08	2,02	1,95	1,78	3,18	3,04

Ek 2 Tablo 75. Kızılönüş istasyonu Kış 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	25,64	0,61	0,60	2,70	4,10	7,70	1,80	-5,90	-4,50
Maksimum	185,66	0,61	10,60	10,70	11,00	13,80	12,60	11,10	12,00
Ortalama	73,64	0,61	6,51	7,66	8,76	10,69	8,50	5,33	6,33
Varyans	2191,73	0,00	5,65	3,85	3,06	2,09	4,77	11,28	9,52
Standart Sapma	46,82	0,00	2,38	1,96	1,75	1,45	2,19	3,36	3,09

7. Beyoğlu

- I. ²²²Rn gazı derişimi (kBq/m³)
- II. Gün içindeki Maksimum Dakikalık Güneş Radyasyonu (cal/cm²)
- III. 5 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- IV. 10 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- V. 20 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- VI. 50 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
- VII. Buhar Basıncı (hPa)
- VIII. Islak Termometre Sıcaklığı (°C)
- IX. Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)

Ek 2 Tablo 76. Beyoğlu istasyonu İlkbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	100,82	0,38	6,10	7,20	9,00	8,50	4,30	2,20	4,60
Maksimum	936,50	1,40	23,40	24,30	25,20	24,00	19,80	18,20	20,30
Ortalama	447,21	1,10	15,16	16,11	17,42	16,75	11,49	10,44	12,67
Varyans	68082,04	0,04	17,70	18,71	19,76	17,12	6,78	9,82	13,81
Standart Sapma	260,93	0,19	4,21	4,33	4,45	4,14	2,60	3,13	3,72

Ek 2 Tablo 77. Beyoğlu istasyonu İlkbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00
Minimum	105,54	0,61	3,40	4,60	6,50	8,10	4,60	-0,70	1,20
Maksimum	362,86	0,61	12,50	12,30	14,50	11,70	10,80	9,20	14,20
Ortalama	227,67	0,61	7,70	8,33	9,56	9,91	7,98	4,94	6,26
Varyans	3610,04	0,00	4,90	3,83	3,17	0,92	2,95	7,17	8,88
Standart Sapma	60,08	0,00	2,21	1,96	1,78	0,96	1,72	2,68	2,98

Ek 2 Tablo 78. Beyoğlu istasyonu İlkbahar 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00
Minimum	28,67	0,61	5,50	8,00	8,00	10,20	2,50	-0,80	4,00
Maksimum	537,99	0,61	20,40	22,30	23,20	20,40	18,10	17,10	19,40
Ortalama	230,77	0,61	12,89	14,66	15,91	15,16	10,95	9,58	11,69
Varyans	21161,11	0,00	12,02	12,30	12,23	7,05	10,26	14,06	13,98
Standart Sapma	145,47	0,00	3,47	3,51	3,50	2,65	3,20	3,75	3,74

Ek 2 Tablo 79. Beyoğlu istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	488,96	0,70	22,00	23,00	25,30	24,30	8,40	13,00	17,10
Maksimum	908,21	1,34	34,20	32,30	33,00	32,10	31,20	25,10	27,00
Ortalama	739,17	1,16	27,89	28,97	30,31	29,31	21,18	19,91	23,80
Varyans	8856,07	0,01	5,53	4,85	4,30	4,30	30,41	9,19	4,67
Standart Sapma	94,11	0,08	2,35	2,20	2,07	2,07	5,51	3,03	2,16

Ek 2 Tablo 80. Beyoğlu istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
Minimum	204,55	0,61	24,00	25,80	28,00	27,30	10,70	13,80	19,80
Maksimum	837,69	0,61	34,80	30,80	32,00	30,10	28,10	23,80	26,00
Ortalama	488,80	0,61	27,00	28,68	30,41	29,18	20,18	19,35	23,38
Varyans	26676,98	0,00	2,83	1,20	0,46	0,47	19,13	6,19	2,28
Standart Sapma	163,33	0,00	1,68	1,09	0,68	0,68	4,37	2,49	1,51

Ek 2 Tablo 81. Beyoğlu istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	87,00	87,00	87,00	87,00	87,00	87,00	87,00	87,00	87,00
Minimum	106,28	0,11	3,80	5,00	7,80	12,00	3,30	0,60	1,80
Maksimum	504,45	1,16	29,00	30,80	32,00	31,00	25,90	22,20	24,00
Ortalama	274,42	0,80	17,57	19,09	21,11	22,92	12,98	11,78	14,14
Varyans	7652,93	0,05	44,68	48,55	47,17	30,92	20,72	24,40	28,38
Standart Sapma	87,48	0,22	6,68	6,97	6,87	5,56	4,55	4,94	5,33

Ek 2 Tablo 82. Beyoğlu istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	241,81	0,21	7,20	8,80	10,40	14,20	6,90	4,40	6,00
Maksimum	824,66	1,22	29,00	30,00	32,00	31,00	25,40	21,90	23,70
Ortalama	500,44	0,88	18,00	19,33	21,34	23,14	13,64	12,29	14,29
Varyans	31381,87	0,05	36,57	39,68	37,48	26,27	21,35	21,55	25,18
Standart Sapma	177,15	0,22	6,05	6,30	6,12	5,13	4,62	4,64	5,02

Ek 2 Tablo 83. Beyoğlu istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	71,28	0,61	5,30	8,30	10,50	13,00	4,80	3,50	4,00
Maksimum	852,63	0,61	27,40	29,20	30,40	29,20	25,40	21,60	24,00
Ortalama	376,32	0,61	16,28	18,20	20,42	22,15	12,31	11,34	13,99
Varyans	51046,73	0,00	34,32	35,01	35,26	22,30	20,84	19,87	25,27
Standart Sapma	225,94	0,00	5,86	5,92	5,94	4,72	4,57	4,46	5,03

Ek 2 Tablo 84. Beyoğlu istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	64,41	0,00	0,00	0,40	1,80	4,60	2,00	-6,30	-4,90
Maksimum	184,46	1,08	9,30	9,50	10,20	12,10	10,50	8,30	10,00
Ortalama	120,63	0,59	3,06	3,67	5,00	7,30	5,35	-0,11	1,31
Varyans	1072,71	0,06	6,37	6,34	6,02	5,96	3,63	12,45	12,48
Standart Sapma	32,75	0,24	2,52	2,52	2,45	2,44	1,90	3,53	3,53

Ek 2 Tablo 85. Beyoğlu istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
Minimum	164,07	0,09	-0,20	0,80	2,10	5,40	1,50	-6,80	-5,00
Maksimum	388,46	0,81	8,60	8,80	10,30	14,00	10,20	7,70	9,70
Ortalama	235,96	0,61	4,31	5,07	6,29	8,57	6,53	1,95	2,99
Varyans	2027,06	0,01	5,01	4,36	4,14	3,88	3,15	10,12	9,35
Standart Sapma	45,02	0,12	2,24	2,09	2,04	1,97	1,78	3,18	3,06

Ek 2 Tablo 86. Beyoğlu istasyonu Kış 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	15,39	0,61	0,60	2,70	4,10	7,70	1,80	-5,90	-4,50
Maksimum	271,80	0,61	10,60	10,70	11,00	13,80	12,60	11,10	12,00
Ortalama	83,96	0,61	6,55	7,68	8,78	10,70	8,53	5,37	6,39
Varyans	5223,74	0,00	5,70	3,88	3,06	2,08	4,80	11,36	9,65
Standart Sapma	72,28	0,00	2,39	1,97	1,75	1,44	2,19	3,37	3,11

8. Demirköprü

- I. ²²²Rn gazı derişimi (kBq/m³)
 II. Gün içindeki Maksimum Dakikalık Güneş Radyasyonu (cal/cm²)
 III. 5 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
 IV. 10 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
 V. 20 cm derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
 VI. Buhar Basıncı (hPa)
 VII. Islak Termometre Sıcaklığı (°C)
 VIII. Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)

Ek 2 Tablo 87. Demirköprü istasyonu İlkbahar 2007 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	110,27	0,51	8,00	10,00	13,40	5,20	4,80	9,40
Maksimum	193,34	1,27	26,00	26,80	28,00	22,60	20,20	25,40
Ortalama	148,21	1,05	16,52	17,73	19,73	13,05	13,06	16,81
Varyans	301,28	0,01	21,76	18,32	15,44	22,60	18,29	16,46
Standart Sapma	17,36	0,12	4,66	4,28	3,93	4,75	4,28	4,06

Ek 2 Tablo 88. Demirköprü istasyonu İlkbahar 2008 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	34,16	0,45	10,00	11,60	14,20	6,70	6,80	10,40
Maksimum	170,06	1,27	24,80	25,40	27,20	21,20	20,00	23,20
Ortalama	73,90	1,04	17,69	18,93	20,79	13,69	13,88	17,44
Varyans	1840,85	0,02	12,26	11,58	11,38	8,44	7,35	9,51
Standart Sapma	42,91	0,13	3,50	3,40	3,37	2,91	2,71	3,08

Ek 2 Tablo 89. Demirköprü istasyonu İlkbahar 2009 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00
Minimum	124,61	0,49	7,00	9,00	11,50	6,30	4,70	7,40
Maksimum	210,78	1,29	25,80	26,20	27,20	20,40	19,20	24,00
Ortalama	168,66	1,04	16,39	17,16	18,81	12,50	12,55	16,07
Varyans	681,11	0,02	23,48	21,18	18,93	10,22	11,20	15,03
Standart Sapma	26,10	0,14	4,85	4,60	4,35	3,20	3,35	3,88

Ek 2 Tablo 90. Demirköprü istasyonu İlkbahar 2010 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	29,02	0,42	11,00	12,20	13,60	4,40	3,50	8,60
Maksimum	129,14	1,40	26,00	26,80	27,20	21,90	20,20	24,00
Ortalama	56,76	1,04	18,21	19,04	20,81	13,93	14,05	17,73
Varyans	962,53	0,03	17,05	16,16	14,50	14,73	12,34	11,72
Standart Sapma	31,02	0,18	4,13	4,02	3,81	3,84	3,51	3,42

Ek 2 Tablo 91. Demirköprü istasyonu Yaz 2007 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	119,30	0,75	21,20	22,60	25,20	12,40	16,20	19,80
Maksimum	231,12	1,20	33,60	34,80	34,20	34,30	27,00	30,00
Ortalama	164,45	1,04	28,98	29,95	31,10	23,98	22,16	26,64
Varyans	814,67	0,01	7,25	7,00	4,55	23,59	5,97	4,17
Standart Sapma	28,54	0,08	2,69	2,65	2,13	4,86	2,44	2,04

Ek 2 Tablo 92. Demirköprü istasyonu Yaz 2008 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minimum	99,06	0,80	20,60	22,00	24,60	13,40	15,70	20,00
Maksimum	154,21	1,18	32,40	32,60	33,40	40,10	29,20	29,80
Ortalama	122,26	1,05	28,79	29,89	31,24	25,40	22,76	26,80
Varyans	191,29	0,01	6,26	6,46	4,28	36,28	9,10	3,19
Standart Sapma	13,83	0,08	2,50	2,54	2,07	6,02	3,02	1,79

Ek 2 Tablo 93. Demirköprü istasyonu Yaz 2009 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
Minimum	94,89	0,94	26,00	27,20	30,00	13,50	17,00	25,00
Maksimum	156,85	1,21	34,10	33,00	34,00	29,60	25,00	29,20
Ortalama	128,79	1,06	30,29	31,25	32,83	24,66	22,83	27,74
Varyans	181,04	0,00	2,16	1,41	0,84	12,42	2,81	0,74
Standart Sapma	13,46	0,05	1,47	1,19	0,92	3,52	1,68	0,86

Ek 2 Tablo 94. Demirköprü istasyonu Sonbahar 2007 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	73,17	0,27	7,00	9,80	13,40	4,70	4,60	10,20
Maksimum	214,29	1,06	32,40	33,20	33,60	31,20	25,40	33,70
Ortalama	119,09	0,80	20,96	22,66	25,33	16,36	16,50	21,38
Varyans	662,16	0,02	40,64	39,09	31,47	44,19	26,81	23,23
Standart Sapma	25,73	0,14	6,37	6,25	5,61	6,65	5,18	4,82

Ek 2 Tablo 95. Demirköprü istasyonu Sonbahar 2008 ²²²Rn ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00
Minimum	95,71	0,34	10,80	12,60	15,40	7,60	7,50	11,00
Maksimum	224,65	1,15	30,60	31,80	32,80	31,80	25,70	28,20
Ortalama	126,58	0,81	20,66	22,27	24,18	17,06	16,81	20,96
Varyans	811,74	0,02	29,62	31,07	27,31	39,19	20,32	18,01
Standart Sapma	28,49	0,16	5,44	5,57	5,23	6,26	4,51	4,24

Ek 2 Tablo 96. Demirköprü istasyonu Sonbahar 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
Minimum	55,53	0,21	10,20	12,00	15,00	6,00	6,50	12,00
Maksimum	157,92	1,23	31,20	32,00	33,20	26,40	23,40	27,80
Ortalama	108,66	0,78	20,53	21,68	23,88	14,99	15,61	20,65
Varyans	461,57	0,03	34,76	33,70	29,62	31,52	19,72	20,23
Standart Sapma	21,48	0,18	5,90	5,81	5,44	5,61	4,44	4,50

Ek 2 Tablo 97. Demirköprü istasyonu Kış 2008 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	89,00	89,00	89,00	89,00	89,00	89,00	89,00	89,00
Minimum	35,08	0,15	1,00	3,00	5,00	2,50	-0,60	3,60
Maksimum	173,27	1,04	13,80	14,40	15,40	13,30	11,90	16,80
Ortalama	60,29	0,66	6,61	8,19	10,40	6,22	5,39	9,74
Varyans	636,25	0,02	11,19	8,86	6,01	6,37	10,05	9,41
Standart Sapma	25,22	0,14	3,35	2,98	2,45	2,52	3,17	3,07

Ek 2 Tablo 98. Demirköprü istasyonu Kış 2009 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
Minimum	114,51	0,06	1,20	3,40	7,00	3,10	-1,40	2,00
Maksimum	210,76	1,19	13,00	13,20	15,00	15,40	14,00	17,40
Ortalama	150,63	0,64	8,28	9,48	11,35	7,64	7,15	11,08
Varyans	718,83	0,04	5,41	3,99	2,40	6,41	7,48	7,81
Standart Sapma	26,81	0,19	2,32	2,00	1,55	2,53	2,74	2,80

Ek 2 Tablo 99. Demirköprü istasyonu Kış 2010 ²²²Rn gazı ve meteorolojik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Veri Sayısı	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Minimum	34,74	0,08	3,40	5,40	9,00	2,20	-0,90	4,20
Maksimum	123,63	1,08	14,40	14,60	15,40	17,10	15,50	18,60
Ortalama	49,85	0,61	11,00	11,80	13,41	9,58	9,49	13,21
Varyans	165,78	0,05	5,74	4,36	2,84	8,55	9,49	8,14
Standart Sapma	12,88	0,22	2,40	2,09	1,68	2,92	3,08	2,85

