
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ



SAMSUN, ORDU, GİRESUN, TRABZON, RİZE, ARTVİN,
GÜMÜŞHANE VE BAYBURT İLLERİ İÇİN ÖNERİLEN KATI
ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARININ
SİSMİK VE DEPREMSELLİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Hakan KARSLI
(Jeoloji Yüksek Müh.)

Prof. Dr. Nilgün Lütfiye SAYIL
(Jeoloji Yüksek Müh.)

Yrd. Doç. Dr. Ali Erden BABACAN
(Jeoloji Yüksek Müh.)

Hazırlanma Tarihi

30 Mayıs 2017

**DOKAP BÖLGESİ (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Samsun, Trabzon)
İLLERİ DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARI İÇİN YER TESPİTİ ÇALIŞMASI VE
ALTERNATİF KATI ATIK BERTARAF SİSTEMLERİ ARAŞTIRMA PROJESİ**

SİSMİK VE DEPREMSELLİK ANALİZLERİ

HAZIRLAYANLAR

Proje Danışmanı	Prof.Dr. Hakan KARSLI
Proje Danışmanı	Prof.Dr. Nilgün Lütfiye SAYIL
Proje Danışmanı	Yrd.Doç.Dr. Ali Erden BABACAN

Trabzon 2017

İÇİNDEKİLER

	S.NO
İÇİNDEKİLER	III
ŞEKİLLER DİZİNİ	IV
TABLolar DİZİNİ	VIII
1. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR	1
1.1. Depremsellik Analizleri.	1
1.1.1. Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi	1
1.1.2. Bölgenin Sismotektoniği	1
1.1.3. Deprem Oluşumları	6
1.2. Deprem Verilerinin Derlenmesi	8
1.3. Aletsel Dönem Depremlerin Zaman Dağılımları	12
1.4. Deprem Oluşum Modelleri	14
1.4.1. Poisson Model	15
1.4.2. Magnitüd-frekans İlişkisi	16
1.5. İnceleme Alanındaki Depremsellik Çalışmaları	18
1.5.1. İnceleme alanının tümü için magnitüd-frekans ilişkisi ve deprem olasılığı	18
1.5.2. Samsun İli Depremselliği	24
1.5.3. Ordu İli Depremselliği	27
1.5.4. Giresun İli Depremselliği	30
1.5.5. Trabzon İli Depremselliği	33
1.5.6. Artvin İli Depremselliği	36
1.5.7. Gümüşhane İli Depremselliği	39
1.5.8. Bayburt İli Depremselliği	42
1.6. İncelenen Alanın Tümü için Deterministik Deprem Tehlikesi	45
2. SİSMİK VE ELEKTRİK ÖLÇÜM ANALİZLERİ	48
2.1. Sismik ve Elektrik Veri Toplama	50
2.2. Sismik ve Elektrik Verilerin Değerlendirilmesi	50
2.2.1. Dinamik–Elastik Parametreler	51
2.3. Sismik ve Elektrik Verilerden Elde Edilen Bulgular	57
2.3.1. Samsun İli	60
2.3.2. Ordu İli	65
2.3.3. Giresun İli	67
2.3.4. Trabzon İli	73
2.3.5. Gümüşhane İli	76
2.3.6. Bayburt İli	80
2.3.7. Artvin İli	84
3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	89
3.1. Depremsellik Analizlerinin Sonuçları	89
3.2. Sismik ve Elektrik Analizlerin Sonuçları	91
4. KAYNAKLAR	98
5. EKLER	102

ŞEKİLLER DİZİNİ

S.NO

- Şekil 1. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın ana tektonik-litolojik birliktelikleri; 1. Paleozoyik Metamorfik temel, 2. Paleozoyik granitler, 3. Serpantinit, 4. Ayrışmamış Mesozoyik ve Senozoyik kayaçlar, 5. Platform Karbonatlar, 6. Ana Mesozoyik tortul kayaçlar, 7. Kretase ve Eosen yay volkanikleri, 8. Üst Kretase ve Eosen yay granitleri, 9. Kaldera ve domlar, 10. Ortogonal örtü ve sürüklenme kıvrımları, 11. Doğrultu-atımlı fay, 12. Ters Fay, 13. Normal fay, KAF; Kuzey Anadolu Fay, KDAF, Kuzey-Doğu Anadolu Fayı (Eyüboğlu ve diğ., 2007) 3
- Şekil 2. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı Kuzey Zonu'na ait stratigrafik kolon kesiti (Güven, 1993) 4
- Şekil 3. Anadolu ve çevresinin levha tektoniği modeli (Erdik ve diğ. 2014'den değiştirilmiştir). 5
- Şekil 4. Anadolu ve çevresinde aletsel dönemde hasar oluşturmuş kuvvetli ve büyük depremler (KOERI) 7
- Şekil 5. A.1500 km uzunluğundaki KAFZ. B. Fay boyunca olan tarihsel depremler (Ambraseys, 1970'den değiştirilmiştir) 7
- Şekil 6. İnceleme alanını kapsayan Türkiye'nin doğusundaki tarihsel depremler (M.Ö. 2100-M.S. 1900) 9
- Şekil 7. Türkiye için belirlenen magnitüd dönüşüm bağıntıları. R; ilişki katsayısı, σ ; standart sapma (Aydın, 2016) 11
- Şekil 8. Çalışmada kullanılan depremlerin(1900-2016) episantr dağılımları. 11
- Şekil 9. a) İnceleme alanındaki depremlerin ($M_s \geq 3.0$) yıllık sayıları, b) bu depremlerin kümülatif sayılarının yıllık dağılımı 13
- Şekil 10. a) İnceleme alanındaki depremlerin ($M_s \geq 4.0$) yıllık sayıları, b) bu depremlerin kümülatif sayılarının yıllık dağılımı 14
- Şekil 11. Tüm alanda $M_S \geq 3.0$ olan olaylar için EKK yöntemi ile elde edilen magnitüd-frekans ilişkisi. R; ilişki katsayısı 19
- Şekil 12. Tüm alanda $M_S \geq 4.0$ olan olaylar için EKK yöntemi ile elde edilen magnitüd-frekans ilişkisi. R; ilişki katsayısı 20
- Şekil 13. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlikesi) değerleri 21
- Şekil 14. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık (tehlikesi) değerleri 22
- Şekil 15. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanarak 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike)değerleri 22
- Şekil 16. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanarak magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık (tehlikesi) değerleri 23
- Şekil 17. Samsun İlinde 1900-2016 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası 24
- Şekil 18. Samsun ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı 25
- Şekil 19. Samsun ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri 26
- Şekil 20. Samsun ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık

	değerleri	26
Şekil 21.	Ordu İlinde 1900-2016 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası	27
Şekil 22.	Ordu ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı	28
Şekil 23.	Ordu ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri	29
Şekil 24.	Ordu ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri	29
Şekil 25.	Giresun İlinde 1900-2016 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası	30
Şekil 26.	Giresun ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı	31
Şekil 27.	Giresun ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri	32
Şekil 28.	Giresun ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değeri	32
Şekil 29.	Trabzon İli'nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası	33
Şekil 30.	Trabzon ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı	34
Şekil 31.	Trabzon ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri	35
Şekil 32.	Trabzon ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri	35
Şekil 33.	Artvin İli'nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası	36
Şekil 34.	Artvin ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı	37
Şekil 35.	Artvin ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri	38
Şekil 36.	Artvin ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri	38
Şekil 37.	Gümüşhane İli'nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası	39
Şekil 38.	Gümüşhane ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı	40
Şekil 39.	Gümüşhane ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri	41
Şekil 40.	Gümüşhane ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri	41
Şekil 41.	Bayburt İli'nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası	42
Şekil 42.	Bayburt ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı	43
Şekil 43.	Bayburt ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri	44
Şekil 44.	Bayburt ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri	44
Şekil 45.	KAFZ üzerinde oluşabilecek MS =7.9 magnitütlü Erzincan depreminin	

	bu alan sınırları içinde oluşturabileceği eşşiddet ve eş-ivme haritaları	46
Şekil 46.	KAFZ üzerinde oluşabilecek MS =7.0 magnitüdü Tokat depreminin bu alan sınırları içinde oluşturabileceği eşşiddet ve eş-ivme haritaları	47
Şekil 47.	Sismik yöntemlerde veri toplama, toplanan veri örneği ve bu verinin farklı kısımlarından elde edilen çıktılarının şematik gösterimi.	49
Şekil 48.	Elektrik özdirenç yönteminde veri toplama ve bu veriden elde edilen tomografik yer kesitinin şematik gösterimi.	50
Şekil 49.	Vezirköprü Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	61
Şekil 50.	Vezirköprü Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	62
Şekil 51.	Bafra Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	63
Şekil 52.	Bafra Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	64
Şekil 53.	Işıktepe Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	65
Şekil 54.	Esence Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	66
Şekil 55.	Esence Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	67
Şekil 56.	Şebinkarahisar Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	68
Şekil 57.	Şebinkarahisar Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	69
Şekil 58.	Ağalık Madeni Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	70
Şekil 59.	Ağalık Madeni Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	71
Şekil 60.	Ağalık Madeni Profil 3 (SK-3) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	72
Şekil 61.	Çamburnu Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	73
Şekil 62.	Çamburnu Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	74
Şekil 63.	Ovacık Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik	

	hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	75
Şekil 64.	Ovacık Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	76
Şekil 65.	Kazantaş Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	77
Şekil 66.	Kazantaş Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	78
Şekil 67.	Yenice Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	79
Şekil 68.	Yenice Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	80
Şekil 69.	Bayburt Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	81
Şekil 70.	Bayburt Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	82
Şekil 71.	Balkaynak Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	83
Şekil 72.	Murgul Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	84
Şekil 73.	Murgul Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)	85

TABLolar DİZİNİ**S.NO**

Tablo 1.	Türkiye ve çevresi için tarihsel dönemi kapsayan deprem kataloglarından bazıları	8
Tablo 2.	Aletsel dönem için kataloglarından faydalanılan deprem veri merkezleri	9
Tablo 3.	Bölgedeki büyük ($M_s \geq 7.0$) tarihsel depremler (KOERI)	10
Tablo 4.	1900-2016 yılları arasında tüm alanda oluşmuş depremlerin ($M \geq 3.0$) 0.1 magnitüd aralığı ile sınıflandırılmış kümülatif frekans değerleri (N_i) ve tüm alan için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	19
Tablo 5.	1900-2016 yılları arasında tüm alanda oluşmuş depremlerin ($M_S \geq 4.0$) 0.1 magnitüd aralığı ile sınıflandırılmış kümülatif frekans değerleri (N_i) ve tüm alan için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	20
Tablo 6.	İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan elde edilen deprem tehlikesi değerleri	21
Tablo 7.	İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan elde edilen deprem tehlikesi değerleri	22
Tablo 8.	Samsun ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	25
Tablo 9.	Samsun ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri	26
Tablo 10.	Ordu ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	28
Tablo 11.	Ordu ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri	29
Tablo 12.	Giresun ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	31
Tablo 13.	Giresun ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri	32
Tablo 14.	Trabzon ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	34
Tablo 15.	Trabzon ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri	35
Tablo 16.	Artvin ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	37
Tablo 17.	Artvin ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri	38
Tablo 18.	Gümüşhane ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	40
Tablo 19.	Gümüşhane ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri	41
Tablo 20.	Bayburt ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri	43
Tablo 21.	Bayburt ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem	

	tehlikesi değerleri	44
Tablo 22.	P dalgası hızı ile zeminlerin ya da kayaçların sökülebilirlikleri (Keçeli, 2012)	52
Tablo 23.	S (kayma veya kesme) dalga hızlarına göre kaya ve zeminlerin sınıflandırılması (Keçeli, 2012)	52
Tablo 24.	Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 2012)	53
Tablo 25.	Kayma modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 2012)	54
Tablo 26.	Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 2012)	54
Tablo 27.	Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırması (Keçeli, 2012)	55
Tablo 28.	Zemin birimlerinin yoğunluk sınıflaması: (Keçeli, 2012)	55
Tablo 29.	Zemin cinsine karşılık zemin hakim titreşim periyodu değerleri (Keçeli, 2012).	56
Tablo 30.	SİS ve ERT ölçüm profillerine ait konum bilgileri	58
Tablo 31.	Tüm sismik profillere ait hesaplanan Dinamik-Elastik parametreler	86

1. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Uygun çöp ve atık depolama alanların tasarımı ve inşası için, jeolojik, hidrojeolojik, çevre bilimi, sosyal bilimler ve sağlık bilimleri açısından ön çalışmalarının yapılması zorunluluğu yanında, Jeofizik mühendisliği çalışmaları ile ilgili alanların zemin karakterlerinin ve depremsellik özelliklerinin detaylı olarak belirlenmesi, sonradan ortaya çıkabilecek olan çökme, kırılma, çatlama ve atık sızıntı sularının yeraltı suyuna karışması gibi zemin sorunlarının ve ilişkili olarak sağlık, sosyo-ekonomik zararların giderilmesi açısından son derece önemlidir.

Muhtemel katı atık alanlarının yerel jeolojik karakterinin bilinmesinin yanında jeoteknik zemin koşullarının da detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir. Bu tür detayları ortaya çıkarmak için derinlik ve alansal boyutlarda jeolojik birimlerin sıklık-katılık, gevşeklik-yumuşaklık sınıflamasının yapılması, kırıklık-çatlaklık, zeminin dayanım bilgileri ve dinamik-elastik parametreler ve yeraltı su içeriği - seviyesi gibi özellikler Jeofizik ölçümler ile tahribatsız ve hızlı bir şekilde belirlenmelidir. Bununla birlikte, katı atık depolama için alternatif alanların özellikle deprem üreten aktif faylara olan uzaklıkları, bu alanların depremsellik tarihi, depremden etkilenme dereceleri ve oluşan depremlerin karakterleri (büyüklükleri, deprem üretme sıklıkları hakkında bilgiler) özenle ve bilimsel metotlara göre araştırılmalıdır. Çünkü böyle bir bölgede inşa edilen katı atık depolama alanı, depremden sonra giderilmesi çok zor ve çok büyük çevre problemlerine sebep olabilir.

Bu proje kapsamında düzenli katı atık depolama alanlarının yer seçiminin yapılması için öngörülen 7 ayrı il için depremsellik analizleri ve ön çalışmalarla (harita ve jeolojik) belirlenen alanlarda sismik ve elektrik ölçümler her bir sondaj noktası için 1 profilde, hedef derinliğe göre belirlenmiş olan profil uzunluklarında (*Profil uzunluğu* $\geq 3 * \text{hedef derinlik}$) gerçekleştirilmiştir. Bu verilerden elde edilen bilgilerden çalışılan alanların depolama için uygunluğu genel olarak değerlendirilmiştir.

1.1. Depremsellik Analizleri

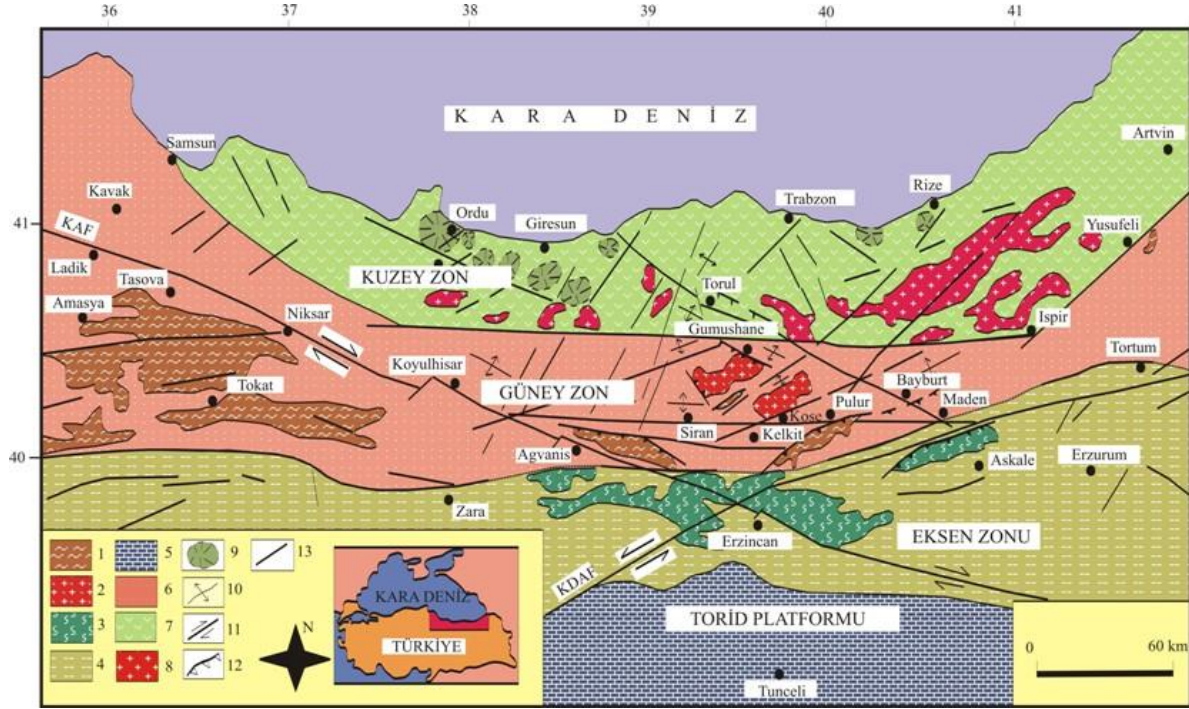
1.1.1. Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi

Coğrafik olarak Doğu Karadeniz Bölgesi olarak isimlendirilen ve Karadeniz'in güneydoğu sahiline paralel yaklaşık 500 km uzunluğunda ve 200 km genişliğinde bir dağ zincirinden oluşan Türkiye'nin KD kesimi, jeolojik olarak Doğu Pontid Orojenik Kuşağı olarak adlandırılan tektonik birliğe karşılık gelir (Ketin, 1976). Bu tektonik birlik; litolojik farklılıklar, jeolojik ve jeofiziksel özellikler, tektonik yapılar ve fasiyes değişimlerine bağlı

olarak kuzeyden güneye doğru Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olarak isimlendirilen üç farklı alt birliğe ayrılır (Bektaş vd., 1995; Eyüboğlu vd., 2006). Doğu Pontid Orojenik kuşağının paleo-tektonik evrimi bu üç farklı doğrultudaki faylarla kontrol edilmiştir. Fayların oluşturduğu küçük ve büyük bloklar (Kuzey, Güney, Eksen Zonu) bağımsız ve göreceli olarak hareket ettiklerinden her bloğun jeolojik özelliği bir diğerinden farklıdır. Blokların yatay ve düşey hareketlerine bağlı olarak gelişen kıvrımlar blok kenarlarına veya faylara paralel veya yarı paralel sürüklenme kıvrımları (drag folds) veya örtü kıvrımları (drape folds) özelliğindedir. Kuzey Zon'da genellikle Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı volkanik kayalar ve granitik sokulumlar baskınken, Güney Zon'da sedimanter kayaç serileri baskın litolojiyi oluşturmaktadır. Güneydeki Torid birliği ile Doğu Pontid magmatik arkı arasında uzanan Eksen Zonu ise geniş alanlarda yüzeyleme veren mafik-ultramafik kütleler ve ofiyolitik olistostromal melanj birlikteliği ile karakteristiktir (Şekil 1).

Bölgede en ayrıntılı çalışmalardan birini yapan Güven (1993) Kuzey Zon'daki istif tabandan tavana ele almış ve tüm birimlere formasyon veya litodem mertebesinde isimler vermiştir. Paleozoik-Kuvaterner zaman aralığında gelişmiş kaya birimlerinin yüzeylendiği bölgede, Erken Jura'dan başlayarak Eosen sonlarına kadar periyotlar halinde gelişimini sürdüren magmatizmanın ürünlerini içeren volkano-tortul istifler, volkanik ve intrüzif kayalar yaygındır. Magmatik faaliyetlerin duraksadığı dönemlerde ise tortul istifler birikmiştir.

Kuzey Zon'da alttan üste doğru; Paleozoyik yaşlı olan ve özellikle Giresun Dereli yöresinde yüzeyleme veren metamorfik kayalar (Pzm), Erken-Orta Jura yaşlı bazalt, andezit, konglomera, kumtaşı, marn vb. kayaç türlerinden oluşan Hamurkesen Formasyonu (Jh), Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu (JKb), Geç Kretase yaşlı bazalt, andezit, piroklastik kayalar, kumtaşı vb. kayaç türlerinden oluşan Çatak Formasyonu (Kç), riyodasit, dasit ve piroklastik kayalardan oluşan Kızılkaya Formasyonu (Kk), Kaçkar Granitoyidi-I, bazalt, andezit, piroklastik kayalar, çamurtaşı, kumtaşı, marn vb. kayaç türlerinden oluşan Çağlayan Formasyonu (Kça), riyolit, riyodasit ve piroklastik kayalarından oluşan Çayırbağ Formasyonu (Kçb), Mestriştiyen-Paleosen yaşlı kumtaşı, marn ve killi kireçtaşlarından oluşan Bakırköy Formasyonu (KTb), Eosen yaşlı Kaçkar Granitoyidi-II ile andezit, bazalt ve piroklastik kayalardan oluşan Kabaköy Formasyonu (Tk) yer alır (Güven, 1993). Pliyosen yaşlı Beşirli (Plb), Hamidiye Formasyonları (Plh), haritalanamayacak kadar küçük ölçekli bazaltik dayklar ile Kuvaterner yaşlı oluşuklar (Qal) bölgenin en genç birimleridir (Şekil 2) (Güven, 1993).



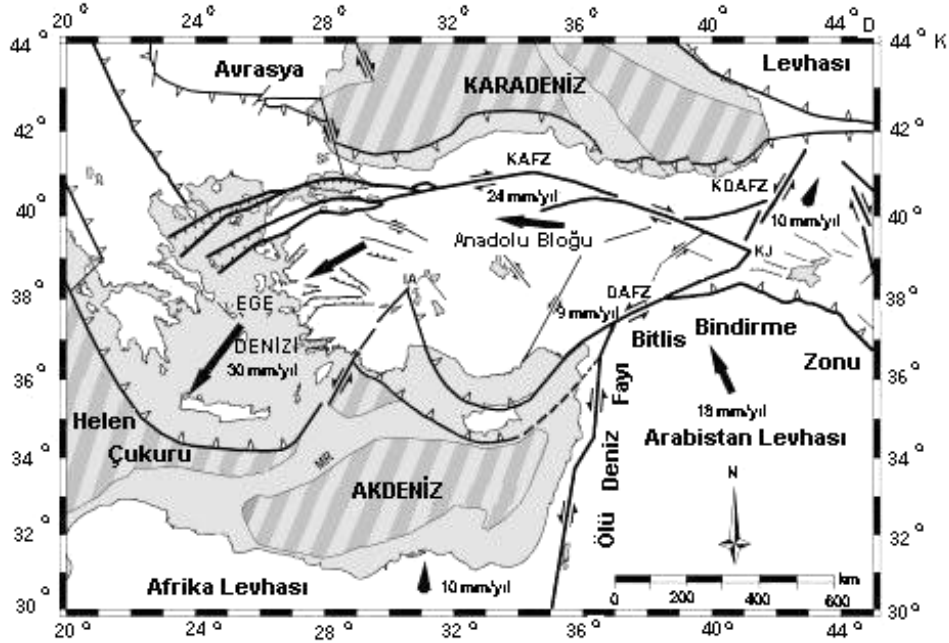
Şekil 1. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın ana tektonik-litolojik birliktelikleri; 1. Paleozoyik Metamorfik temel, 2. Paleozoyik granitler, 3. Serpantinit, 4. Ayrışmamış Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, 5. Platform Karbonatlar, 6. Ana Mesozoyik tortul kayalar, 7. Kretase ve Eosen yay volkanikleri, 8. Üst Kretase ve Eosen yay granitleri, 9. Kaldera ve domlar, 10. Ortogonal örtü ve sürüklenme kıvrımları, 11. Doğrultu-atımlı fay, 12. Ters Fay, 13. Normal fay, KAF; Kuzey Anadolu Fayı, KDAF, Kuzey-Doğu Anadolu Fayı (Eyüboğlu ve diğ., 2007).

ÜST SİSTEM		SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUV	ALÜVYON			Qal		Kum, Kil, Çakıl		
		TERSİYER	PLİO. KUY.		HAMİDİYE	Plh		HAMİDİYE FORMASYONU Çakıltı, Kum, kil	
	PLİO.			BEŞİRLİ	Plb		BEŞİRLİ FORMASYONU Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Bazalt, Aglomera		
	EOSEN			KABAKÖY	Tk		KABAKÖY FORMASYONU Andezit, Bazalt, Lav ve Piroklastları (Kumtaşı, Kumlu Kireçtaşı, Marn) Tk, Kaçkar Granitoyidi-II UYUMSUZLUK		
	PALEOSEN				KTb		BAKIRKÖY FORMASYONU Kumtaşı, Marn, Killi Kireçtaşı		
	MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE						
			KAMPANİYEN-MAASTRIHTİYEN			ÇAYIRBAĞ	Kçb		ÇAYIRBAĞ FORMASYONU Riyolit-Riyodasit Lav ve Piroklastlar
			KIZILKAYA			ÇAĞLAYAN	Kça		ÇAĞLAYAN FORMASYONU Bazalt-Andezit Lav ve Piroklastları (Kırmızı Çamurtaşı, Marn, Kumtaşı, Tüf) Tk, Kaçkar Granitoyidi-I
			TURONİYEN-KONİYASİYEN SANTONİYEN				Kk		KIZILKAYA FORMASYONU Riyodasit-Dasitik Lav ve Piroklastları
		JURA	ÇATAK				Kç		ÇATAK FORMASYONU Bazalt-Andezit Lav ve Piroklastları (Kumtaşı, Silttaşı, Killi Kireçtaşı) Tk, Kaçkar Granitoyidi-I
Ü. JURA A. KRE.			PORT. BERRIA. SENOM	BERDİGA		JKb		BERDİGA FORMASYONU Çörtlü Kireçtaşı, Kumlu Kireçtaşı, Resifal Kireçtaşı	
LİYAS			SİNEMURİ.	HAMURKESEN		Jh		HAMURKESEN FORMASYONU Bazalt-Andezit Lav ve Piroklastları (Konglomera, Kırmızı Renkli Kumtaşı, Killi Kireçtaşı, Marn) UYUMSUZLUK	
PALEOZOYİK				Pzm		METAMORFİK TEMEL Gnays, Mikaşist, Klorit, Şist			

Şekil 2. Doğu Pontid Orojenez Kuşağı Kuzey Zonu'na ait stratigrafik kolon kesiti (Güven, 1993).

1.1.2. Bölgenin Sismotektoniği

Türkiye, Avrasya, Arabistan ve Anadolu levhalarının birleştiği bir üçlü birleşmenin yer aldığı hareketli ve karmaşık bir bölgedir. Burada McKenzie (1972), Alptekin (1973), Ketin (1977)'den yararlanılarak belirlenen levha tektoniği modeli benimsenmiştir (Şekil 3). Anadolu levhası sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) arasında batıya doğru hareket etmektedir.



Şekil 3. Anadolu ve çevresinin levha tektoniği modeli (Erdik ve diğ. 2014'den değiştirilmiştir).

Kızıldeniz'deki açılma nedeniyle Arap Levhası kuzeydoğuya doğru hareket etmekte, Afrika Levhası ise kuzeye doğru kaymaktadır. Ölü Deniz Fayı'nın devamı olan DAFZ Karlıova civarında KAFZ ile kesişmektedir. Karlıova'dan sonra KAFZ'ın doğuya doğru, DAFZ'ın ise kuzeydoğuya doğru devam ettiği görülmektedir (Osmanşahin ve diğ., 1986; Kenar ve diğ., 1996). Arabistan Levhası ile Avrasya'nın bir parçası olan Van Bölgesi, Güneydoğu Anadolu'da Bitlis Bindirme Zonu ile sınırlanmaktadır.

Depremsellik çalışması yapılacak 7 ile en yakın konumda bulunan KAFZ'ın toplam uzunluğu yaklaşık 1000 km civarında olup, toplam atım miktarı 25 km ile 85 km arasında değişmektedir. Doğuda fay 100 m ile birkaç yüz metre arasında değişen genişliklerde oldukça dar çizgisel görünüm ve ters bileşenli özellikler gösterirken, batıya doğru fay zonunun genişliği artarak 5 km ye ulaşır ve normal atım bileşenli özellikler sunmaktadır. Fay orta

kısımda dış bükey bir kavis yaparak fayın kilitlemesine neden olacak şekilde Anadolu bloğunun güneybatıya doğru dönmesine (rotasyona) neden olmaktadır.

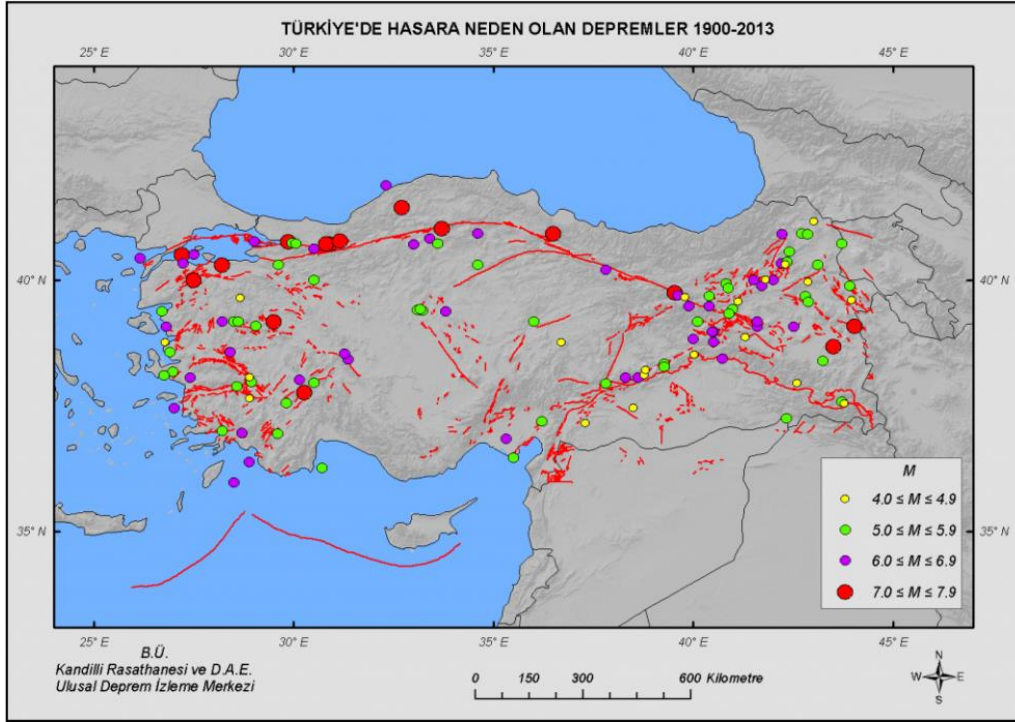
KAFZ'daki depremlerin zaman içerisindeki dağılımlarına baktığımızda, aktivitenin fayın orta kısımlarından başladığı ve daha sonra batı ve doğu uçlarına doğru ilerlediği açıkça görülmektedir. KAFZ'ın orta kesimleri ile doğu ve batı uçları, paleosismolojik olarak oldukça belirgin farklılıklar göstermektedir. Fayın doğu kesimi, sıkışma etkisi altında kalırken batı kesiminde çekilmeye maruz kalmaktadır. KAFZ boyunca şimdiye kadar oluşan depremlerin odak mekanizma sonuçları bu farklı gerilme rejimleri altında bulduklarını kanıtlamaktadır. KAFZ üzerinde yakın zamanda meydana gelen 17 Ağustos 1999 Kocaeli ($M_S=7.8$) ve 12 Kasım 1999 Düzce ($M_S=7.5$) depremleri bu bölgenin depremselliği ile ilgili çalışmaların önemini artırmıştır.

1.1.3. Deprem Oluşumları

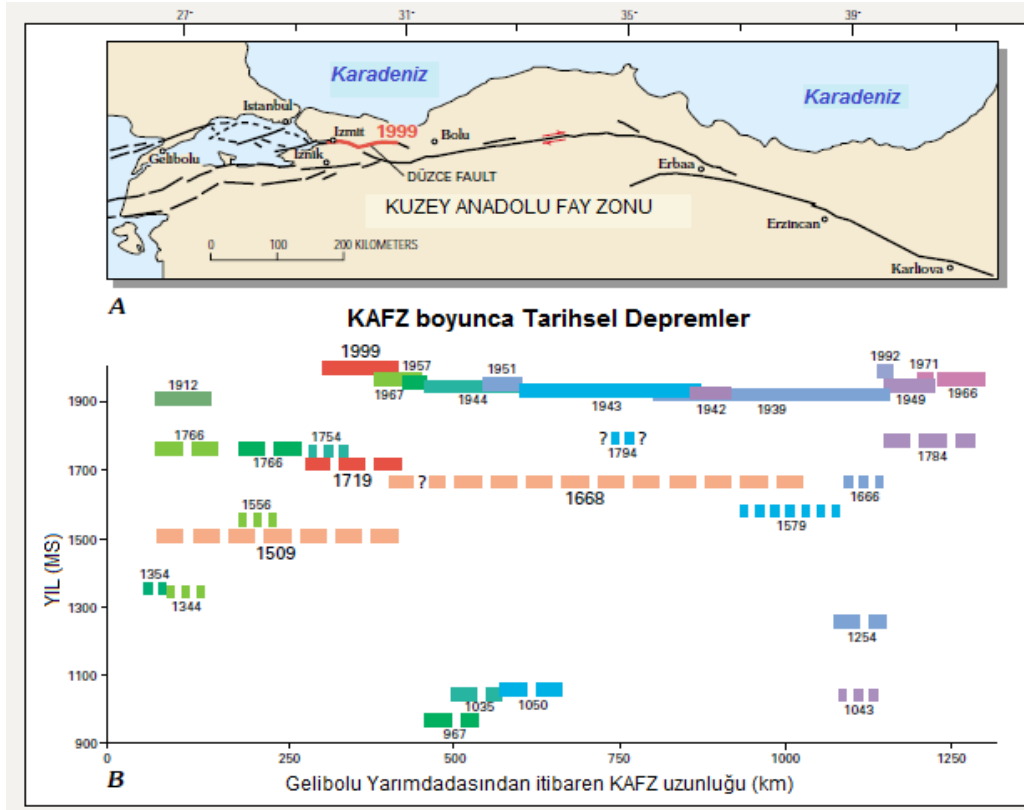
Doğu Karadeniz bölgesi dünyadaki en aktif deprem kuşaklarından birisi olan Alp-Himalaya kuşağında yer alan KAFZ'a yakınlığı nedeniyle bölgeye etkiyen depremlerin kaynağını oluşturan aktif tektonizmanın ayrıntılı olarak ortaya konulması, depremlerin zaman dağılımları, tamamlılık analizleri ve tekrarlanma aralıklarının belirlenmesi bu amaca yönelik yapılacak çalışma için son derece önemlidir.

Depremsellik çalışmasında depremlerin zaman ve uzay dağılımları dikkate alınır. Bu nedenle depremlerin oluş zamanları, episantrları (dış merkez), odak derinlikleri ve magnitüdüleri (büyüklük) ilksel veriler olarak kullanılır. Depremlerin bu parametreleri gözlemsel ya da aletsel yöntemlerle elde edilir. Depremlerin aletlerle kaydedilmeye başlandığı 1900 yılından itibaren aletsel olarak bu parametreler elde edilmiştir. 1900 yılından öncesi tarihsel dönem olarak adlandırılmış ve bu dönem için ise sağlıklı ve kesin gözlemsel veri olmadığından deprem parametreleri tam olarak belirlenememiştir. Aletsel dönemde kaydedilmiş Anadolu ve çevresinde hasar oluşturmuş kuvvetli ve büyük depremler Şekil 4'te, tarihsel dönemde KAFZ boyunca meydana gelen depremler Şekil 5'de gösterilmektedir.

İstatistiksel olarak deprem verilerinin değerlendirilmesine dayanan çalışmalarda kullanılan verilerin zaman ve uzay boyutundaki dağılımları çalışmanın sonucunu direk etkileyeceğinden bu verilerin homojen (tekdüze) hale getirilmesi gerekir. Ancak bu sayede doğru magnitüd-sıklık ilişkileri belirlenebilir ve buda doğru bir depremsellik çalışması yapılmasına olanak sağlar.



Şekil 4. Anadolu ve çevresinde aletsel dönemde hasar oluşturmuş kuvvetli ve büyük depremler (KOERI).



Şekil 5. A.1500 km uzunluğundaki KAFZ. B. Fay boyunca olan tarihsel depremler (Ambraseys, 1970'den değiştirilmiştir).

1.2. Deprem Verilerinin Derlenmesi

Bu bölgeye ait deprem verilerini elde etmek için tarihsel dönemi kapsayan birkaç deprem kataloğundan (Tablo 1) ve aletsel dönemi içeren bazı veri merkezlerinin bültenlerinden (Tablo 2) yararlanılmıştır. Büyük depremlerin tamamlılığı için ($M_s \geq 7.0$) tarihsel dönem depremlerden yararlanılmıştır (Şekil 6, Tablo 3). Şiddet-magnitüd dönüşümü Türkiye ve civarında oluşmuş depremler için Sayıl (2014) tarafından belirlenen (1) bağıntısı ile yapılmıştır.

$$M_s = 0.47 (\pm 0.02) I_0 + 2.05 (\pm 0.24) \quad (1)$$

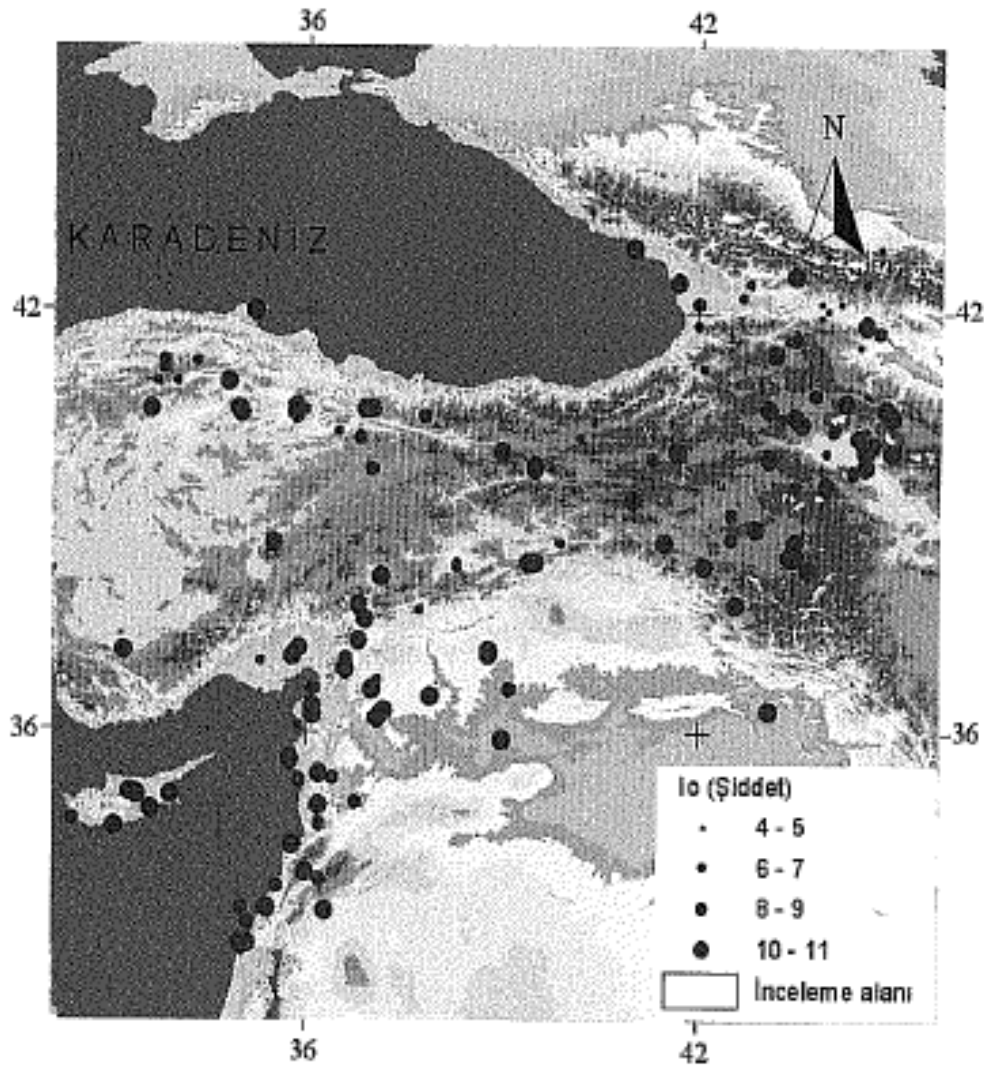
Verilerin tamamlılığının sağlanması için 1900-2016 yılları arasında oluşmuş aletsel dönem verileri kullanılmış ve Aydın (2016) tarafından Türkiye için hesaplanan dönüşüm bağıntıları kullanılarak tüm magnitüdüler (m_b , M_L , M_d , M_w) yüzey dalgası magnitüdüne (M_s) dönüştürülmüş, homojen veri kataloğu elde edilmiştir (Şekil 7).

Tablo 1. Türkiye ve çevresi için tarihsel dönemi kapsayan deprem kataloglarından bazıları.

Araştırmacılar	Yıl	Sembol
Pınar ve Lahn	1952	PL
Ergin ve diğ.	1967	EGU
Karnik	1968	VKR
Öcal	1968	ON
Alsan ve diğ.	1975	ATB
Dewey	1976	DJW
Ayhan ve diğ.	1987	AASÜ
Papazachos ve Comminakis	1982	PC
Ambraseys ve Jackson	1981	AJ
Soysal ve diğ.	1981	SSKA
Gündoğdu ve Altınok	1986	GA

Tablo 2. Aletsel dönem için kataloglarından faydalanılan deprem veri merkezleri.

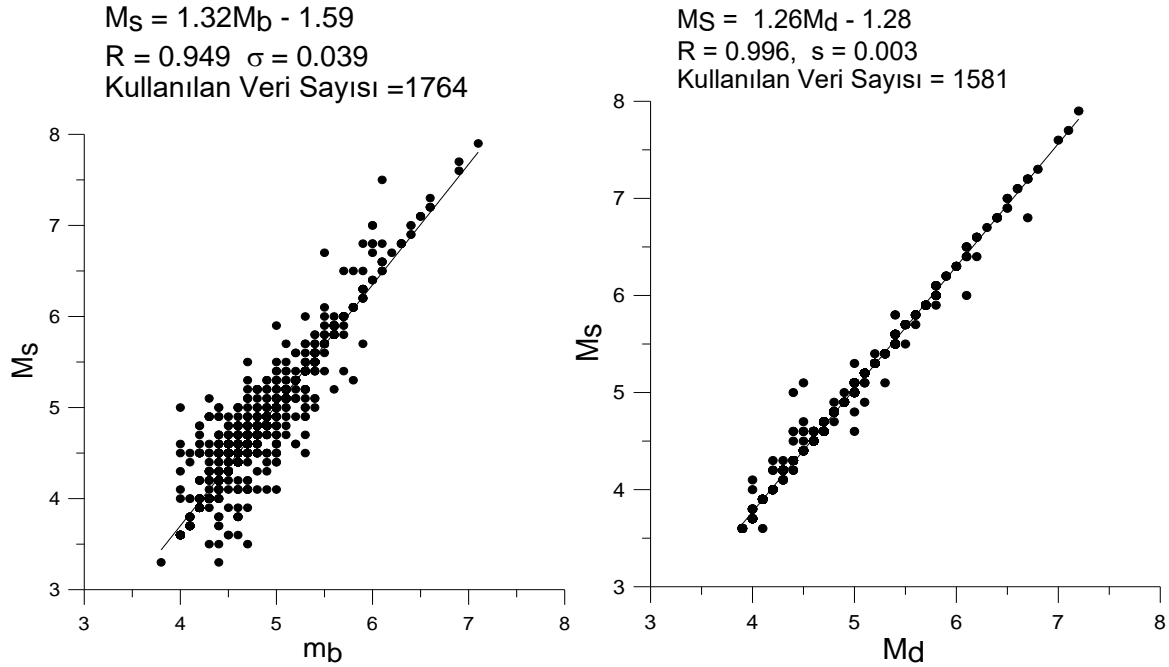
Veri merkezi	Çalışma Yılı	Sembol
British Association or the Advancement of Science	1913-1917	BAS
International Seismological Summary	1918-1963	ISS
Bureau Central International	1953-1963	BCI
International Seismological Centre	Sürekli	ISC
U.S. Coast and Geodetic Survey	"	USCG
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Gözlemevi	"	ISK

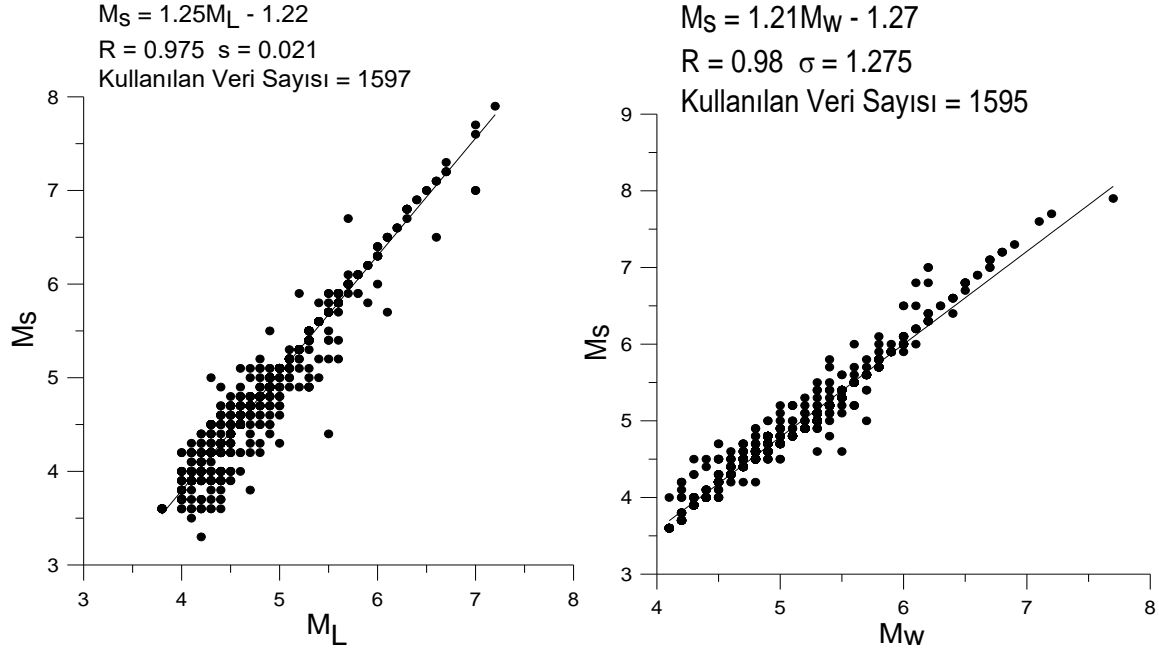


Şekil 6. İnceleme alanını kapsayan Türkiye'nin doğusundaki tarihsel depremler (M.Ö. 2100-M.S. 1900).

Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer
1045		39,75	39,5	IX	Erzincan
1268		39,75	40,4	IX	Erzincan, Erzurum-(15 000 ölü)
1458		39,75	40,4	X	Erzincan, Erzurum-(32 000 ölü)
21 12		39,75	39,5	IX	Erzincan, Erzurum
1482					
17 06		39,75	39,5	IX	Erzincan, Erzurum-(15 000 ölü)
1584					
24 07		39,9	41,3	IX	Erzurum
1852					
02 06	10:30	39,9	41,3	IX	Erzurum-(15 000 ölü)
1859					
23 04		40,0	41,7	IX	Erzurum, Kars
1868					
01 11	10:00	39,9	41,3	X	Erzurum
1875					
20 05		39,9	38,8	IX	Refahiye, Erzincan
1890					

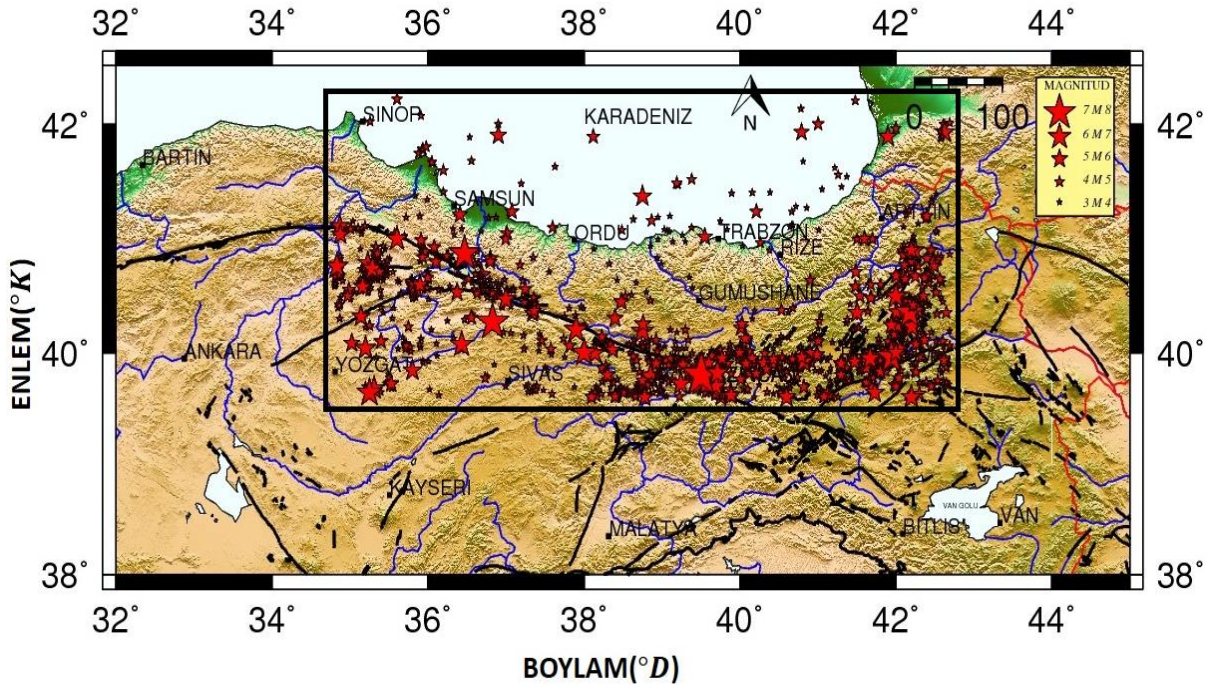
Tablo 3. Bölgedeki büyük ($M_s \geq 7.0$) tarihsel depremler (KOERI)





Şekil 7. Türkiye için belirlenen magnitüd dönüşüm bağıntıları. R; ilişki katsayısı, σ ; standart sapma (Aydın, 2016).

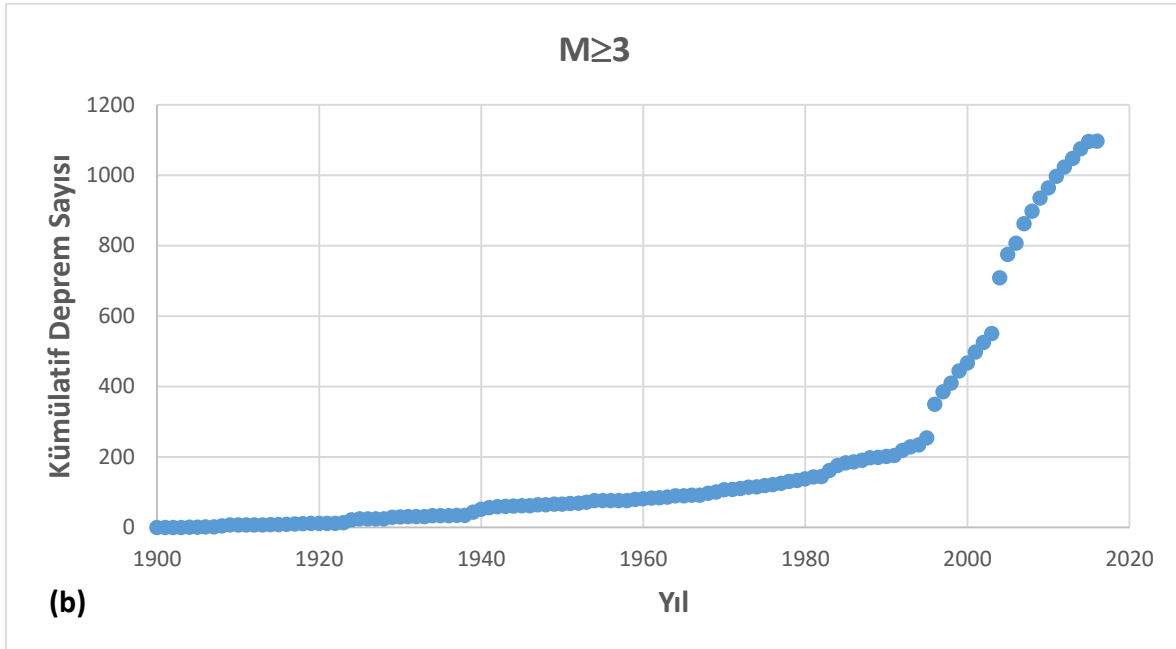
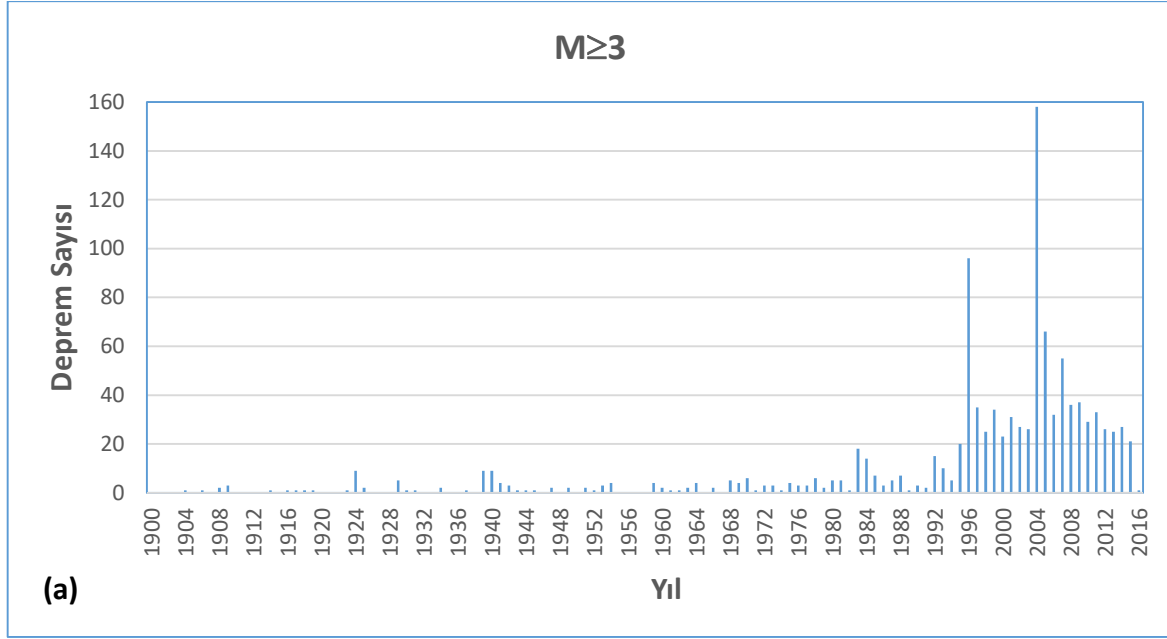
Homojen hale getirilen ve bu çalışmada kullanılan depremlerin uzaysal dağılımı Şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8. Çalışmada kullanılan depremlerin (1900-2016) episantr dağılımları.

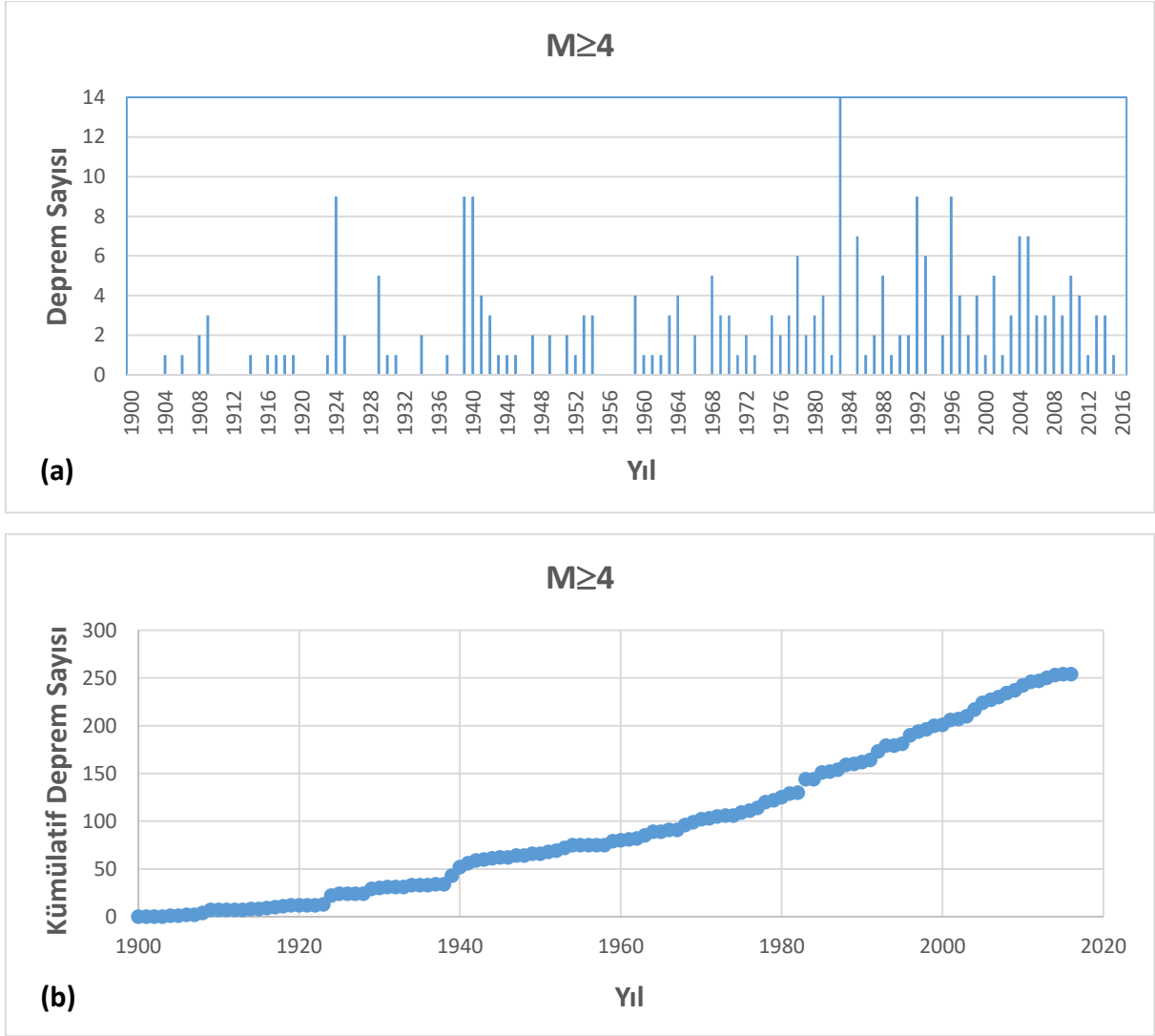
1.3. Aletsel Dönem Depremlerin Zaman Dağılımları

Sismograf istasyonlarının gelişmesi ve yaygınlaşması ile doğru orantılı olarak inceleme alanında tarihsel döneme göre oldukça fazla sayıda depremin kaydedildiği aletsel dönem verilerini kullanılması tercih edilmiştir. Çünkü aletsel dönem deprem verilerinin zaman ve uzay dağılımlarını incelemek tarihsel dönem verilerine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak bu sayede küçük magnitüdü olayları da içerecek biçimde ($M_s \geq 3.0$) deprem kataloğunun tamamlılığı sağlanmıştır. Zira bölgenin deprem dizisindeki eksiklik bu verilerle yapılacak olan istatistiksel çalışmaları etkileyecektir. Bu etkileri en aza indirmek için deprem verilerine tamamlılık çözümü uygulayarak verilerin hangi yıllarda tam olduğunu belirlemek gerekir. Bu amaçla inceleme bölgesinde aletsel dönemde oluşmuş $M_s \geq 3.0$ olan depremlerin histogramı çizilmiş (Şekil 9a), kümülatif (birikimli) deprem sayılarının yıllık dağılımı oluşturulmuştur (Şekil 9b). Çizdirilen dağılımın doğrusal olmayışı bu magnitüd aralığında verilerin tamamlılığının sağlanamadı sonucuna varılmıştır.



Şekil 9. a) İnceleme alanındaki depremlerin ($M_s \geq 3.0$) yıllık sayıları, b) bu depremlerin kümülatif sayılarının yıllık dağılımı.

Verilerin tamamlılığının sağlanması için $M_s \geq 4.0$ olan depremler kullanılarak yıllık deprem sayını gösteren histogram (Şekil 10a) çizdirilmiş, kümülatif deprem sayısının yıllık dağılımı elde edilmiştir (Şekil 10b) ve bu magnitüd aralığı için çizdirilen yıllık kümülatif deprem dağılımının doğrusal olduğu görülmüştür. Tarihsel depremler sadece büyük depremlerin ($M_s \geq 5.5$) tamamlılığında kullanılabilir.



Şekil 10. a) İnceleme alanındaki depremlerin ($M_s \geq 4.0$) yıllık sayıları, b) bu depremlerin kümülatif sayılarının yıllık dağılımı.

1.4. Deprem Oluşum Modelleri

Gelecekte oluşabilecek depremlerin araştırılmasında geçmişte meydana gelen depremlerin oluş zamanı, episantr (dış merkez) koordinatları, magnitüd, şiddet ve odak derinliği gibi parametrelerin bilinmesi gerekir. Bu parametreler kullanılarak farklı araştırmacılar tarafından deprem oluşumuyla ilgili birçok istatistiksel model geliştirilmiştir. Bu modellerden en çok bilinenleri Poisson ve Markov modelleridir. Markov modelde gelecekte oluşacak depremler geçmişte oluşan depremlere bağlıdır. Poisson modelde ise depremlerin birbirinden bağımsız oldukları kabul edilir ve deprem oluşumu zaman uzayında bir Poisson süreç olarak alınır. Her iki modelden elde edilen sonuçlar farklı çıkmaktadır. Markov model, deprem oluşumu için Reid (1910)'in 1906 San Francisco depreminden sonra geliştirilen elastik rebound (yenilenme) teorisine uymakta, ancak geçiş olasılıkları gibi elde edilmesi güç ek birtakım bilgiye ve daha çok sayıda değerlendirmeyi gerektirmektedir. Poisson model ise küçük

magnitüdü depremler için elde edilen gözlemsel verilerle her zaman uyumlu olmamaktadır. Bunun nedeni ise, küçük magnitüdü depremlerin çoğunlukla ana şoka bağlı olarak gelişen artçı şoklar niteliğinde olmalarıdır (Merz ve Cornell, 1973; Shlien ve Toksöz, 1970). Oysa Poisson modelde olayların birbirinden bağımsız olması kabulüne göre depremlerin bu zaman uzayında kümeleşme özelliğini içermemektedir. Genel görüş olarak Poisson model büyük magnitüdü ana şokların oluşumu için geçerlidir ve mühendislik amaçları için yeterlidir (Lomnitz ve Epstein, 1966; Kalberg ve Cornell, 1969; Lomnitz, 1973; Gürpınar, 1977).

1.4.1. Poisson Model

Poisson modelin temel özelliği depremlerin uzay ve zaman içerisindeki oluşumlarının birbirinden bağımsız kabul edilmesidir. Deprem oluşumlarının zaman uzayında bir Poisson süreci oluşturabilmesi için aşağıda belirtilen varsayımları içermelidir:

- Deprem oluşumları zaman uzayında istatistiksel olarak birbirinden bağımsızdır.
- Bir depremin olma olasılığı zaman aralığının uzunluğu ile orantılıdır.
- Belirli bir kayn akta oluşan deprem diğer bir kaynakta oluşan depremden etkilenmez.
- Belirli küçük bir zaman aralığında birden çok deprem olma olasılığı tek bir depremin olma olasılığına oranla ihmal edilebilir küçüklüktedir.

Birinci varsayıma göre, belirli bir periyod içerisinde herhangi bir anda olabilecek bir deprem geçmiş depremlere bağımlı olmadığı gibi, gelecekteki depremleri de etkileyemez. Yani sismik olaylar belleksiz (memoryless) kabul edilir. Bu durum büyük magnitüdü depremlerin olduğu durumlarda önemli bir hata yaratmamaktadır. İkinci varsayıma göre, en son depremden sonra ne kadar zaman geçmişse deprem olma olasılığı o kadar yüksektir. Üçüncü varsayıma göre, herhangi bir bölge için oluşan bir depremin diğer bölgede oluşan depremlerle ilgisi yoktur. Dördüncü varsayım ise çok küçük bir zaman aralığında (Δt) birde çok deprem olmayacağını belirtmektedir. Bu gerçekçi bir varsayımdır ve gözlem sonuçları ile de uyumludur (Shah ve Movasette, 1975).

Poisson modeline göre incelenen bir bölgede t zamanında $m \geq m_0$ magnitüdü n sayıda depremin olma olasılığı şöyledir:

$$\Pr(N = n | v, t) = \frac{e^{-vt} (vt)^n}{n!} \quad (2)$$

Burada v, incelenen bölgede birim zamanda (genellikle bir yıl) ortalama deprem sayısı, n ise incelenen bölgede t zamanda olan depremlerin sayısını gösteren rasgele değişkendir.

1.4.2. Magnitüd-frekans İlişkisi

Bir bölgenin depremselliğinin ve sismik tehlikesinin araştırılmasında, geçmişte meydana gelen depremlerin zaman ve uzay dağılımlarından yararlanılarak geliştirilen çeşitli istatistiksel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda gelecekte oluşabilecek deprem etkinliğinin ve tekrarlanma periyodunun belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaçla öncelikle depolama alanı oluşturulacak 8 şehir için ayrı ayrı depremsellik incelemesi yapılarak 1900-2016 yılları arasında oluşmuş depremlerin episantr dağılımı ve bölgedeki fay zonları ile ilişkileri incelenmiş, her bir şehir için depremlerin magnitüd-frekans ilişkileri saptanmış, bu ilişkilerden yararlanarak sismik risk ve tekrarlanma periyodu değerleri bulunmuştur.

Gerçek deprem verilerine bakıldığında deprem kümelerinden yararlanılarak oluşturulan alansal kaynak içerisinde $N(m \geq m_0)$ Poisson modeli ortalama bir tekrarlanma periyodu hesaplar. Bu tekrarlanma periyodu Gutenberg-Richter (1954) ilişkisi ile ilişkilidir. Magnitüd-frekans bağıntıları deprem istatistiğinin temelini oluşturur ve günümüzde deprem etkinliğinin bir ölçütü olarak kullanılır. Magnitüdün fonksiyonu olarak depremlerin oluş frekansı incelendiğinde, genellikle doğrusal bir ilişki izlediği görülür ve bu ilişki (3) bağıntısı ile verilir.

$$\text{Log}N(M) = a - bM \quad (3)$$

Burada N, birikimli (kümülatif) deprem sayısını, M ise magnitüdü göstermektedir. Magnitüd-frekans bağıntılarının hesaplanmasında normal ve yığınsal frekanslar arasında ayırım yapmak gerekir. Yığılma frekansı (kümülatif frekans) ile sismolojide, verilen bir M magnitüdüne eşit veya daha büyük olan depremlerin sayısı anlaşılabilir.

Gutenberg-Richter bağıntısı genellikle bütün magnitüdlere doğrusal değildir. Bu nedenle $\log N(M)$ 'nin doğrusal olduğu magnitüd aralığının (M_1, M_2) belirlenmesi gerekir. Büyük depremlere ait gözlemler az olduğundan bunlar için bağıntı belirsizdir. Küçük depremlerde ise gürültü düzeyinin yüksek olmasının çok duyarlı sismograflar kullanılmasını engellediği için deprem dizisinin tam olduğundan emin olmak gerekir. Burada kullanılan en küçük deprem magnitüdü $M_1=3.0$ alınmıştır.

Magnitüd-frekans bağıntısındaki a ve b sabit parametrelerdir: a-parametresi gözlem periyoduna, inceleme alanının büyüklüğüne ve deprem etkinliğinin seviyesine bağlı olarak değişir. Ortalama yıllık sismik aktivite indeksi olarak da tanımlanır. Gutenberg ve Richter (1954), dünya ölçüsünde istatistik sonuçlara dayanarak, sığ depremler için $b=0.9 \pm 0.02$, orta

ve derin depremler için $b=1.2\pm 0.2$ değerlerini bulmuşlardır. Türkiye için ise $b=0.9\pm 0.2$ değerini vermektedirler. b-parametresi depremlerin istatistik analizinde önemli bir parametre olup, doğrusal ilişkinin eğimini vermektedir. Kayaçların deformasyonu ve dolayısıyla deprem oluşumunun fiziği ile ilgili, b-parametresinin bölgeye ve zamana göre değişimleri, sismotektonik bölgelendirme ve depremlerin önceden belirlenmesi problemlerinde kullanılmaktadır. Weeks ve diğ. (1978), kayaçlar üzerinde yaptıkları deneyler sonucu, b-değerinin depremden önce azaldığını göstermişlerdir. b-değeri sismik etkinliğin bir göstergesi olup bölgeden bölgeye değişmektedir. Karnik (1969), bu değişimi örneklemiştir. Normal olarak küçük bir b-değeri yüksek bir gerilme düşümü ile, büyük bir b-değeri ise düşük bir gerilme düşümü ile ilgilidir.

İstenen veri grubu için a- ve b-değerleri değişik yöntemlerle hesaplanabilir. Bu parametreler bölgeye ve zamana bağlı değişimlerinin yanı sıra, hesaplama yöntemine ve kullanılan veri grubuna bağlı olarak da değişmektedirler. Tüm yöntemler birbirine yakın da olsa farklı sonuçlar verir (Alptekin, 1978). Bu yöntemler özetlenerek, hangi koşullarda geçerli oldukları Alptekin (1978), Osmaşahin (1983) ve Özer (1983) tarafından açıklanmıştır. Magnitüd-frekans bağıntılarını belirleyen a- ve b-parametrelerinin hesaplanmasında en yaygın olanı en küçük kareler yöntemidir (EKK). Bu yöntemle göre a- ve b-parametrelerinin bulunmasında (4) bağıntıları kullanılmaktadır;

$$\sum_{i=1}^n \text{Log}N_i = a_n - b \sum_{i=1}^n M_i \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i \cdot \text{Log}N_i = a \sum_{i=1}^n M_i - b \sum_{i=1}^n M_i^2$$

Burada n grup sayısıdır. Diğer parametreler (1) bağıntısında tanımlanmıştır. Bu şekilde hesaplanan a- ve b-sabitleriyle istenen magnitüdü bir depremin, istenen bir periyod aralığı içinde olma olasılığı hesaplanabilir. Kümülatif frekans ile normal frekans arasındaki ilişkisinden (5) bağıntısı elde edilir;

$$a' = a - \text{Log}(b \ln 10) \quad (5)$$

Gutenberg-Richter (1954) tarafından verilen magnitüd-frekans ilişkisi (6) bağıntısı şeklinde yazılabilir;

$$N(M) = 10^{a-bM} \quad (6)$$

Bunun inceleme zaman periyodu T_1 'e bölünmesiyle (7) bağıntısı elde edilir;

$$\frac{N(M)}{T_1} = \frac{10^{a-bM}}{T_1} \quad (7)$$

Her iki tarafın logaritması alınarak (8) ve (9) bağıntıları bulunur.

$$\text{Log}(N(M)T_1) = a - bM - \text{Log}T_1 \quad (8)$$

$$n(M)M_1 = 10^{a-bM-\text{Log}T_1} \quad (9)$$

Son ifadeden (10) ve (11) bağıntıları elde edilir.

$$a_1' = a' - \text{Log}T_1 \quad (10)$$

$$n(M) = 10^{a_1' - bM} \quad (11)$$

Bu bağıntılar yardımıyla verilen bir zamanda magnitüdü verilen bir M_1 değerinden büyük veya ona eşit depremlerin yıllık ortalama sayısı $n(M \geq M_1)$ hesaplanabilir (Tuksal, 1976). Herhangi bir bölgede, T_1 yıllık bir gözlem aralığı için verilen herhangi bir M magnitüdü depremin T yıl içinde oluşma riski (12) bağıntısından (Gençoğlu, 1972; Tabban ve Gençoğlu, 1975);

$$R(M) = 1 - e^{-n(M)T} \quad (12)$$

ve tekrarlanma periyodu (13) bağıntısından bulunur.

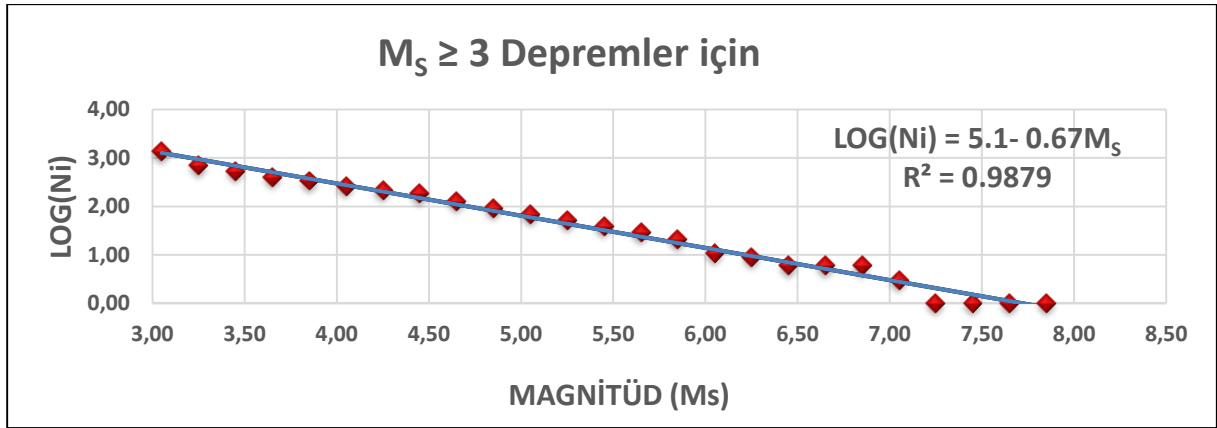
$$Q = \frac{1}{n(M)} \quad (13)$$

1.5. İnceleme Alanındaki Depremsellik Çalışmaları

1.5.1. İnceleme alanının tümü için magnitüd-frekans ilişkisi ve deprem olasılığı

İnceleme alanının tamamında meydana gelen depremler (Şekil 7) kullanılarak önce tamamlılık dikkate alınmadan yapılmadan yani $M_S \geq 3.0$ magnitüd aralığındaki olaylar için 0.1 magnitüd aralığı sınıflamasına göre birikimli frekanslar belirlenmiştir (Tablo 4). En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile hesaplanan ve (14) bağıntısı ile verilen magnitüd-frekans ilişkisi bulunmuş, bu ilişkinin grafiği Şekil 11'de gözlemsel değerlerle birlikte çizilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 5.1 - 0.67M_s \quad (14)$$



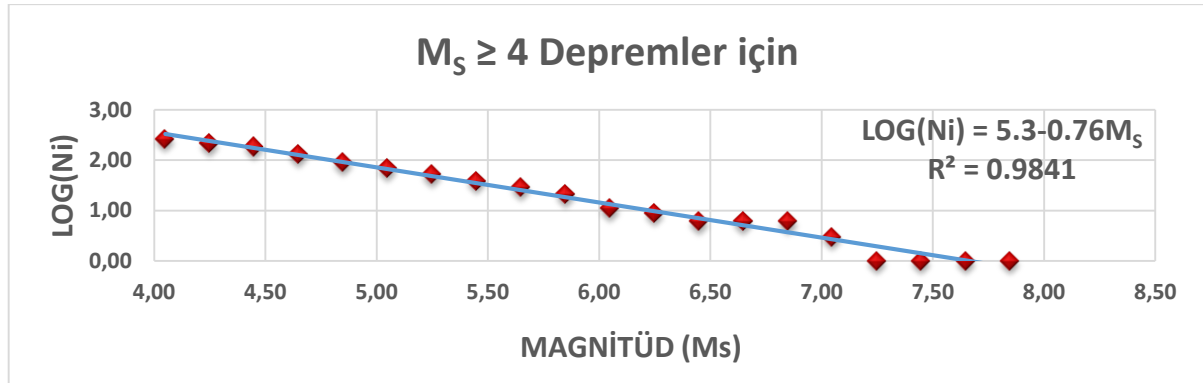
Şekil 11. Tüm alanda $M_s \geq 3.0$ olan olaylar için EKK yöntemi ile elde edilen magnitüd-frekans ilişkisi. R; ilişki katsayısı.

Tablo 4. 1900-2016 yılları arasında tüm alanda oluşmuş depremlerin ($M \geq 3.0$) 0.1 magnitüd aralığı ile sınıflandırılmış kümülatif frekans değerleri (Ni) ve tüm alan için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

	Büyüklik (M _s)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyüklik	LogNi	a	b
TÜM ALAN	3.0-3.1	668	1359,00	3,05	3,13	5,14	0,67
	3.2-3.3	148	691,00	3,25	2,84		
	3.4-3.5	134	543,00	3,45	2,73		
	3.6-3.7	70	409,00	3,65	2,61		
	3.8-3.9	74	339,00	3,85	2,53		
	4.0-4.1	47	265,00	4,05	2,42		
	4.2-4.3	33	218,00	4,25	2,34		
	4.4-4.5	55	185,00	4,45	2,27		
	4.6-4.7	39	130,00	4,65	2,11		
	4.8-4.9	23	91,00	4,85	1,96		
	5.0-5.1	15	68,00	5,05	1,83		
	5.2-5.3	14	53,00	5,25	1,72		
	5.4-5.5	10	39,00	5,45	1,59		
	5.6-5.7	8	29,00	5,65	1,46		
	5.8-5.9	10	21,00	5,85	1,32		
	6.0-6.1	2	11,00	6,05	1,04		
	6.2-6.3	3	9,00	6,25	0,95		
	6.4-6.5	0	6,00	6,45	0,78		
	6.6-6.7	0	6,00	6,65	0,78		
	6.8-6.9	3	6,00	6,85	0,78		
7.0-7.1	2	3,00	7,05	0,48			
7.2-7.3	0	1,00	7,25	0,00			
7.4-7.5	0	1,00	7,45	0,00			
7.6-7.7	0	1,00	7,65	0,00			
7.8-7.9	1	1,00	7,85	0,00			

Tamamlılık analizine göre depremlerin tamam oldukları periyod dikkate alınarak $M_S \geq 4.0$ magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 5), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (15) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 12’de doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 5.3 - 0.76M_S \quad (15)$$



Şekil 12. Tüm alanda $M_S \geq 4.0$ olan olaylar için EKK yöntemi ile elde edilen magnitüd-frekans ilişkisi. R; ilişki katsayısı.