Ek 2 Tablo 100. Pötürge istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar				Yaz			Sonbahar			Kış		
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009	2010
L_B	186,34	131,83	131,74	135,82	107,71	116,07	113,41	104,47	128,54	128,27	70,15	99,08	99,08
U_B	194,72	136,23	135,96	143,24	141,61	118,75	115,37	110,47	132,54	133,37	72,21	104,50	104,50

Ek 2 Tablo 101. Kasımlar istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar			Yaz		Sonbahar			Kış	
	2008	2009	2010	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009
L_B	77,29	69,70	119,90	519,09	493,56	171,34	167,03	144,77	12,26	22,12
U_B	111,63	120,92	166,12	603,81	561,84	240,12	221,75	186,95	14,54	27,88

Ek 2 Tablo 102. Sürgü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar				Yaz			Sonbahar			Kış		
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009	2010
L_B	48,20	26,61	26,61	14,53	19,97	19,97	20,25	20,52	18,55	26,97	15,05	34,55	19,12
U_B	51,30	28,97	28,97	15,51	20,55	20,55	21,07	22,32	19,64	29,97	16,73	36,57	20,58

Ek 2 Tablo 103. Çelik istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar				Yaz			Sonbahar			Kış		
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009	2010
L_B	33,27	34,61	34,61	47,15	78,02	61,06	70,39	87,61	76,56	76,57	117,16	33,79	47,64
U_B	38,80	40,30	40,30	51,22	82,75	62,73	73,10	95,88	79,51	80,64	135,41	44,49	53,21

Ek 2 Tablo 104. Çiğli istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar				Yaz			Sonbahar			Kış		
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009	2010
L_B	81,13	24,55	54,81	56,37	41,17	38,59	75,93	51,29	69,35	97,36	31,54	67,88	71,02
U_B	84,59	27,51	58,35	60,05	43,31	40,83	81,03	54,77	77,35	102,66	34,40	74,48	75,88

Ek 2 Tablo 105. Kızıleniş istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar				Yaz			Sonbahar			Kış		
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009	2010
L_B	301,06	227,67	136,82	136,82	167,74	257,55	218,46	146,05	188,81	191,14	167,84	59,81	65,55
U_B	342,34	263,41	160,96	160,96	181,74	270,07	242,32	164,38	199,85	209,59	207,36	69,79	81,73

Ek 2 Tablo 106. Beyoğlu istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar			Yaz		Sonbahar			Kış		
	2008	2009	2010	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009	2010
L_B	402,84	210,51	203,03	723,07	452,68	259,03	469,98	337,47	114,99	228,08	71,53
U_B	491,58	244,82	258,50	755,26	524,91	289,80	530,89	415,16	126,26	243,83	96,38

Ek 2 Tablo 107. Demirköprü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn derişimi için %90 güven aralığının alt (L_B) ve üst (U_B) sınırları

	İlkbahar				Yaz			Sonbahar			Kış		
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2008	2009	2010
L_B	145,24	66,56	164,04	51,45	159,57	119,89	125,81	114,66	121,48	104,96	55,90	145,94	47,62
U_B	151,17	81,23	173,27	62,06	169,32	124,62	131,76	123,51	131,67	112,35	64,67	155,31	52,07

Ek 2 Tablo 108. Uygun AD ve P değerlerine göre, araştırma istasyonlarından elde edilen ^{222}Rn derişimlerinin dağılımları. P ve AD değerleri verilmeyenler dağılım fonksiyonlarına uymadığını göstermektedir.

İstasyon Adı	Mevsimler	Dağılım Adı	AD testi	P değeri
Pötürge	İlkbahar	-	-	-
	Yaz	Normal	0,263	0,697
	Sonbahar	-	-	-
	Kış	-	-	-
Kasımlar	İlkbahar	Normal	0,450	0,274
	Yaz	Normal	0,571	0,137
	Sonbahar	-	-	-
	Kış	Normal	0,108	0,994
Sürgü	İlkbahar	-	-	-
	Yaz	Normal	0,429	0,307
	Sonbahar	-	-	-
	Kış	-	-	-
Çelik	İlkbahar	-	-	-
	Yaz	Normal	0,501	0,206
	Sonbahar	Normal	0,396	0,368
	Kış	-	-	-
Çiğli	İlkbahar	-	-	-
	Yaz	-	-	-
	Sonbahar	-	-	-
	Kış	-	-	-
Kızılениş	İlkbahar	-	-	-
	Yaz	Normal	0,391	0,379
	Sonbahar	-	-	-
	Kış	3 parametrelili Weibull	0,615	0,115
Beyoğlu	İlkbahar	-	-	-
	Yaz	Normal	0,487	0,222
	Sonbahar	-	-	-
	Kış	-	-	-
Demirköprü	İlkbahar	-	-	-
	Yaz	Normal	0,390	0,380
	Sonbahar	-	-	-
	Kış	-	-	-

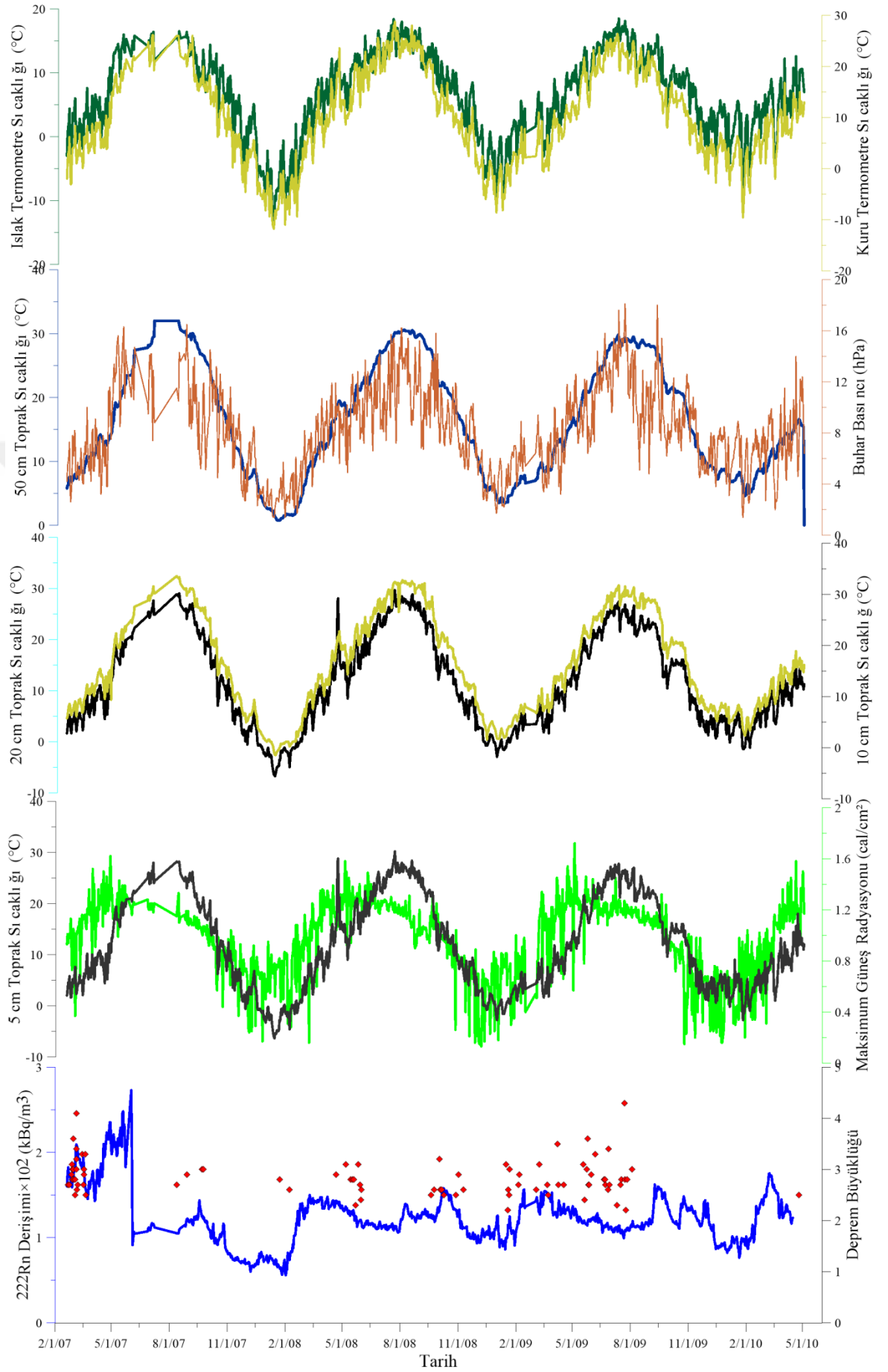
Ek 2 Tablo 109. Araştırma istasyonlarında meydana gelen depremlerin dağılımları

İstasyon Adı	Dağılım Adı	Anderson-Darling Testi	P değeri
Pötürge	Normal	0,188	0,891
Kasımlar	Normal	0,104	0,993
Sürgü	Normal	0,222	0,777
Çelik	Normal	0,240	0,714
Çiğli	Normal	0,121	0,983
Kızılentiş	Normal	0,133	0,971
Beyoğlu	Normal	0,090	0,997
Demirköprü	-	-	-

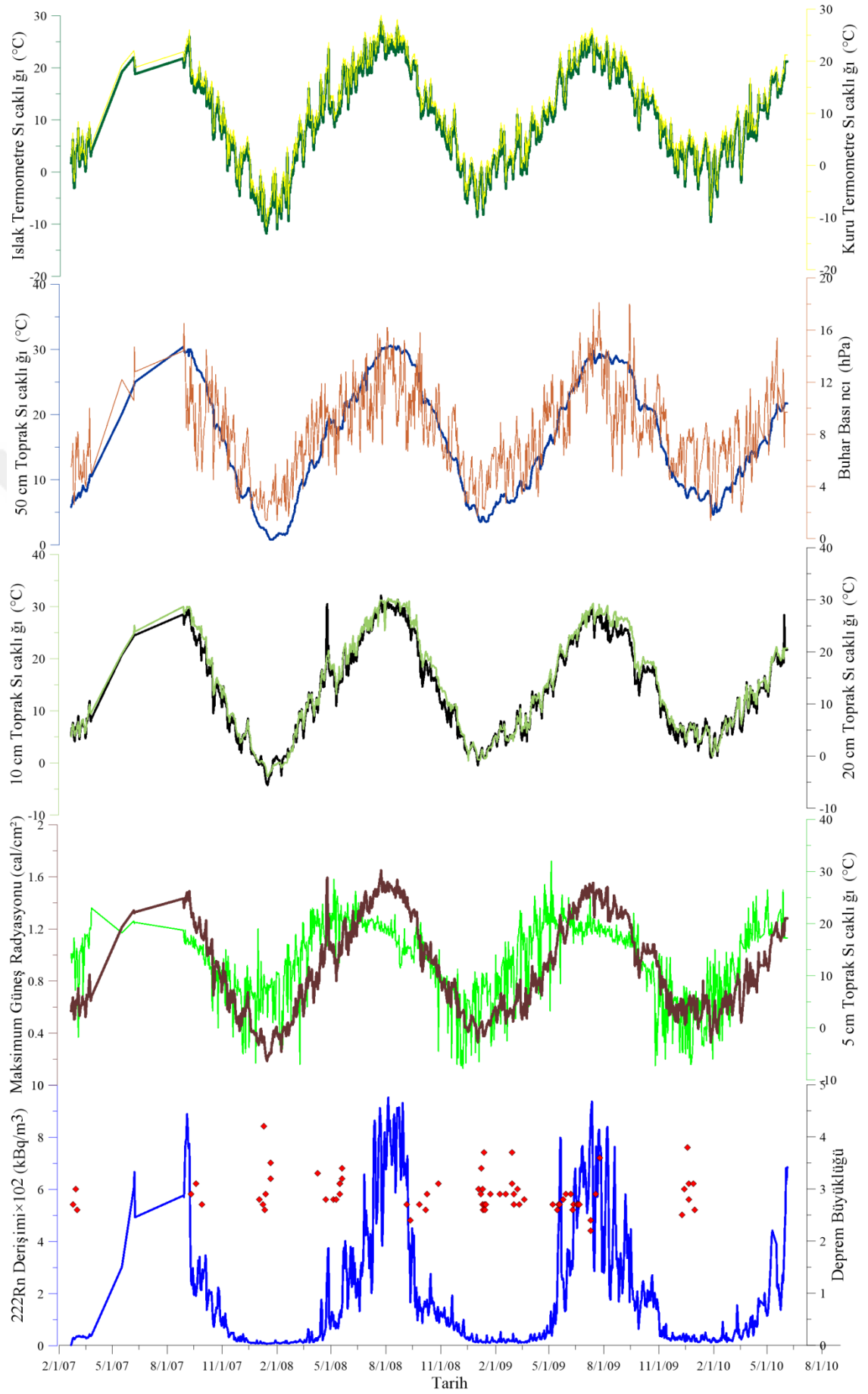
*P değeri hesaplanamadı

EK 3

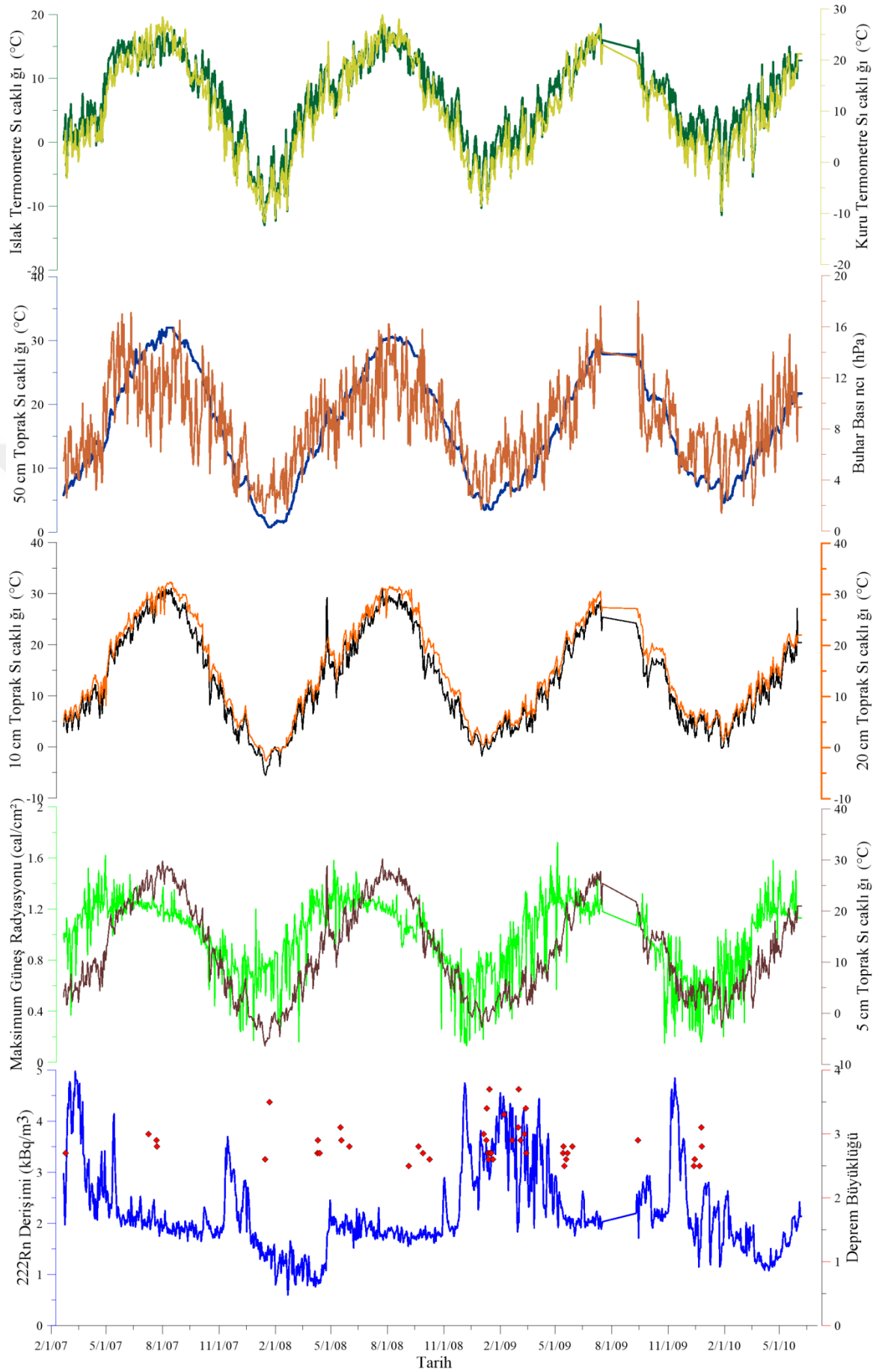
²²²Rn'nin Meteorolojik Değişkenler ile Değişim Grafikleri