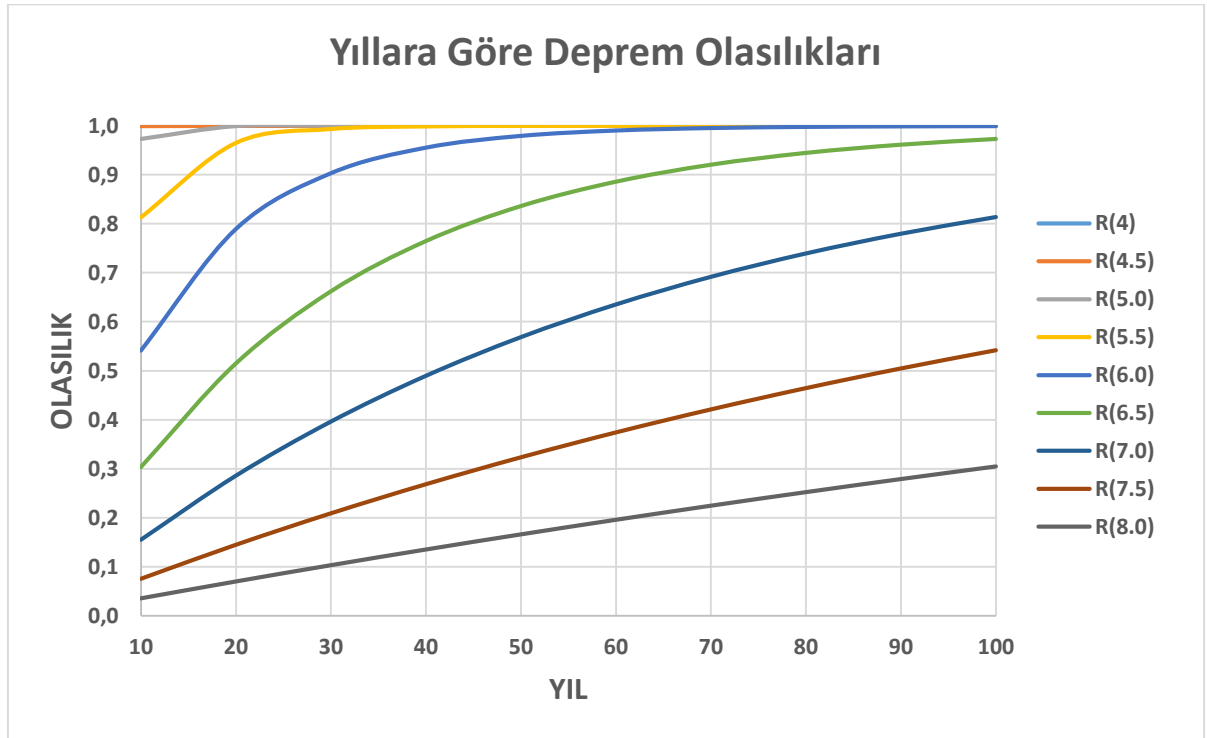
Tablo 5. 1900-2016 yılları arasında tüm alanda oluşmuş depremlerin ($M_S \geq 4.0$) 0.1 magnitüd aralığı ile sınıflandırılmış kümülatif frekans değerleri (N_i) ve tüm alan için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

	Büyüklik (Ms)	Deprem Sayısı (N)	N_i	Ortalama Büyüklik	LogNi	a	b
TÜM ALAN	4.0-4.1	47	265	4,05	2,42	5,34	0,70
	4.2-4.3	33	218	4,25	2,34		
	4.4-4.5	55	185	4,45	2,27		
	4.6-4.7	39	130	4,65	2,11		
	4.8-4.9	23	91	4,85	1,96		
	5.0-5.1	15	68	5,05	1,83		
	5.2-5.3	14	53	5,25	1,72		
	5.4-5.5	10	39	5,45	1,59		
	5.6-5.7	8	29	5,65	1,46		
	5.8-5.9	10	21	5,85	1,32		
	6.0-6.1	2	11	6,05	1,04		
	6.2-6.3	3	9	6,25	0,95		
	6.4-6.5	0	6	6,45	0,78		
	6.6-6.7	0	6	6,65	0,78		
	6.8-6.9	3	6	6,85	0,78		
	7.0-7.1	2	3	7,05	0,48		
	7.2-7.3	0	1	7,25	0,00		
	7.4-7.5	0	1	7,45	0,00		
7.6-7.7	0	1	7,65	0,00			
7.8-7.9	1	1	7,85	0,00			

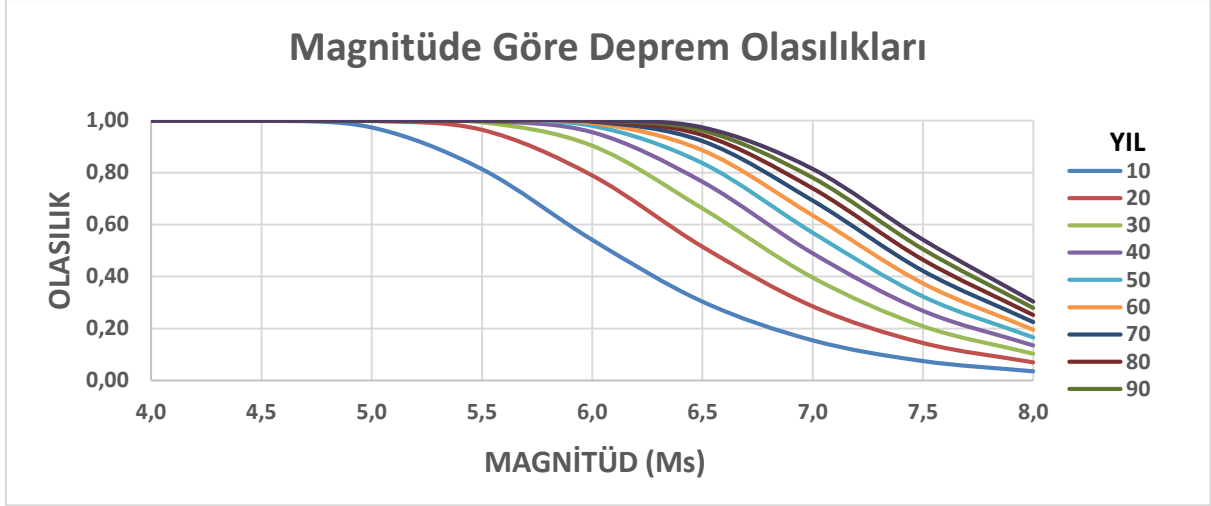
İnceleme alanında aletsel dönemde oluşmuş depremlerin Poisson dağılımına uyduğu varsayımı ile tamamlılık dikkate alınmadan ve alındığı durumlar için bölgenin tamamını temsil eden (14) ve (15) bağıntılarından yararlanarak inceleme alanına ait deprem tehlikesi hesaplamaları yapılmıştır. Çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10'ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları $R(M)$ ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyodları (Q) hesaplanmış (Tablo 6, Tablo 7) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15, Şekil 16).

Tablo 6. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(M)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60
4,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,29
5,0	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,77
5,5	0,81	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,97
6,0	0,54	0,79	0,90	0,96	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	12,84
6,5	0,30	0,52	0,66	0,76	0,84	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	27,64
7,0	0,15	0,29	0,40	0,49	0,57	0,64	0,69	0,74	0,78	0,81	59,49
7,5	0,08	0,14	0,21	0,27	0,32	0,37	0,42	0,46	0,50	0,54	128,03
8,0	0,04	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25	0,28	0,30	275,56



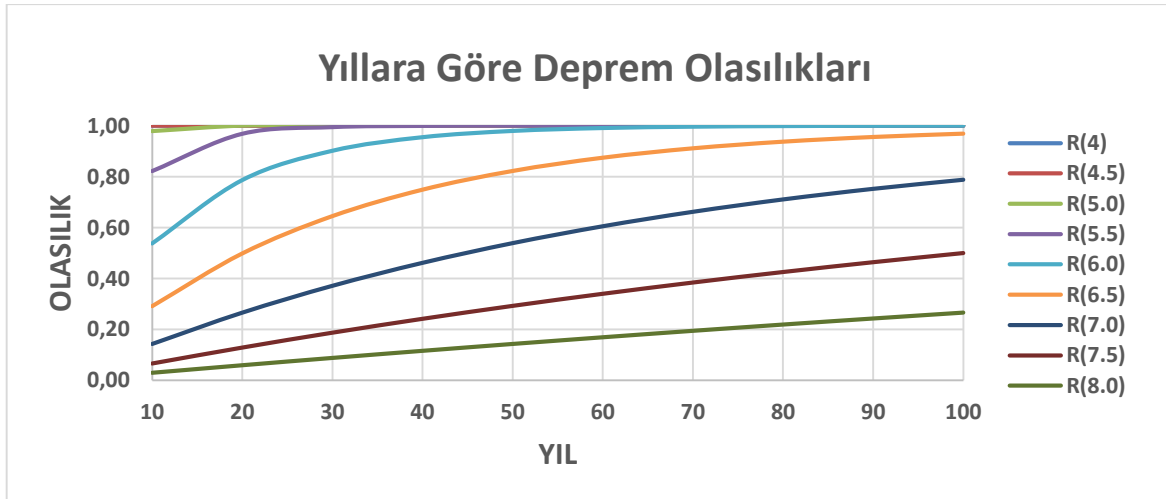
Şekil 13. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan 10'ar yıllık periyotlar için belirlenen deprem olasılık (tehlikesi) değerleri.



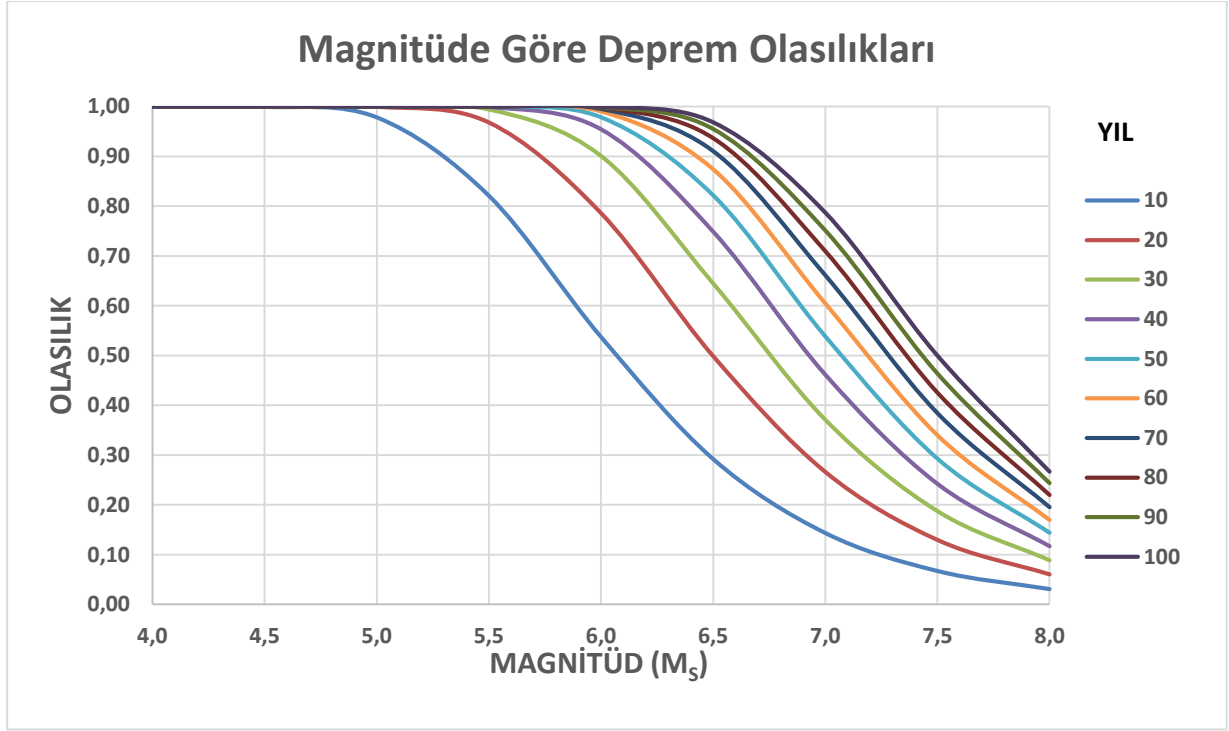
Şekil 14. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık (tehlikesi) değerleri.

Tablo 7. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanmadan elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(M)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
4,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,52
4,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
5,0	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,60
5,5	0,82	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,81
6,0	0,54	0,79	0,90	0,95	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	12,97
6,5	0,29	0,50	0,65	0,75	0,82	0,87	0,91	0,94	0,96	0,97	0,97	28,96
7,0	0,14	0,27	0,37	0,46	0,54	0,60	0,66	0,71	0,75	0,79	0,79	64,65
7,5	0,07	0,13	0,19	0,24	0,29	0,34	0,38	0,43	0,46	0,50	0,50	144,34
8,0	0,03	0,06	0,09	0,12	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,27	0,27	322,24



Şekil 15. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanarak 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri.

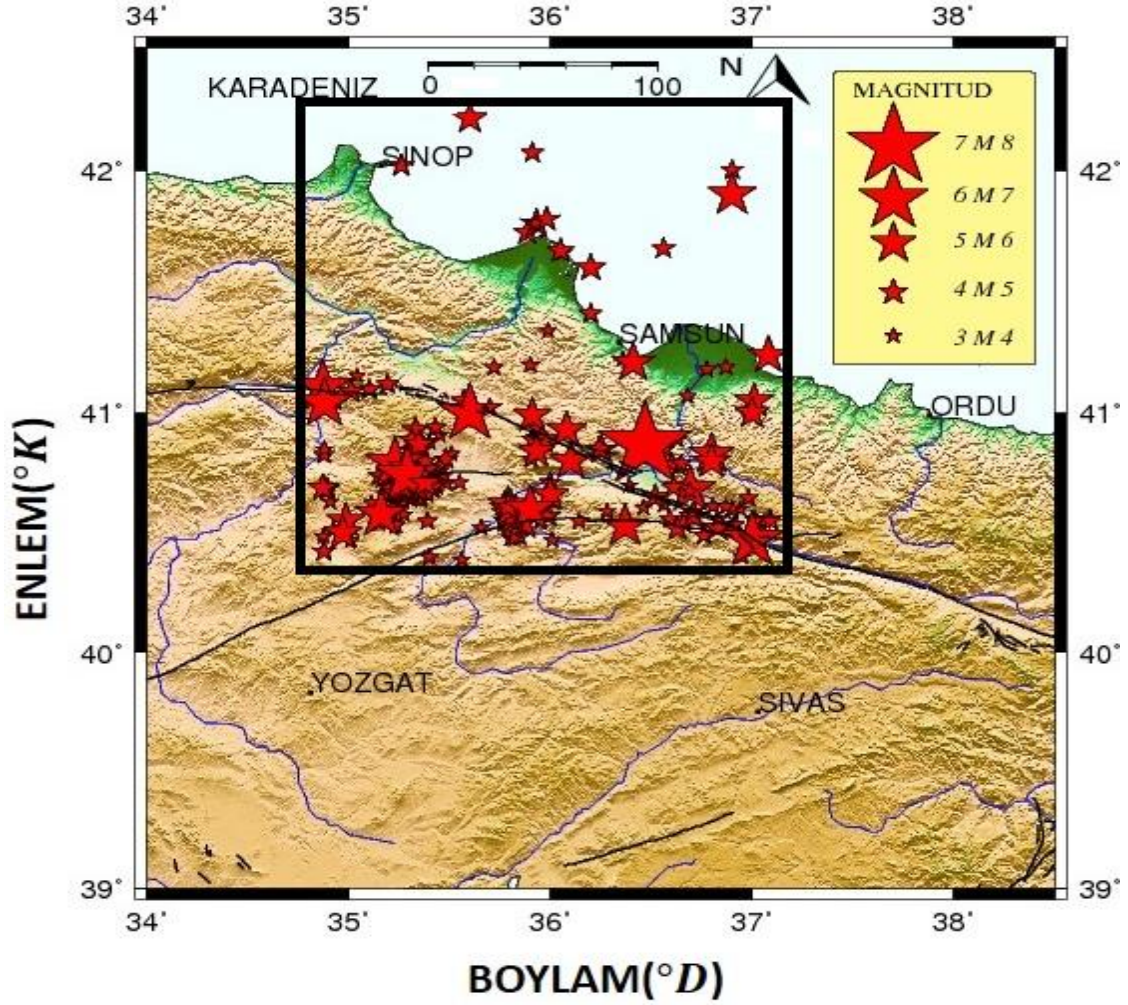


Şekil 16. İnceleme alanının tümünde oluşan depremlere tamamlılık analizi uygulanarak magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık (tehlikesi) değerleri.

Aynı magnitüd değerleri için tamamlılık analizi uygulanmadan önce ve tamamlılık analizi uygulandıktan sonra depremlerin tekrarlanma periyodları karşılaştırıldığında; tamamlılık analizi uygulandıktan sonraki depremlerin tekrarlanma periyodları diğerine göre oldukça uzun çıkmaktadır. Oysa bölgede oluşan depremlerin gerek tarihsel gerekse aletsel dönem kayıtlarına bakıldığında depremlerin tekrarlanma periyodları çok uzun olmamaktadır. Bunun nedeni her bir bölge için zaten sınırlı sayıda olan deprem verilerinin daha da azalmış olmasıdır. Bunun sonucu olarak incelenecek her bir bölge için büyük depremleri tam olarak içeren uzun süreli deprem veri grubu kullanılmış ve magnitüdün alt sınırı olarak $M_s=4.0$ alınmıştır.

1.5.2. Samsun İli Depremselliği

Samsun ilinin depremselliğinin incelenmesinde Şekil 17’de gösterilen dikdörtgen çerçeve ile sınırlanmış alanda oluşan ve tamamlılık analizinden belirlenen $M_S \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır.



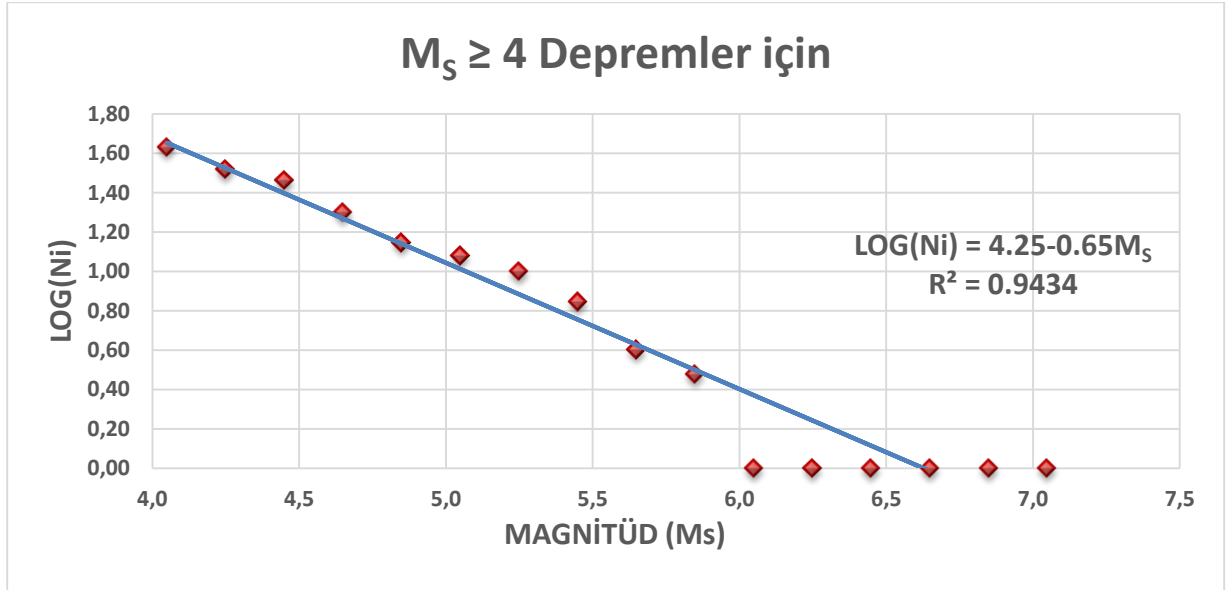
Şekil 17. Samsun İlinde 1900-2016 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası.

Magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 8), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (16) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 18’de doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 4.25 - 0.65M_s \quad (16)$$

Tablo 8. Samsun ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

	Büyükük (Ms)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyükük	LogNi	a	b
SAMSUN	4.0-4.1	10	43	4,05	1,63	4,25	0,64
	4.2-4.3	4	33	4,25	1,52		
	4.4-4.5	9	29	4,45	1,46		
	4.6-4.7	6	20	4,65	1,30		
	4.8-4.9	2	14	4,85	1,15		
	5.0-5.1	2	12	5,05	1,08		
	5.2-5.3	3	10	5,25	1,00		
	5.4-5.5	3	7	5,45	0,85		
	5.6-5.7	1	4	5,65	0,60		
	5.8-5.9	2	3	5,85	0,48		
	6.0-6.1	0	1	6,05	0,00		
	6.2-6.3	0	1	6,25	0,00		
	6.4-6.5	0	1	6,45	0,00		
	6.6-6.7	0	1	6,65	0,00		
	6.8-6.9	0	1	6,85	0,00		
7.0-7.1	1	1	7,05	0,00			

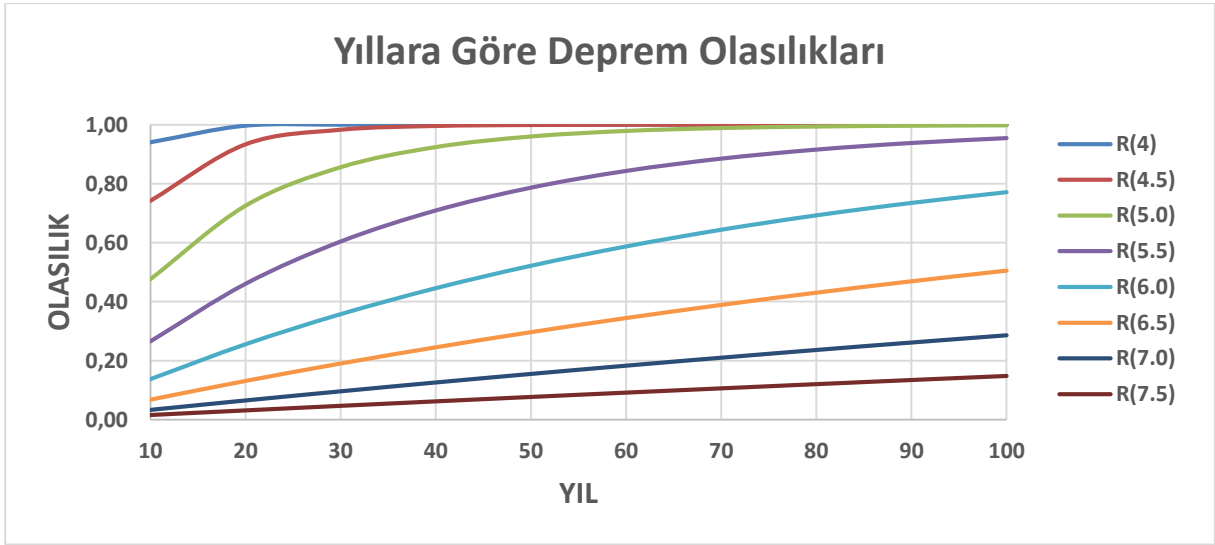


Şekil 18. Samsun ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı.

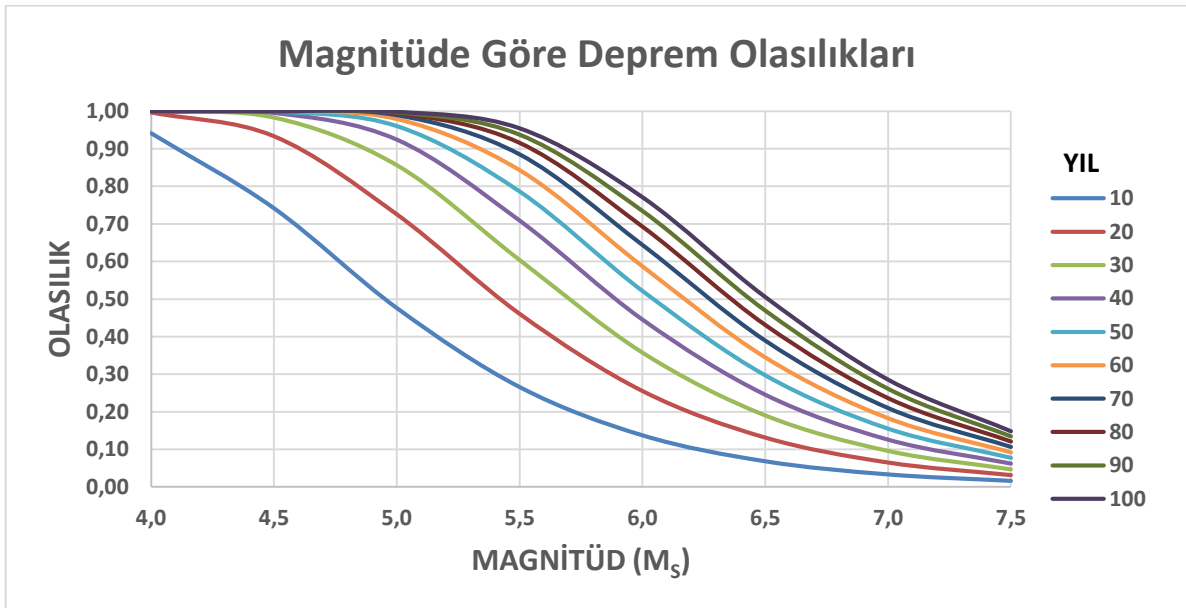
Çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10’ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları $R(M)$ ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyotları (Q) hesaplanmış (Tablo 9) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 19, Şekil 20).

Tablo 9. Samsun ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(Ms)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4,0	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,5
4,5	0,74	0,93	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,4
5,0	0,48	0,73	0,86	0,92	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	15,5
5,5	0,27	0,46	0,60	0,71	0,79	0,84	0,88	0,92	0,94	0,95	32,4
6,0	0,14	0,26	0,36	0,45	0,52	0,59	0,64	0,69	0,73	0,77	67,8
6,5	0,07	0,13	0,19	0,25	0,30	0,34	0,39	0,43	0,47	0,51	142,0
7,0	0,03	0,07	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	297,2
7,5	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	622,1



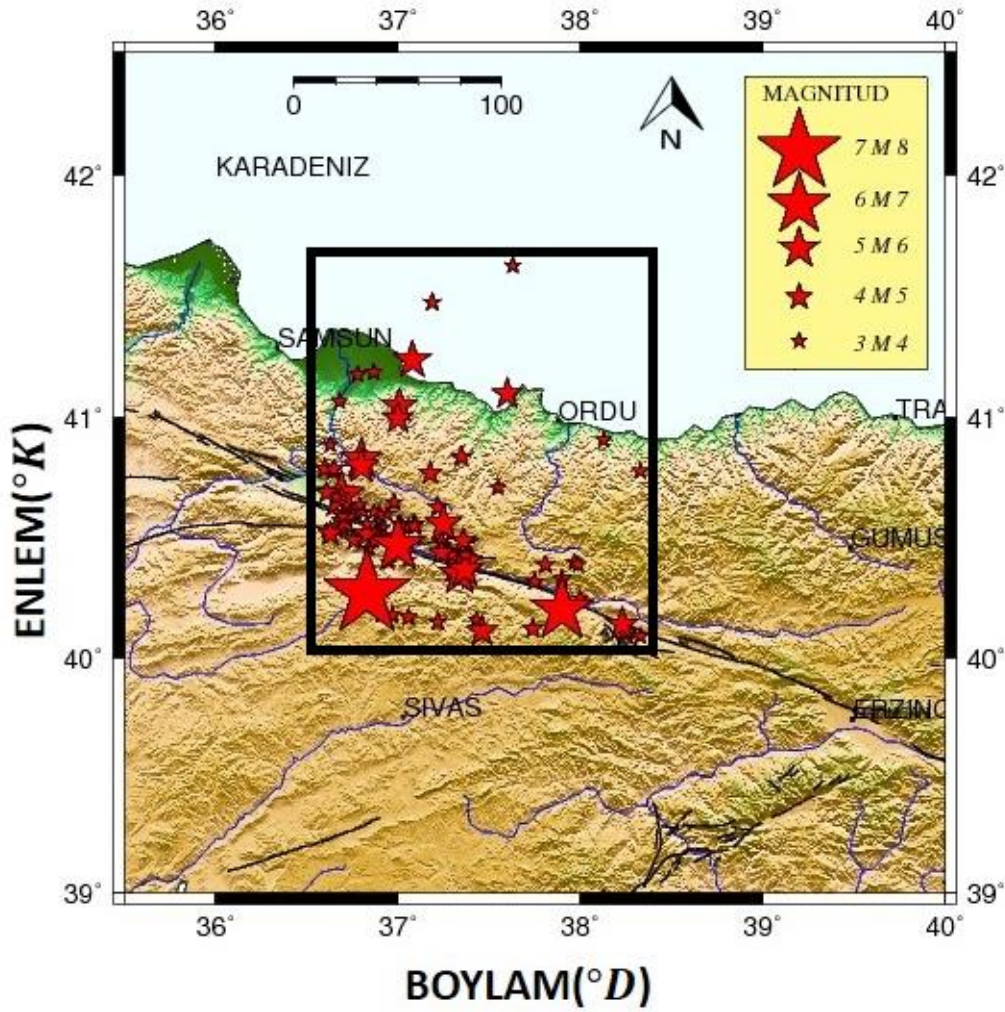
Şekil 19. Samsun ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyotlar için belirlenen deprem olasılık (tehlake) değerleri.



Şekil 20. Samsun ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri.

1.5.3. Ordu İli Depremselliği

Ordu ilinin depremselliğinin incelenmesinde Şekil 21’de gösterilen dikdörtgen çerçeve ile sınırlanmış alanda oluşan ve tamamlılık analizinden belirlenen $M_S \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır.



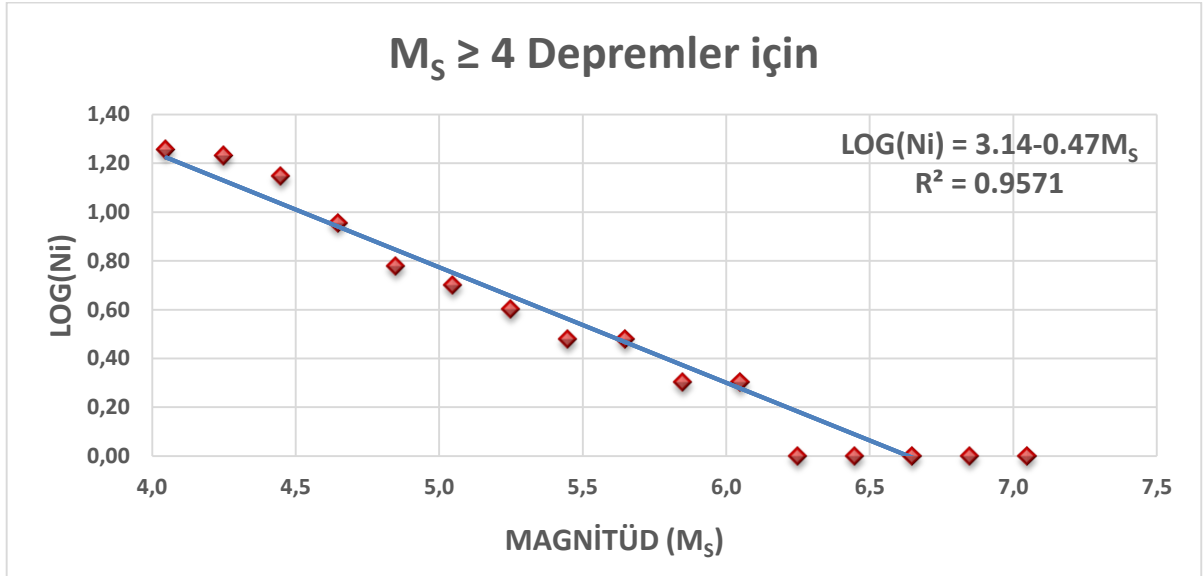
Şekil 21. Ordu İlinde 1900-2016 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episentr dağılım haritası.

Magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 10), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (17) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 22’de doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 3.14 - 0.47M_s \quad (17)$$

Tablo 10. Ordu ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

ORDU	Büyüklik (Ms)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyüklik	LogNi	a	b
	4.0-4.1	1	18	4,05	1,26		
4.2-4.3	3	17	4,25	1,23			
4.4-4.5	5	14	4,45	1,15			
4.6-4.7	3	9	4,65	0,95			
4.8-4.9	1	6	4,85	0,78			
5.0-5.1	1	5	5,05	0,70			
5.2-5.3	1	4	5,25	0,60			
5.4-5.5	0	3	5,45	0,48			
5.6-5.7	1	3	5,65	0,48			
5.8-5.9	0	2	5,85	0,30			
6.0-6.1	1	2	6,05	0,30			
6.2-6.3	0	1	6,25	0,00			
6.4-6.5	0	1	6,45	0,00			
6.6-6.7	0	1	6,65	0,00			
6.8-6.9	0	1	6,85	0,00			
7.0-7.1	1	1	7,05	0,00			

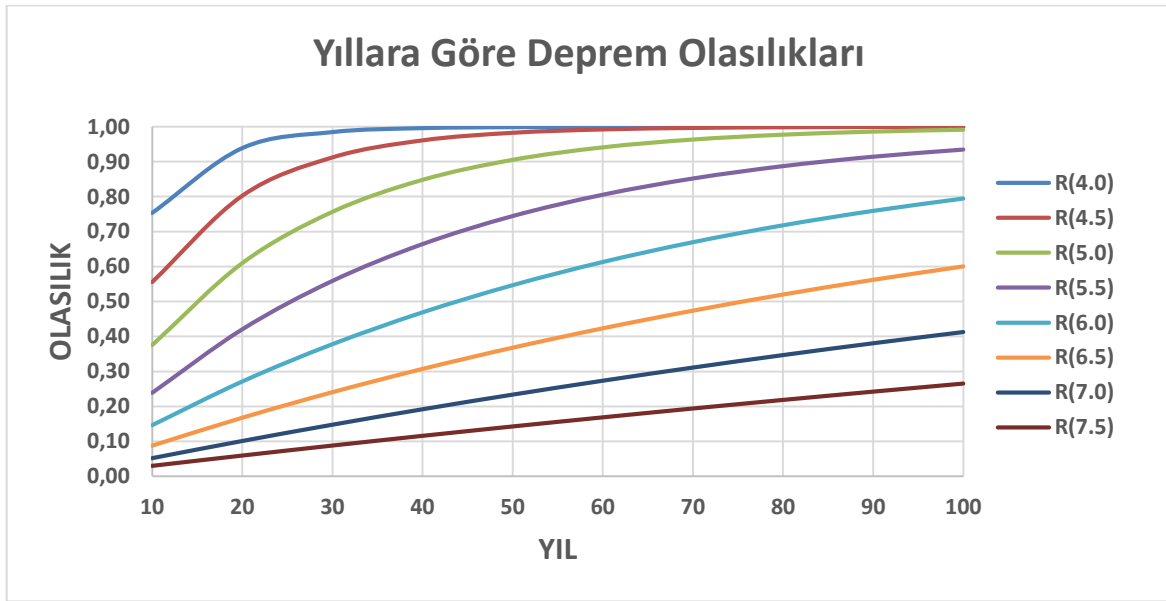


Şekil 22. Ordu ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı.

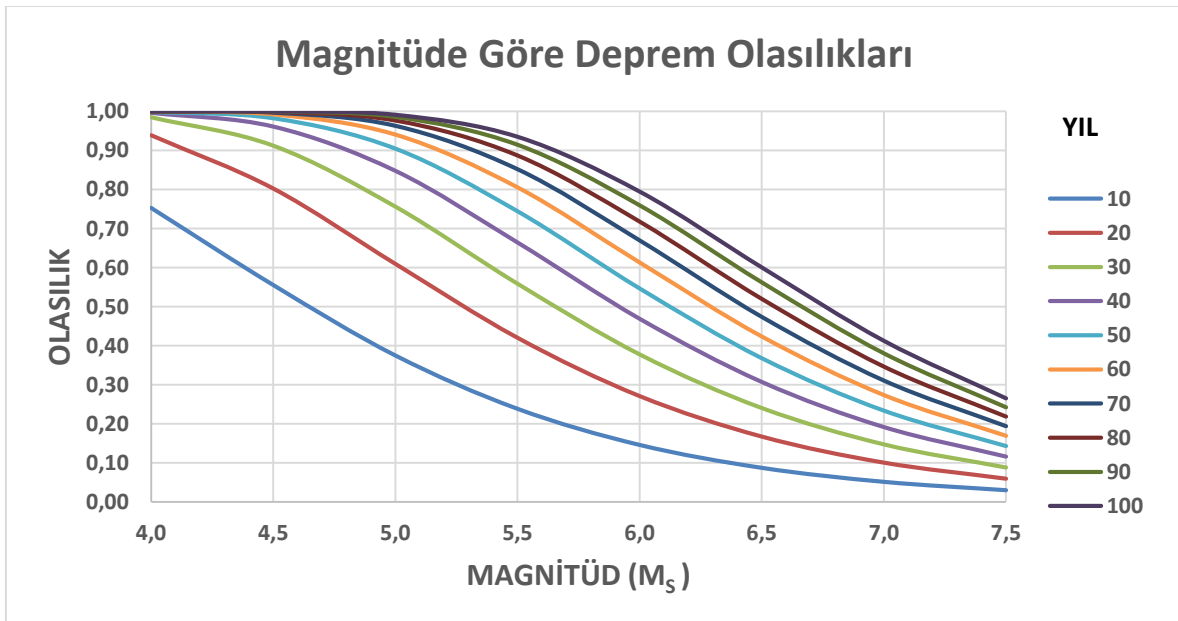
Çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10’ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları $R(M)$ ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyotları (Q) hesaplanmış (Tablo 11) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 23, Şekil 24).

Tablo 11. Ordu ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(Ms)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4,0	0,75	0,94	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,1
4,5	0,56	0,80	0,91	0,96	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	12,3
5,0	0,38	0,61	0,76	0,85	0,90	0,94	0,96	0,98	0,99	0,99	21,3
5,5	0,24	0,42	0,56	0,66	0,74	0,81	0,85	0,89	0,91	0,93	36,6
6,0	0,15	0,27	0,38	0,47	0,55	0,61	0,67	0,72	0,76	0,79	63,2
6,5	0,09	0,17	0,24	0,31	0,37	0,42	0,47	0,52	0,56	0,60	108,9
7,0	0,05	0,10	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,35	0,38	0,41	187,9
7,5	0,03	0,06	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,27	323,9



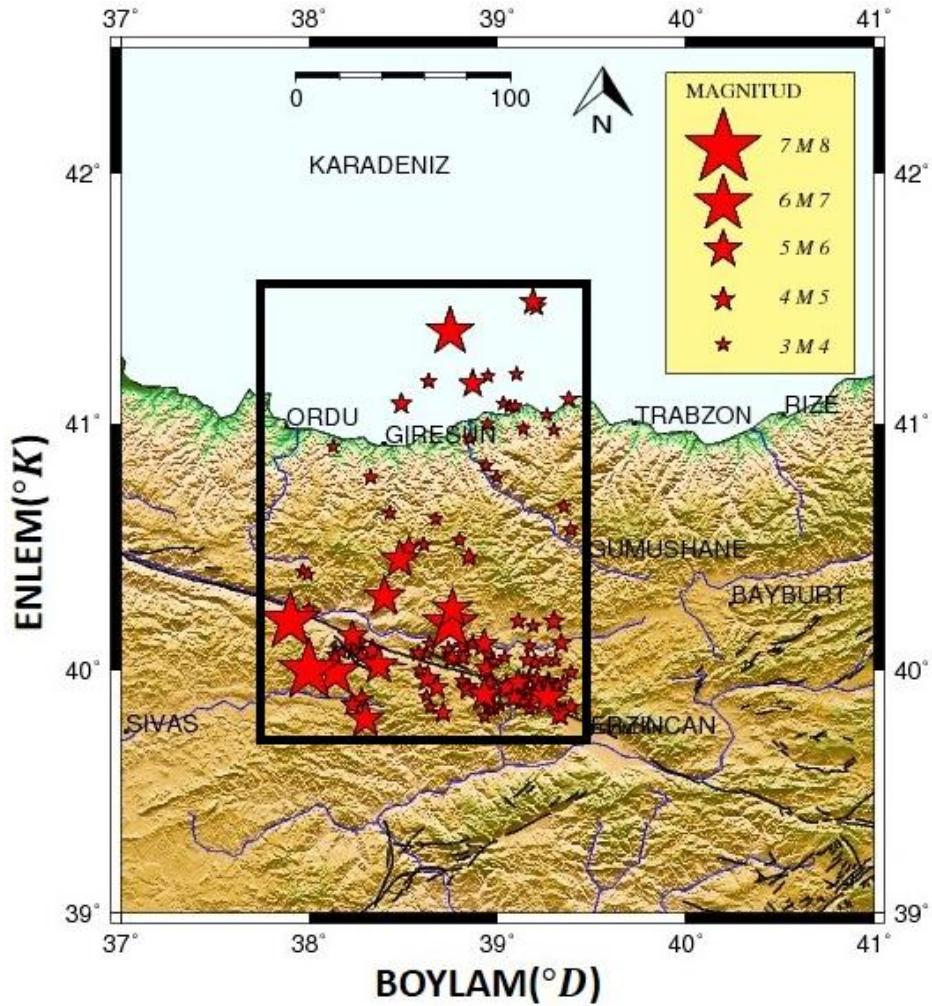
Şekil 23. Ordu ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlake) değerleri.



Şekil 24. Ordu ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri.

1.5.4. Giresun İli Depremselliği

Giresun ilinin depremselliğinin incelenmesinde Şekil 25’de gösterilen dikdörtgen çerçeve ile sınırlandırılmış alanda oluşan ve tamamlılık analizinden belirlenen $M_S \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır.



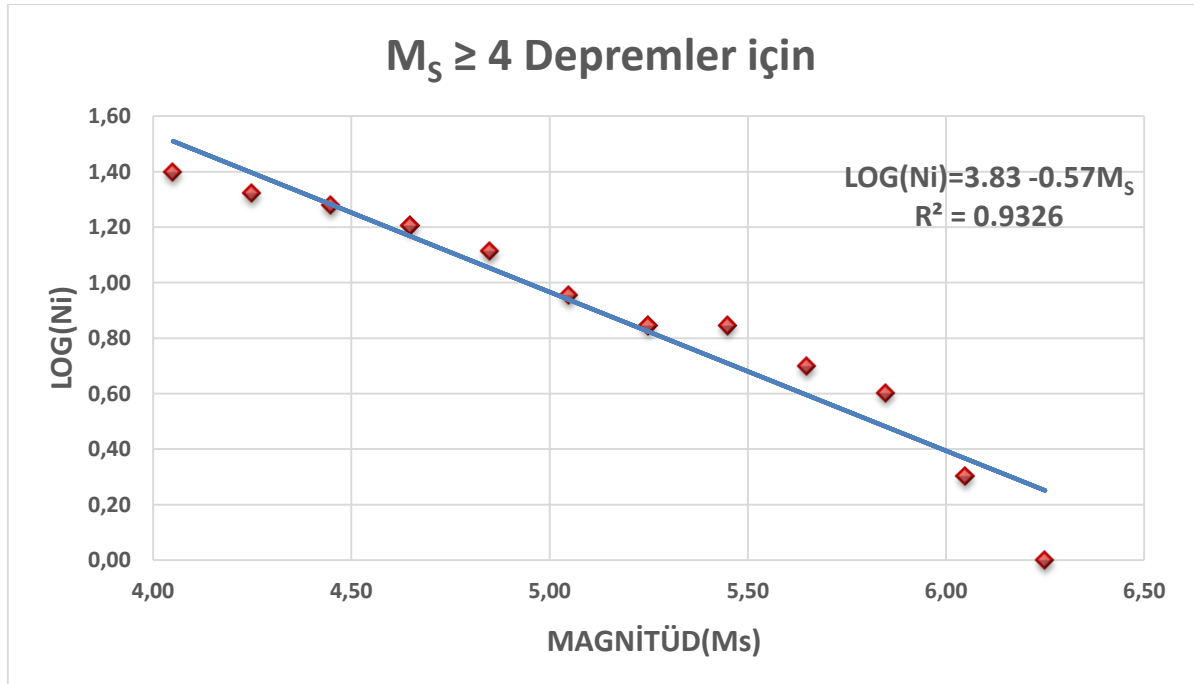
Şekil 25. Giresun İlinde 1900-2016 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantir dağılım haritası.

Magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 12), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (18) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 26’da doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 3.83 - 0.57M_s \quad (18)$$

Tablo 12. Giresun ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

GİRESUN	Büyükük (Ms)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyükük	LogNi	a	b
	4.0-4.1	4	25	4,05	1,40	3,83	0,57
	4.2-4.3	2	21	4,25	1,32		
	4.4-4.5	3	19	4,45	1,28		
	4.6-4.7	3	16	4,65	1,20		
	4.8-4.9	4	13	4,85	1,11		
	5.0-5.1	2	9	5,05	0,95		
	5.2-5.3	0	7	5,25	0,85		
	5.4-5.5	2	7	5,45	0,85		
	5.6-5.7	1	5	5,65	0,70		
	5.8-5.9	2	4	5,85	0,60		
	6.0-6.1	1	2	6,05	0,30		
6.2-6.3	1	1	6,25	0,00			

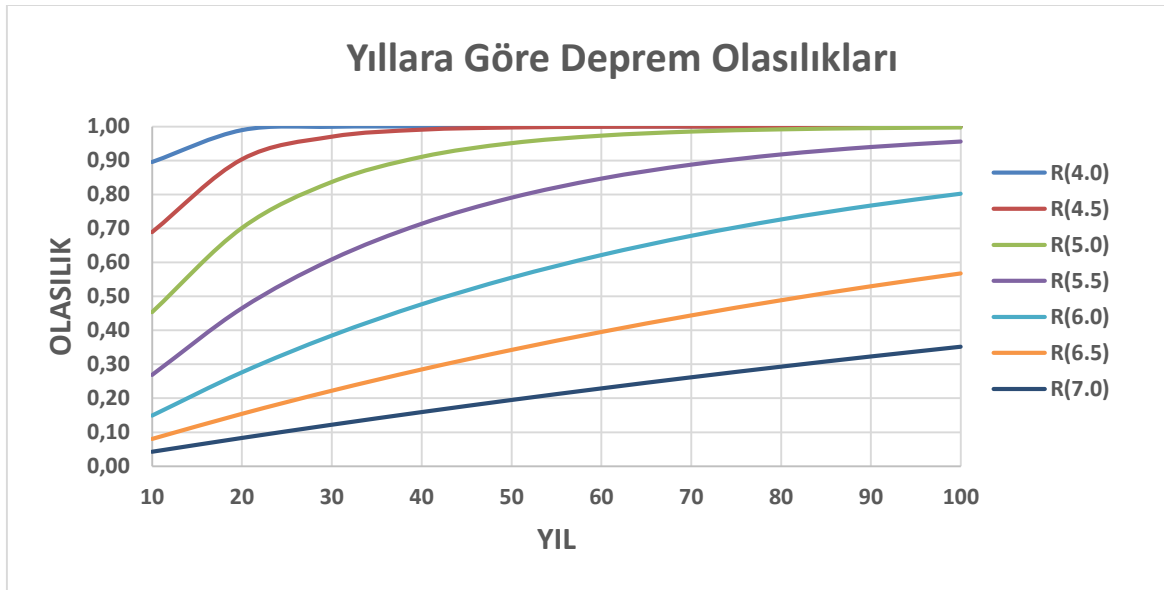


Şekil 26. Giresun ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı.

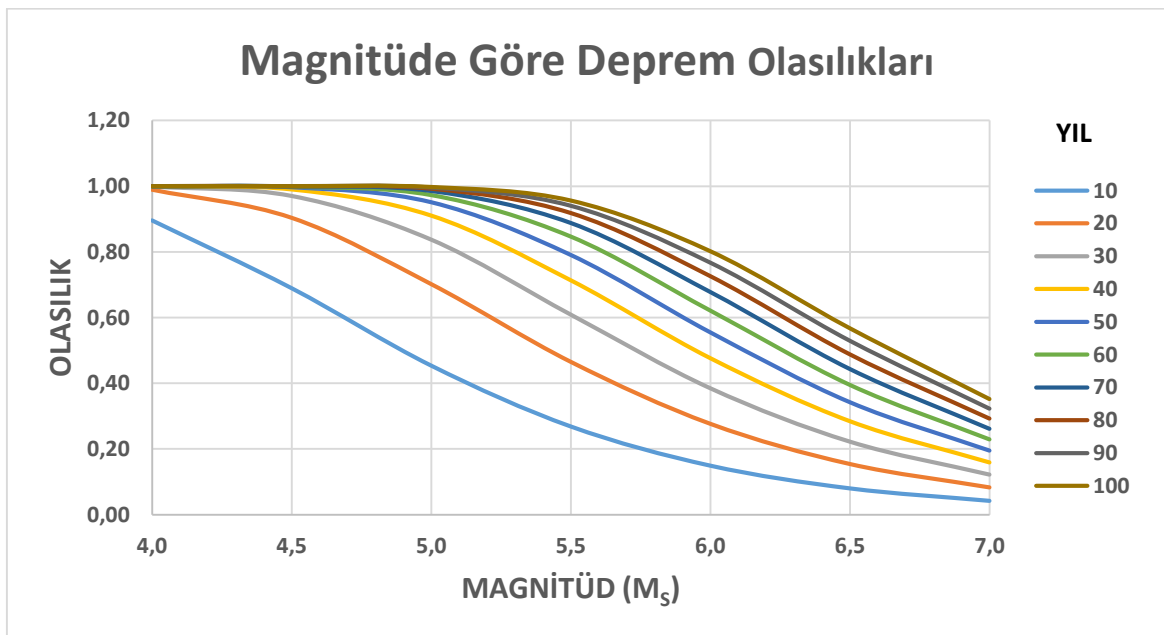
Çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10’ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları $R(M)$ ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyotları (Q) hesaplanmış (Tablo 13) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 27, Şekil 28).

Tablo 13. Giresun ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(M _s)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
4,0	0,90	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,4
4,5	0,69	0,90	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,6
5,0	0,45	0,70	0,84	0,91	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	16,5
5,5	0,27	0,47	0,61	0,71	0,79	0,85	0,89	0,92	0,94	0,96	0,96	32,0
6,0	0,15	0,28	0,38	0,48	0,55	0,62	0,68	0,73	0,77	0,80	0,80	61,8
6,5	0,08	0,15	0,22	0,28	0,34	0,39	0,44	0,49	0,53	0,57	0,57	119,4
7,0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,35	230,9



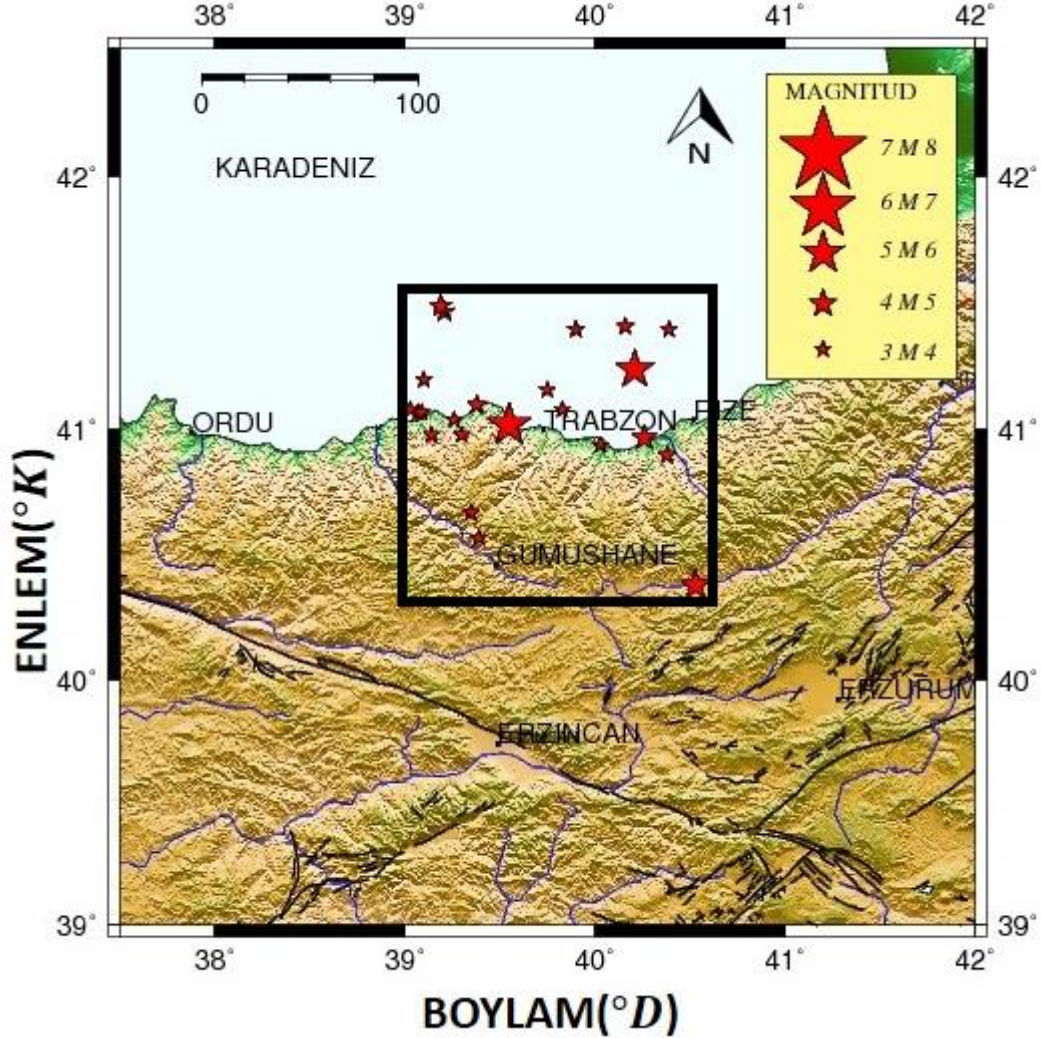
Şekil 27. Giresun ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyotlar için belirlenen deprem olasılık (tehlake) değerleri.



Şekil 28. Giresun ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri.

1.5.5. Trabzon İli Depremselliği

Trabzon ilinin depremselliğinin incelenmesinde Şekil 29’da gösterilen dikdörtgen çerçeve ile sınırlandırılmış alanda oluşan ve tamamlılık analizinden belirlenen $M_S \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır.



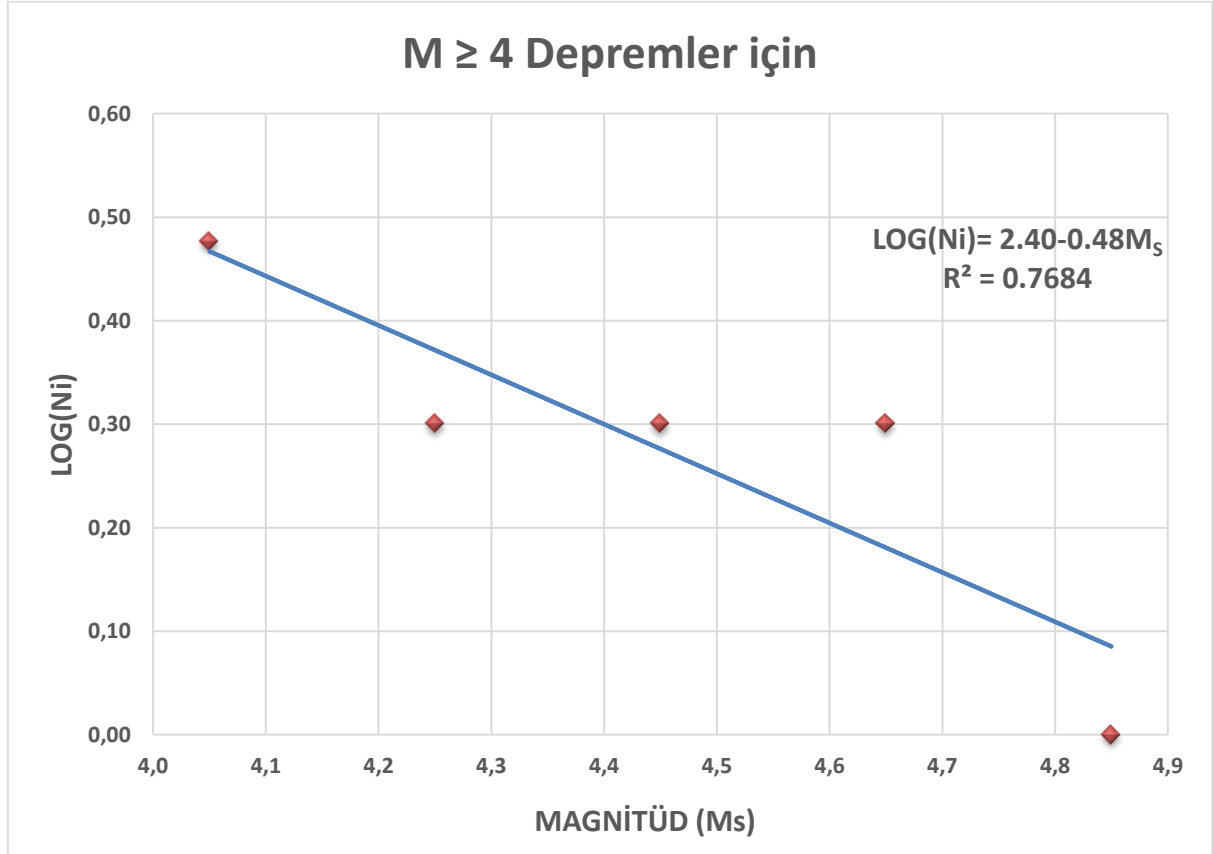
Şekil 29. Trabzon İli’nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası.

Magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 14), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (19) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 30’da doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 2.40 - 0.48M_s \quad (19)$$

Tablo 14. Trabzon ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

	Büyükük (Ms)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyükük	LogNi	a	b
TRABZON	4.0-4.1	1	3	4,05	0,48	2,40	0,48
	4.2-4.3	0	2	4,25	0,30		
	4.4-4.5	0	2	4,45	0,30		
	4.6-4.7	1	2	4,65	0,30		
	4.8-4.9	1	1	4,85	0,00		



Şekil 30. Trabzon ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı.

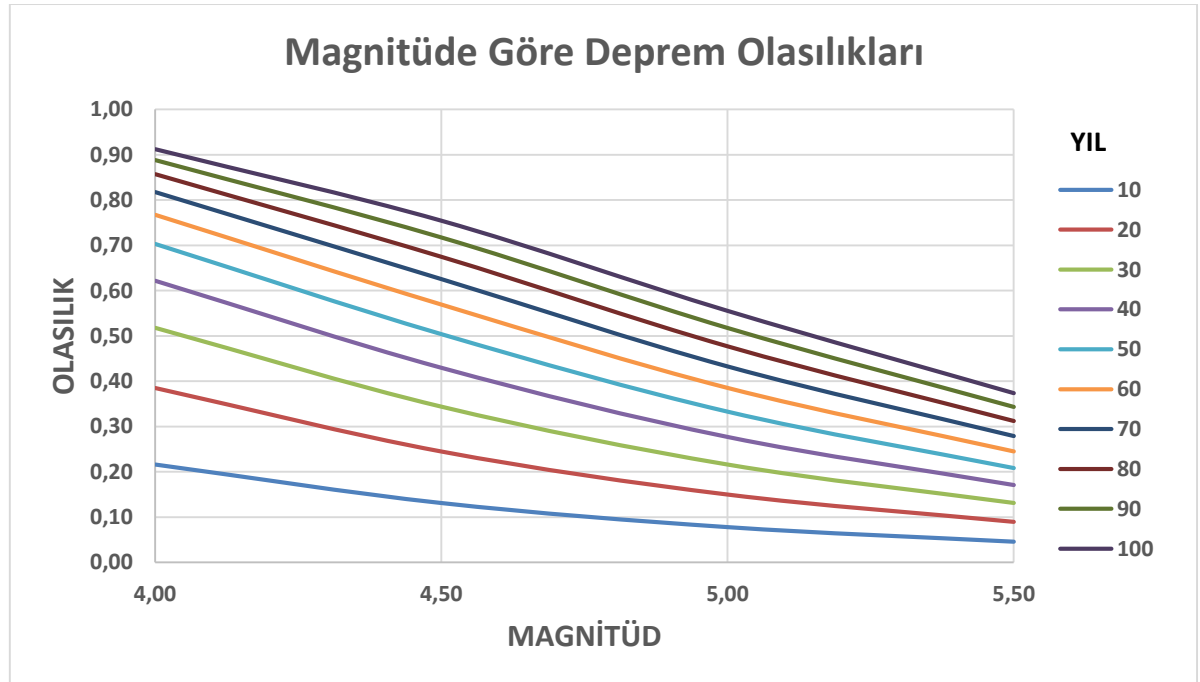
Çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10’ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları $R(M)$ ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyotları (Q) hesaplanmış (Tablo 15) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 31, Şekil 32).

Tablo 15. Trabzon ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(Ms)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4,0	0,22	0,38	0,52	0,62	0,70	0,77	0,82	0,86	0,89	0,91	41,2
4,5	0,13	0,24	0,34	0,43	0,50	0,57	0,63	0,67	0,72	0,75	71,3
5,0	0,08	0,15	0,22	0,28	0,33	0,38	0,43	0,48	0,52	0,56	123,5
5,5	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	213,9



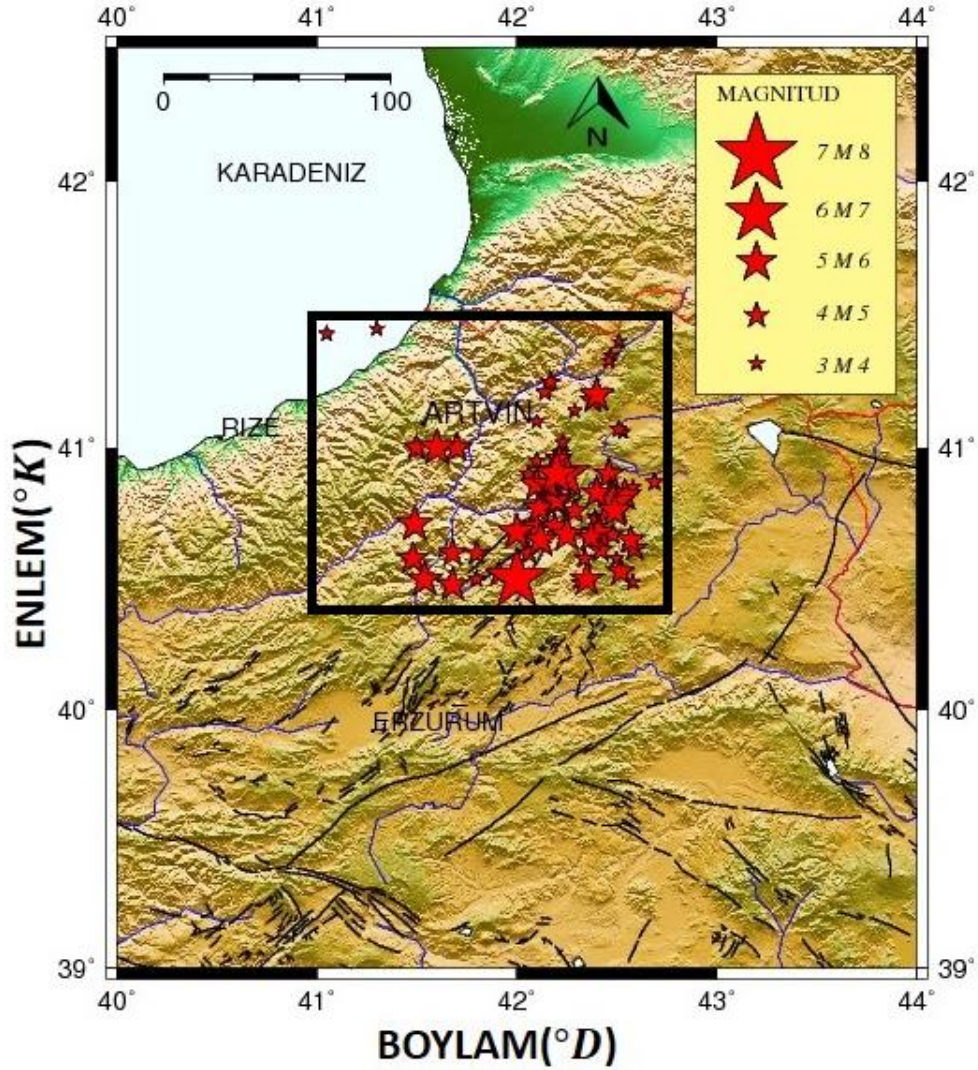
Şekil 31. Trabzon ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri.



Şekil 32. Trabzon ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri.

1.5.6. Artvin İli Depremselliği

Artvin ilinin depremselliğinin incelenmesinde Şekil 33'de gösterilen dikdörtgen çerçeve ile sınırlandırılmış alanda oluşan ve tamamlılık analizinden belirlenen $M_s \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır.



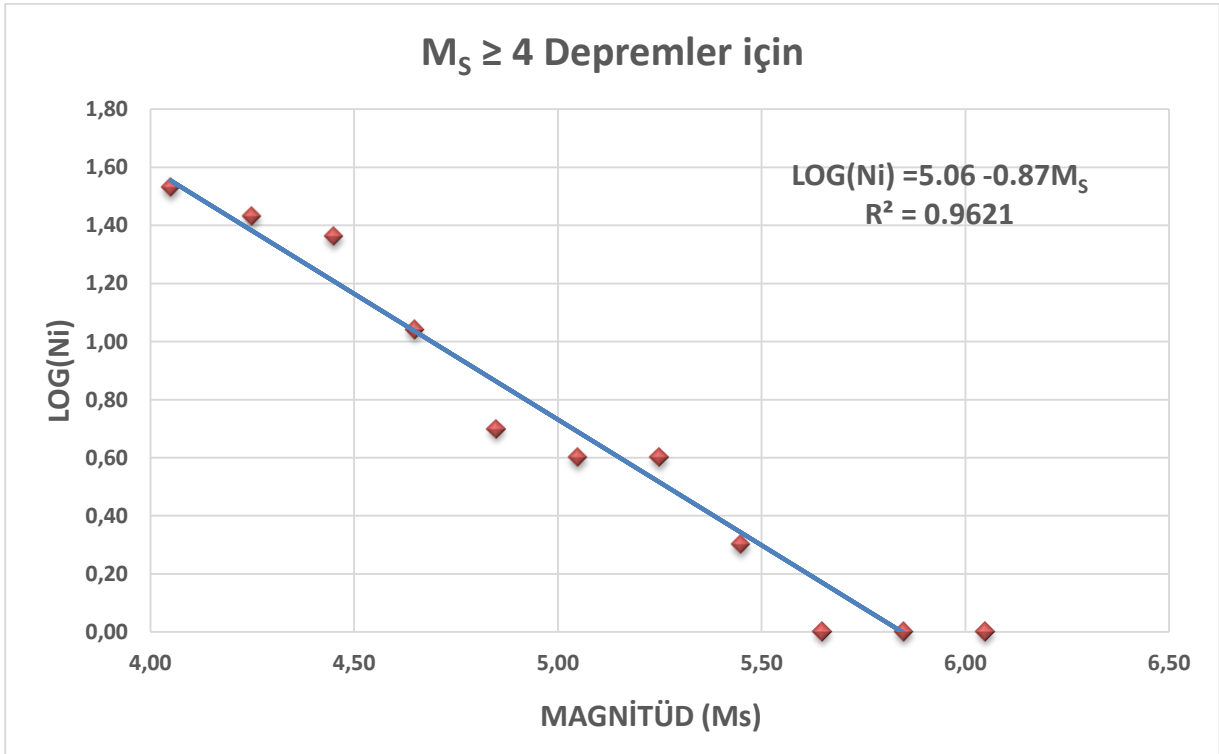
Şekil 33. Artvin İli'nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası.

Magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 16), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (20) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 34'da doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 5.06 - 0.87M_s \quad (20)$$

Tablo 16. Artvin ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

	Büyükük (Ms)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyükük	LogNi	a	b
ARTVİN	4.0-4.1	7	34	4,05	1,53	5,06	0,87
	4.2-4.3	4	27	4,25	1,43		
	4.4-4.5	12	23	4,45	1,36		
	4.6-4.7	6	11	4,65	1,04		
	4.8-4.9	1	5	4,85	0,70		
	5.0-5.1	0	4	5,05	0,60		
	5.2-5.3	2	4	5,25	0,60		
	5.4-5.5	1	2	5,45	0,30		
	5.6-5.7	0	1	5,65	0,00		
	5.8-5.9	0	1	5,85	0,00		
	6.0-6.1	1	1	6,05	0,00		

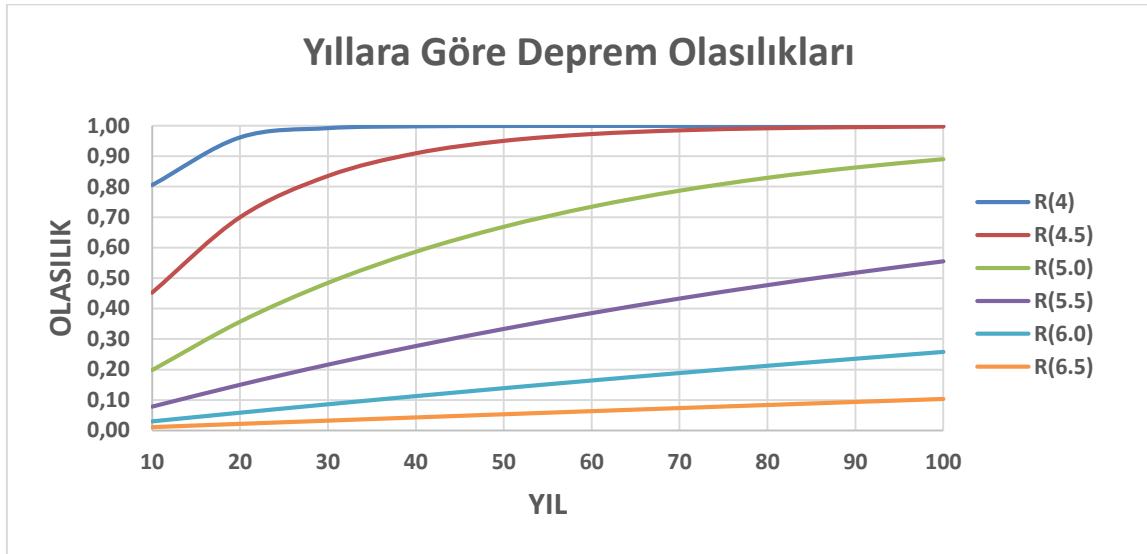


Şekil 34. Artvin ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı.

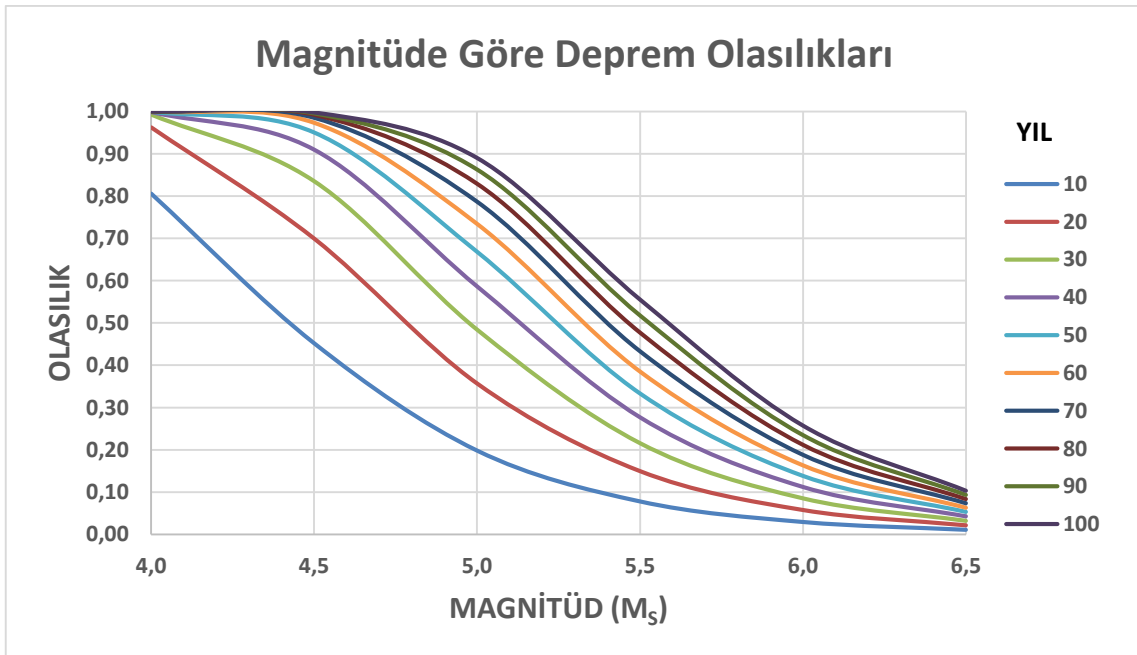
Çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10’ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları $R(M)$ ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyotları (Q) hesaplanmış (Tablo 17) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 35, Şekil 36).

Tablo 17. Artvin ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(M _s)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4,0	0,81	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,1
4,5	0,45	0,70	0,84	0,91	0,95	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	16,6
5,0	0,20	0,36	0,48	0,59	0,67	0,73	0,79	0,83	0,86	0,89	45,3
5,5	0,08	0,15	0,22	0,28	0,33	0,39	0,43	0,48	0,52	0,56	123,4
6,0	0,03	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,26	335,9
6,5	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	914,5



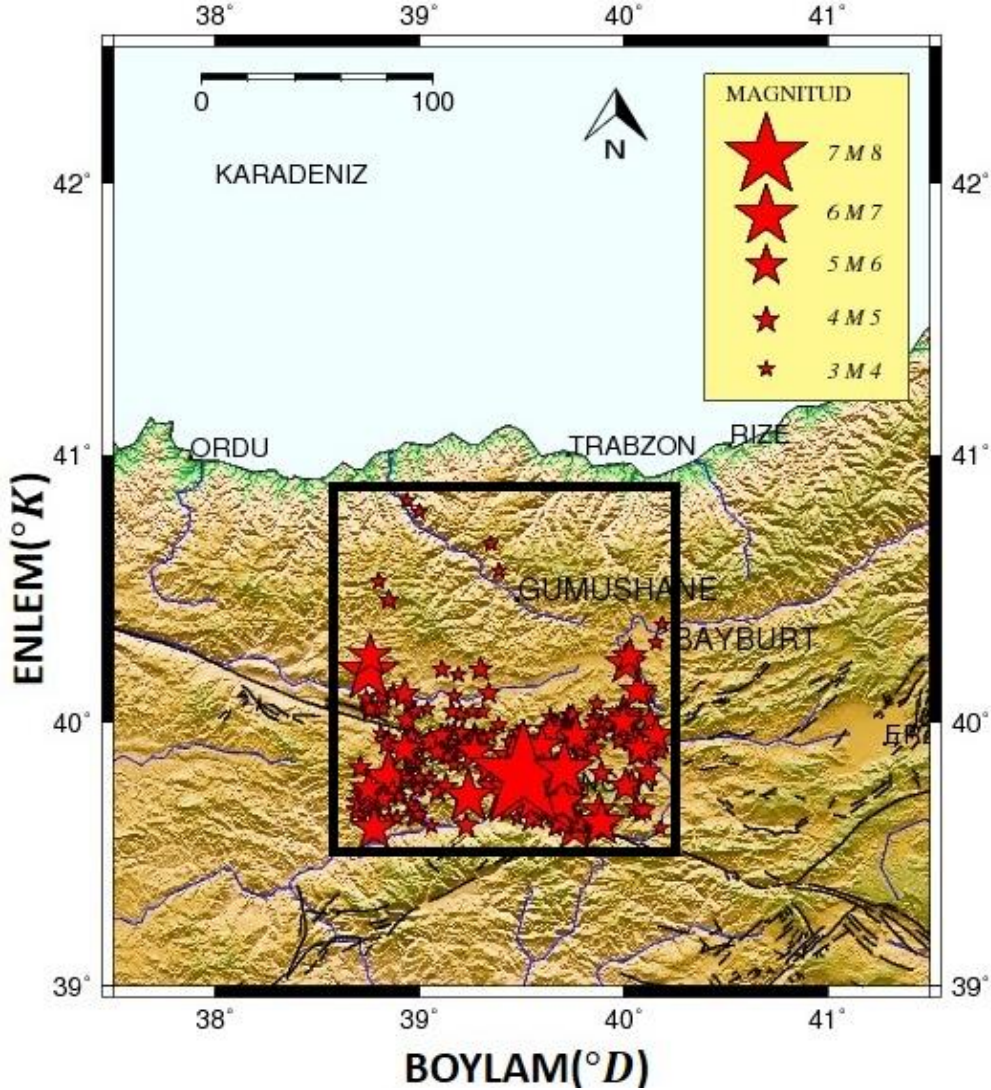
Şekil 35. Artvin ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyotlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri.



Şekil 36. Artvin ili ve çevresinde magnitüdeye göre belirlenen deprem olasılık değerleri.

1.5.7. Gümüşhane İli Depremselliği

Gümüşhane ilinin depremselliğinin incelenmesinde Şekil 37’de gösterilen dikdörtgen çerçeve ile sınırlandırılmış alanda oluşan ve tamamlılık analizinden belirlenen $M_s \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır.