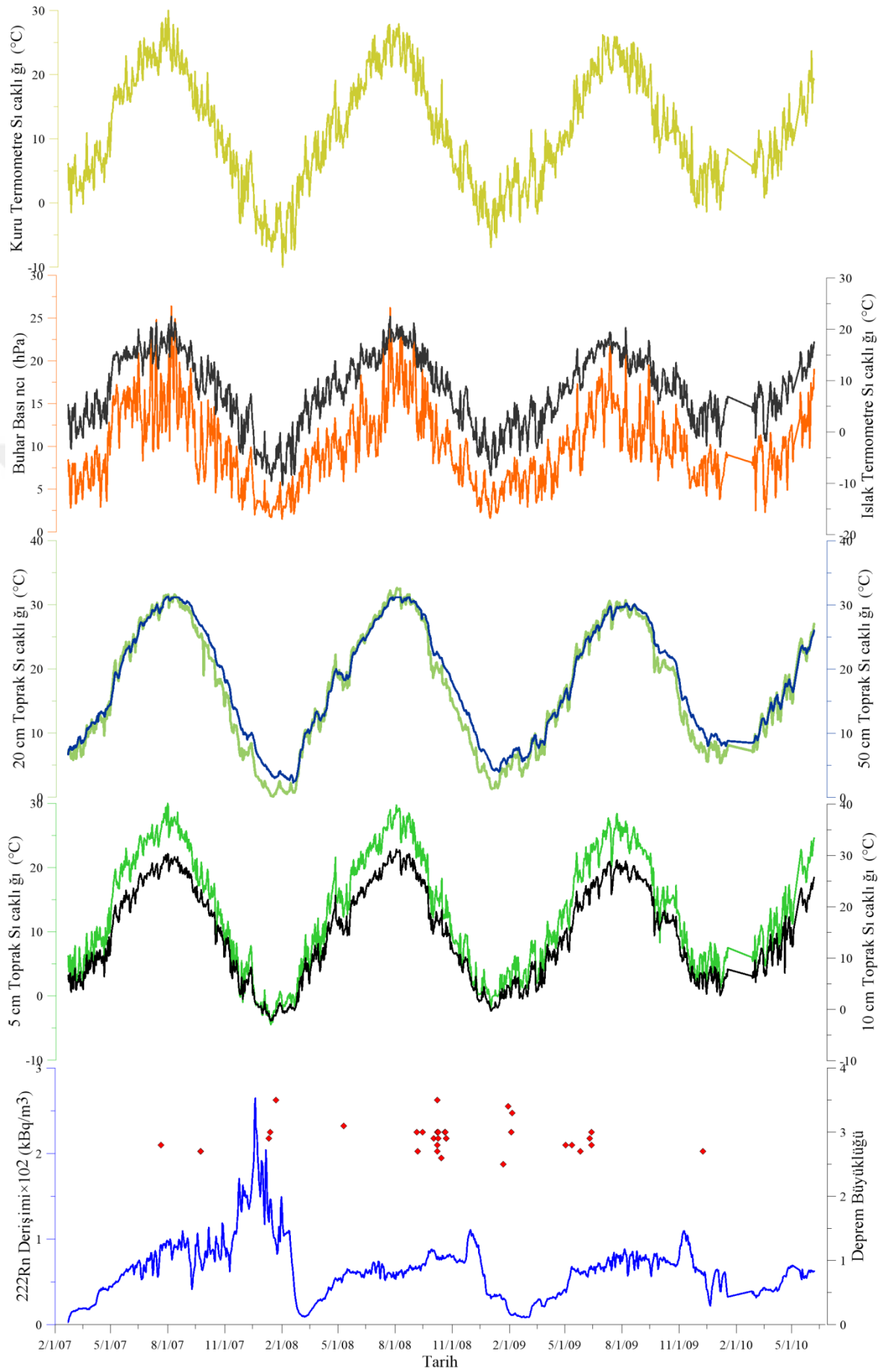
Ek 3 Şekil 1. Pötürge istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi



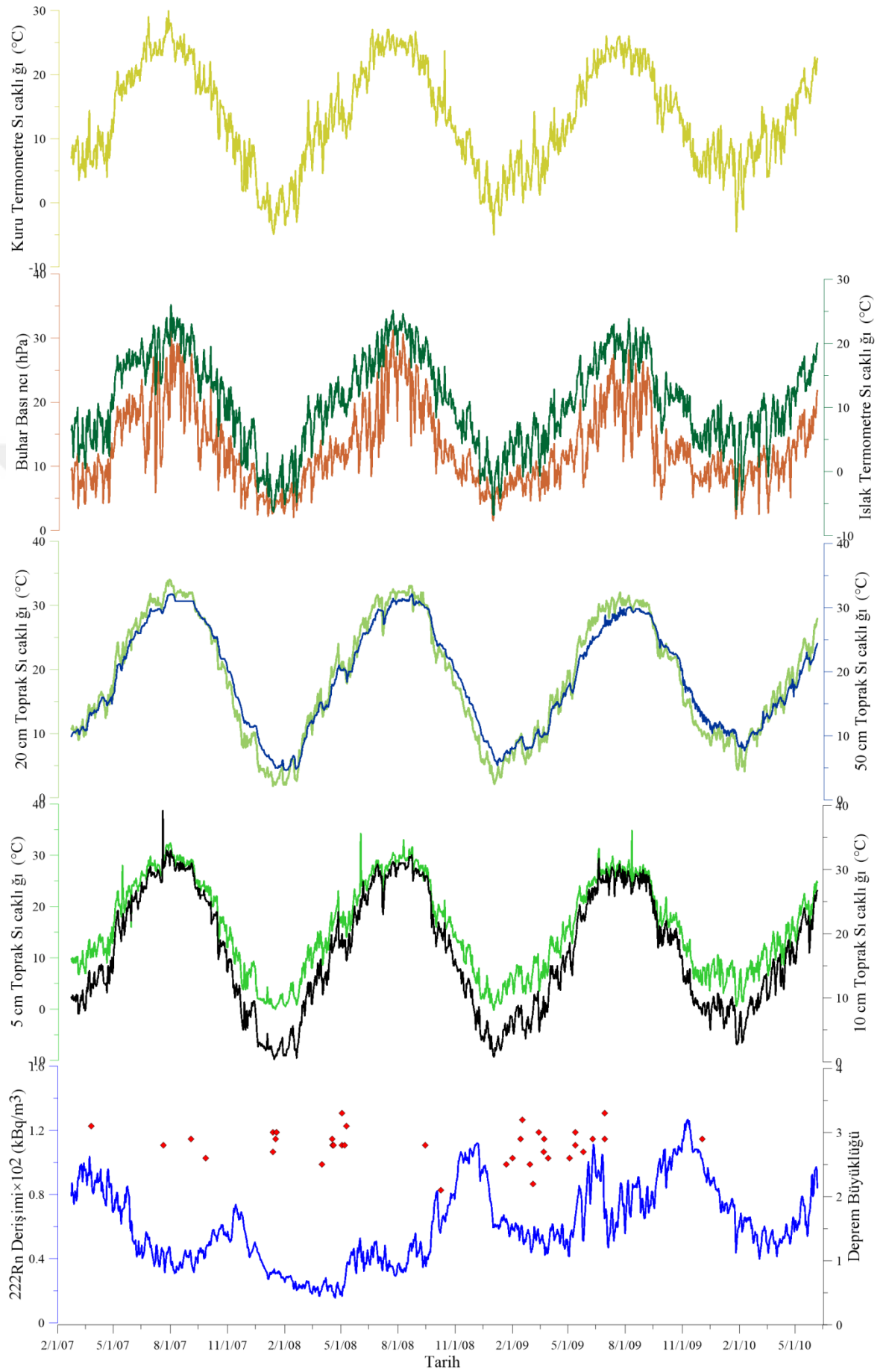
Ek 3 Şekil 2. Kasımlar istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi



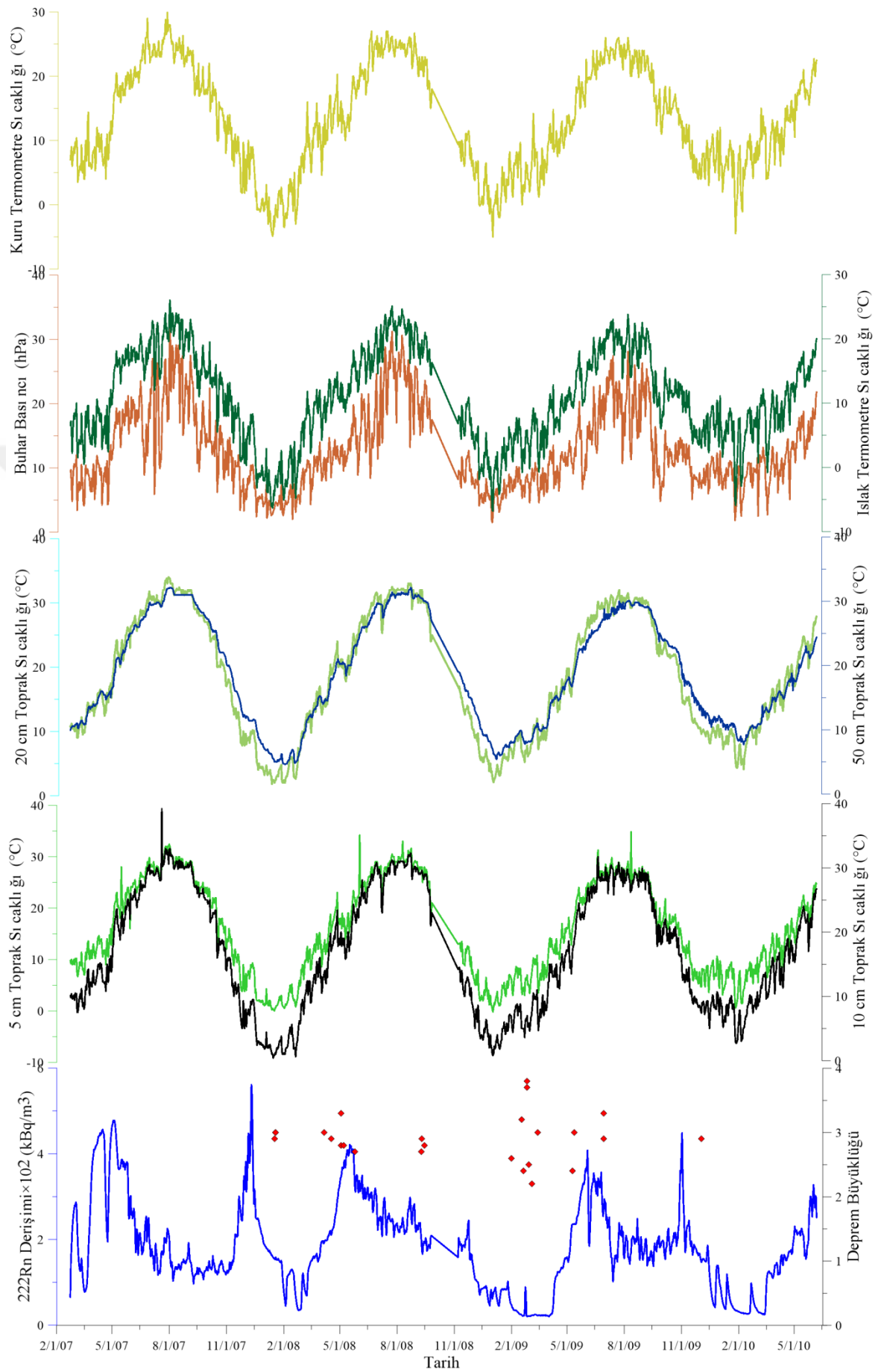
Ek 3 Şekil 3. Sürgü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi