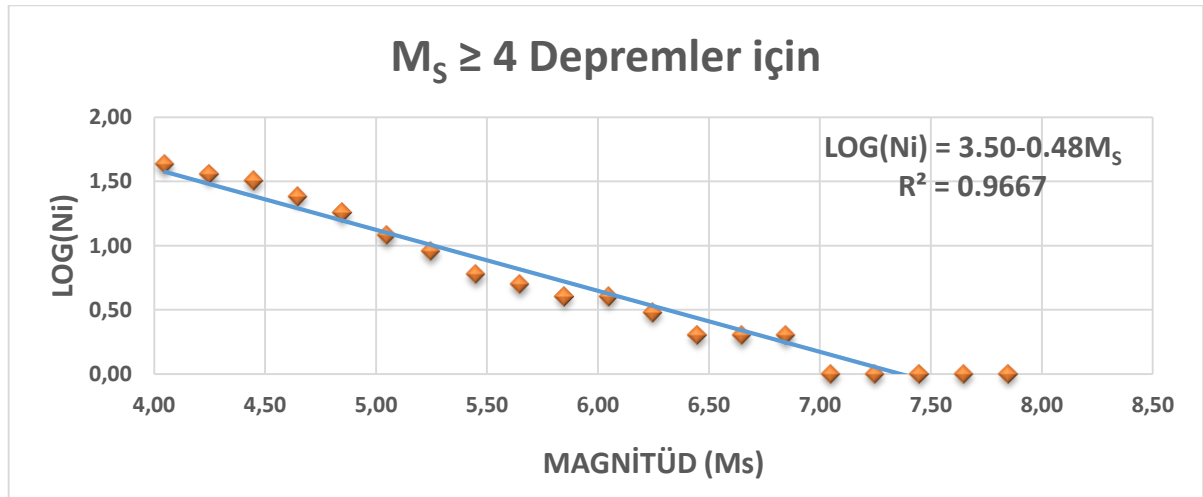
Şekil 37. Gümüşhane İli’nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantır dağılım haritası.

Magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 18), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (21) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 38’de doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 3.50 - 0.48M_s \quad (21)$$

Tablo 18. Gümüşhane ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

	Büyüklik (Ms)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyüklik	LogNi	a	b
	GÜMÜŞHANE	4.0-4.1	7	43	4,05	1,63	3,50
4.2-4.3		4	36	4,25	1,56		
4.4-4.5		8	32	4,45	1,51		
4.6-4.7		6	24	4,65	1,38		
4.8-4.9		6	18	4,85	1,26		
5.0-5.1		3	12	5,05	1,08		
5.2-5.3		3	9	5,25	0,95		
5.4-5.5		1	6	5,45	0,78		
5.6-5.7		1	5	5,65	0,70		
5.8-5.9		0	4	5,85	0,60		
6.0-6.1		1	4	6,05	0,60		
6.2-6.3		1	3	6,25	0,48		
6.4-6.5		0	2	6,45	0,30		
6.6-6.7		0	2	6,65	0,30		
6.8-6.9		1	2	6,85	0,30		
7.0-7.1		0	1	7,05	0,00		
7.2-7.3		0	1	7,25	0,00		
7.4-7.5		0	1	7,45	0,00		
7.6-7.7		0	1	7,65	0,00		
7.8-7.9		1	1	7,85	0,00		

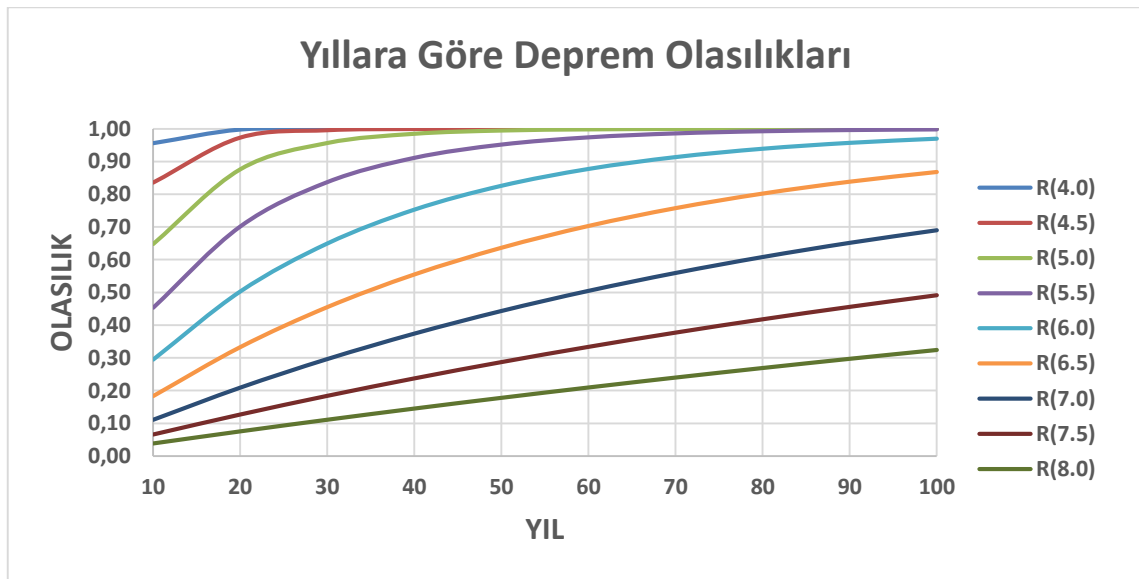


Şekil 38. Gümüşhane ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı.

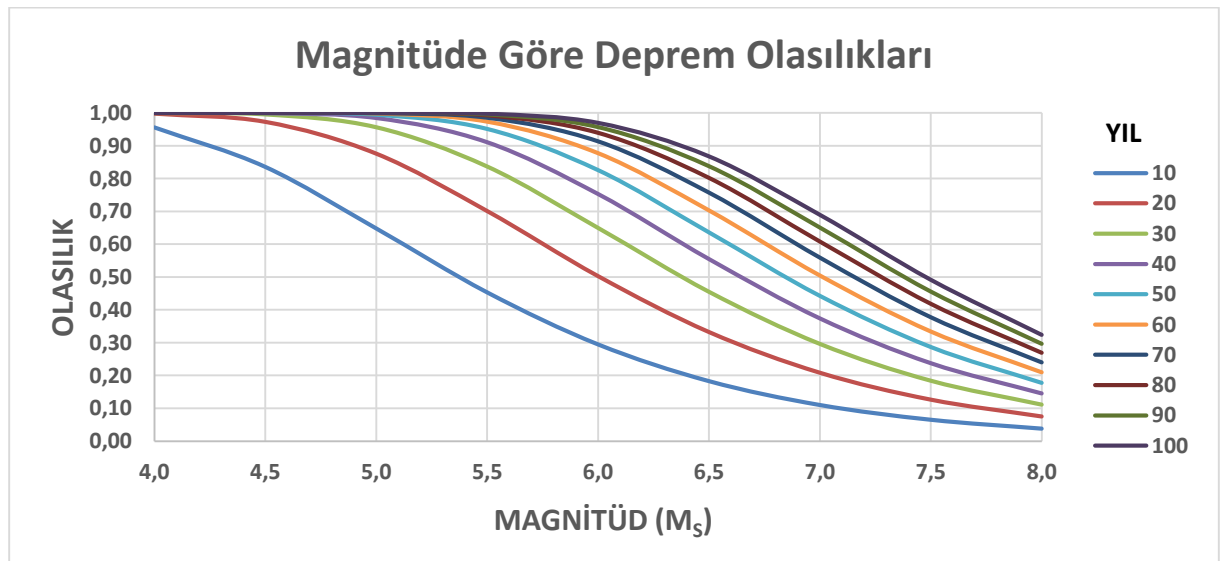
Çeşitli magnitütdedeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10’ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları R(M) ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyodları (Q) hesaplanmış (Tablo 19) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 39, Şekil 40).

Tablo 19. Gümüşhane ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(M)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4,0	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,20
4,5	0,84	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,54
5,0	0,65	0,88	0,96	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,57
5,5	0,45	0,70	0,84	0,91	0,95	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	16,55
6,0	0,30	0,50	0,65	0,75	0,83	0,88	0,91	0,94	0,96	0,97	28,60
6,5	0,18	0,33	0,45	0,55	0,64	0,70	0,76	0,80	0,84	0,87	49,45
7,0	0,11	0,21	0,30	0,37	0,44	0,50	0,56	0,61	0,65	0,69	85,47
7,5	0,07	0,13	0,18	0,24	0,29	0,33	0,38	0,42	0,46	0,49	147,75
8,0	0,04	0,08	0,11	0,14	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,32	255,41



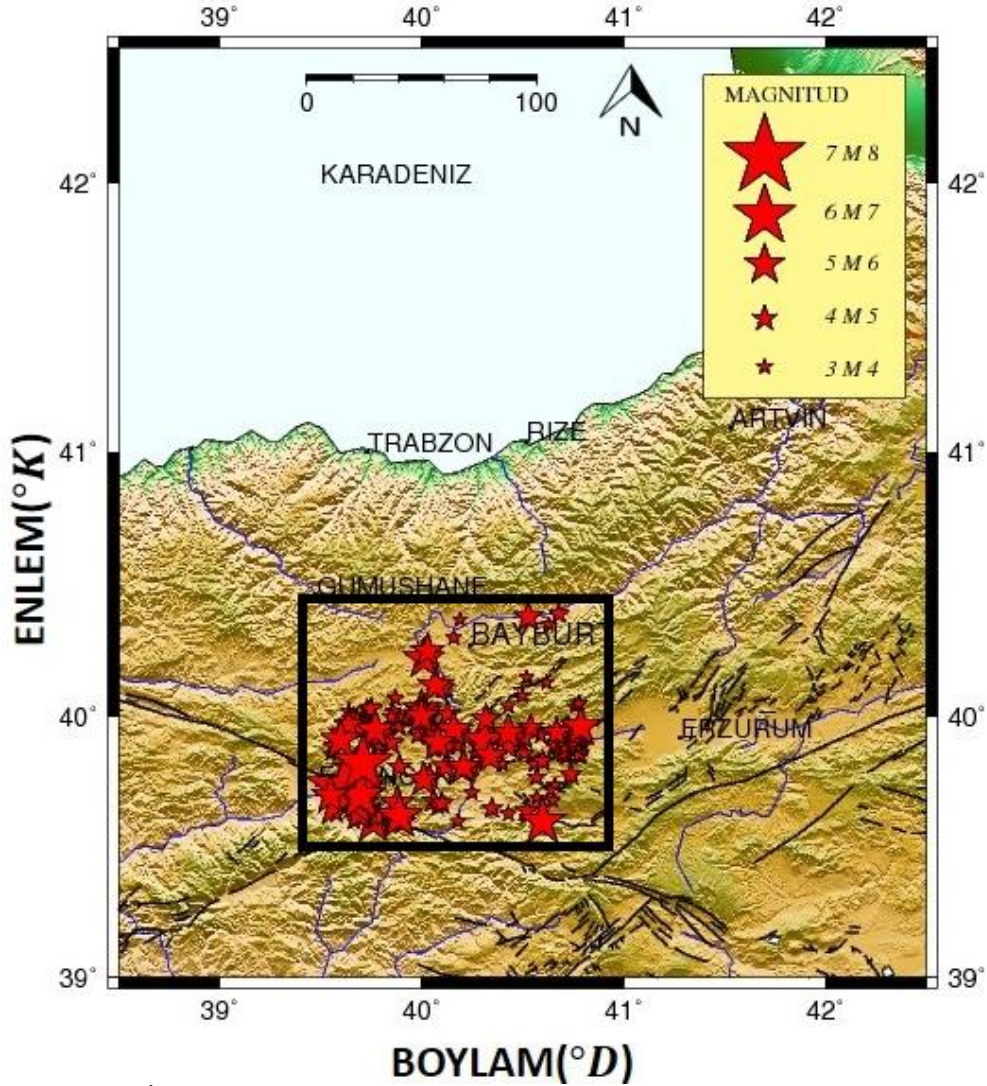
Şekil 39. Gümüşhane ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyodlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri.



Şekil 40. Gümüşhane ili ve çevresinde magnitüdeye göre belirlenen deprem olasılık değerleri.

1.5.8. Bayburt İli Depremselliği

Bayburt ilinin depremselliğinin incelenmesinde Şekil 41’de gösterilen dikdörtgen çerçeve ile sınırlandırılmış alanda oluşan ve tamamlılık analizinden belirlenen $M_s \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır.



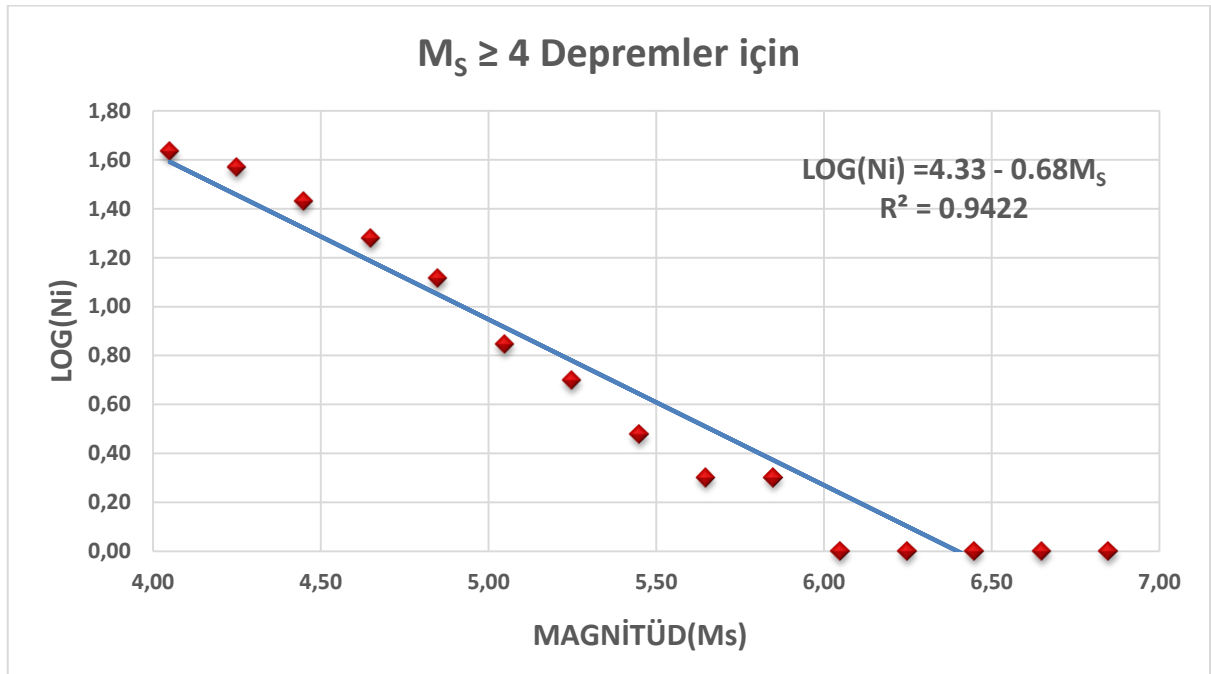
Şekil 41. Bayburt İli’nde 1900-2015 yıllarında meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre episantr dağılım haritası.

Magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli frekanslar belirlenmiş (Tablo 20), En Küçük Kareler yaklaşımı ile (22) bağıntısında verilen magnitüd-frekans ilişkisi hesaplanmış ve Şekil 42’de doğrusal ilişkinin grafiği gözlemsel değerlerle birlikte çizdirilmiştir.

$$\text{Log}(N_i) = 4.33 - 0.68M_s \quad (22)$$

Tablo 20. Bayburt ili ve çevresinde 1900-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı ile sınıflanması, kümülatif frekans değerleri ve bölge için hesaplanan “a” ve “b” değerleri.

BAYBURT	Büyükük (Ms)	Deprem Sayısı (N)	Ni	Ortalama Büyükük	LogNi	a	b
	4.0-4.1	6	43	4,05	1,63	4,34	0,68
	4.2-4.3	10	37	4,25	1,57		
	4.4-4.5	8	27	4,45	1,43		
	4.6-4.7	6	19	4,65	1,28		
	4.8-4.9	6	13	4,85	1,11		
	5.0-5.1	2	7	5,05	0,85		
	5.2-5.3	2	5	5,25	0,70		
	5.4-5.5	1	3	5,45	0,48		
	5.6-5.7	0	2	5,65	0,30		
	5.8-5.9	1	2	5,85	0,30		
	6.0-6.1	0	1	6,05	0,00		
	6.2-6.3	0	1	6,25	0,00		
	6.4-6.5	0	1	6,45	0,00		
	6.6-6.7	0	1	6,65	0,00		
6.8-6.9	1	1	6,85	0,00			

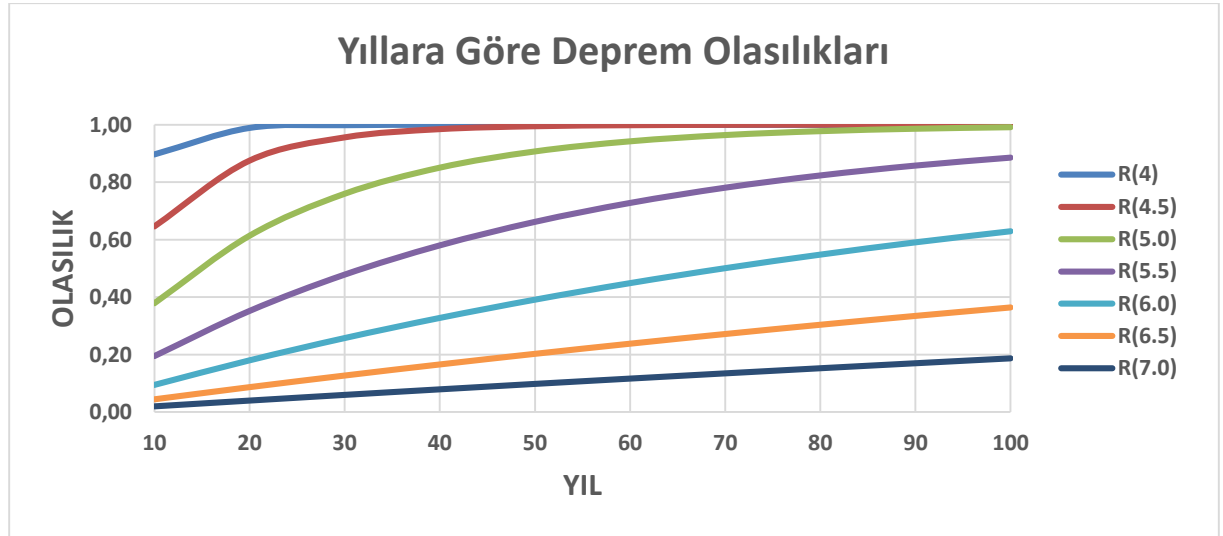


Şekil 42. Bayburt ili ve çevresi için EKK yöntemi ile elde edilen Magnitüd-Frekans grafiği. R; ilişki katsayısı.

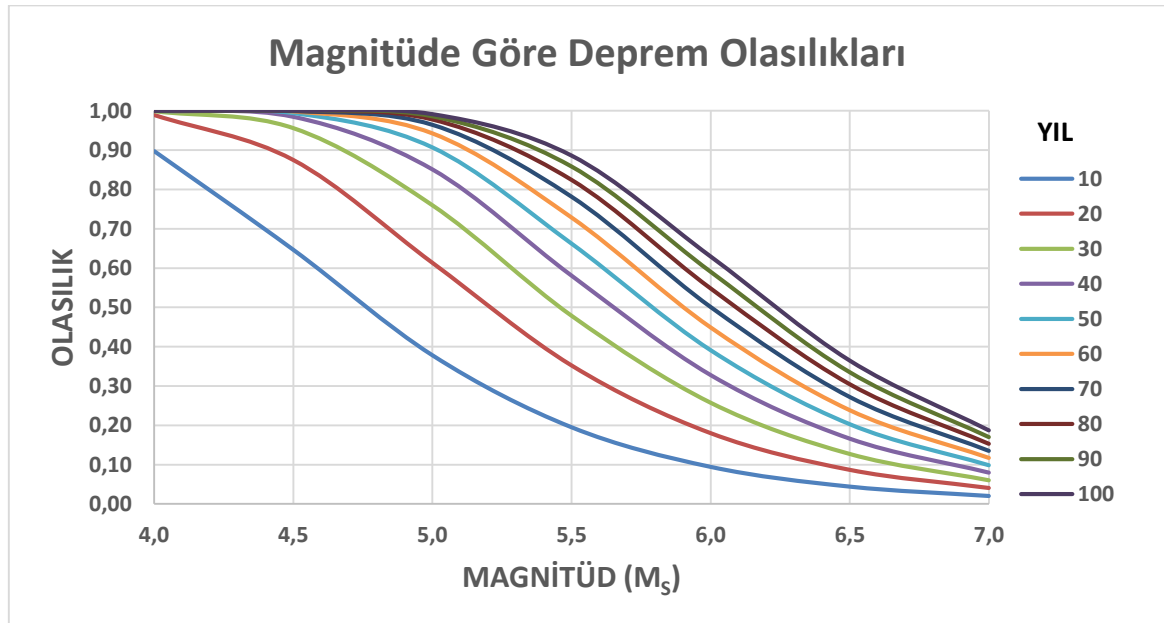
Çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10’ar yıllık periyotlarda depremlerin aşılma olasılıkları R(M) ve ortalama oluş sayıları hesaplanan depremlerin tekrarlanma periyotları (Q) hesaplanmış (Tablo 21) ve yıllara, magnitüdlere göre deprem olasılıkları (tehlike) çizdirilmiştir (Şekil 43, Şekil 44).

Tablo 21. Bayburt ili ve çevresinde oluşan depremlerden elde edilen deprem tehlikesi değerleri.

Magnitüd(Ms)	Sismik Risk R(M) Periyot(Yıl)										Tekrarlama Periyodu (Q) Yıl
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4,0	0,90	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,4
4,5	0,65	0,87	0,96	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,6
5,0	0,38	0,61	0,76	0,85	0,91	0,94	0,96	0,98	0,99	0,99	21,0
5,5	0,20	0,35	0,48	0,58	0,66	0,73	0,78	0,82	0,86	0,89	46,0
6,0	0,09	0,18	0,26	0,33	0,39	0,45	0,50	0,55	0,59	0,63	100,7
6,5	0,04	0,09	0,13	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,34	0,36	220,4
7,0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,19	482,2



Şekil 43. Bayburt ili ve çevresinde 10'ar yıllık periyotlar için belirlenen deprem olasılık (tehlike) değerleri.



Şekil 44. Bayburt ili ve çevresinde magnitüdlere göre belirlenen deprem olasılık değerleri.

1.6. İncelenen Alanın Tümü için Deterministik Deprem Tehlikesi

Deterministik olarak belirlenen deprem tehlikesi, zaman boyutundan bağımsız olarak, bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketinin düzeyidir. Bu çalışmada inceleme alanının tamamı için deterministik deprem tehlike haritaları KAFZ üzerinde oluşabilecek $M_s = 7.9$ magnitüdü 26.12.1939 Erzincan (Şekil 45) ve $M_s = 7.0$ magnitüdü 20.11.1942 Tokat (Şekil 46) depremlerinin bu alan sınırları içinde oluşturabileceği şiddet ve ivme değerleri kullanılarak hazırlanmıştır.

Bu depremler neticesinde oluşacak zemin-bağımsız deprem şiddetleri Erdik ve diğ. (1983) tarafından KAFZ boyunca oluşan depremlerle ilişkili olarak var olan eşşiddet haritalarından yararlanarak fay izine dik olacak şekilde geliştirilen ve (23) bağıntısında verilen azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır.

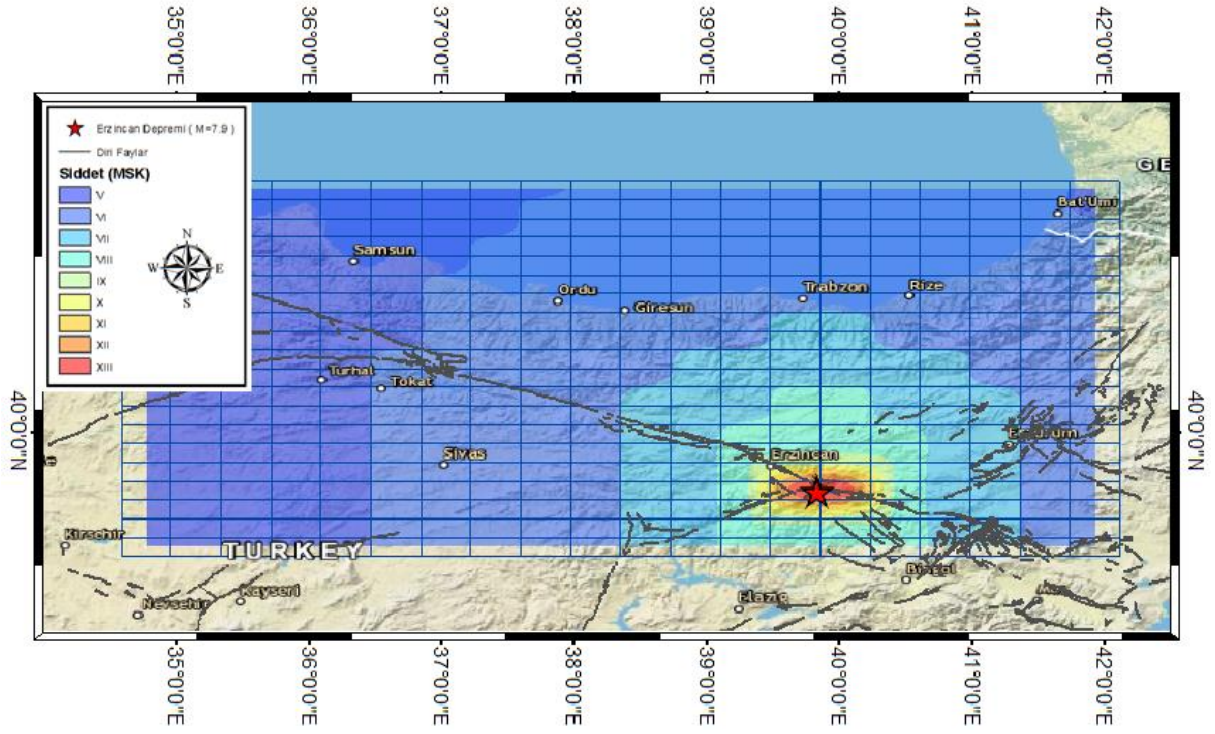
$$I = 0.34 + 1.54M_s - 1.24 \ln R \quad (23)$$

Burada; I: MSK ölçeğinde şiddet, M_s : Yüzey dalgası magnitüdü, R: Faya en yakın (km cinsinden) uzaklıktır. İnceleme alanının ivme dağılım haritası İnan (1998) tarafından 1976 yılından beri Türkiye’de kaydedilen 418 ivme kaydının maksimum yatay bileşenini kullanarak elde ettikleri (24) bağıntısı ile verilen azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır.

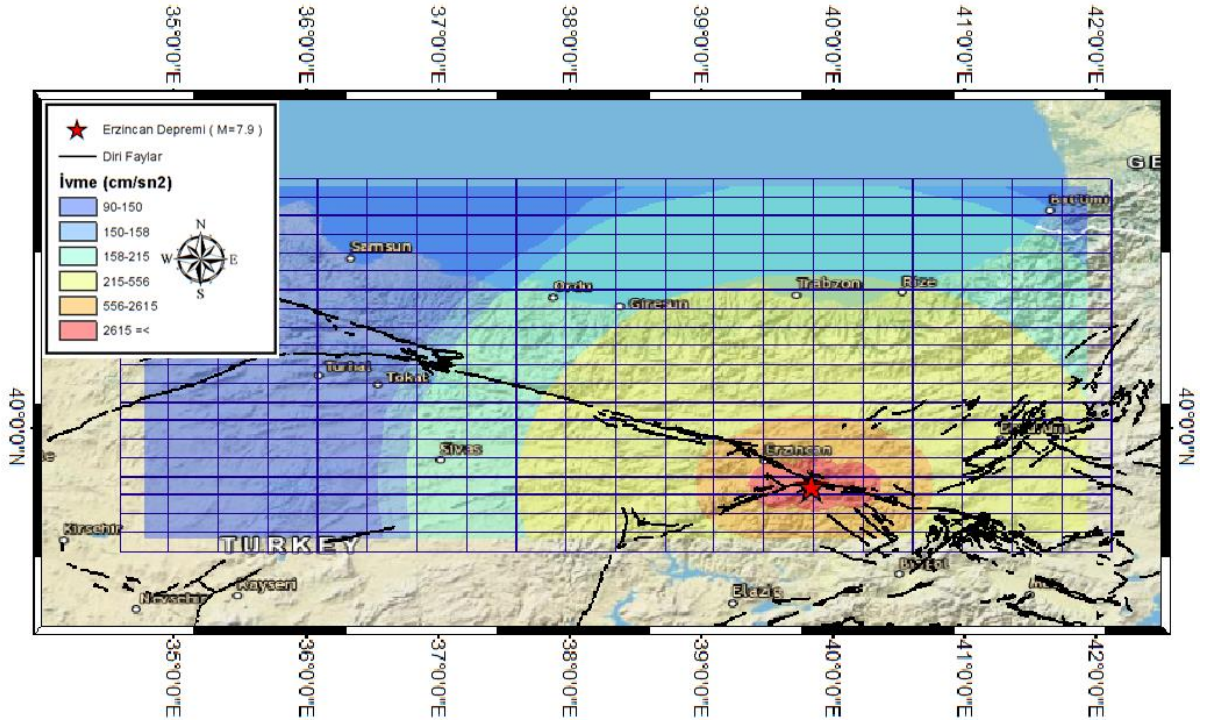
$$\text{LogPA} = 0.56M - 0.827 \log R - 0.236 \quad (24)$$

Burada; PA: Maksimum yatay ivme ($\text{gal} = \text{cm}/\text{sn}^2$ cinsinden), M: Magnitüd, R: Faya olan en kısa (km. cinsinden) uzaklıktır.

ŞİDDET HARİTASI

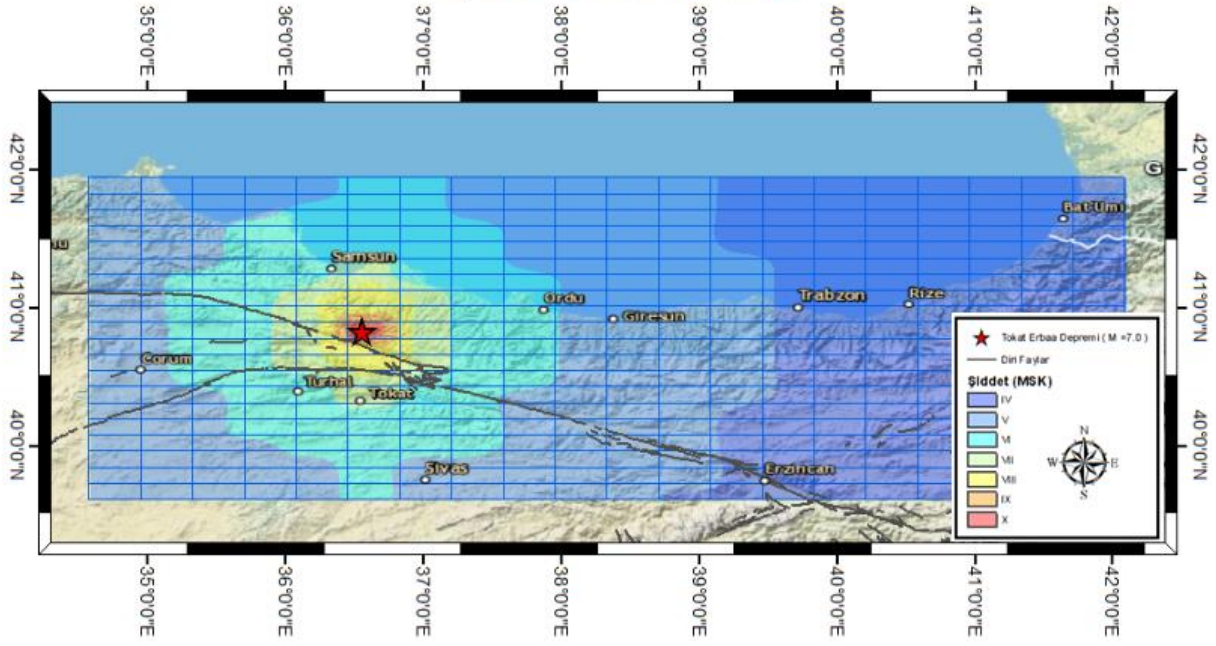


İVME HARİTASI

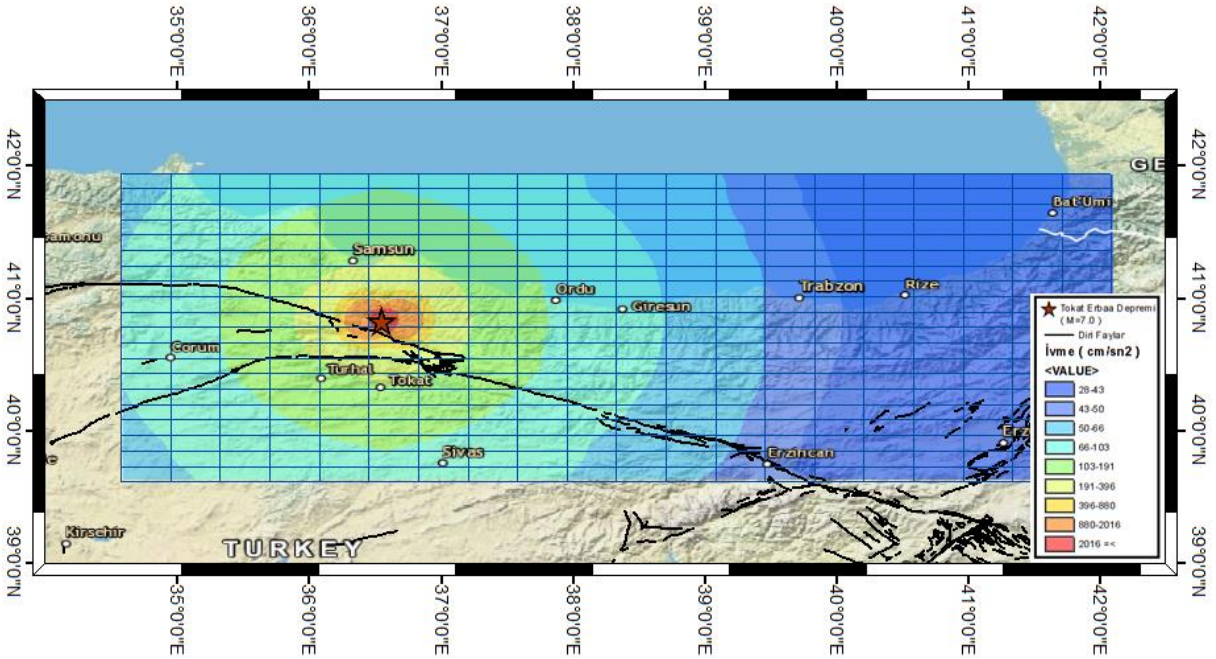


Şekil 45. KAFZ üzerinde oluşabilecek $M_S = 7.9$ magnitudlü Erzurum depreminin bu alan sınırları içinde oluşturabileceği eşşiddet ve eş-ivme haritaları.

ŞİDDET HARİTASI



İVME HARİTASI



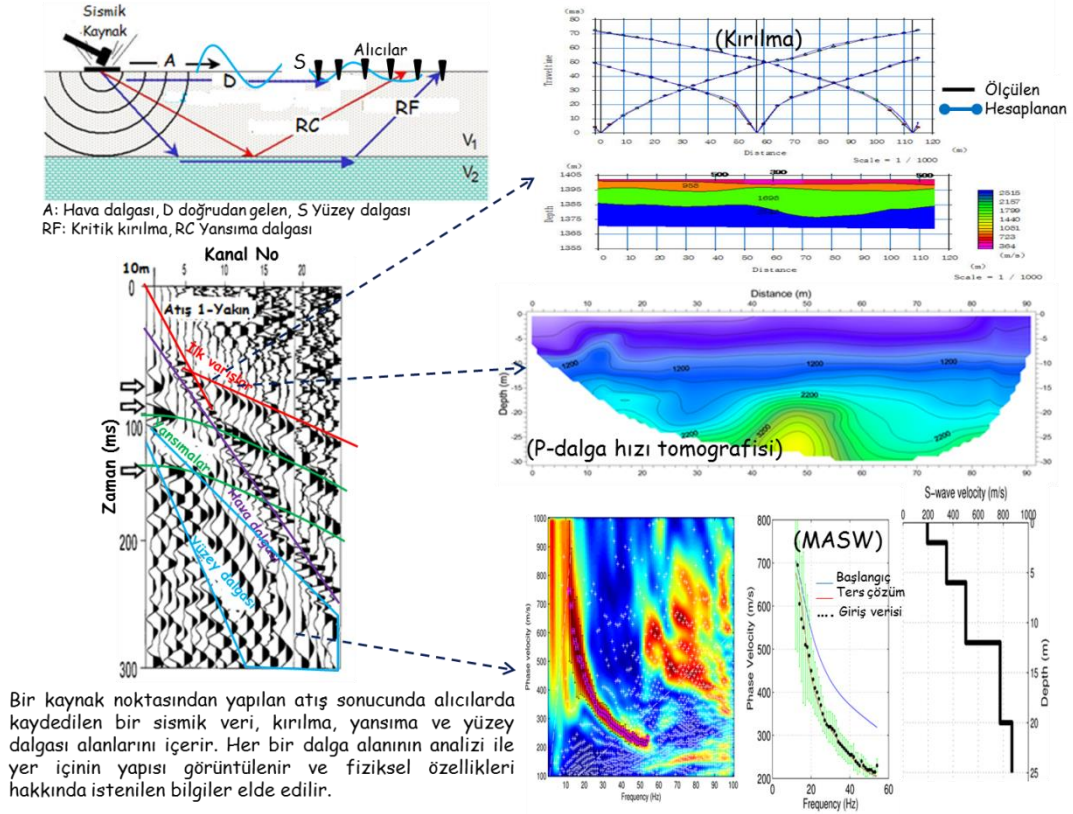
Şekil 46. KAFZ üzerinde oluşabilecek $M_S=7.0$ magnitüdü Tokat depreminin bu alan sınırları içinde oluşturabileceği eşşiddet ve eş-ivme haritaları.

2. SİSMİK VE ELEKTRİK ÖLÇÜM ANALİZLERİ

Jeofizik mühendisliği yöntemlerinden sismik ve elektrik öz direnç yöntemleri, depolama alanının zemininin (toprak+kaya) jeoteknik özelliklerinin, dinamik elastik parametrelerinin ve yeraltı su seviyesinin belirlenmesinde vazgeçilmez ve en yaygın kullanım alanına sahip yöntemlerdir.

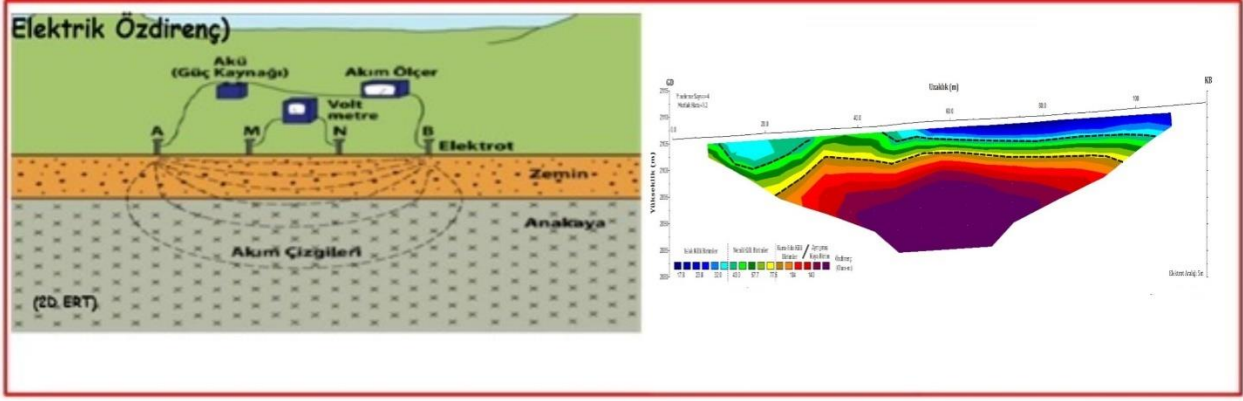
Bu proje kapsamında Sismik ölçümler, sismik kırılma ve yüzey dalgası analiz (MASW) ölçümlerini ve elektrik öz direnç ölçümler ise tomografik ölçümleri içermektedir. Buna göre toplam 25 adet sismik kırılma, 25 adet MASW ve 25 adet elektrik tomografi ölçümü yapılmıştır. Yapılan tüm ölçümlerden elde edilen verilerin analiz ve yorumları aşağıda verilmiştir. P-dalgası kayıtlarından depolama alanının sismik profiller boyunca tabaklanma geometrisi belirlenmiş ve yüzey dalgası analizlerinden S-dalgası derinlik-hız profili hesaplanmıştır. Elde edilen P- ve S- dalga hızlarından ortama ait dinamik parametreler, Young modülü, kayma modülü, hacim modülü, yatak katsayısı, emniyetli taşıma gücü, Poisson oranı, gözeneklilik değerleri elde edilmiştir. Bu bilgiler birlikte yorumlanarak depolama alanının zemin karakteri ortaya koyulmuş ve katı atık depolama için uygunluğu değerlendirilmiştir. Elektrik ölçümlerden yeraltı su seviyesi, killi birimlerin varlığı, geçirimli-geçirimsiz seviyelerin varlığı belirlenmeye çalışılmış ve depolama açısından yorumlanmıştır.

Sismik yöntemlerin esası elastik dalgaların yer içinde kırılma ve yansıma ilkelerine bağlıdır. Yüzeyde suni bir kaynak vasıtasıyla oluşturulan deformasyondan (gerilme ve yamulma) dolayı oluşan boyuna (P-dalgaları) ve enine (S-dalgaları) dalgalar yer içinde elastik empedans (yoğunluk değişimi ihmal edilirse sadece hız değişimine bağlı akustik empedans) değişimi olan yüzeylerde yansır, kırılır ve tekrar yüzeye dönerek alıcılarda zamanın fonksiyonu olarak kaydedilir. Kaydedilen bu varışlar amaca göre analiz edilerek (Şekil 1) yer içine ait boyuna (P)- V_p ve enine (S)- V_s dalgası hızları ve bu hızlara bağlı olarak birçok elastik parametre hesaplanarak yer içinin jeoteknik değerlendirmesi yapılır.



Şekil 47. Sismik yöntemlerde veri toplama, toplanan veri örneği ve bu verinin farklı kısımlarından elde edilen çıktıların şematik gösterimi.

Elektrik özdirenç yöntemleri yere verilen akımın yer içinde yayılırken yer içi malzemelerinin elektrik akımına karşı direnç özelliklerine göre oluşan potansiyel farkın değişiminin ve dolayısıyla görünür özdirencin ölçülmesi esası üzerine geliştirilen yöntemlerdir (Şekil 2). Elektrik özdirenç temel hedef yeraltı su seviyesinin ve su akış rejiminin belirlenmesidir. Çünkü depolama alanı yer seçimlerinde temel husus, atıklardan sızması muhtemel olan kirli suların yeraltı suyuna karışmasının önlenmesi ve bu yönde gerekli tedbirlerin alınması son derece önem arz etmektedir. Bununla birlikte, geçirimsizlik, nemlilik, tuzluluk, boşluk ve ayrışma derecelerinin belirlenmesinde (çökme ve oturma durumları) çok etkin ve yaygın kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca, sismik yöntemlerle karşılaştırma yapma açısından temel kaya derinliği ve topoğrafyası, yanal ve düşey yöndeki litolojik değişim, fay ve çatlak sistemleri gibi kırıklı yapılar tespitinde etkin olarak kullanılmaktadır.



Şekil 48. Elektrik özdirenç yönteminde veri toplama ve bu veriden elde edilen tomografik yer kesitinin şematik gösterimi.

2.1. Sismik ve Elektrik Veri Toplama

Sismik ölçümlerde 80876 seri numaralı Seistronix Ras-24 marka sismograf, 4.5 Hz' lik 12 adet düşey bileşenli jeofon (P-jeofonu), kaynak olarak 9 kg ağırlığındaki balyoz ve çelik levha (20x20x5cm) kullanılmıştır. Her bir profilde sismik kırılma ölçümü için 5 atış (kaynak noktaları: 0, 19.5, 28.5, 37.5 ve 57 m.) yapılmıştır. Tüm sismik ölçümler için jeofon aralıkları 3 m. ve ilk alıcı mesafesi 12 metredir. Kayıt parametreleri sismik kırılma için zaman örnekleme aralığı 0.25 msn. ve kayıt uzunluğu 0.5 sn, MASW ölçümleri için ise örnekleme aralığı 0.5 msn. ve kayıt uzunluğu 1.0 sn olarak seçilmiştir. Her bir atış noktasında verilerin sinyal/gürültü oranını güçlendirmek için 3 vuruş yapılarak elde edilen kayıtlar üst üste aritmetik olarak toplanarak düşey yığıma yapılmıştır.

Elektrik özdirenç tomografi verileri Ambrogeo marka, Mangusta model 48 elektrotlu cihaz ve ekipmanları ile toplanmıştır. Elektrot aralıkları ölçüm yerlerindeki arazi şartları göz önüne alınarak 3m (Ordu İli Işıktepe-1, 2; Giresun İli Ağalık-1, 2; Trabzon İli Ovacık-1, 2 profilleri), 4m (Gümüşhane İli Kazantaş-2 profili) ve 5m (Samsun İli Vezirköprü-1,2 ve Bafra-1,2; Ordu İli Esence-1,2; Trabzon İli Çamburnu-1,2; Artvin İli Murgul-1,2; Gümüşhane İli Yenice-1,2 ve Kazantaş-1; Bayburt İli Merkez-1,2 ve Balkaynak-1 profilleri) olacak şekilde belirlenmiştir. Çalışmada toplam 24 elektrot kullanılmıştır.

2.2. Sismik ve Elektrik Verilerin Değerlendirilmesi

Sismik verilerin tüm analizleri SeisImager yazılımı ve elektrik verilerin tüm analizleri Res2Dinv yazılımları ile gerçekleştirilmiştir. Sismik veriler geleneksel sismik kırılma veri toplama düzeninde kaydedilmiş olup, tomografik ters çözüm yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bunun için her bir sismik kayıttan ilk varış zamanları okunmuş ve tomografik ters çözüm ile ilgili profillere ait olan yer altı P dalgası hız kesitleri elde edilmiştir. Elde edilen bu hız

kesitleri üzerinden ortama ait tabakalanma durumu ve her bir tabakaya ait P dalgası hız değerleri belirlenmiştir. Her bir profile ait MASW kayıtlarının yüzey dalgası dalga alanlarından Rayleigh dalgası dispersiyon eğrisi frekans hız dönüşümü sayesinde belirlenmiş ve elde edilen bu dispersiyon eğrisinin ters çözümünden ortama ait 1 boyutlu S dalgası (Kayma dalgası) hız-derinlik profilleri hesaplanmıştır. Bu profillerden derinlik boyunca P dalgası hız-derinlik değişimine karşılık gelecek şekilde ortalama S dalgası hız değerleri belirlenmiştir.

Özdirenç yönteminde, 2 boyutlu kesit oluşturmak için en fazla uygulanan yöntem tomografi ölçümleridir. Bu yöntemle, yeraltındaki kayaçların özdirençlerine bağımlı olan görünür özdirenç belirlenerek, yer içinin jeolojik yapısı elektrik (özdirenç) özelliğine göre haritalanır. Bu çalışmada elektrik özdirenç verileri ‘‘Wenner – Schlumberger’’ dizilimi kullanılarak toplanmış ve ‘‘En Küçük Kareler’’ ters çözüm yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Arazi çalışması esnasında her bir elektrot için kot değerleri el GPS yardımı ile okunmuş, veri işlem aşamasında yüzey topografyası bilgileri verilere eklenmiştir.

Sismik verilerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen sismik hız bilgileri kullanılarak hesaplanan dinamik-elastik parametreler il ilgili kısa bilgilendirme aşağıda sunulmuştur.

2.2.1. Dinamik – Elastik Parametreler

Hesaplanan zemin dinamik-elastik parametreleri (mühendislik parametreleri) sırası ile;

- a) *P (boyuna) Dalga Hızı ($V_p, m/sn$)*
- b) *S (kayma) Dalga Hızı ($V_s, m/sn$)*
- c) *V_p/V_s Oranı*
- d) *Elastisite (Young) Modülü ($E, kg/cm^2$)*
- e) *Kayma (Shear) Modülü ($\mu, kg/cm^2$)*
- f) *Bulk (Sıkışmazlık) Modülü ($K, kg/cm^2$)*
- g) *Poisson Oranı (σ)*
- h) *Yoğunluk ($d, gr/cm^3$)*
- i) *Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0, sn)*
- j) *Emniyetli Taşıma Gücü ($Q_e, kg/cm^2$)*
- k) *Zemin Yatak Katsayısı ($K_s, ton/m^3$)*
- l) *Porozite ($\phi, \%$)*
- m) *Zemin Oturma Miktarı ($\Delta z, cm$)*

a) P (boyuna) Dalga Hızı (V_p , m/sn)

Bu tür dalgalar, sıkışma veya genişleme dalgaları olarak da adlandırılırlar. Bu dalgaların yayılımı sırasında sıkışmadan dolayı kübik genişleme veya hacim değişikliği olur. Boyuna dalgalarda sıkışma ve genişlemeyi temsil eden titreşim doğrultusu dalga yayılım doğrultusuyla aynıdır. Dolayısıyla sıkışabilir (gevşek) zeminlerde P dalgası hızı düşük, sıkışması zor zeminlerde (kaya) P dalgası hızı yüksek çıkacaktır. Buna göre P dalgası hızına bağlı olarak kayaların sökülebilirlik dereceleri Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. P dalgası hızı ile zeminlerin ya da kayaların sökülebilirlikleri (Keçeli, 2012)

<i>P dalgası hızı (m/sn)</i>	<i>Sökülebilirlik</i>
300-600	Çok kolay
600-900	Kolay
900-1500	Orta
1500-2100	Zor
2100-2400	Çok zor
2400-2700	Son derece zor

b) S (kayma) Dalga Hızı (V_s , m/sn)

Kayma dalgaları kesme gerilmeleri sonucunda oluşur. Dolayısı ile bu dalgaların yayılımı sırasında taneciklerde şekil bozulmaları, yani açılarda değişim gözlenir. Bunun nedeni de dalga yayılımında parçacıkların titreşim doğrultusunun, dalga yayılım doğrultusuna dik olmasındandır. Doğal olarak kayma dalgası hızları malzemenin şekil bozunumuna veya burulmaya karşı direnci varsa meydana gelmektedir. Sıvılarda genel olarak kesme gerilmeleri oluşmadığı için S dalgaları sıvılarda oluşmaz ve yayılmaz ($V_s=0$). Buna karşılık P dalgası hızı sıvılarda 1450 – 1550 m/sn arasında değişim gösterir. S dalga hızları herhangi bir jeolojik ortamın jeoteknik değerlendirilmesi (sıklık-katılık, yumuşaklık-gevşeklik) ve zemin sınıflaması için temel teşkil eder (Tablo 23).

Tablo 23. S (kayma veya kesme) dalga hızlarına göre kaya ve zeminlerin sınıflandırılması (Keçeli, 2012).

<i>Kayma Hızı (m/sn)</i>	<i>Dalgası</i>	<i>Yerel Birim Türü</i>	<i>Zemin Grubu</i>
<200		Yumuşak kil, siltli kil	D
<200		Gevşek kum	D
<200		Yer altı su düzeyinin yüksek olduğu yumuşak- suya doymuş kalın alüvyonlu katmanlar	D
200-300		Katı kil –siltli kil	C
200-400		Orta sıkı kum, çakıl	C

400-700	Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu kayalar	C
300-700	Çok katı kil, siltli kil	B
400-700	Çok katı kum ,çakıl	B
700-1000	Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	B
>700	Sert kil siltli kil	A
>700	Çok sıkı kum, çakıl	A
>1000	Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar sert ve çimento tortul kayalar	A

c) Elastisite Modülü (E, kg/cm²)

Bir doğrultuda streslerin (gerilmelerin), strainlere (deformasyonlara) oranı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle uygulanan düşey basınç yönünde yerin düşey yamulmasını tanımlar. Bu değer temel zeminin oturmaya karşı dirençli olup olmadığını gösterir.

$E=2*d*V_s^2(1+\sigma)/100$ (kg/cm²) formülü ile hesaplanır.

Tablo 24. Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaların dayanımı (Keçeli, 2012)

<i>Elastisite Modülü - E- kg/cm²</i>	<i>Dayanım</i>
<1000	Çok zayıf
1000-5000	Zayıf
5000-10000	Orta
10000-30000	Sağlam
>30000	Çok Sağlam

d) Kayma (Shear) Modülü (μ ,kg/cm²)

Makaslama gerilmelerine yani yatay kuvvetlere karşı formasyonun direncini gösterir. Sıvıların makaslama karşı direnci olmadığından bu parametre sıfırdır. Kayma modülü ne kadar yüksekse, formasyonun makaslama gerilmelerine yani yatay kuvvetlere (yatay deprem yükü) karşı direnci o kadar fazla demektir. Ayrıca bu değer temel zemininin sıkı-gevşek ve katı-yumuşak zemin olduğunu göstermektedir.

Kayma Modülü 2 şekilde hesaplanır;

$\mu = d*V_s^2/100$ (kg/cm²) formülünden hesaplanır.

Tablo 25. Kayma modülü değerlerine göre zemin yada kayaçların dayanımı (Keçeli, 2012)

<i>Kayma (Shear) Modülü (μ, kg/cm²)</i>	<i>Dayanım</i>
<400	Çok zayıf
400-1500	Zayıf
1500-3000	Orta
3000-10000	Sağlam
>10000	Çok sağlam

e) Bulk (Sıkışmazlık) Modülü (K, kg/cm²)

Bulk Modülü, bir çepçevre saran basınç altında sıkışmasının ölçüsüdür. Bu değer temel zemininin yük altında sıkışmaya karşı gösterdiği direncin derecesini göstermektedir. Dalga teorisinden elde edilen bulk modülü,

$K = E/3(1 - 2\sigma)$ kg/cm² formülü ile hesaplanır.

Tablo 26. Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 2012)

<i>Bulk Modülü (m, kg/cm²)</i>	<i>Sıkışma</i>
<400	Çok Az
400-10000	Az
10000-40000	Orta
40000-100000	Yüksek
>1000000	Çok Yüksek

f)-Poisson Oranı (σ)

Poisson oranı formasyonun boyuna birim değişmesinin enine birim değişmesine oranı olarak tanımlanır ve birimlerin katılığını bir başka ifadeyle gözenekliliğini ifade eder. V_p/V_s hız oranı ile ilişkilidir. Bu oran değeri aynı zamanda zeminin sıkılığını ve zeminin sıvılaşma potansiyeli ile ilgili bilgi verir. Özellikle gevşek suya doymun siltli kum veya kumlu ortamlarda bu oran değerinin 3'ten büyük çıkması zemine gelecek yükün süresi ve büyüklüğüne bağlı olarak zeminde sıvılaşma potansiyelinin olduğunu ifade eder. Poisson değeri genel olarak gözeneksiz ortamlarda 0-0.25 arası, orta dereceli gözenekli ortamlarda 0.25-0.35 arası ve gözenekli ortamlarda ise 0.35-0.50 arasında değişmektedir. Poisson değeri birimsizdir.

$\sigma = (V_p^2 - 2*V_s^2)/(2*V_p^2 - 2*V_s^2)$ formülü ile hesaplanır.

Tablo 27. Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırması (Keçeli, 2012)

<i>Poisson Oran (σ)</i>	<i>Sıklık</i>	<i>Vp/Vs</i>
0.5	Cıvık- sıvı	∞
0.4-0.49	Çok Gevşek	∞ -2.49
0.3-0.39	Gevşek	2.49-1.71
0.20-0.29	Sıkı Katı	1.87-1.71
0.1-0.19	Katı	1.71-1.5
0-0.09	Sağlam Kaya	1.5-1.41

g) Yoğunluk (d, gr/cm³)

Boyuna dalga hızına göre deneysel olarak (Gardner, 1974) tarafından verilen yoğunluk aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$d=0.31 V_p^{0.25} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Tablo 28. Zemin birimlerinin yoğunluk sınıflaması (Keçeli, 2012).

<i>Yoğunluk: p (gr/cm³)</i>	<i>Tanımlama</i>
<1.20	Çok düşük
1.20-1.40	Düşük
1.40-1.90	Orta
1.90-2.20	Yüksek
>2.20	Çok Yüksek

h) Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T₀, sn) ve Zemin Büyütmesi (A₀)

Zeminin doğal olarak titreştiği, periyodudur. Periyot, doğal ya da yapay etkenlerden oluşmuş, periyodu 0.05-2 saniye arasında olan yer titreşimleridir. Belli bir alanda, belli bir periyodun tekrarlanma sayısı maksimum olmaktadır. Maksimum tekrarlı olan periyot, hakim periyot olarak tanımlanmaktadır.

$$T_0= 4H/V_{s30} \text{ (sn) (H=30 m)}$$

$$T_a=T_0*0,67$$

$$T_b=T_0*1.5$$

Zemin hakim titreşim periyotuna bağlı olarak; alt titreşim periyot $T_A=T_0*0,67$ ve üst titreşim periyodu $T_B=T_0*1,5$ hesaplanır. Zemin hakim titreşim periyodu yapının kendisinin periyoduna eşit veya çok yakın olmamalıdır. Bunların periyot değerlerinin birbirine yakın olması halinde yapıyı tehlikeye sokacak “Rezonans Hali” oluşabilir.

Tablo 29. Zemin cinsine karşılık zemin hakim titreşim periyodu değerleri (Keçeli, 2012).

<i>Temel Zemin Cinsi</i>	<i>T₀ (sn)</i>
Kaya	0,3
Çok Sıkı Kum-Çakıl	0,35
Çok Katı-Sert Kil	0,4
Sıkı Kum-Katı Kil	0,7
Orta Sıkı Kum-Katı Kil	1

Zemin büyütmesi herhangi bir zemine gelen deprem yüklerinin zemin tarafından büyütülerek yüzeye aktarılmasını ifade eder. Bu parametre deprem dalgalarının genliklerinin anakaya içerisinde bir olduğu kabulüne göre değerlendirilir. Genel olarak jeoteknik çalışmalarda zemin büyütme değeri 30 metre derinliğe kadar ortalama kayma dalgası hızı kullanılarak hesaplanmaktadır. Tablo 31’ de hesaplanan büyütme değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Midorikawa, 1987).

$$A_0 = 68 * V_{s30}^{-0.6} \quad (V_{s30} < 1100 \text{ m/sn})$$

$$A_0 = 1 \quad (V_{s30} > 1100 \text{ m/sn})$$

V_{s30} : 30 m derinlik için ortalama S dalgası hızı (V_{s30})

A_0 : Maksimum yer hızı için göreceli büyüme faktörü

i) Zemin Taşıma Gücü (q_e , kg/cm²)

Zeminin 1 cm² sinin taşıyabileceği nihai dinamik taşıma gücünü gösterir.

$$q_e = d * V_s / (100 * F_s) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$F_s = V_p / V_s$ oranı olup güvenlik katsayısı olarak kullanılmıştır.

j) Zemin Yatak Katsayısı (K_s)

Herhangi bir zemine bir yük konduğunda zeminde meydana gelen elastik deformasyonu gösteren ve belirli bir gerilme altındaki zeminde oluşan oturma miktarı olarak tanımlanır. Yatak katsayısı aşağıdaki formülden hesaplanabilmektedir (Bowles, 1988).

$$K_s = (40 * q_a) / 10 \text{ ton/m}^3$$

Yatak katsayısı genel olarak kN/m³ olarak hesaplanmakla birlikte, eğer q_a değeri kg/cm² olarak kullanılır ise yukarıdaki formülden hesaplanan değer 1000 ile çarpılarak ton/m³’e dönüştürülür. Buradaki $q_a = d * V_s / 100$ olarak hesaplanır ve emniyetsiz taşıma gücü olarak ifade edilir.

k) Porozite (ϕ , %)

Gözeneklilik kayaçların tane büyüklüğüne, şekline, boyutuna ve taneler arası çimentolanma dercesine bağlı olarak değişim gösteren bir özelliktir. Genel olarak kayacın ilk oluşumu sırasında kazandığı düzenli gözeneklilik birincil gözeneklilik, ilk oluşumundan sonra geçirdiği olaylar (metamorfizma) sonucu oluşan gözeneklilikte ikincil gözeneklilik olarak tanımlanır. Gözeneklilik bir kayacın sismik hızı ile ilişkilidir. Bu ilişki sığ jeolojik ortamlar için Watkins vd. (1972) tarafından aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$\phi = -0,175 \cdot \ln(V_p + 1,56)$$

$\% \phi > 25$	<i>Yumuşak</i>
$15 < \% \phi < 25$	<i>Orta Sert</i>
$\% \phi < 15$	<i>Sert</i>

ı) Zemin Oturma Miktarı (Δz , cm)

Zemine herhangi bir yük konduğunda oluşan ani oturma veya elastik oturma miktarını gösterir. Genel olarak kum, çakıl ve dolgu malzemesi gibi kohezyonsuz zeminlerde meydana gelen oturma türüdür. Buna göre herhangi bir z derinliği için temel şekil faktörü dikkate alınmaksızın oturma miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\Delta z = (q_a/E) \cdot z$$

Bu ifadeye göre zeminde oturma miktarına zemine konan yük miktarı q_a , zeminin sıkılığını yansıtan elastisite modülü E ve zemine konan yükün zemin içindeki gerilim dağılımının z derinliğine bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

2.3. Sismik ve Elektrik Verilerden Elde Edilen Bulgular

Konum bilgileri Tablo 30' da verilmiş olan yerlerde her sondaj kuyusuna bir sismik ve bir elektrik profili gelecek şekilde veri toplanmıştır. Bu verilerden elde edilen sismik ve yer elektrik kesitleri oluşturulmuştur. Sismik tomografi kesitleri jeolojik birimlerin tabakalanma geometrisini göstermekte olup P dalgası hızları (V_p) bu kesitlerden yararlanılarak belirlenmiştir. Genel olarak tüm tomografi kesitlerinde yer altı geometrisi 3 tabakalı olarak tanımlanmıştır. S dalgası (V_s) hız-derinlik profillerinden tomografide belirlenen geometriye uygun olarak S dalgası hızları ortalama olarak belirlenmiştir. Elektrik öz direnç tomografi

kesitlerinden yer altı jeolojik birimlerin ayrışma ve su içeriği bilgileri elde edilmiştir. Bununla birlikte her ERT kesiti üzerinde litolojik birimlerin yaklaşık olarak sınırları öz direnç değişim aralıkları dikkate alınarak işaretlenmiştir. $V_p - V_s$ değerleri kullanılarak ortamlara ait tüm dinamik-elastik parametreleri hesaplanmış ve Tablo 31’ de sunulmuştur. Metin içerisindeki sondaj kuyuları ifadesi ‘‘SK’’ kısaltması ile belirtilmiştir.

Tablo 30. SİS ve ERT ölçüm profillerine ait konum bilgileri

İl Adı	Mevkii	Profil Adı	Profil Uzunluğu (m)	Başlangıç Koordinatı		Bitiş Koordinatı	
				Y	X	Y	X
SAMSUN	Vezirköprü	Sis-1	57 metre	701164.062	4563120.971	701212.661	4563099.968
		Sis-2	57 metre	701210.029	4563097.973	701263.065	4563068.675
		Ert-1	115 metre	701244.655	4563080.413	701146.376	4563135.429
		Ert-2	115 metre	701295.447	4563050.007	701194.285	4563108.696
	Bafra	Sis-1	57 metre	741138.389	4600851.592	741164.091	4600800.851
		Sis-2	57 metre	741111.403	4600904.352	741138.028	4600852.852
		Ert-1	115 metre	741179.172	4600775.07	741125.115	4600882.593
		Ert-2	115 metre	741152.091	4600828.852	741097.82	4600933.214
ORDU	Işıktepe	Sis-1	57 metre	377761.293	4518225.197	377721.685	4518266.088
		Ert-1	69 metre	377720.016	4518267.781	377766.153	4518221.812
	Esence	Sis-1	57 metre	358730.63	4531749.065	358680.975	4531770.479
		Sis-2	57 metre	358767.412	4531629.256	358775.754	4531594.858
			115 metre	358652.872	4531786.219	358748.024	4531729.007
		Ert-2	115 metre	358748.994	4531666.964	358778.671	4531553.658
GİRESUN	Şebinkarahisar	Sis-1	57 metre	444809.059	4464508.33	444847.535	4464469.359
		Sis-2	57 metre	444625.146	4464692.92	444611.98	4464743.195
		Ert-1	115 metre	444888.071	4464432.376	444806.759	4464512.189
		Ert-2	115 metre	444610.108	4464765.623	444635.128	4464659.928

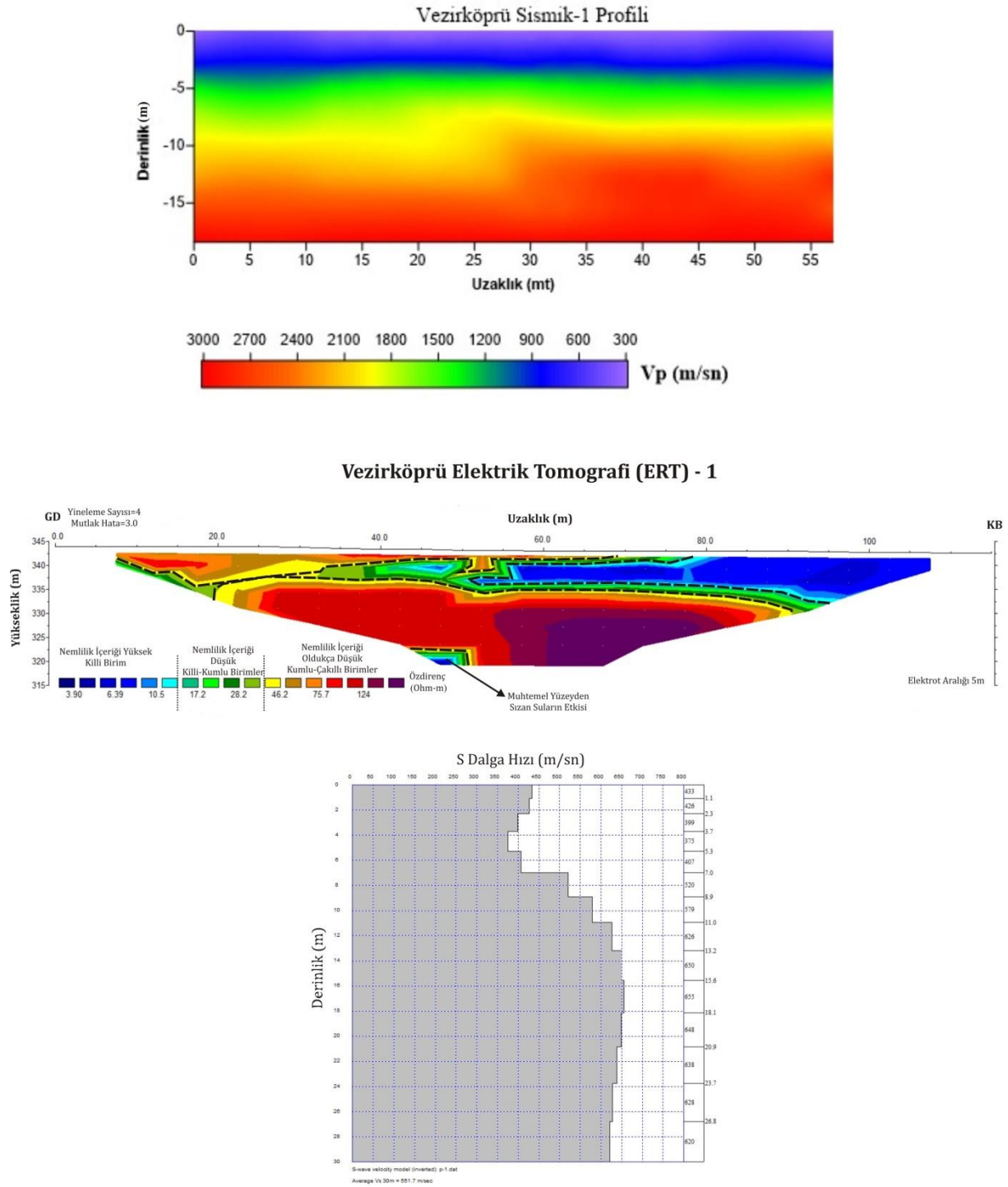
	Ağalık Madeni	Sis-1	57 metre	476107.342	4528255.888	476160.889	4528266.415	
		Sis-2	57 metre	476215.353	4528296.563	476252.797	4528243.73	
		Sis-3	57 metre	476067.714	4528240.096	476009.608	4528245.263	
		Ert-1	69 metre	476151.28	4528266.176	476088.53	4528245.481	
		Ert-2	69 metre	476210.055	4528297.696	476253.556	4528246.966	
		Ert-3	115 metre	475981.422	4528254.818	476087.445	4528246.275	
TRABZON	Çamburnu	Sis-1	57 metre	601441.813	4526025.67	601403.774	4525984.552	
		Sis-2	57 metre	601264.916	4525740.359	601282.861	4525799.907	
		Ert-1	115 metre	601383.216	4525960.37	601463.539	4526039.715	
		Ert-2	115 metre	601309.526	4525833.972	601265.408	4525734.828	
	Ovacık	Sis-1	57 metre	619407.244	4527312.255	619383.185	4527361.317	
		Sis-2	57 metre	619376.052	4527268.579	619401.944	4527313.928	
		Ert-1	69 metre	619376.038	4527370.24	619411.577	4527304.994	
		Ert-2	69 metre	619405.635	4527320.533	619368.735	4527260.784	
	GÜMÜŞHANE	Kazantaş	Sis-1	57 metre	548993.834	4462964.435	548957.407	4462917.115
			Sis-2	57 metre	549077.54	4462823.986	549073.17	4462881.243
Ert-1			115 metre	548931.929	4462879.756	549000.072	4462972.254	
Ert-2			92 metre	549068.124	4462925.825	549079.645	4462811.448	
Yenice		Sis-1	57 metre	565246.925	4464700.999	565293.954	4464674.554	
		Sis-2	57 metre	565409.896	4464708.076	565369.51	4464669.488	
		Ert-1	115 metre	565334.454	4464651.3	565235.232	4464707.681	
		Ert-2	115 metre	565333.746	4464636.146	565417.64	4464711.395	
BAYBURT		Merkez	Sis-1	57 metre	601675.640	4461134.239	601680.526	4461081.578
			Sis-2	57 metre	601688.859	4460993.824	601703.040	4460934.138
	Ert-1		115 metre	601677.772	4461063.917	601669.905	4461177.945	
	Ert-2		115 metre	601707.403	4460903.339	601683.379	4461012.803	
	Balkaynak	Sis-1	57 metre	576338.987	4466211.057	576374.910	4466252.465	
		Ert-1	115 metre	576403.315	4466283.000	576324.724	4466199.979	

ARTVİN	Merkez	Sis-1	57 metre	712879.179	4574657.056	712912.716	4574677.468
		Sis-2	57 metre	713019.114	4574712.577	713066.49	4574717.832
		Ert-1	115 metre	712965.532	4574708.497	712861.062	4574652.507
		Ert-2	115 metre	713121.888	4574731.966	713008.288	4574710.685

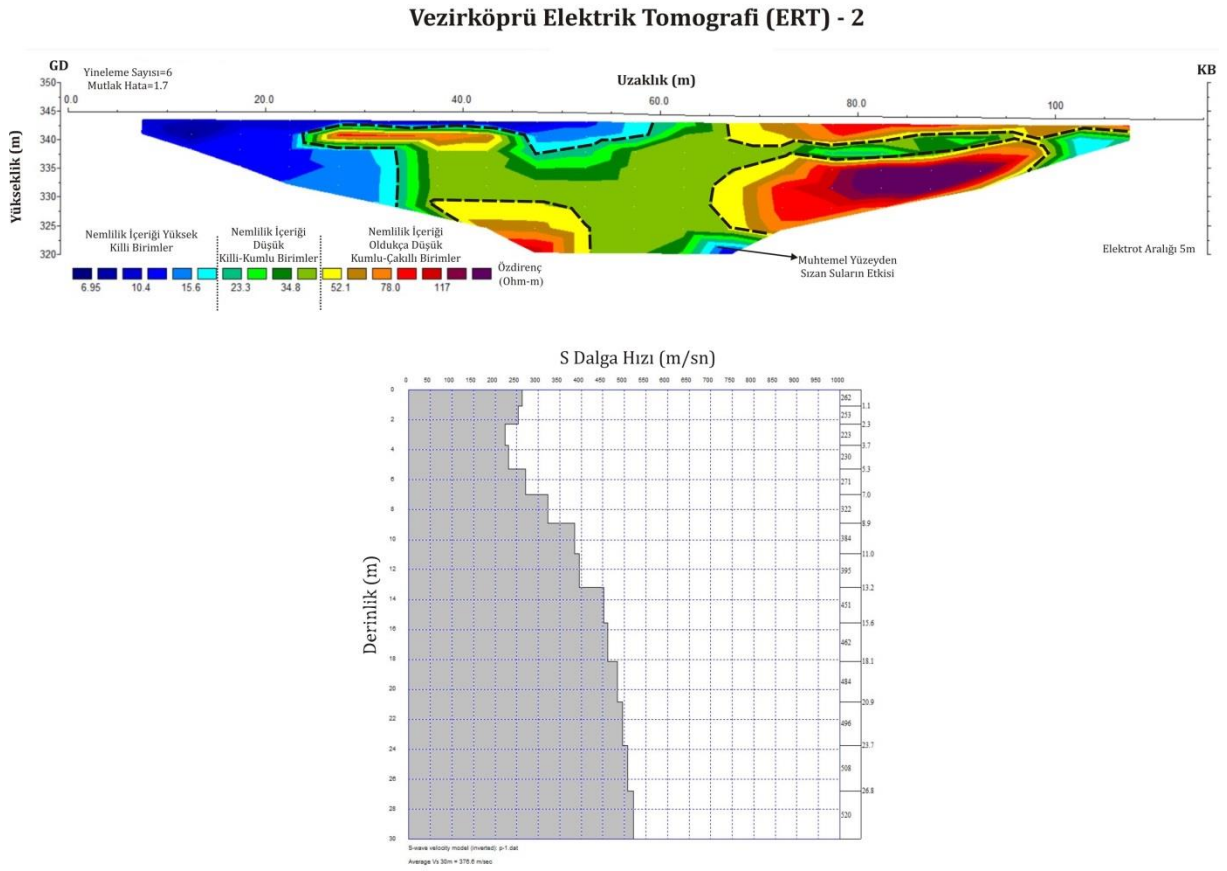
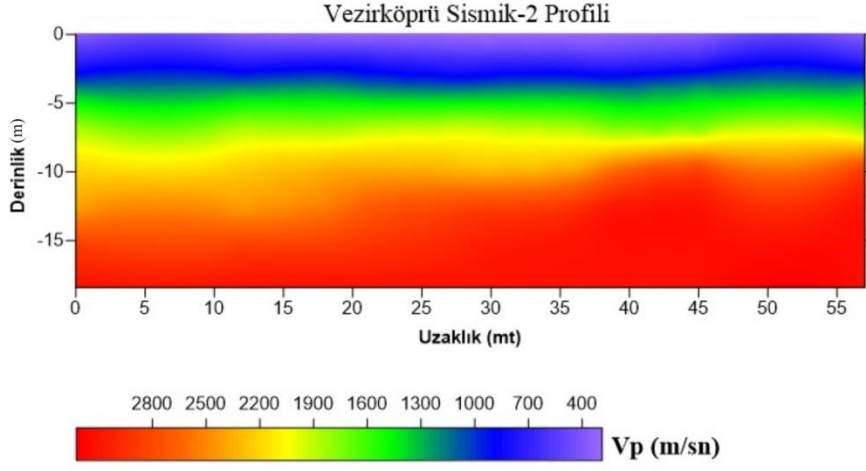
2.3.1. Samsun İli

Samsun ili sınırları içerisinde Vezirköprü ve Bafra olmak üzere 2 farklı ilçede ön çalışmalar (harita çalışmaları) ile belirlenen alanlar üzerinde sismik ve elektrik öz direnç ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait profil ve koordinat bilgileri Tablo 30' da ve hesaplanan tüm dinamik-elastik parametreler ise Tablo 31' de verilmiştir.