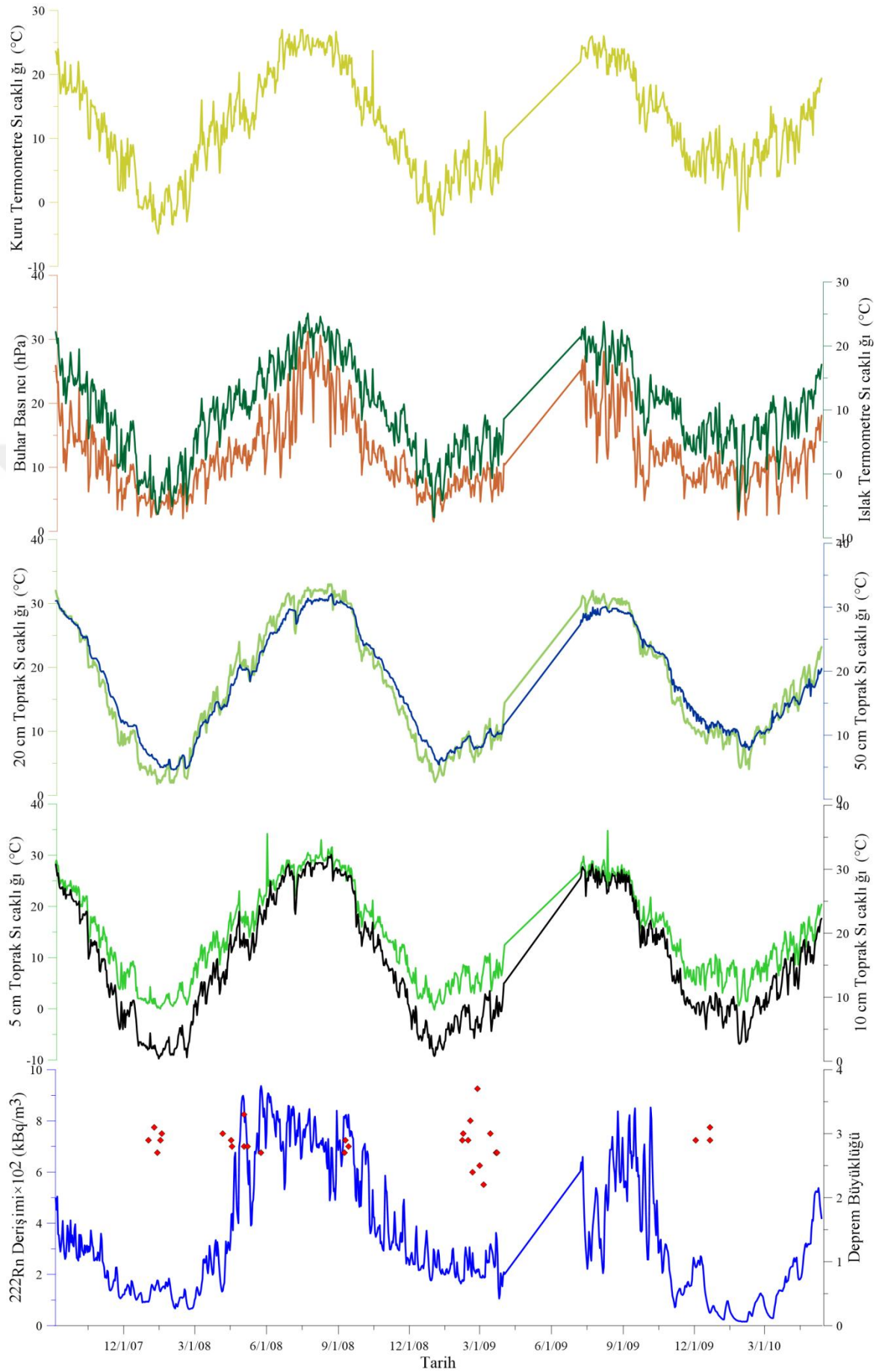
Ek 3 Şekil 4. Çelik istasyonunda ölçülen ²²²Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi



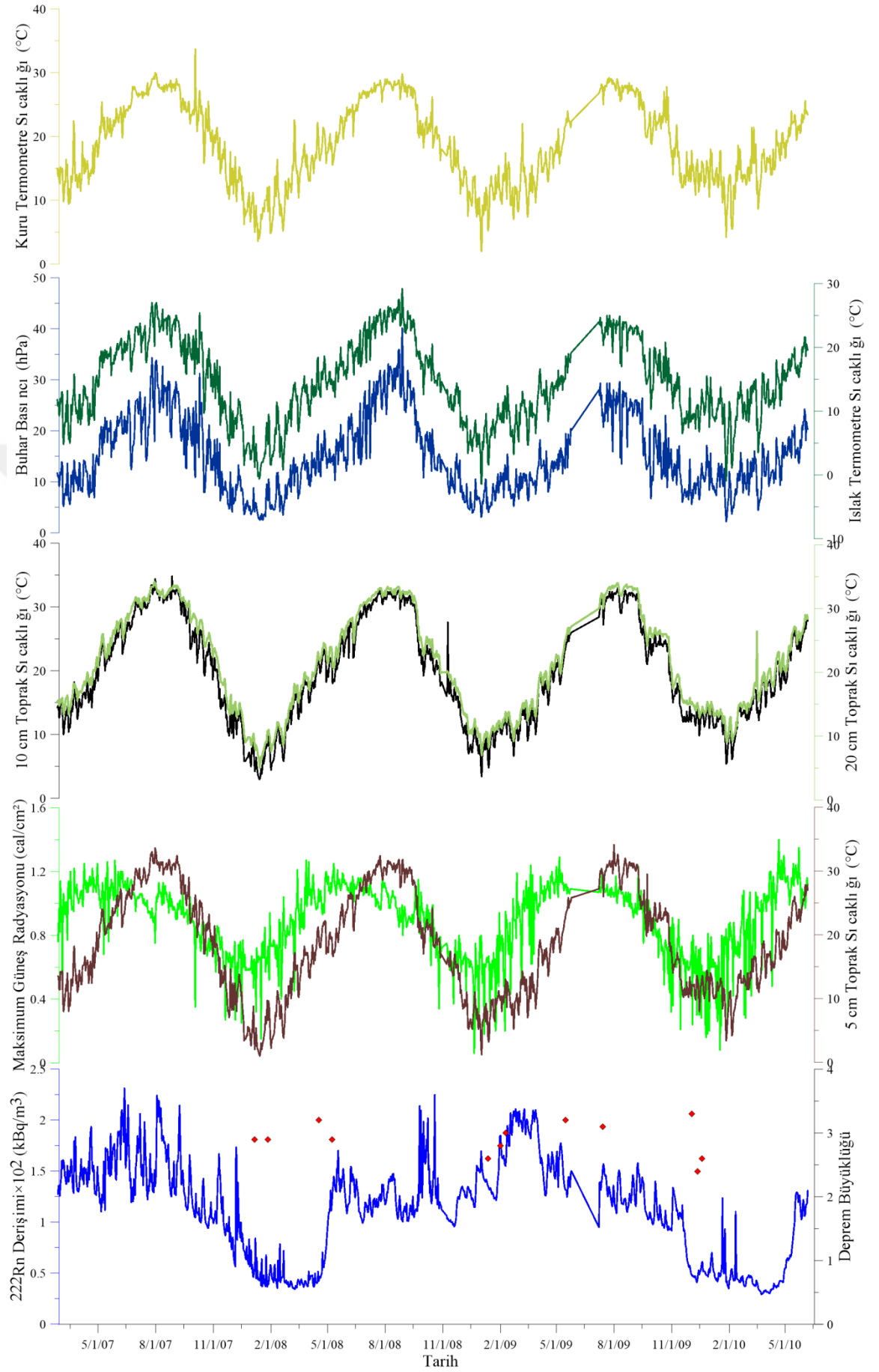
Ek 3 Şekil 5. Çiğli istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi



Ek 3 Şekil 6. Kızıleniş istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi



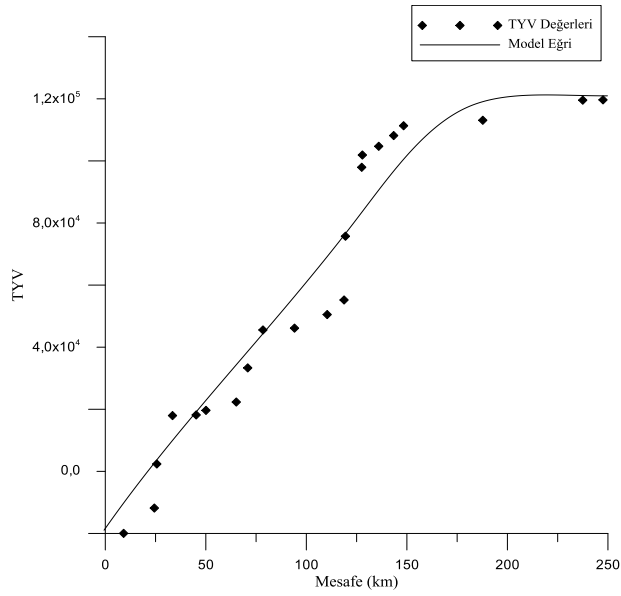
Ek 3 Şekil 7. Beyoğlu istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi



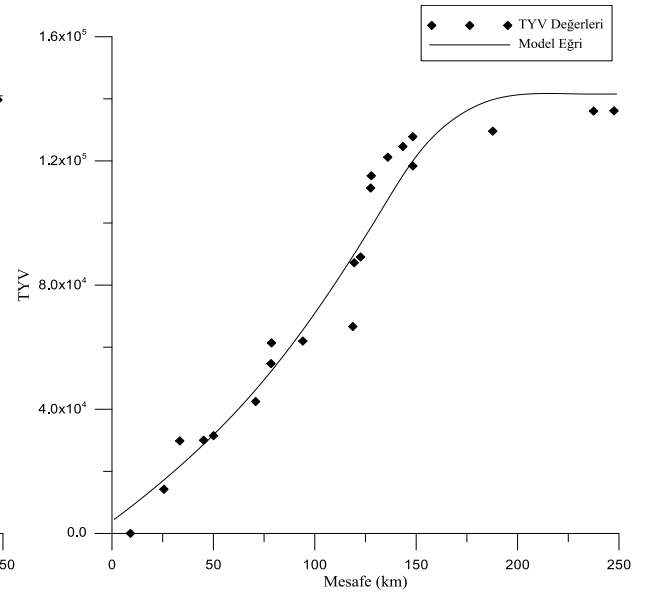
Ek 3 Şekil 8. Demirköprü istasyonunda ölçülen ^{222}Rn gazının meteorolojik değişkenler ile değişimi

EK 4

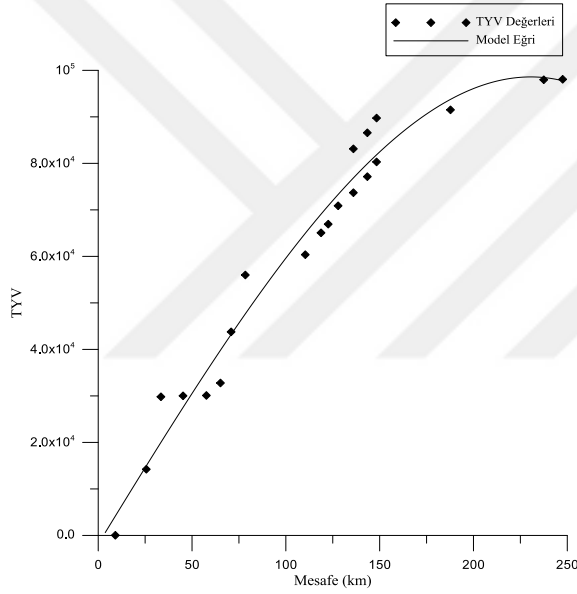
²²²Rn TYV ve Deprem TYV Grafikleri



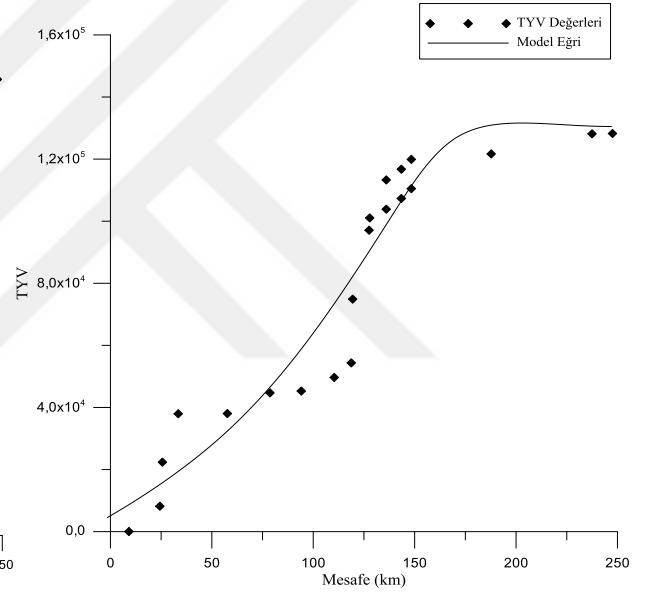
(a)



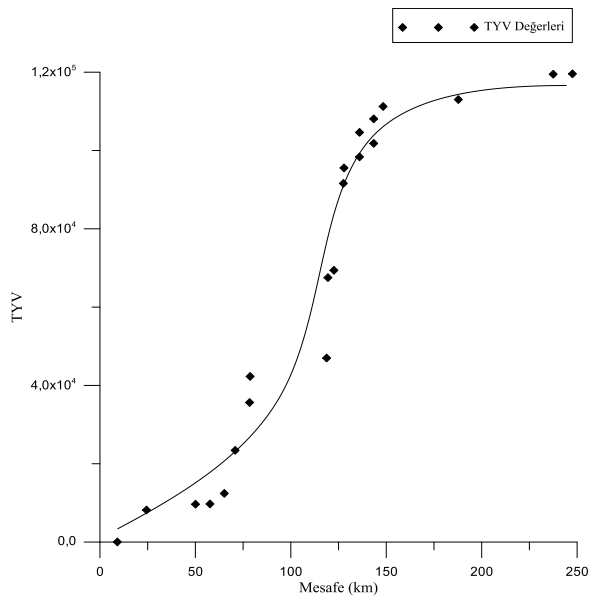
(b)



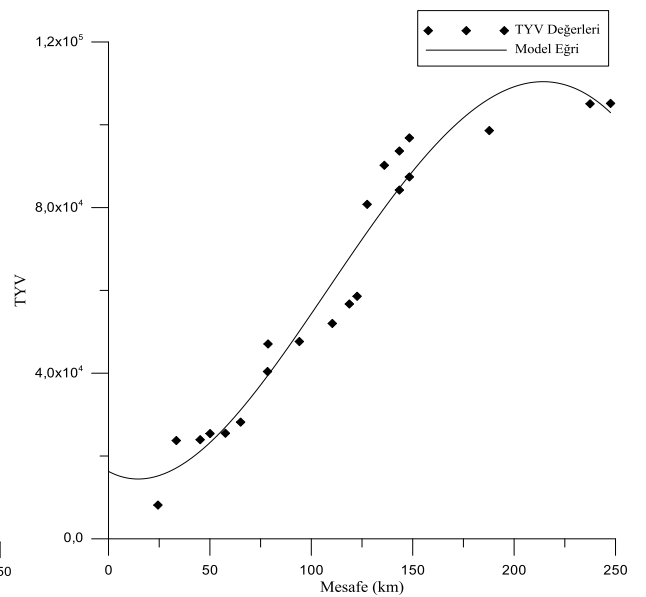
(c)