Vezirköprü SİS ve ERT profilleri

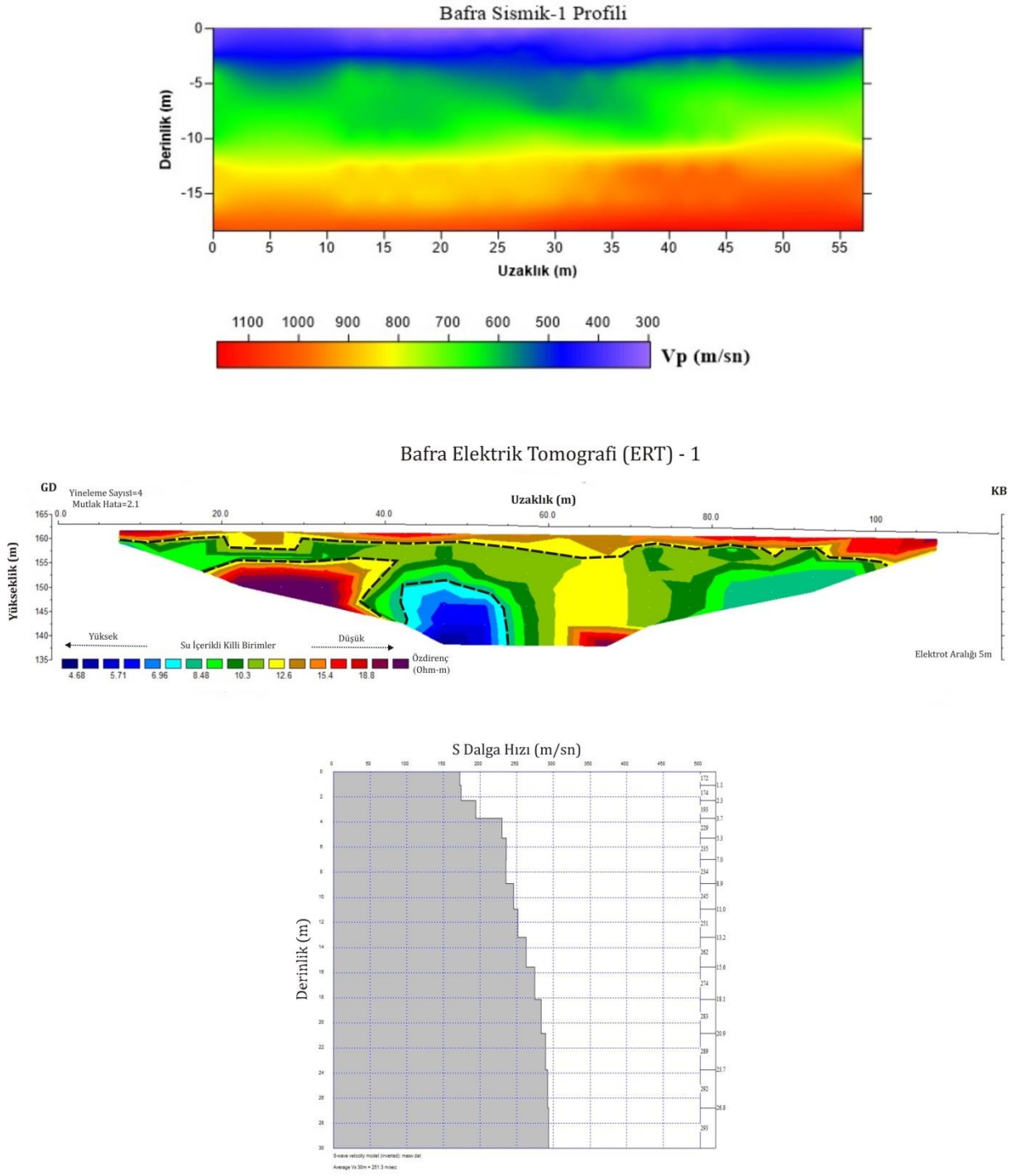


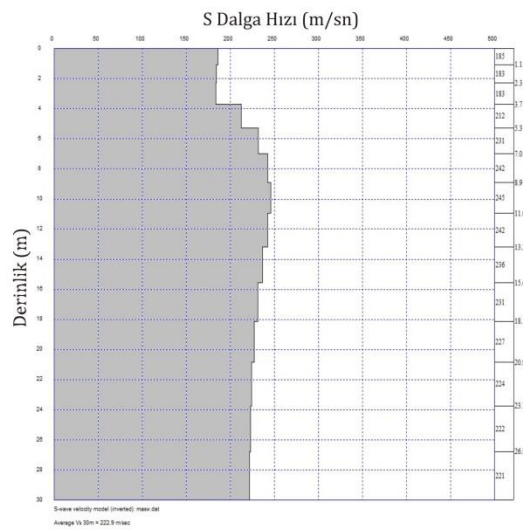
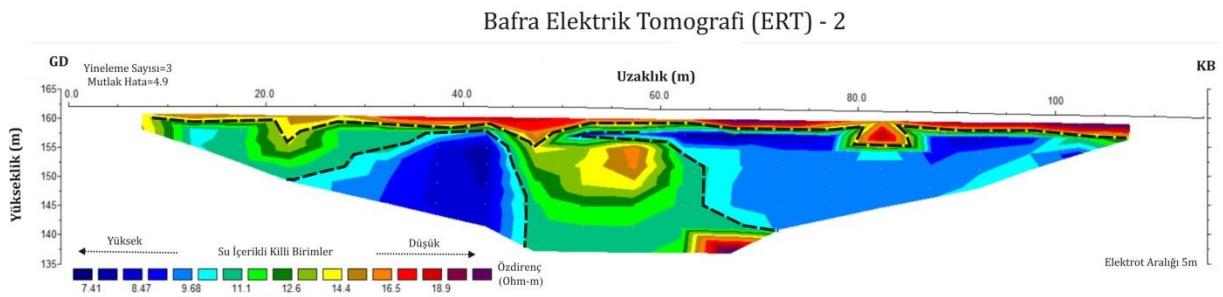
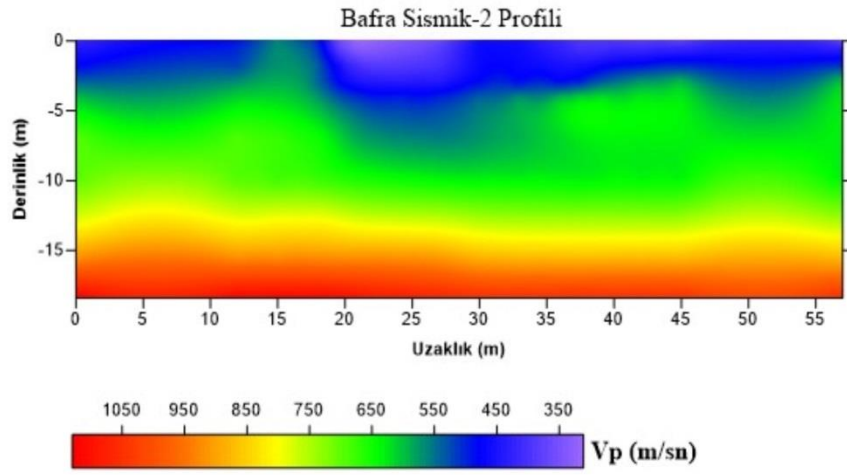
Şekil 49. Vezirköprü Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)



Şekil 50. Vezirköprü Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

Bafra ilçesi SİS ve ERT profilleri



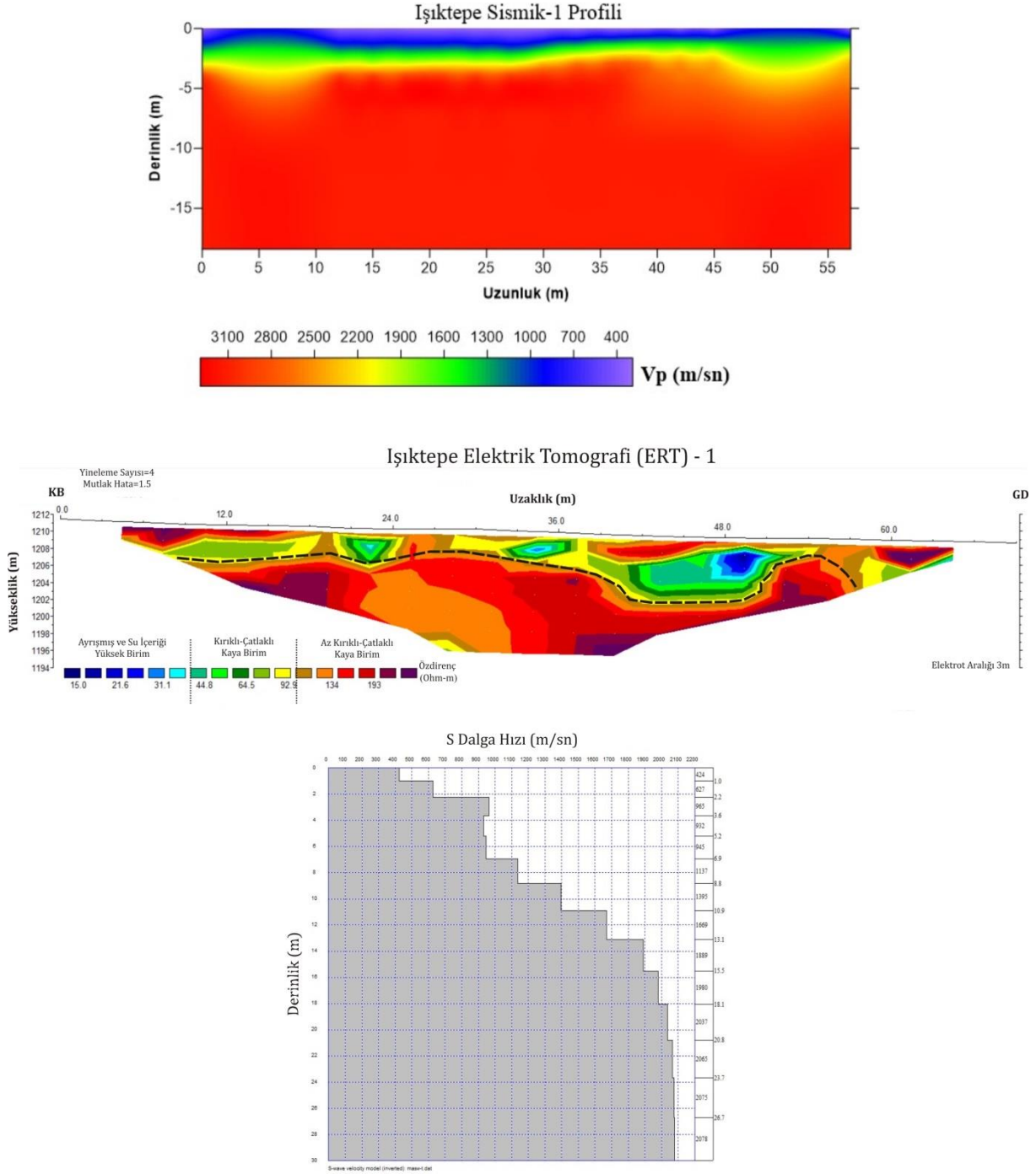


Şekil 52. Bafra Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

2.3.2. Ordu İli

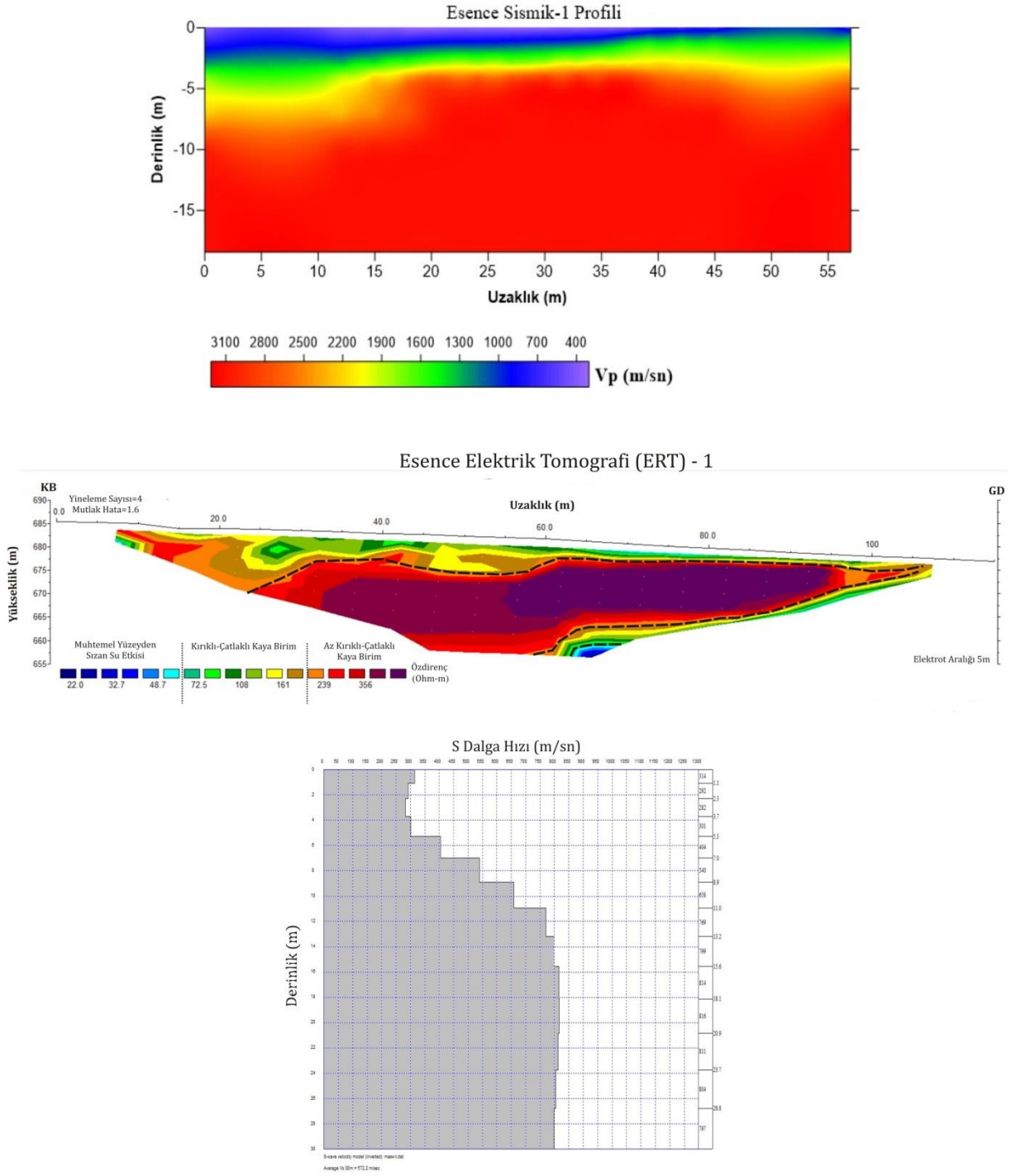
Ordu ili sınırları içerisinde Işıktepe ve Esence olmak üzere 2 farklı ilçede ön çalışmalar (harita çalışmaları) ile belirlenen alanlar üzerinde sismik ve elektrik öz direnç ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait profil ve koordinat bilgileri Tablo 30' da ve hesaplanan tüm dinamik-elastik parametreler ise Tablo 31' de verilmiştir.

Işıktepe ilçesi SİS ve ERT profilleri

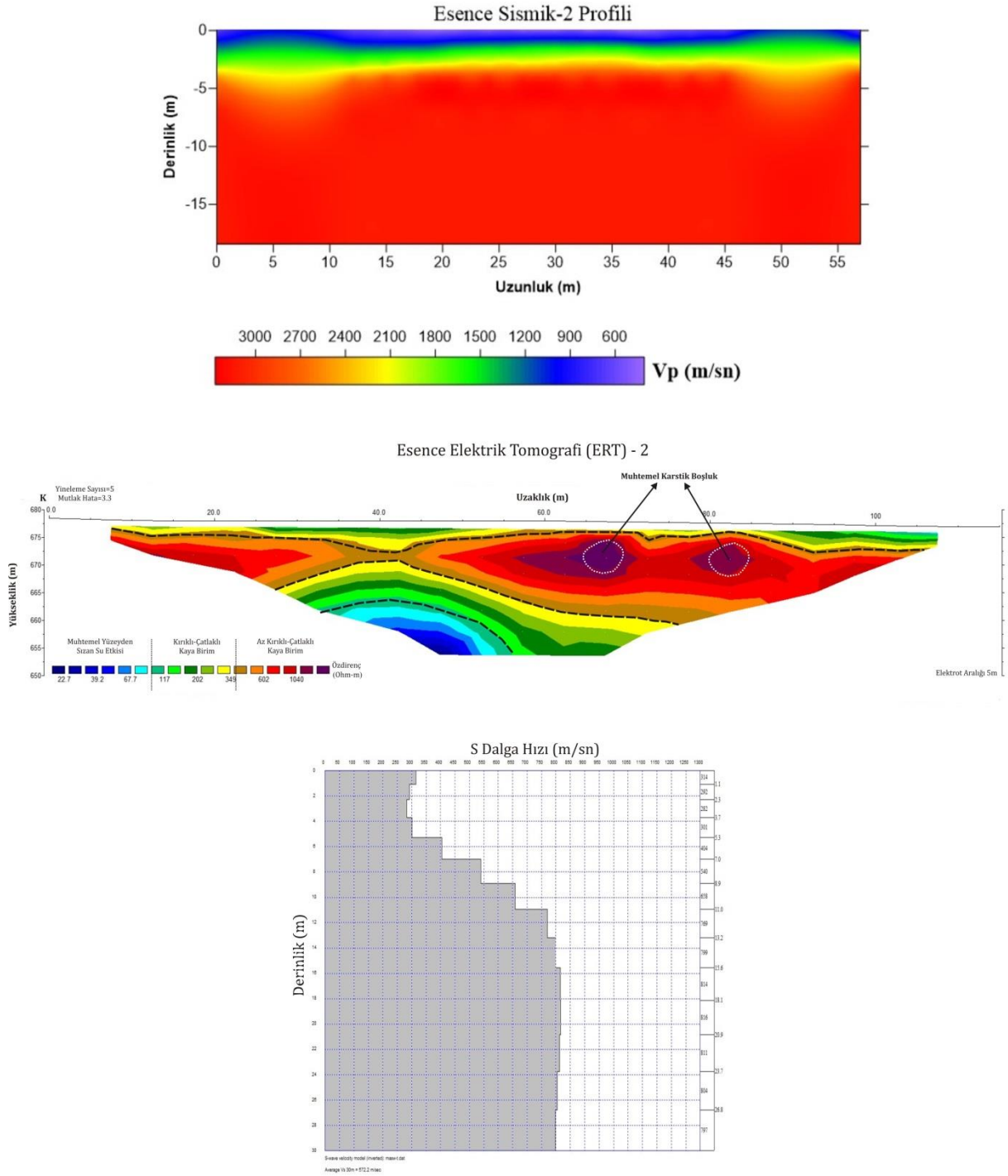


Şekil 53. Işıktepe Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

Esence ilçesi SİS ve ERT profilleri



Şekil 54. Esence Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)



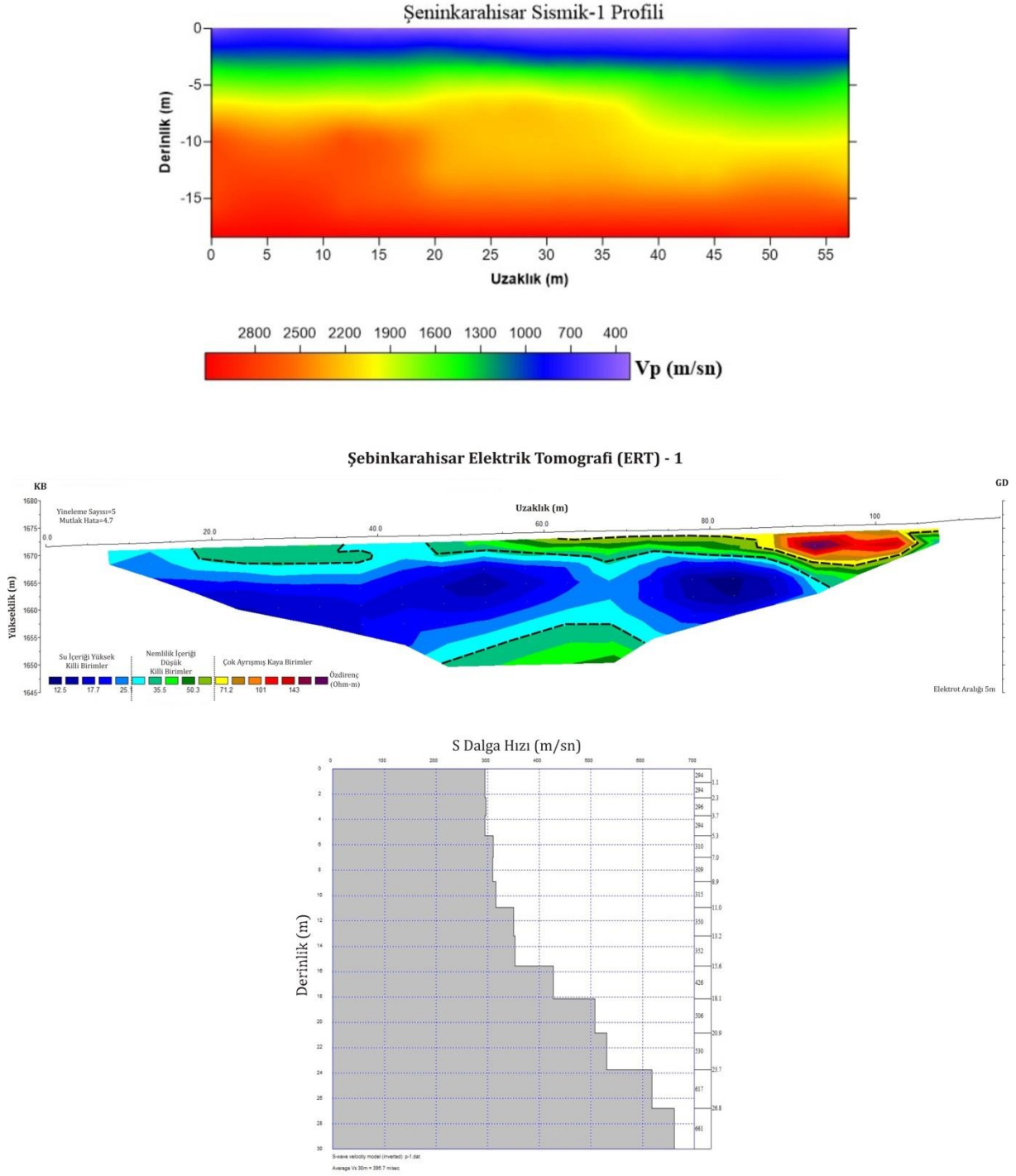
Şekil 55. Esence Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

2.3.3. Giresun İli

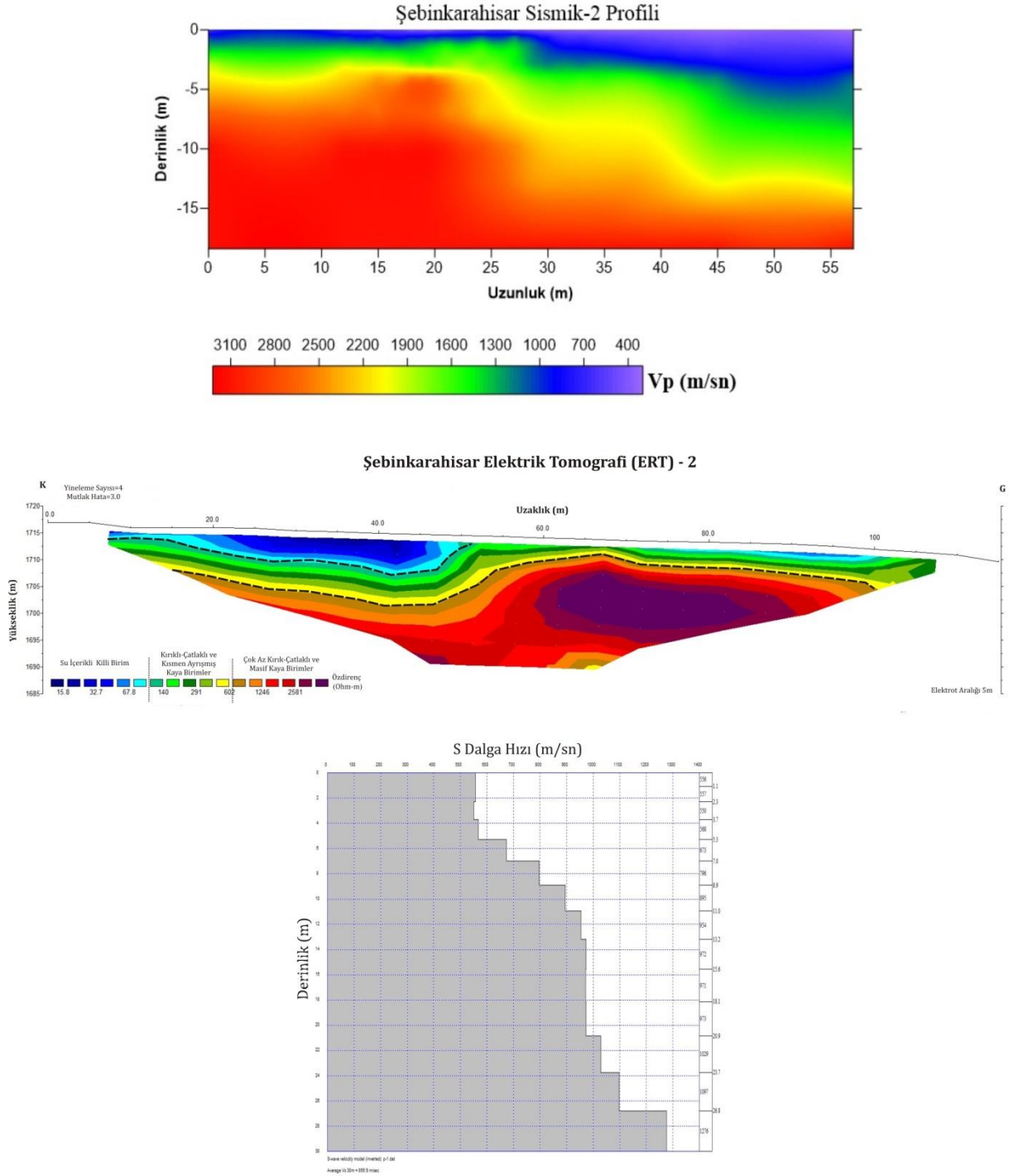
Giresun ili sınırları içerisinde Şebinkarahisar ve Ağalık Madeni olmak üzere 2 farklı ilçede ön çalışmalar (harita çalışmaları) ile belirlenen alanlar üzerinde sismik ve elektrik özdirenç

ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait profil ve koordinat bilgileri Tablo 30' da ve hesaplanan tüm dinamik-elastik parametreler ise Tablo 31' de verilmiştir.

Şebinkarahisar ilçesi SİS ve ERT profilleri

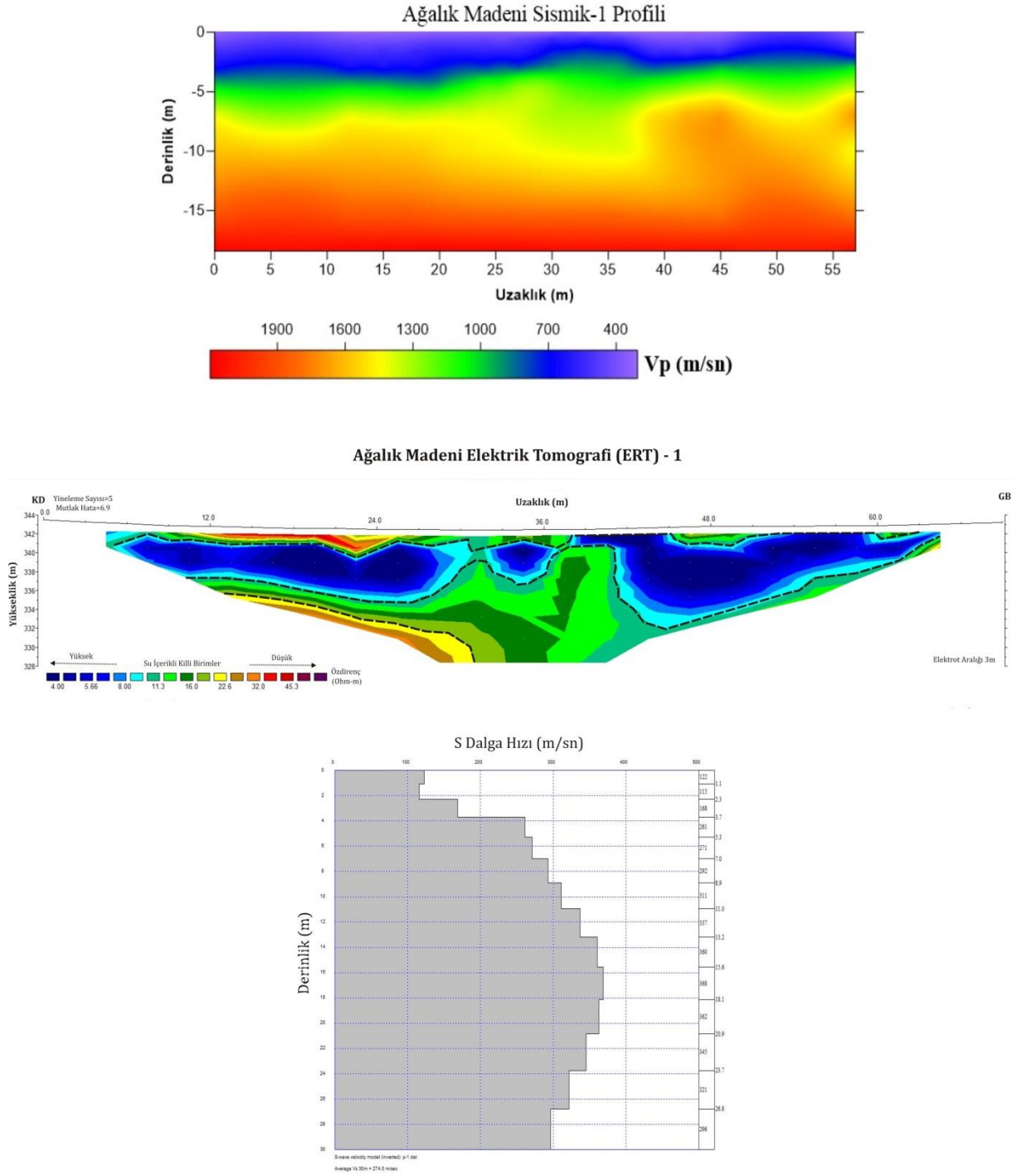


Şekil 56. Şebinkarahisar Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

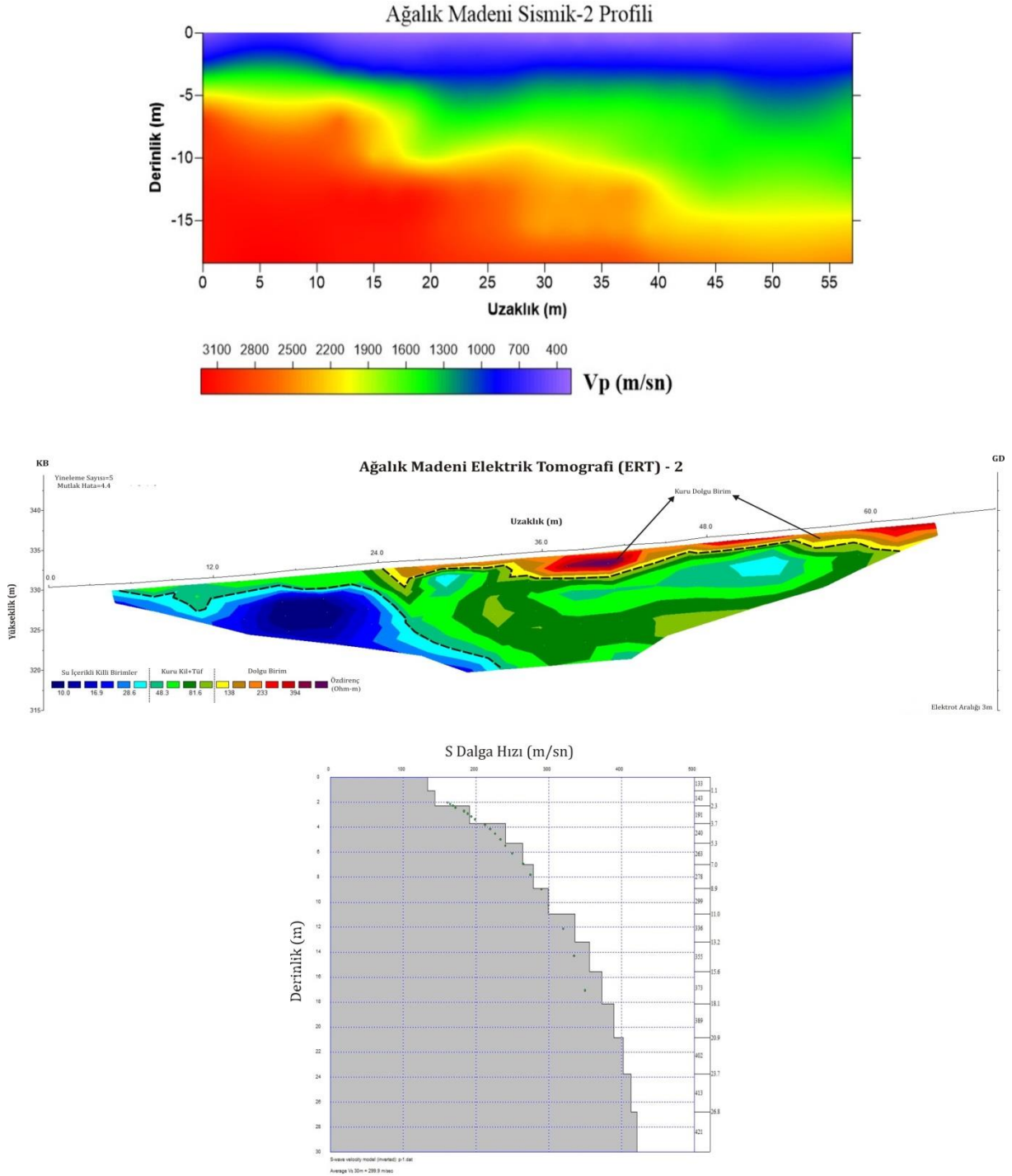


Şekil 57. Şebinkarahisar Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

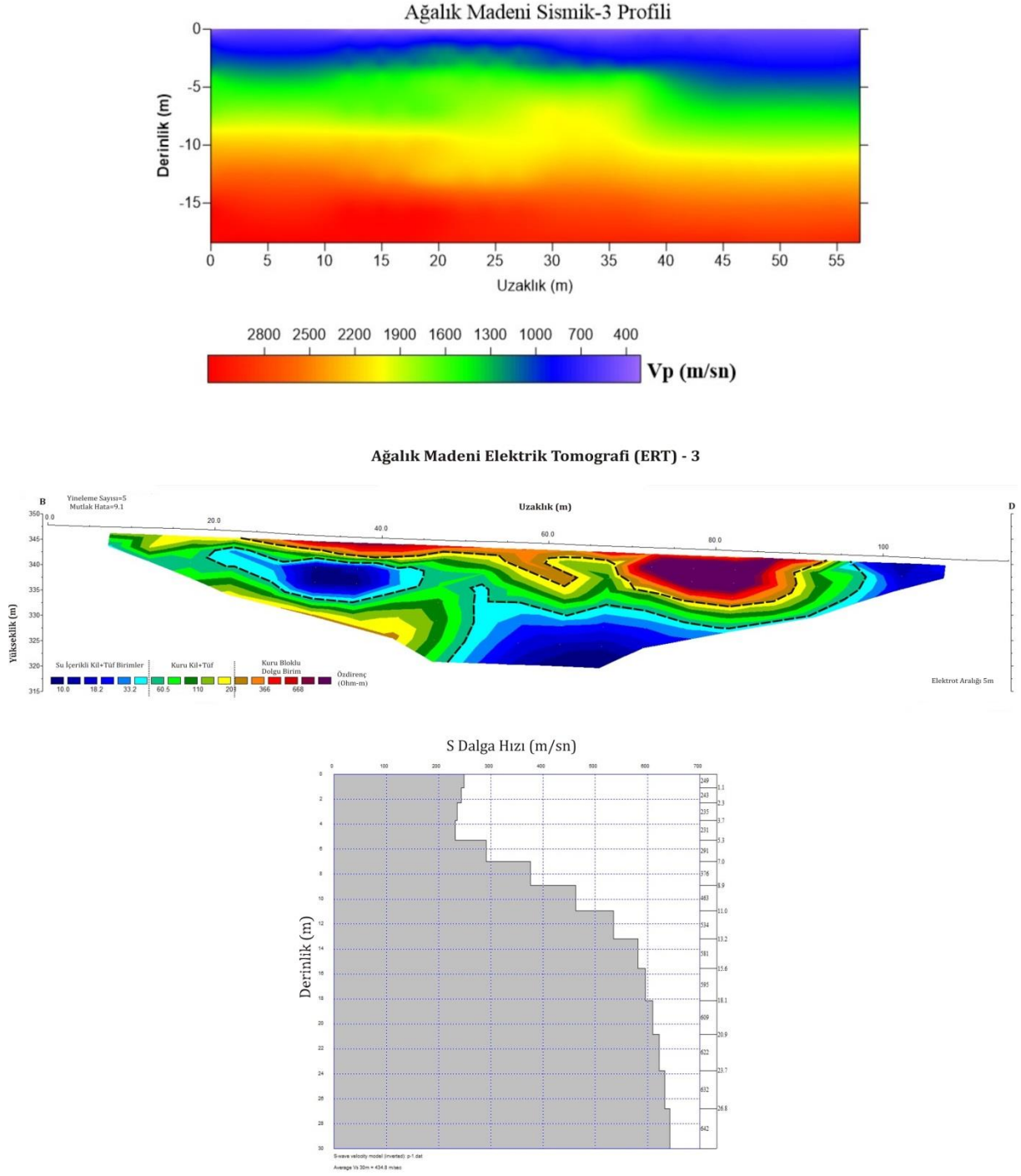
Ağalık Madeni mevkii SİS ve ERT profilleri



Şekil 58. Ağalık Madeni Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)



Şekil 59. Ağalık Madeni Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

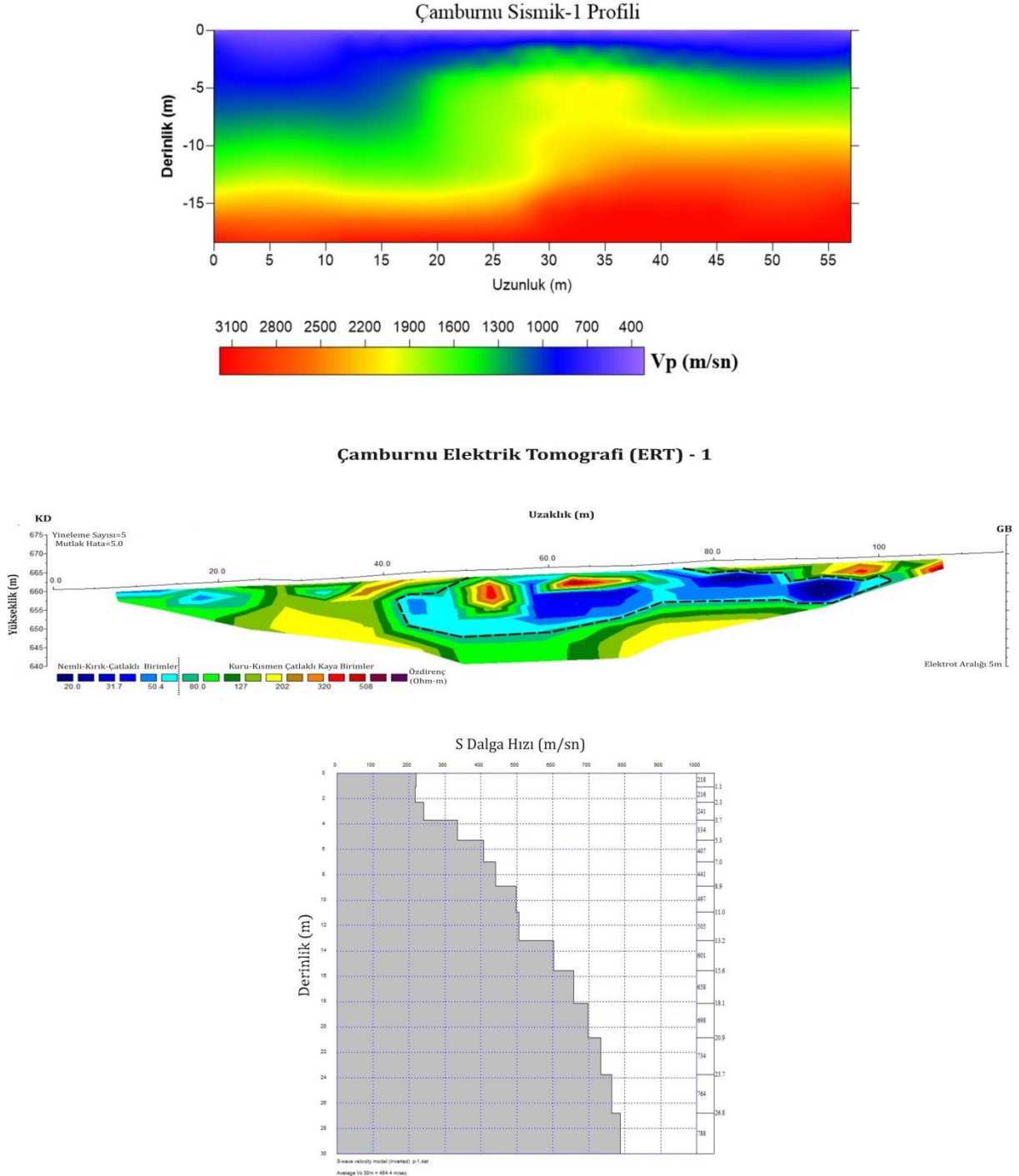


Şekil 60. Ağalık Madeni Profil 3 (SK-3) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

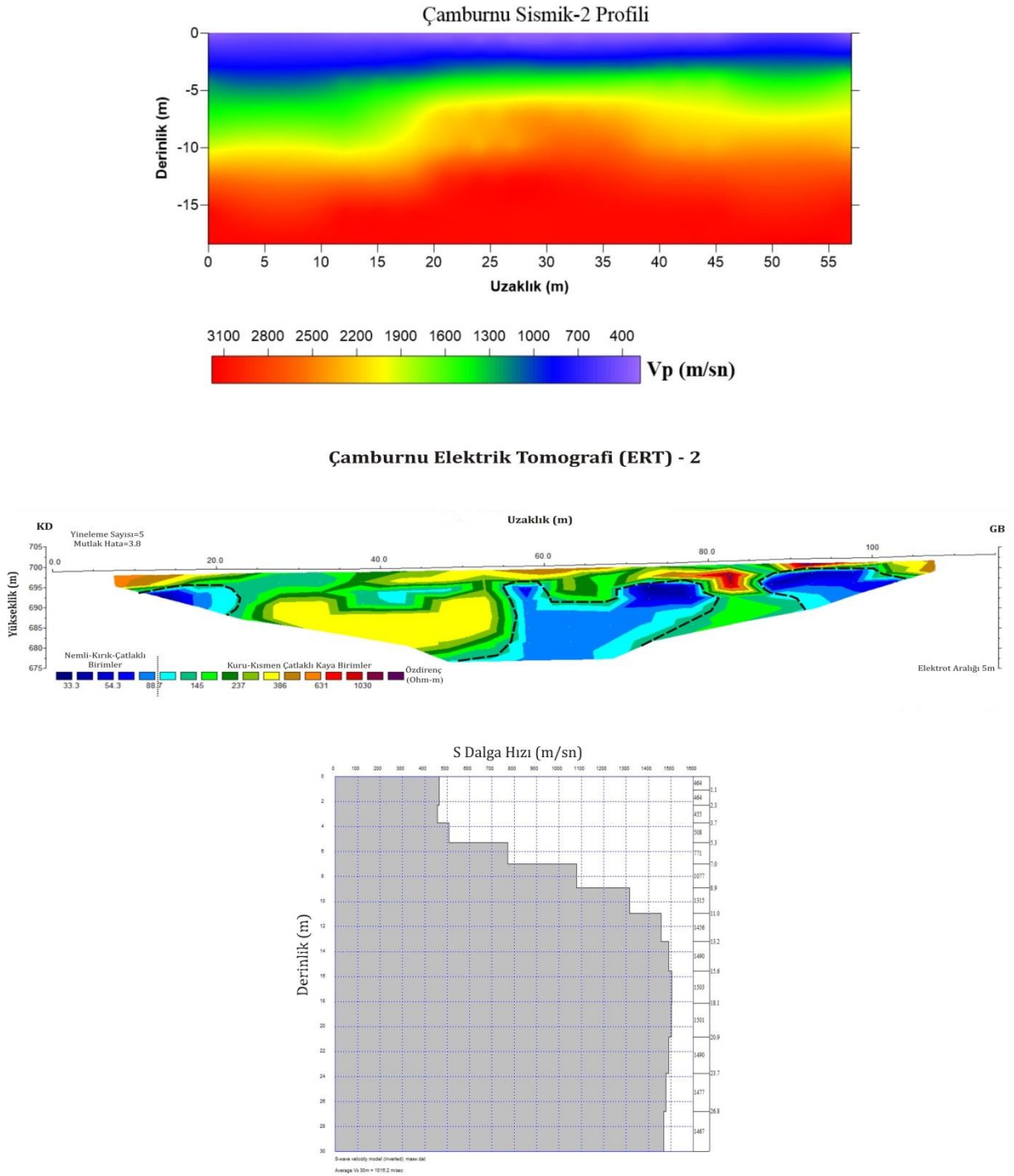
2.3.4. Trabzon İli

Trabzon ili sınırları içerisinde Çamburnu ve Ovacık olmak üzere 2 farklı ilçede ön çalışmalar (harita çalışmaları) ile belirlenen alanlar üzerinde sismik ve elektrik öz direnç ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait profil ve koordinat bilgileri Tablo 30' da ve hesaplanan tüm dinamik-elastik parametreler ise Tablo 31' de verilmiştir.