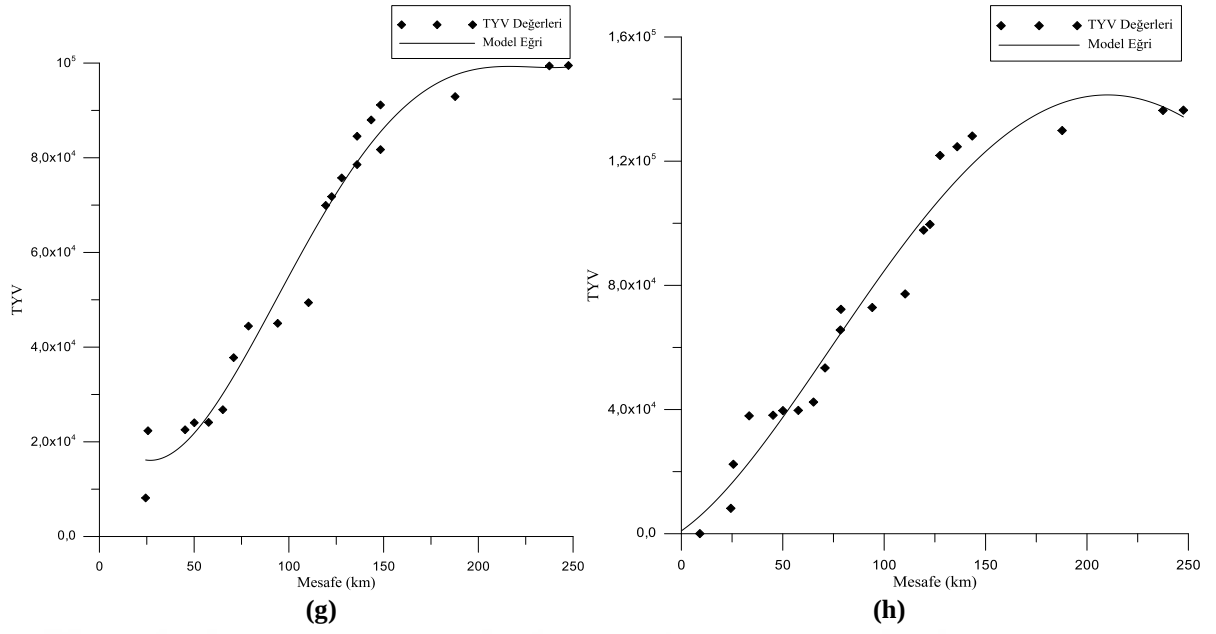
(d)



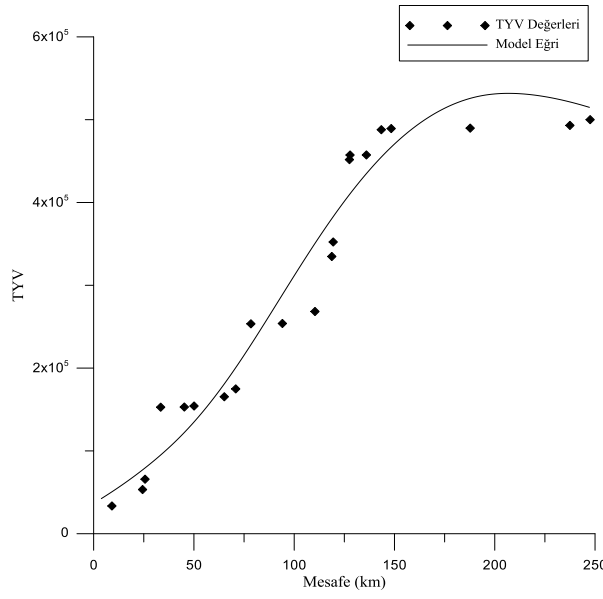
(e)



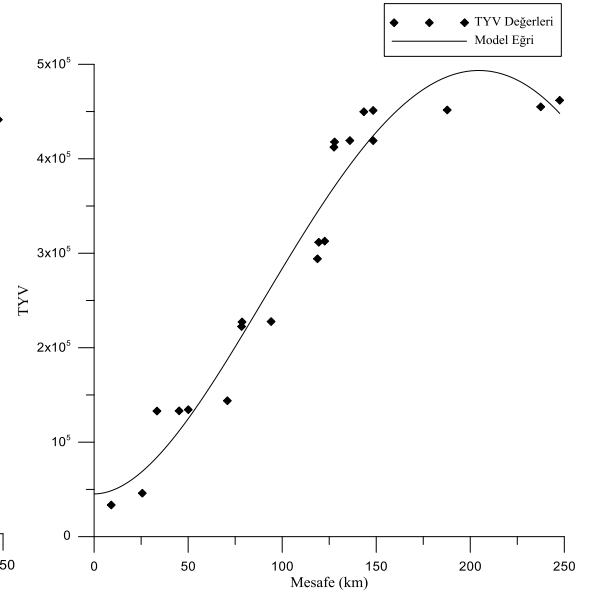
(f)



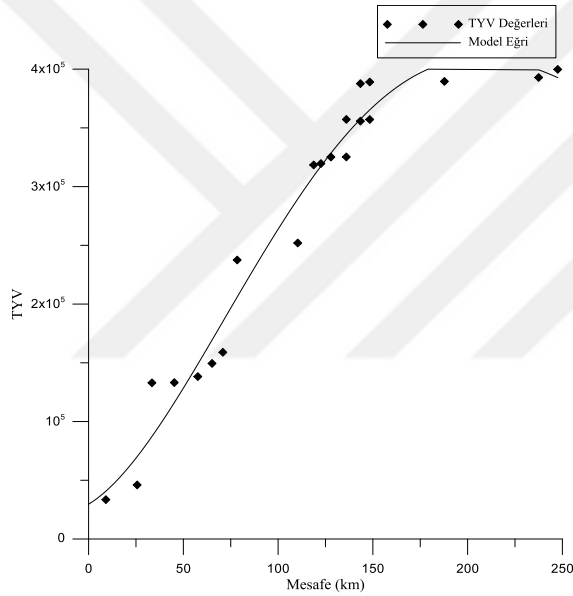
Ek 4 Şekil 1. 2007 yılı **a)** Pötürge, **b)** Kasımlar, **c)** Sürgü, **d)** Çelik, **e)** Çiğli, **f)** Kızıleniş, **g)** Beyoğlu, **h)** Demirköprü istasyonu için hesaplanan ^{222}Rn TYV grafikleri



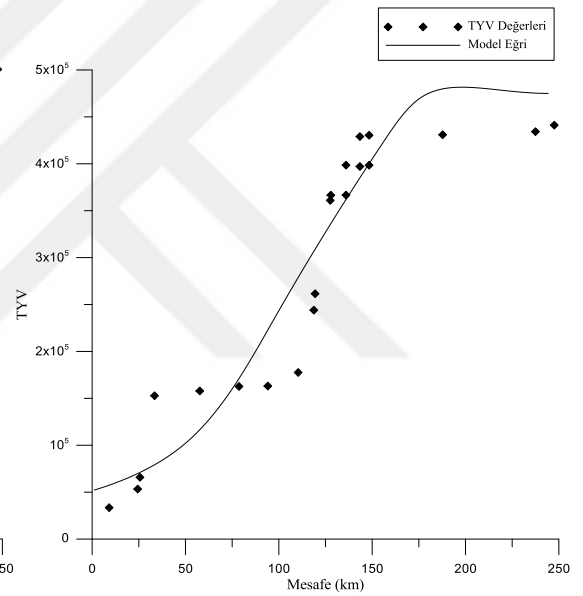
(a)



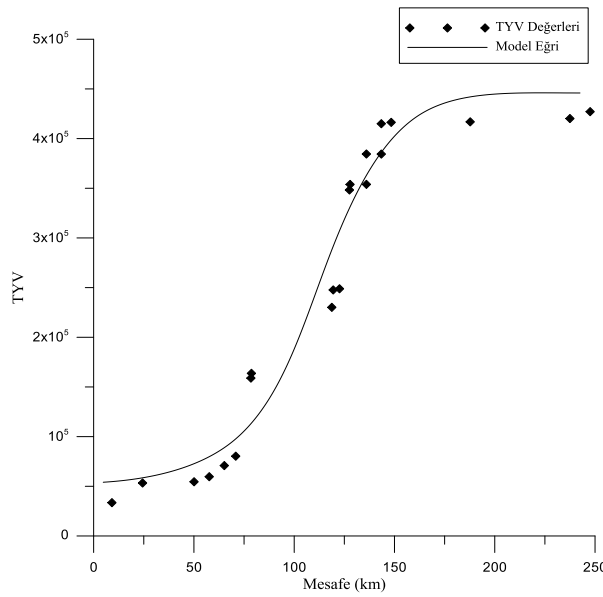
(b)



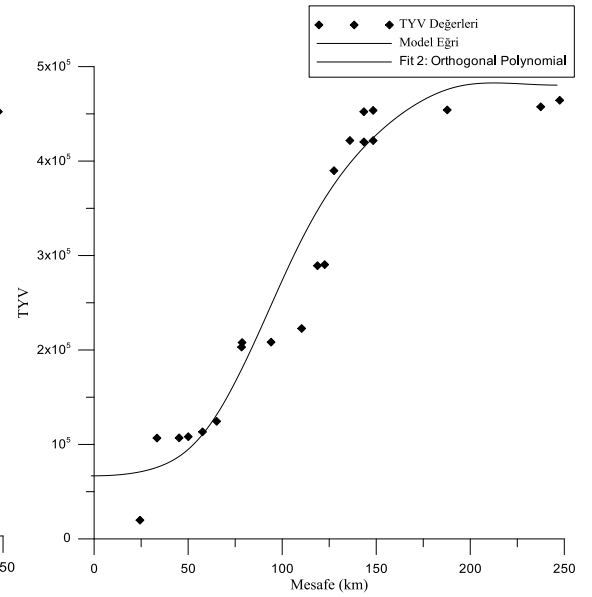
(c)



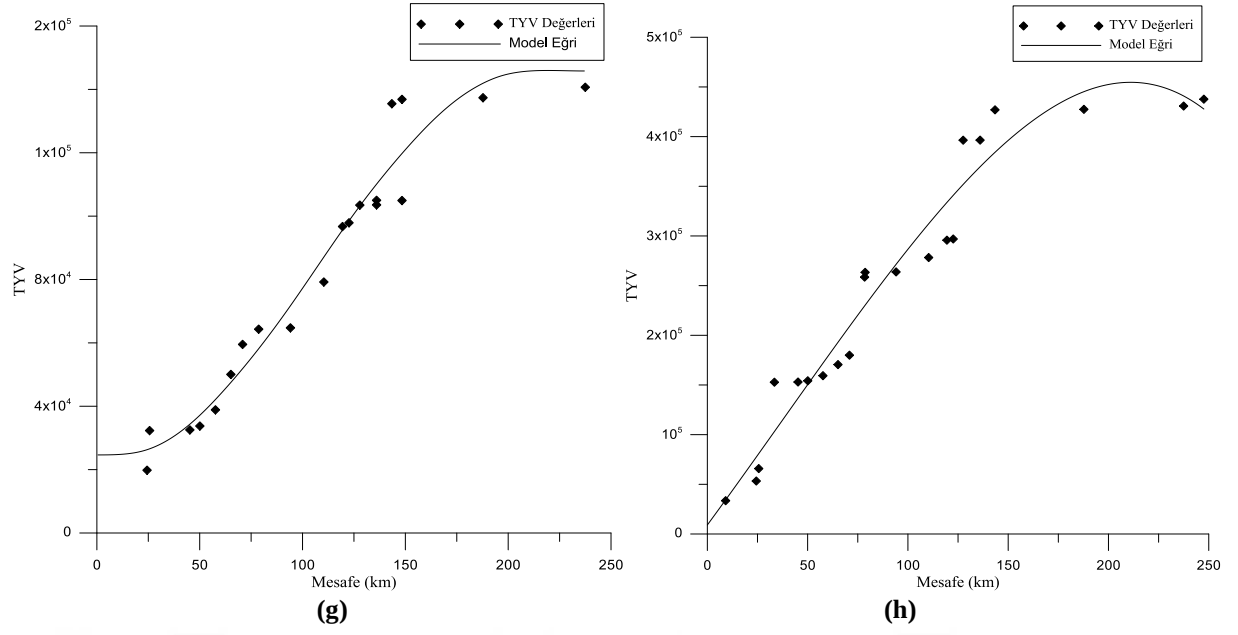
(d)



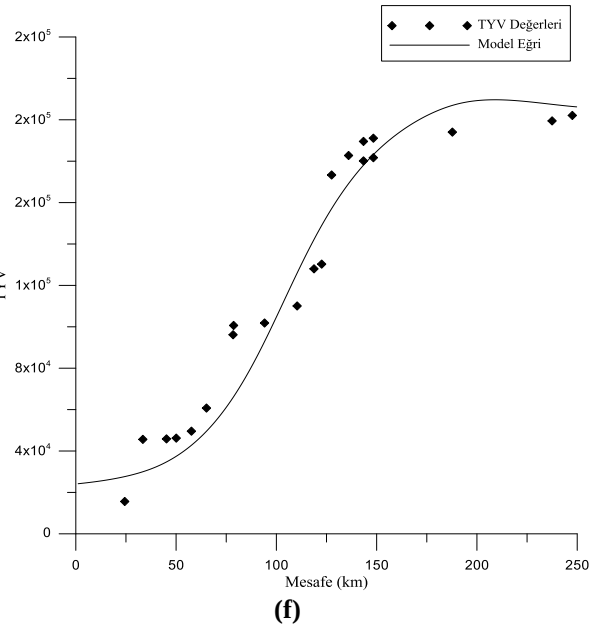
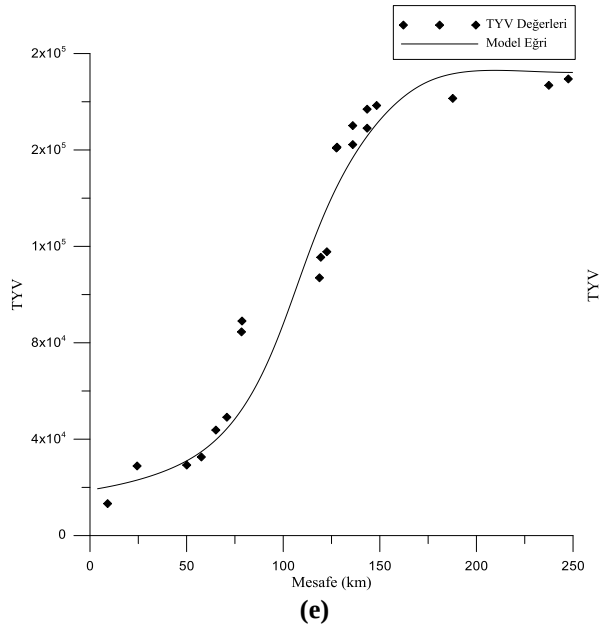
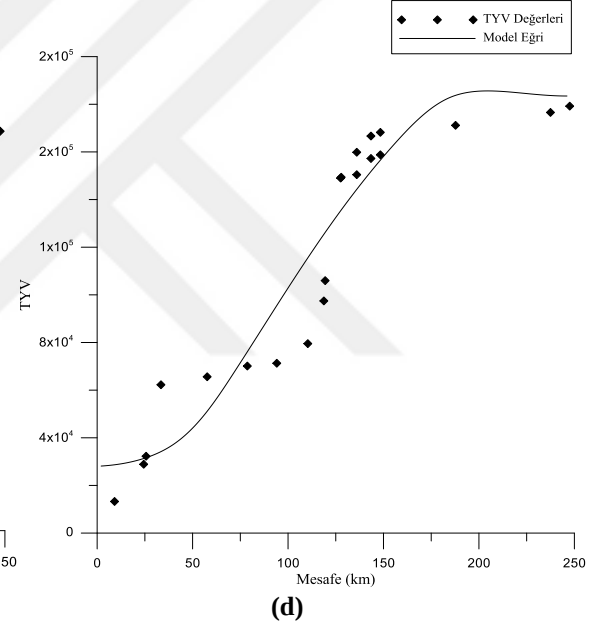
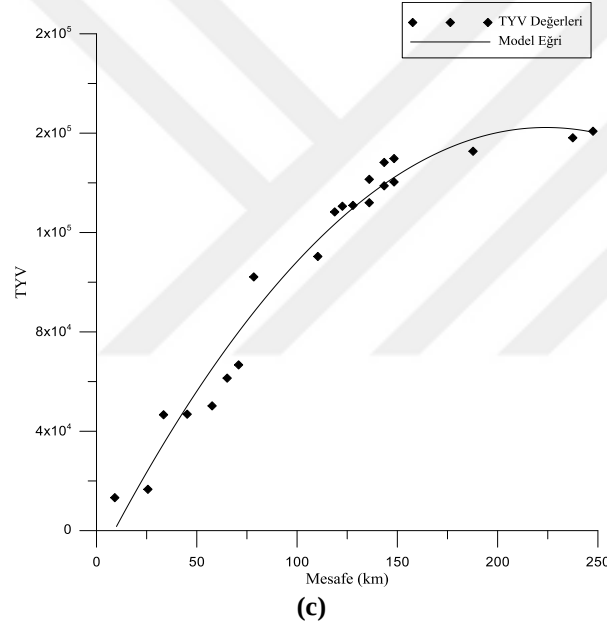
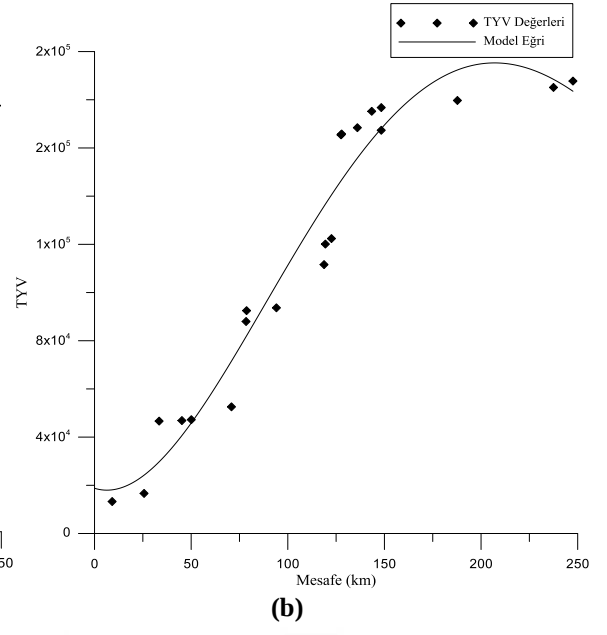
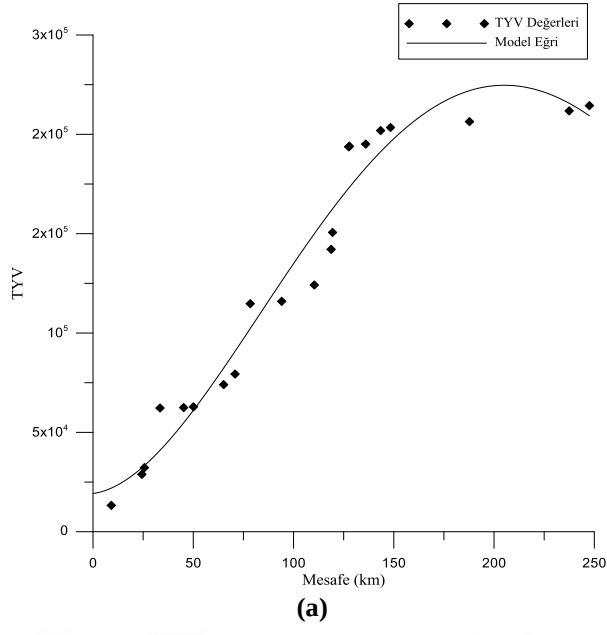
(e)

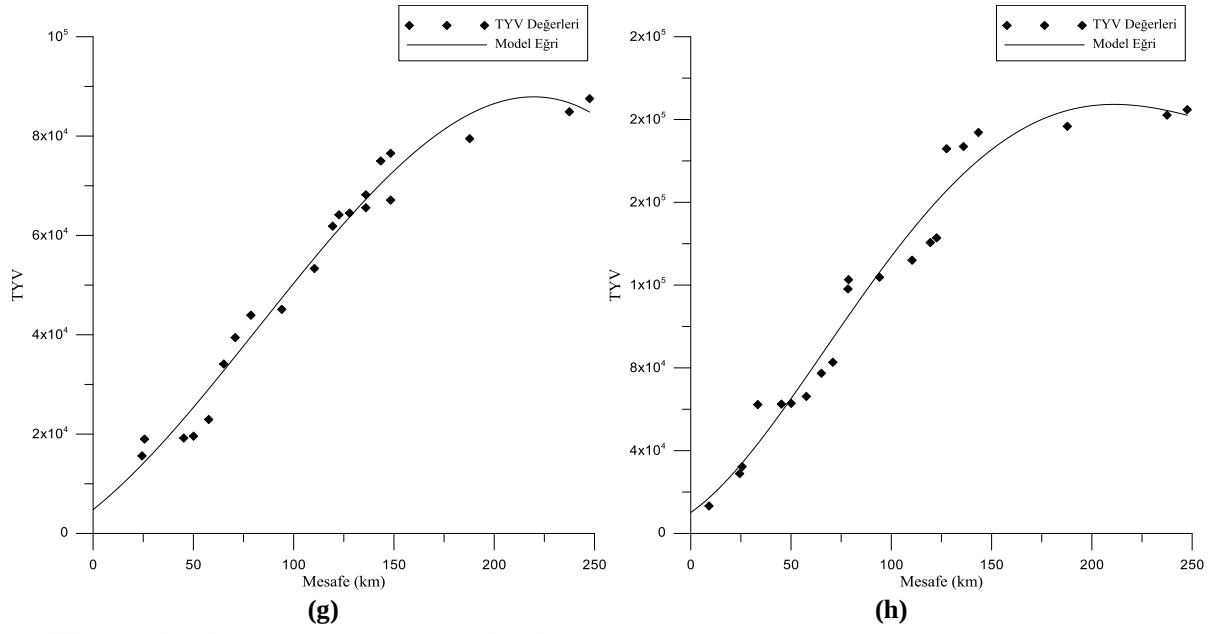


(f)

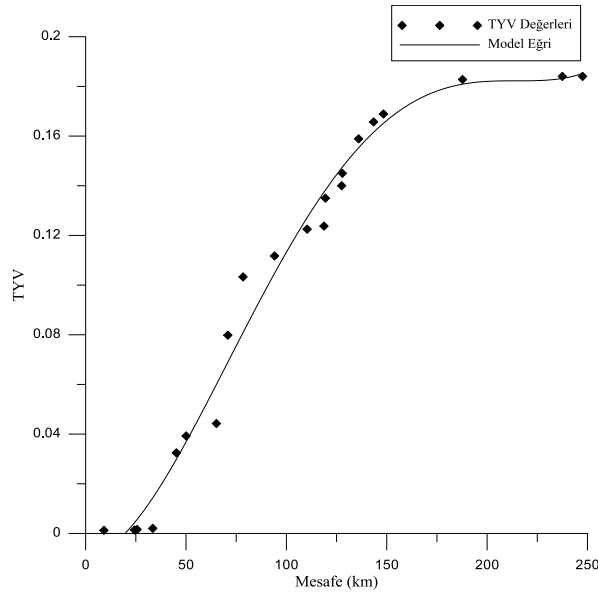


Ek 4 Şekil 2. 2008 yılı **a)** Pötürge, **b)** Kasımlar, **c)** Sürgü, **d)** Çelik, **e)** Çiğli, **f)** Kızıleniş, **g)** Beyoğlu, **h)** Demirköprü istasyonu için hesaplanan ^{222}Rn TYV grafikleri

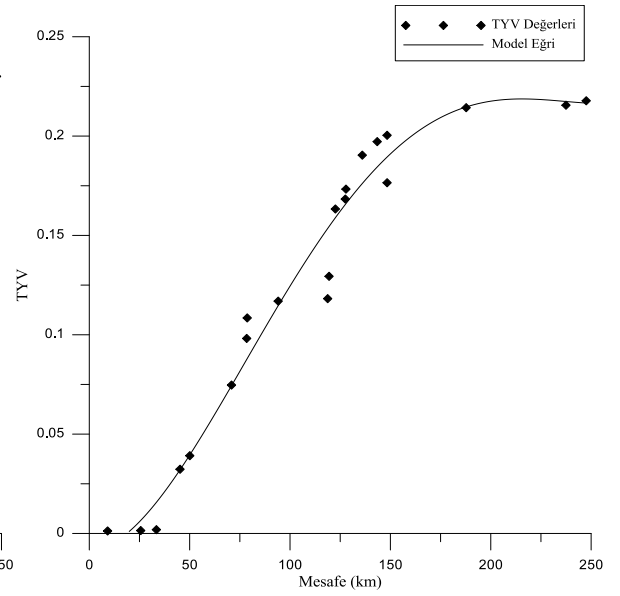




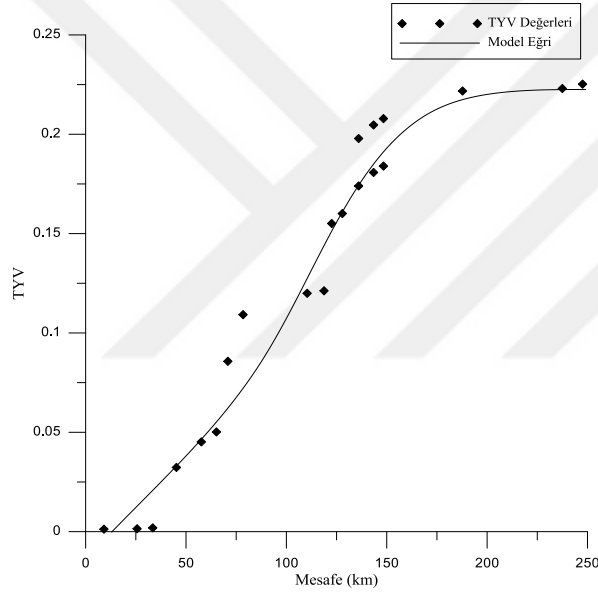
Ek 4 Şekil 3. 2009 yılı **a)** Pötürge, **b)** Kasımlar, **c)** Sürgü, **d)** Çelik, **e)** Çiğli, **f)** Kızıleniş, **g)** Beyoğlu, **h)** Demirköprü istasyonu için hesaplanan ^{222}Rn TYV grafikleri



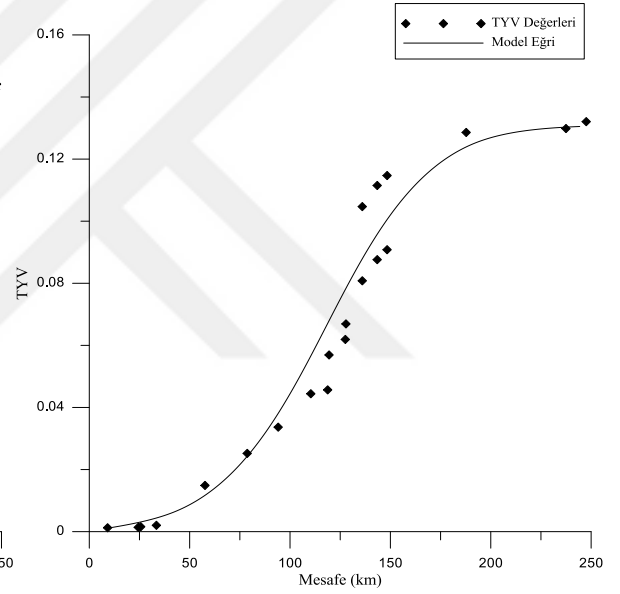
(a)



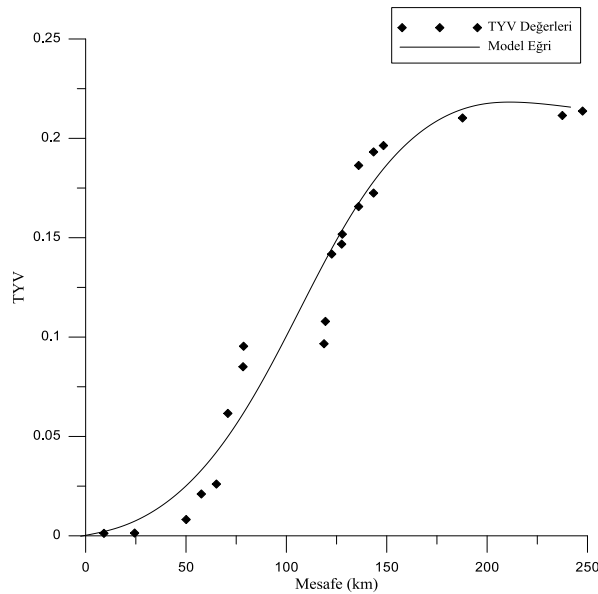
(b)



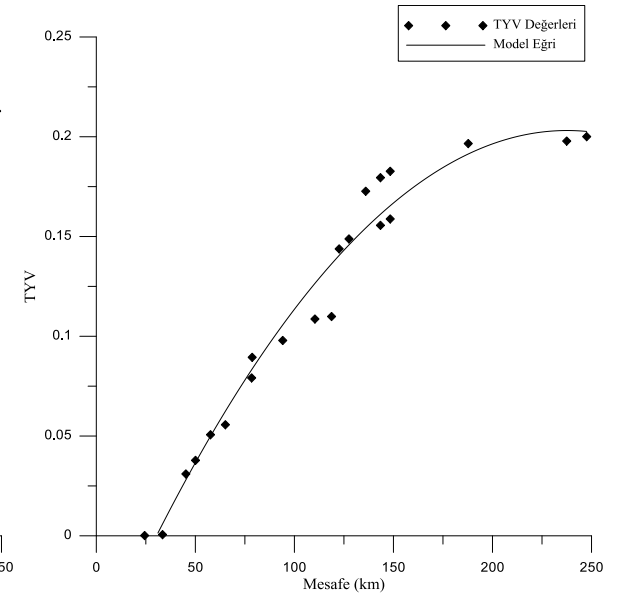
(c)



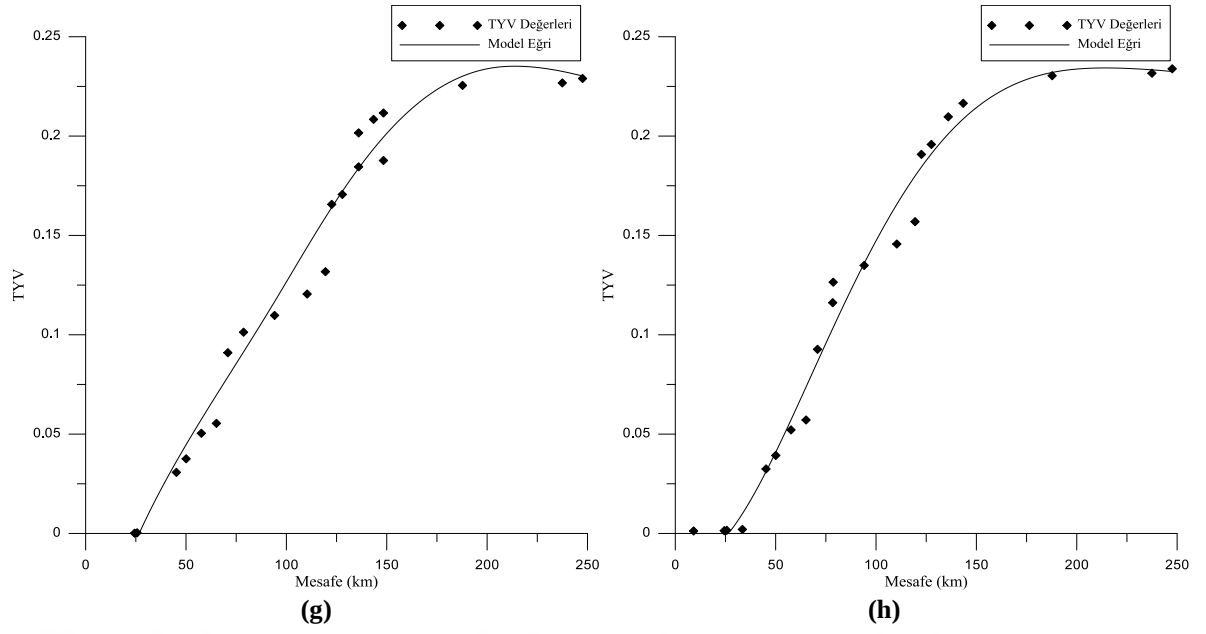
(d)



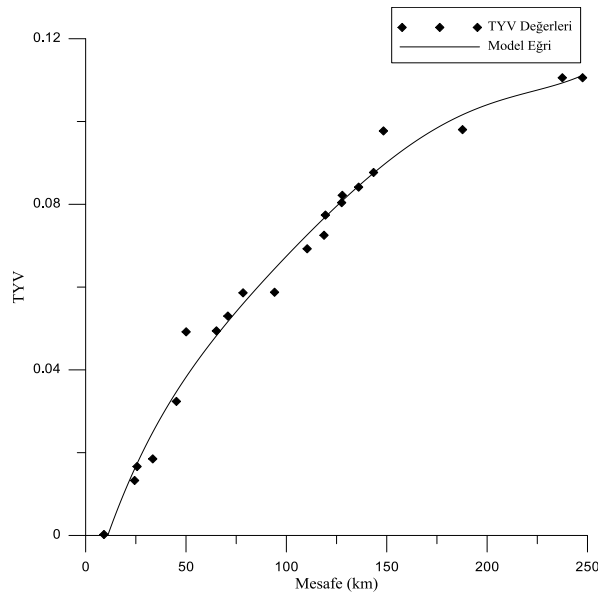
(e)



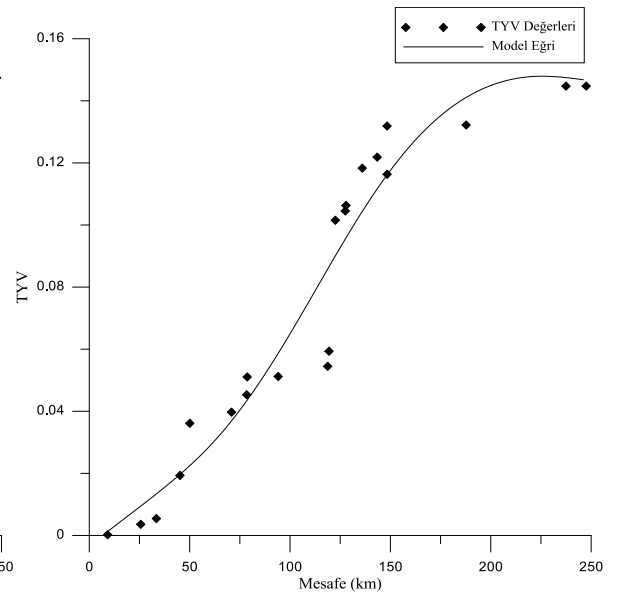
(f)



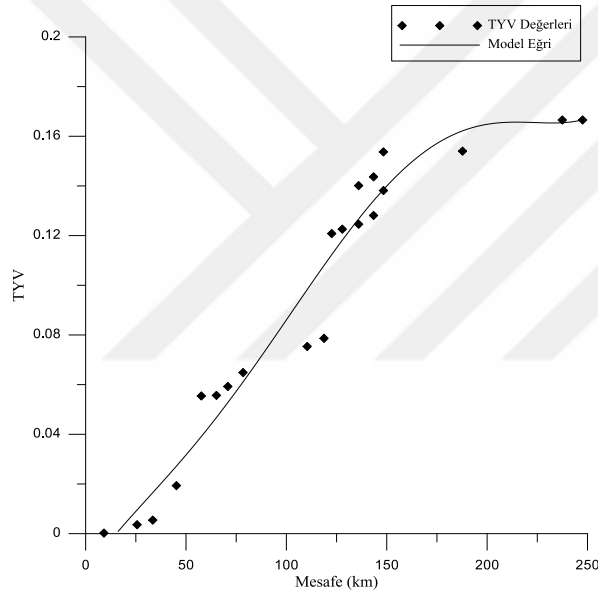
Ek 4 Şekil 4. 2007 yılı **a)** Pötürge, **b)** Kasımlar, **c)** Sürgü, **d)** Çelik, **e)** Çiğli, **f)** Kızıleniş, **g)** Beyoğlu, **h)** Demirköprü istasyonu için hesaplanan deprem TYV grafikleri



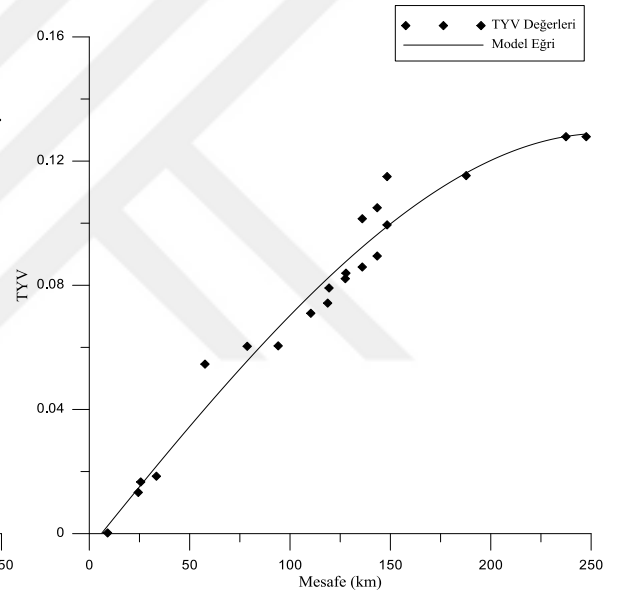
(a)



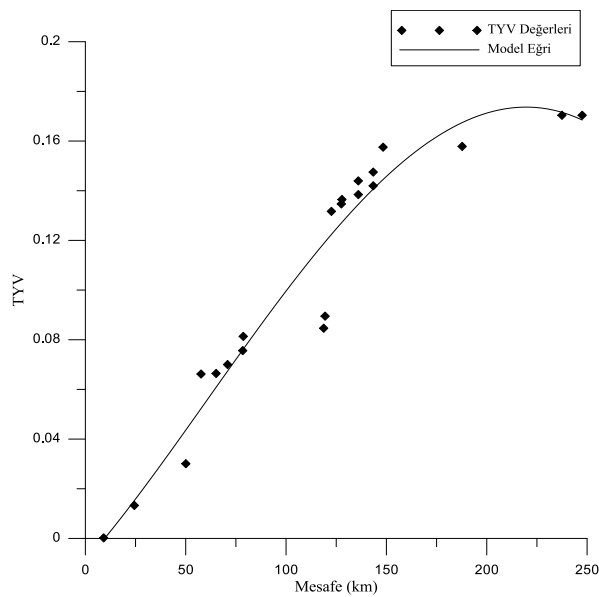
(b)



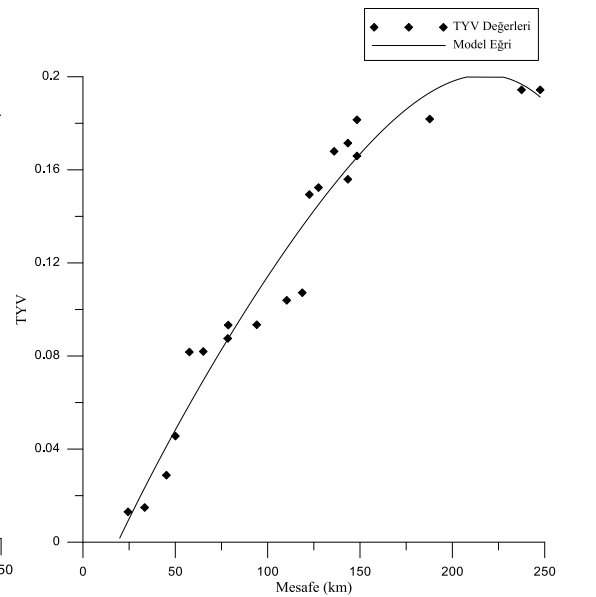
(c)



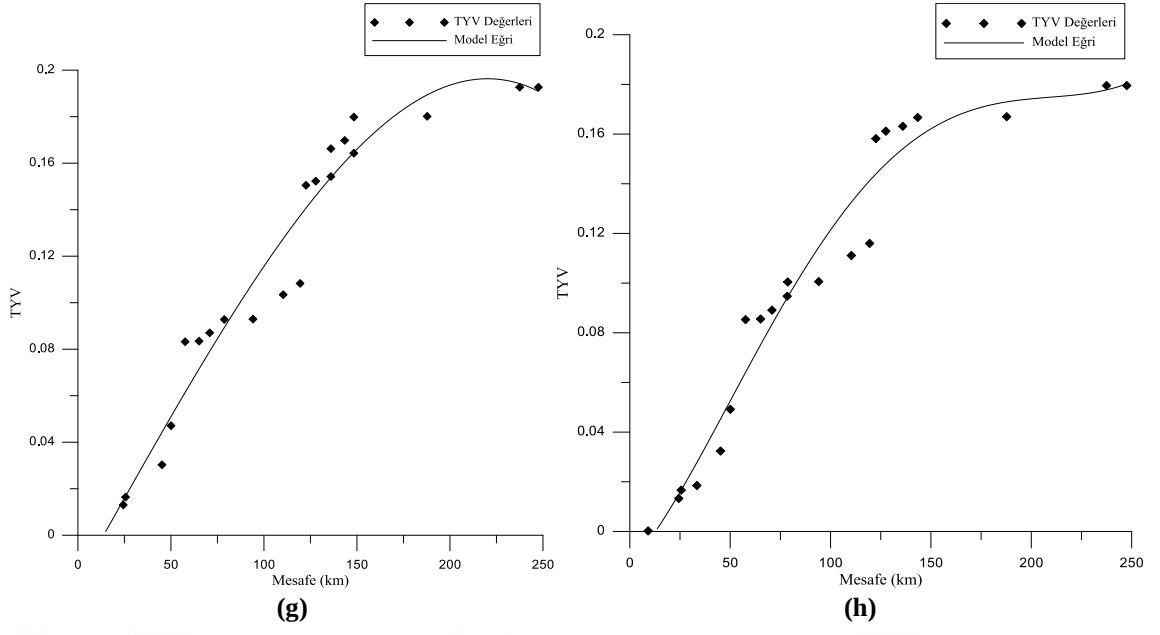
(d)



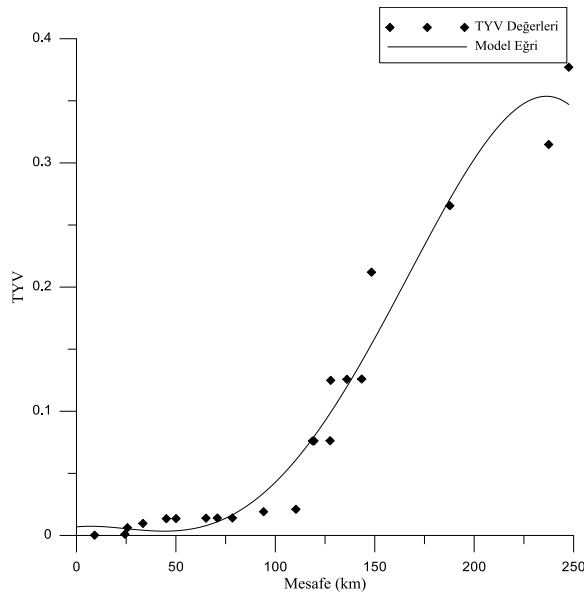
(e)



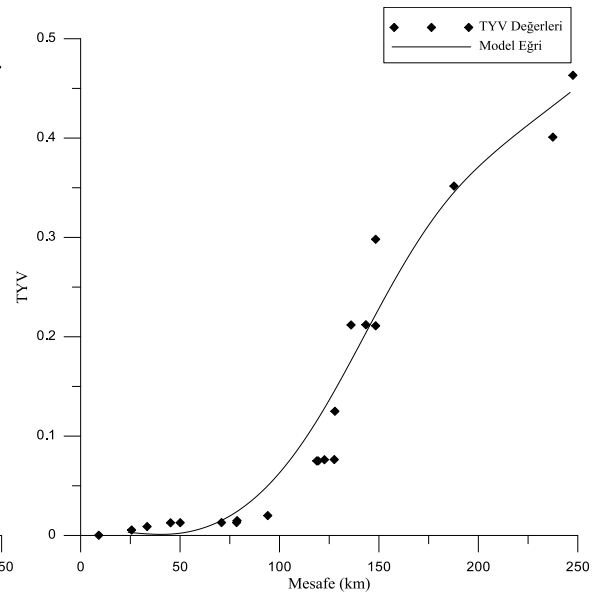
(f)



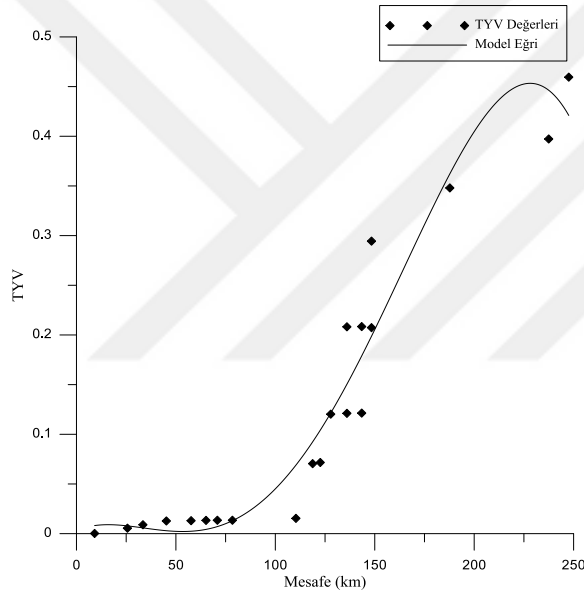
Ek 4 Şekil 5. 2008 yılı **a)** Pötürge, **b)** Kasımlar, **c)** Sürgü, **d)** Çelik, **e)** Çiğli, **f)** Kızıleniş, **g)** Beyoğlu, **h)** Demirköprü istasyonu için hesaplanan deprem TYV grafikleri



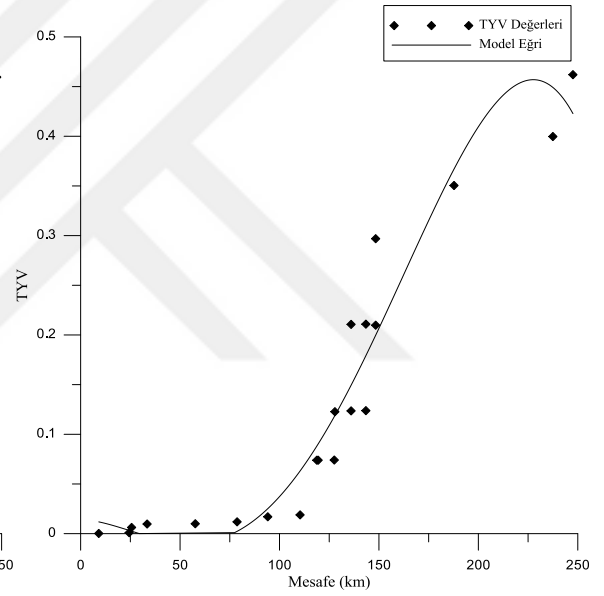
(a)



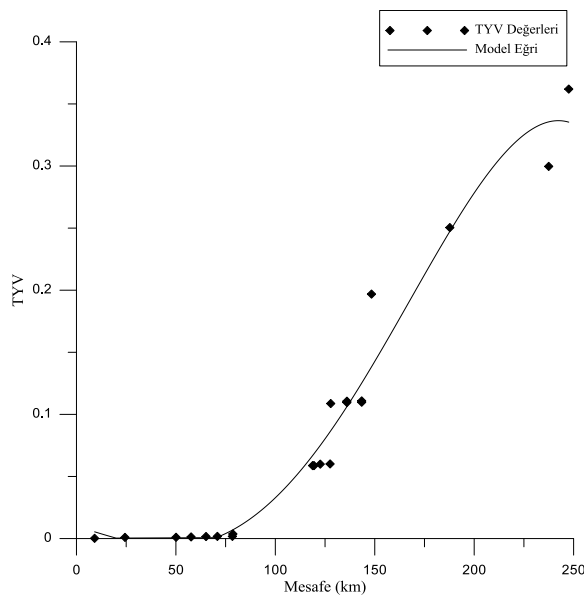
(b)



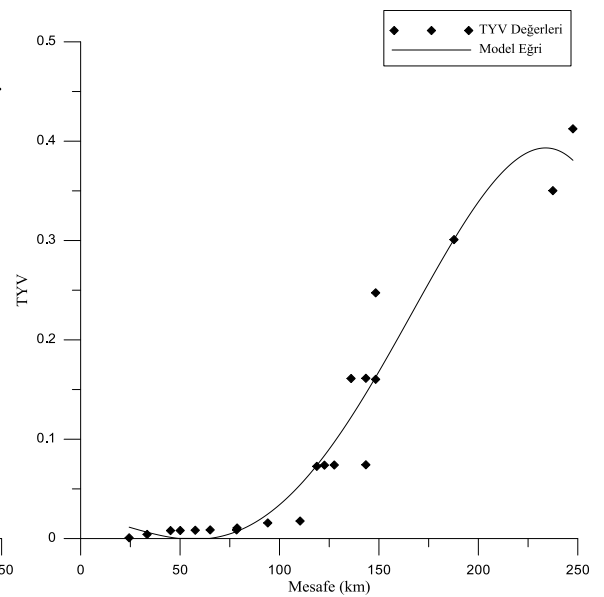
(c)



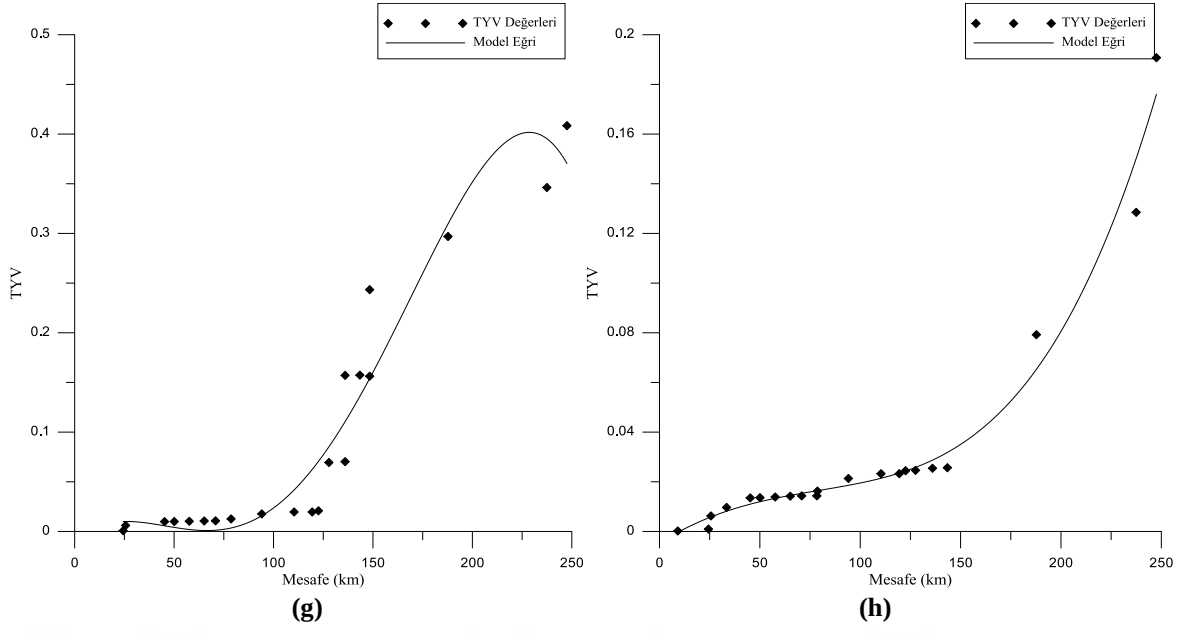
(d)



(e)



(f)



Ek 4 Şekil 6. 2009 yılı **a)** Pötürge, **b)** Kasımlar, **c)** Sürgü, **d)** Çelik, **e)** Çiğli, **f)** Kızıleniş, **g)** Beyoğlu, **h)** Demirköprü istasyonu için hesaplanan deprem TYV grafikleri

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Elazığ'da doğdu. İlköğretimi Elazığ Yücel ilköğretim okulunda, lise eğitimini Elazığ Balakgazi lisesinde tamamladı. 2004'te Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümüne girdi. 2009 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Fizik Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlayıp, 2011 yılında mezun oldu. 2010 Kasım ayında Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Nükleer Fizik Anabilim dalına araştırma görevlisi olarak atandı. Mücahit YILMAZ hâlen bu göreve devam etmektedir.

Yayınları:

Uluslararası Hakemli Dergilerdeki Yayınlar:

1. Aközcan, S., Yılmaz, M., Külahcı, F., 2014. Dose Rates and Seasonal Variations of ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K and ^{137}Cs Radionuclides in Soils along Thrace, Turkey, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 299, 95–101.
2. Yılmaz, M., Külahcı, F., 2016. Risk Analysis of ^{222}Rn Gas Received from East Anatolian Fault Zone in Turkey, AIP Conference Proceedings, 1738, 480089.
3. Akarsu, S.A., Yılmaz, M., Niksarlıoğlu, S., Külahcı, F., Rişvanlı, A., 2017. Radioactivity, Heavy Metal and Oxidative Stress Measurements in The Follicular Fluids Of Cattle Bred Near a Coal-Fired Power Plant, The Journal of Animal & Plant Sciences, 27 (2), 373-378.

Ulusal Hakemli Dergilerdeki Yayınlar:

1. Şahin, S., Niksarlıoğlu, S., Yılmaz, M., 2010. Fırat Üniversitesi (Elazığ) Kampüsünde Çevresel Gama Radyasyonunun Ölçülmesi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 22 (2), 101-107.

Uluslararası Konferans ve Sempozyumlar:

1. Yılmaz, M., Külahcı, F., 2015. The Effects on Soil ^{222}Rn Gas of Environmental Parameters, Theoretical and Experimental Studies in Nuclear Applications and Technology, 23-26 April 2015, Osmaniye, Turkey.
2. Kamışlıoğlu, M., Külahcı, F., Yılmaz, M., 2015. Power Spectrum Analysis of Soil Radon Gas, Theoretical and Experimental Studies in Nuclear Applications and Technology, 23-26 April 2015, Osmaniye, Turkey.

3. Yılmaz, M., Külahcı, F., 2011. A New Approach for Probability Distribution Functions: Perturbe Probability Distribution Functions, Turkish Physical Society 28th International Congress, 6-9 September, Bodrum, Turkiye.
4. Rişvanlı, A., Akarsu, S.A., Yılmaz, M., Niksarlıoğlu, S., Külahcı, F., 2016. Radioactivity, Heavy Metal and Oxidative Stress Measurements in The Follicular Fluids of Cattle Bred Near a Coal-Fired Power Plant, 18th International Congress on Animal Reproduction, 26-30 June 2016, France.
5. Ak zcan, S., Yılmaz, M., Külahcı, F., 2016. Determinations of Gamma Emitting Radionuclides in Soil Samples from Thrace Region, Turkey, The Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research (RAD 2016), 23-27 May 2016, Serbia.
6. Yılmaz, M., Külahcı, F., 2016. Risk Analysis of ^{222}Rn Gas Received from East Anatolian Fault Zone in Turkey, 13th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, 23-29 September 2015, Rhodes, Greece.
7. Niksarlıoğlu, S., Külahcı, F., Yılmaz, M., Kamışlıoğlu, M., ^{222}Rn Concentration Dependence on Seasonal Changes with Spatial and Statistics Modelling, International Conference on Mathematics and Mathematics Education (ICMME-2017), 11-13 May 2017, Harran University, şanlıurfa.
8. Yılmaz, M., Külahcı, F., Kamışlıoğlu, M., Niksarlıoğlu, S., ^{222}Rn Prediction Using The Multiple Regression Model in Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ), International Conference on Mathematics and Mathematics Education (ICMME-2017), 11-13 May 2017, Harran University, şanlıurfa.
9. Kamışlıoğlu, M., Külahcı, F., Yılmaz, M., Niksarlıoğlu, S., Fuzzy Logic Examinations of Relationships Between ^{222}Rn and Earthquake Magnitudes, International Conference on Mathematics and Mathematics Education (ICMME-2017), 11-13 May 2017, Harran University, şanlıurfa.

Ulusal Konferans ve Sempozyumlar:

1. Yılmaz, M., Külahcı, F., Perturbed Bragg-Kleeman and Bethe-Bloch, Sabancı University, 19. İstatiksel Fizik G nleri, 28-30 June 2012, İstanbul, 2012.
2. Fırat Üniversitesi Fizik Günleri'11, Düzenleme Kurulu, 12-13 Mayıs 2011, Elazığ, 2011.
3. Fırat Üniversitesi Fizik Günleri'10, Düzenleme Kurulu, 14-15 Mayıs 2010, Elazığ, 2010.
4. Yılmaz, M., Elektromanyetik Dalgalar ile Veri İletimi ve İyonosfer Ortamındaki Davranışı, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ulusal Fizik  ğrencileri Kongresi-5, 22-26 Haziran 2009, Ankara.

5. Yılmaz, M., Külahcı, F., Pertürbasyon Metoduyla Bragg-Kleeman Bağıntısının     m , Boğaziçi Üniversitesi, Ulusal Fizik  ğrencileri Kongresi-6, 5-10 Temmuz 2010, İstanbul

 alışmalara Yapılan Atıflar

1. Rawiwan Kritsananuwat, Hideki Arae, Masahiro Fukushi, Sarata Kumar Sahoo, Supitcha Chanyotha, **2014**. Natural Radioactivity Survey on Soils Originated from Southern Part of Thailand as Potential Sites for Nuclear Power Plants from Radiological Viewpoint and Risk Assessment, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 305 (2), 487-499.
2. Laith A. Najam, Shaher A. Younis, **2015**. Assessment of Natural Radioactivity Level in Soil Samples for Selected Regions in Nineveh Province (IRAQ), International Journal of Novel Research in Physics Chemistry & Mathematics, 2 (2) 1-9.
3. Muazzez  elik Karakaya, Mahmut Doğru, Necati Karakaya, Hasibe Cingilli Vural, Fatih Kulu zt rk and Sultan  ahin Bal, **2015**. Radioactivity Concentrations and Dose Assessments of Therapeutic Peloids from Some Turkish Spas, Clay Minerals, (50) 221-232.
4. Cemile Ozcan, 2015. Pollution evaluation of Organochlorine Pesticides and Heavy Metals from Cheese Samples in K rk reli, Turkey, Journal of Food, Agriculture & Environment 13 (2), 70-75.
5. Se il Niksarlıoğlu, Fatih Külahcı, Zekai  en, **2015**. Spatiotemporal Modeling and Simulation of Chernobyl Radioactive Fallout in Northern Turkey, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 303:171–186.
6. N. N. Jibiri, M. O. Isinkaye, I. A. Bello, P. G., **2016**. Dose Assessments from The Measured Radioactivity In Soil, Rock, Clay, Sediment and Food Crop Samples of an Elevated Radiation Area in South-Western Nigeria, Environmental Earth Sciences, 75:107, DOI 10.1007/s12665-015-4819-3.
7. E. Tabar, H. Yakut, M. M. Sa , C. Ta k pr , M. I hedef and A. Ku , **2017**. Natural Radioactivity Levels and Related Risk Assessment in Soil Samples from Sakarya, Turkey, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, DOI: 10.1007/s10967-017-5266-2.