Çamburnu mevkii SİS ve ERT profilleri

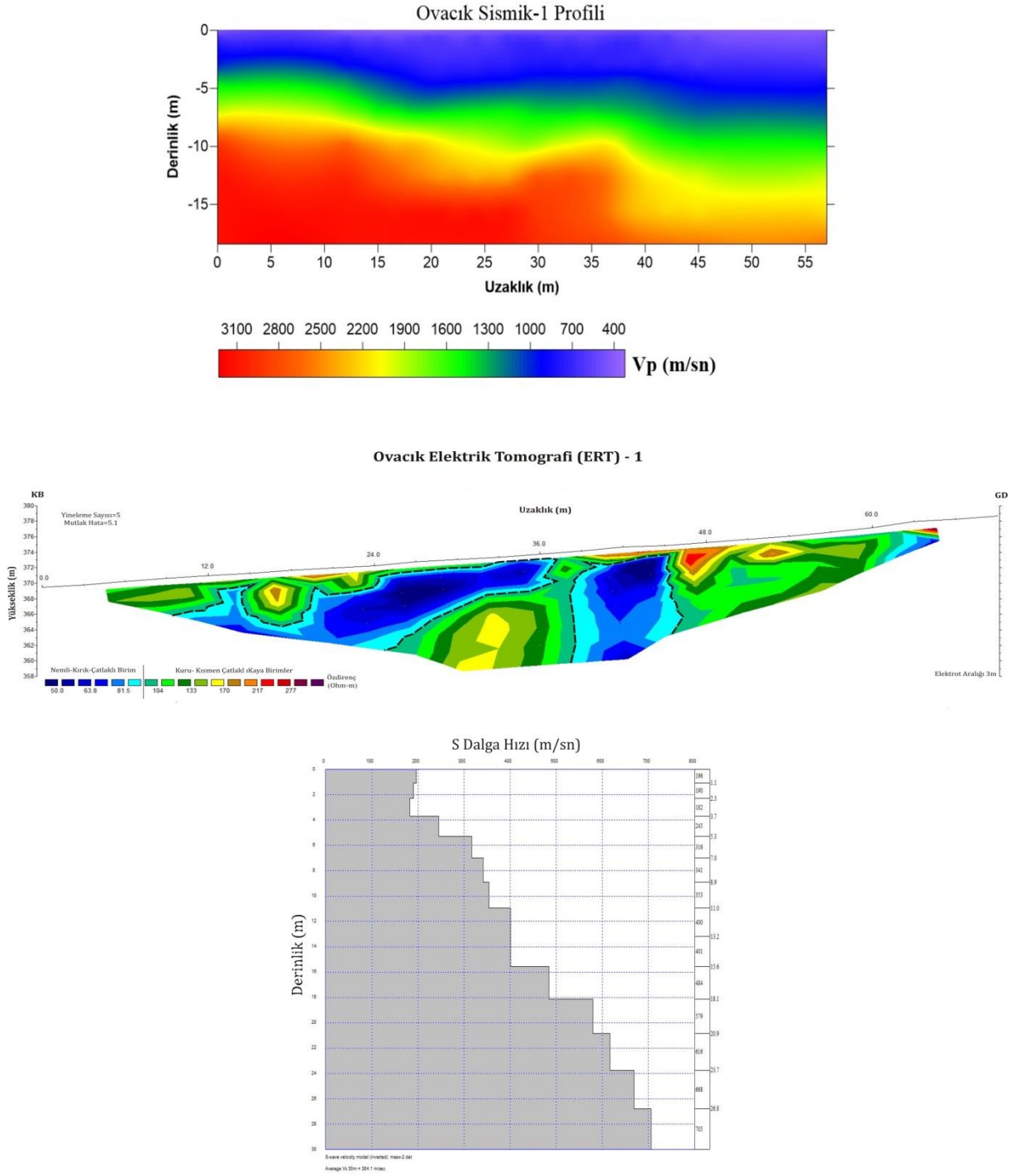


Şekil 61. Çamburnu Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

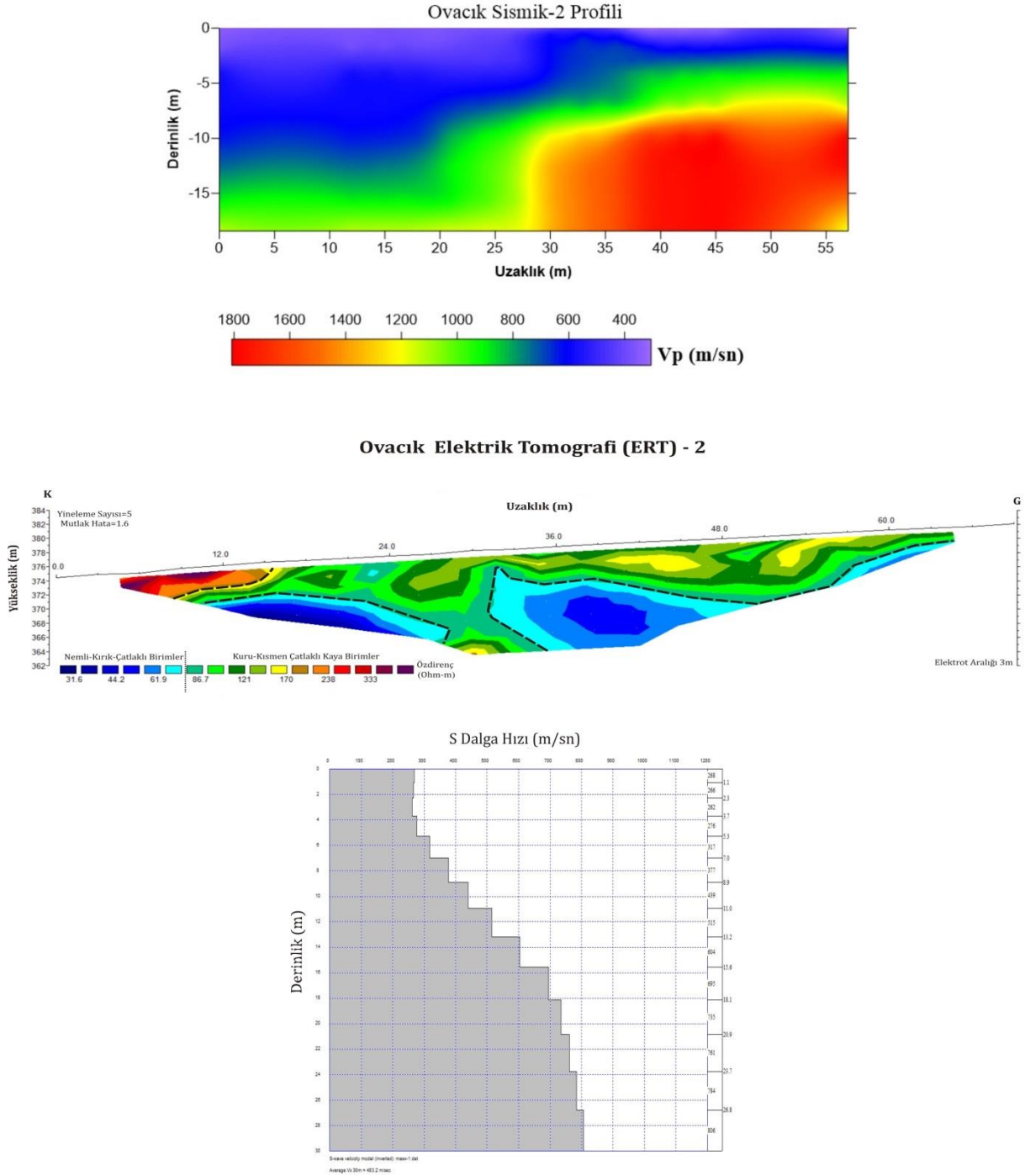


Şekil 62. Çamburnu Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

Ovacık mevkii SİS ve ERT profilleri



Şekil 63. Ovacık Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)



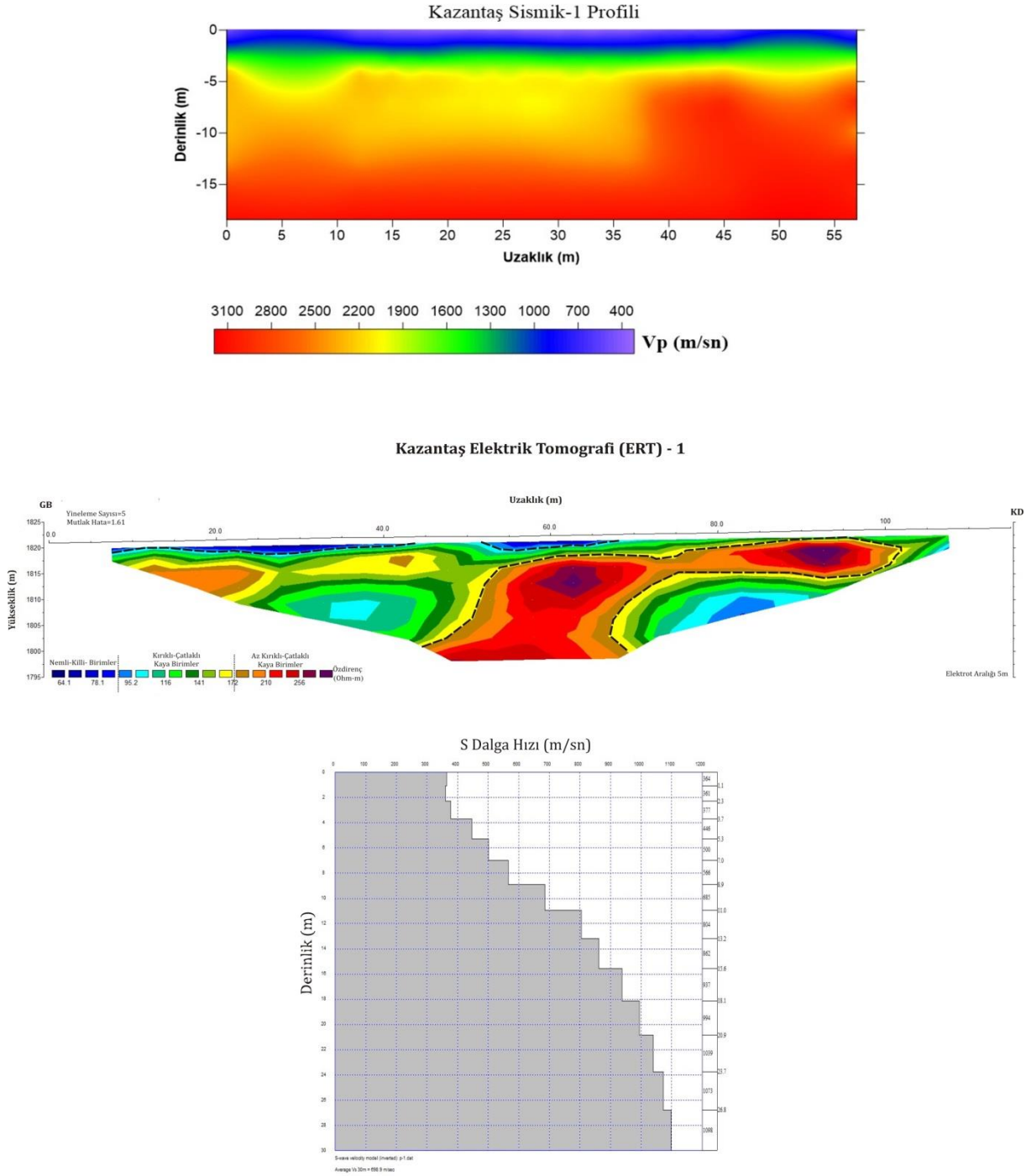
Şekil 64. Ovacık Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

2.3.5. Gümüşhane İli

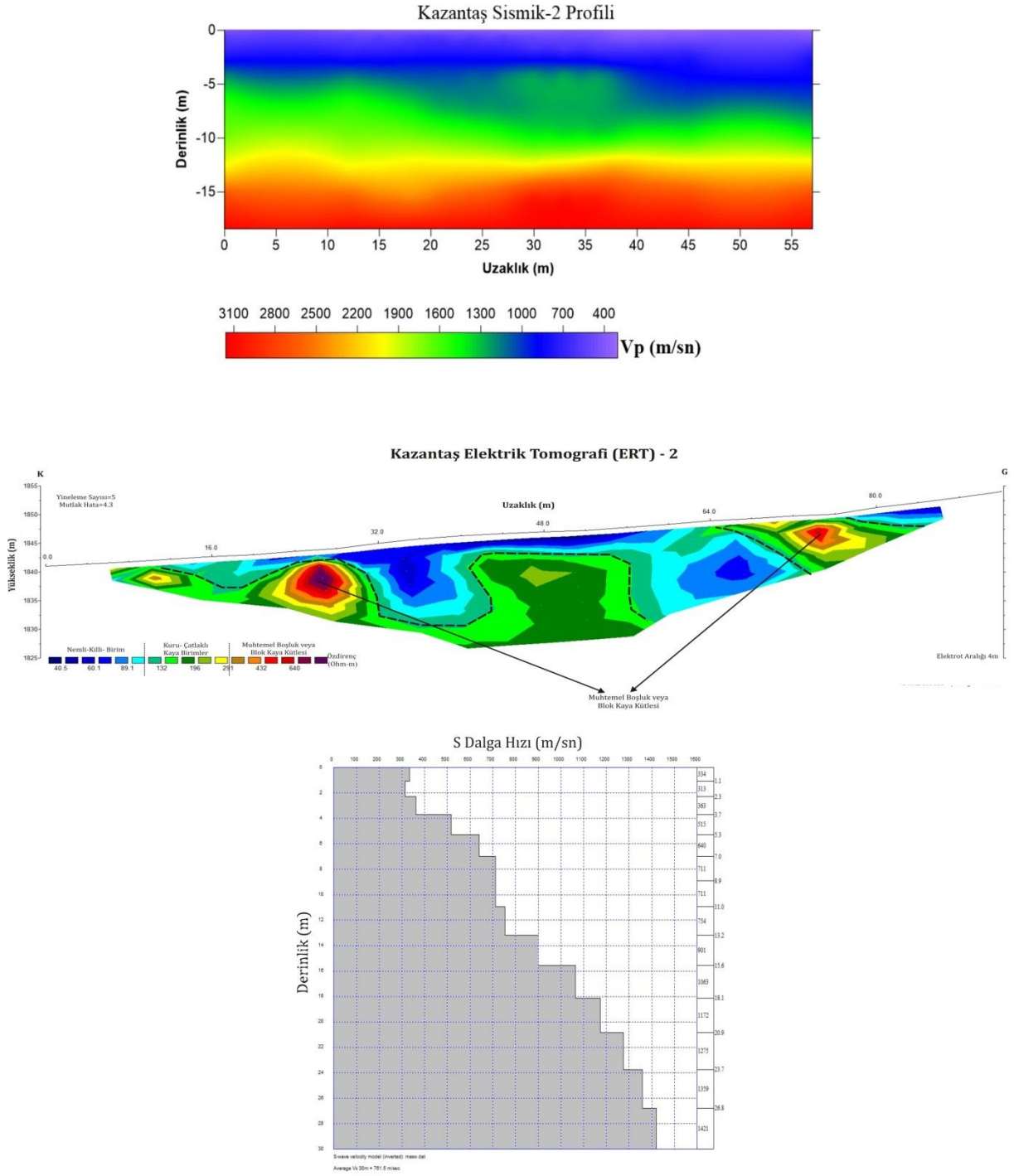
Gümüşhane ili sınırları içerisinde Kazantaş ve Yenice olmak üzere 2 farklı ilçede ön çalışmalar (harita çalışmaları) ile belirlenen alanlar üzerinde sismik ve elektrik özdirenç

ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait profil ve koordinat bilgileri Tablo 30' da ve hesaplanan tüm dinamik-elastik parametreler ise Tablo 31' de verilmiştir.

Kazantaş mevkii SİS ve ERT profilleri

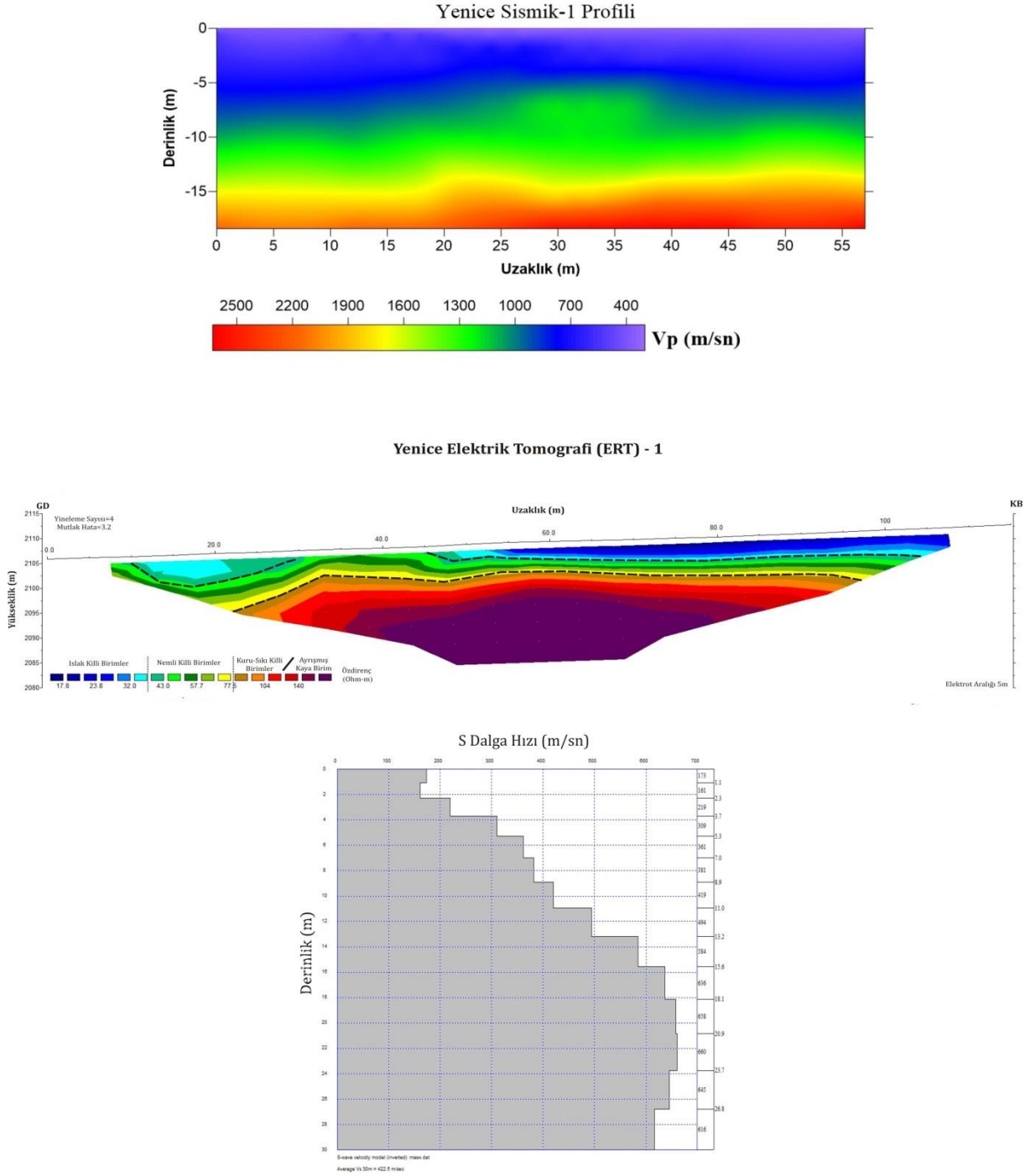


Şekil 65. Kazantaş Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

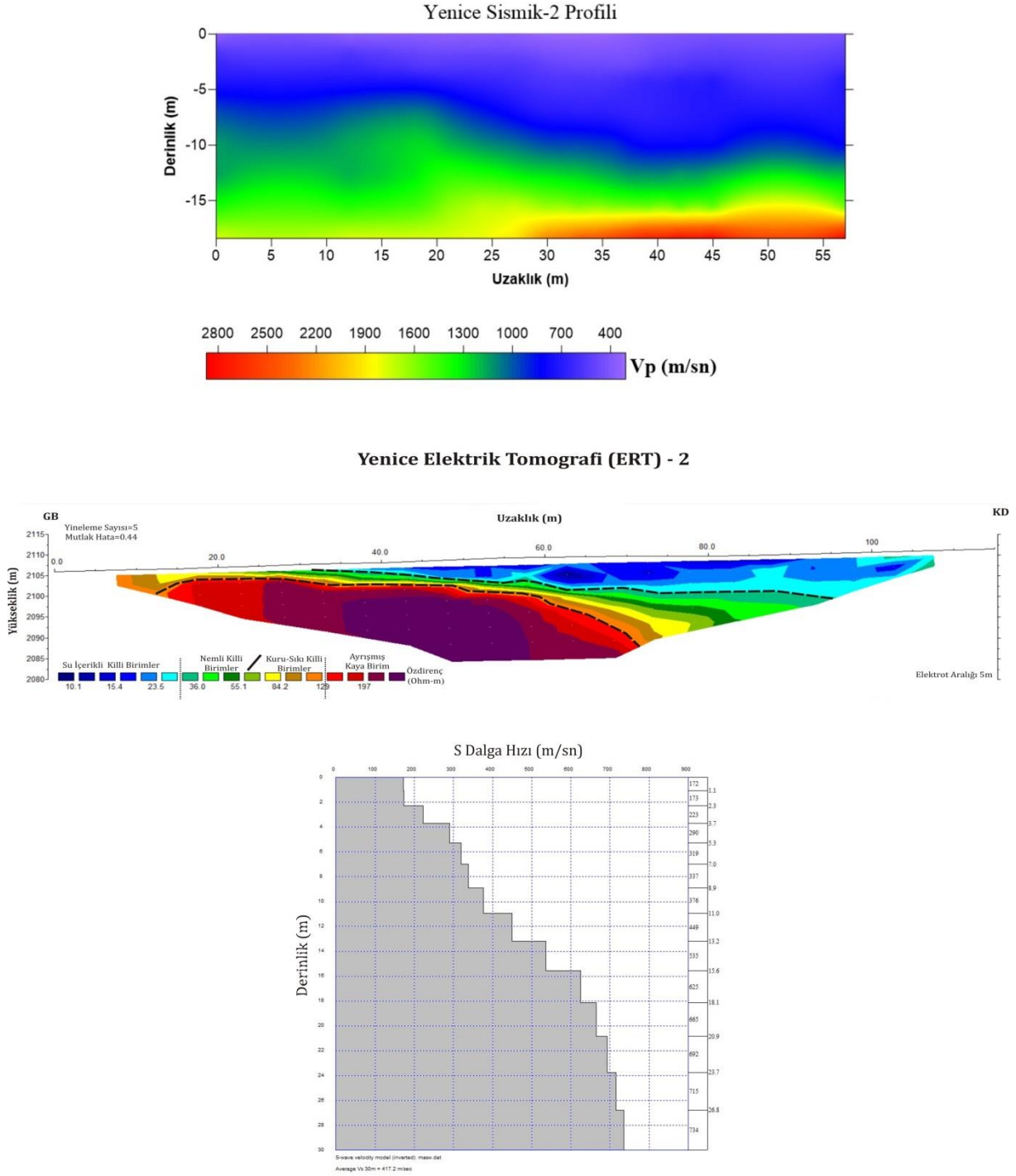


Şekil 66. Kazantaş Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

Yenice mevkii SİS ve ERT profilleri



Şekil 67. Yenice Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografik kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)



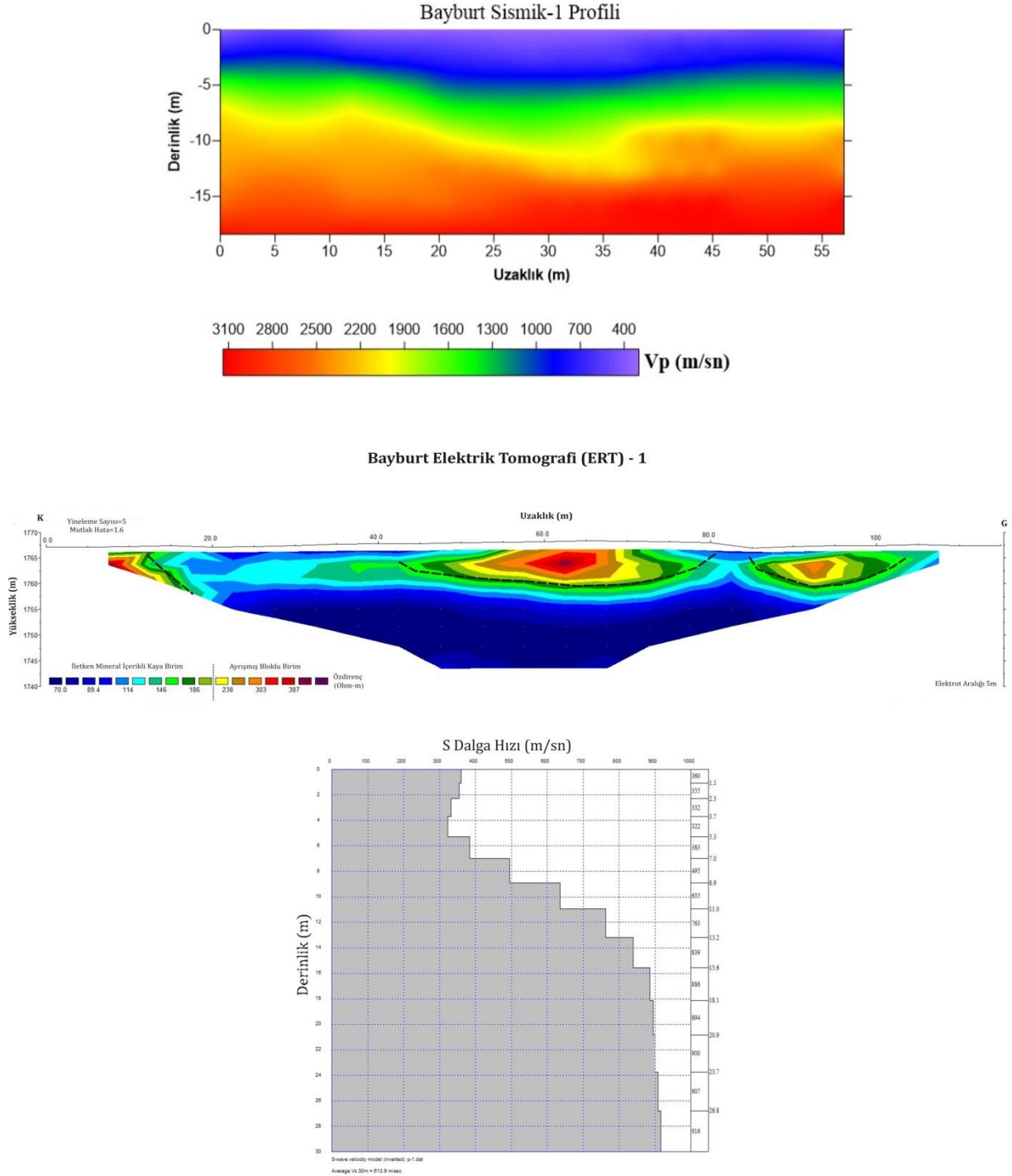
Şekil 68. Yenice Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik özdirenç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

2.3.6. Bayburt İli

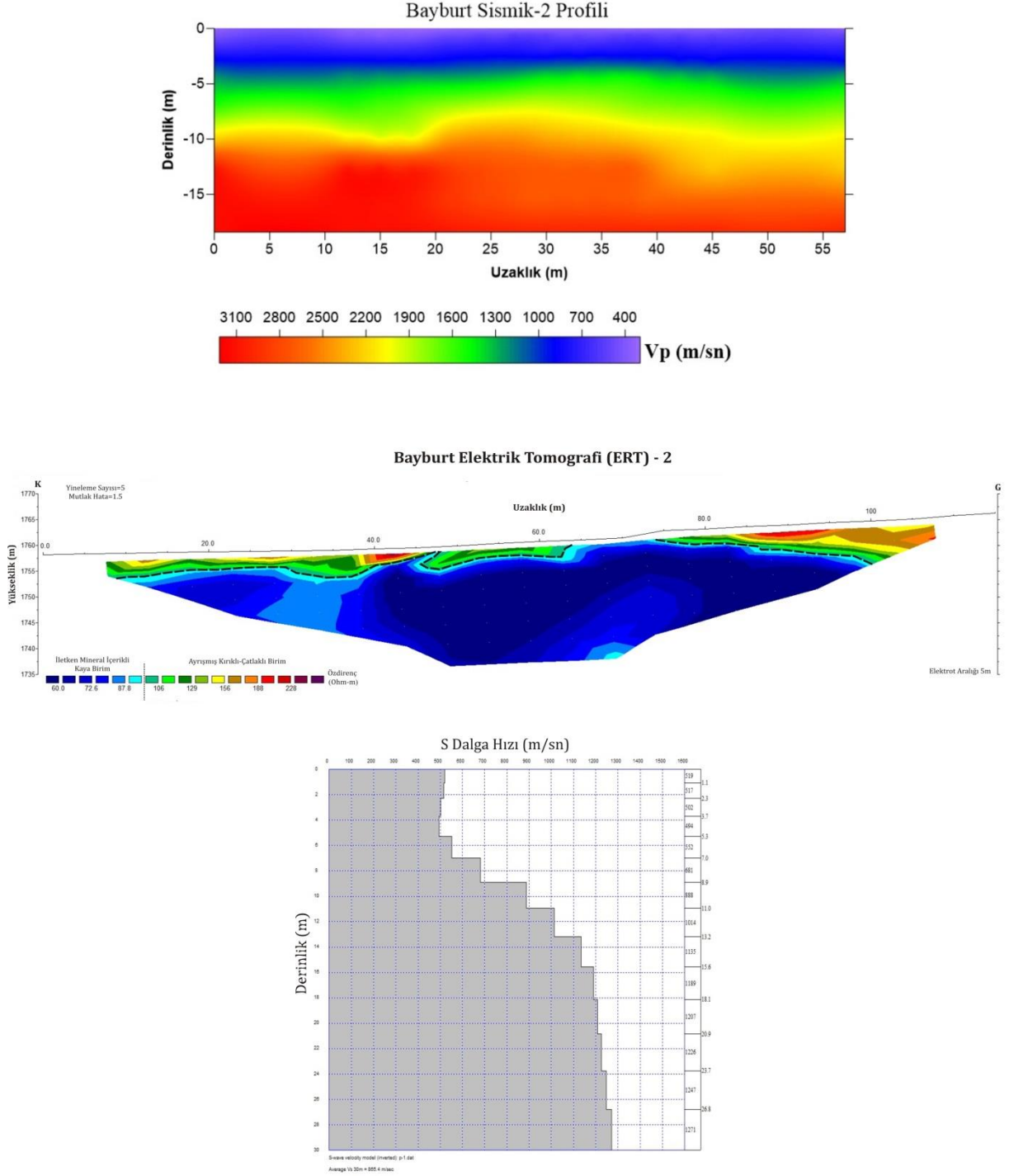
Bayburt ili sınırları içerisinde Merkez ve Balkaynak olmak üzere 2 farklı ilçede ön çalışmalar (harita çalışmaları) ile belirlenen alanlar üzerinde sismik ve elektrik özdirenç ölçümleri

gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait profil ve koordinat bilgileri Tablo 30' da ve hesaplanan tüm dinamik-elastik parametreler ise Tablo 31' de verilmiştir.

Merkez ilçesi SİS ve ERT profilleri

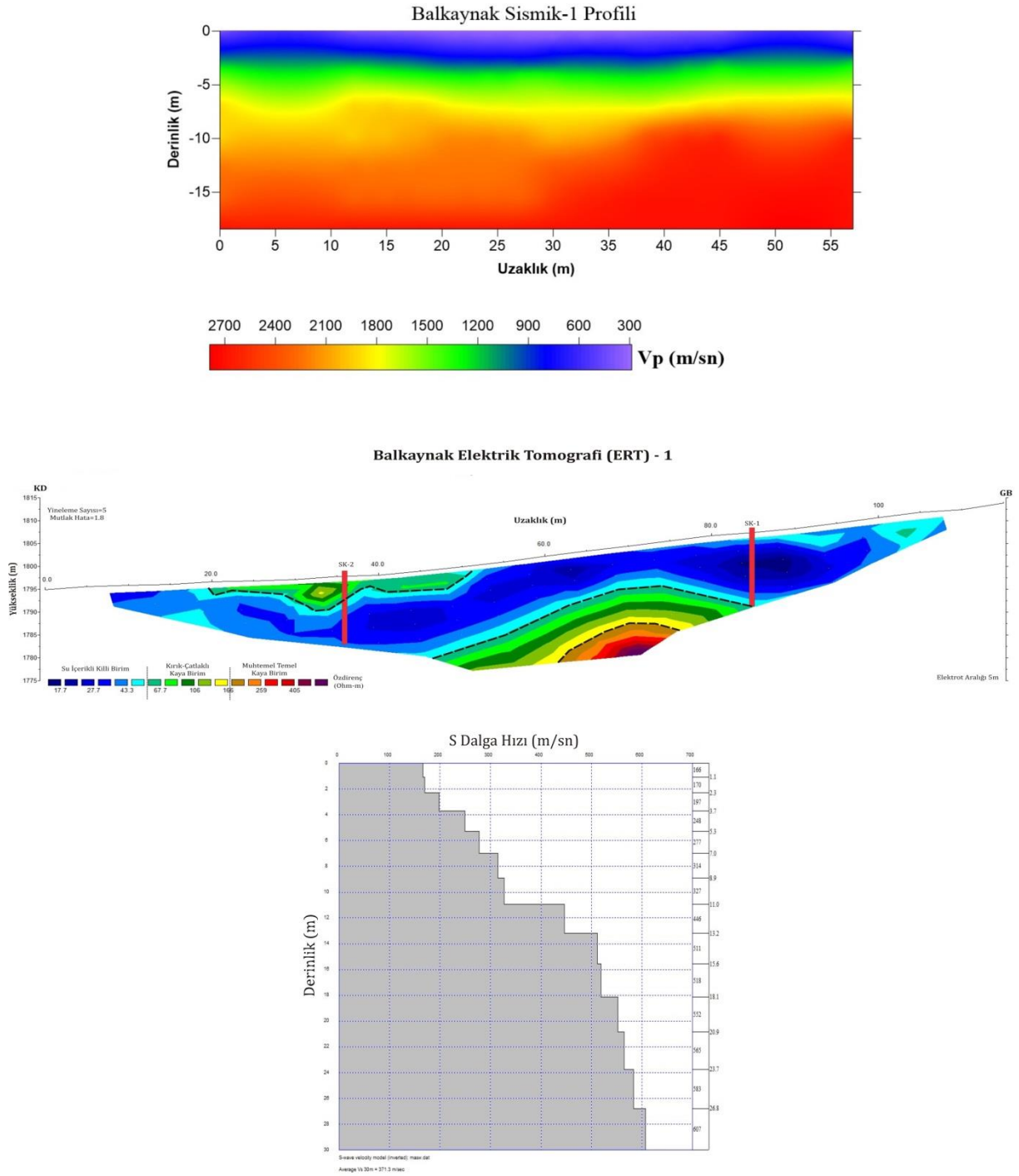


Şekil 69. Bayburt Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)



Şekil 70. Bayburt Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

Balkaynak mevkii SİS ve ERT profilleri

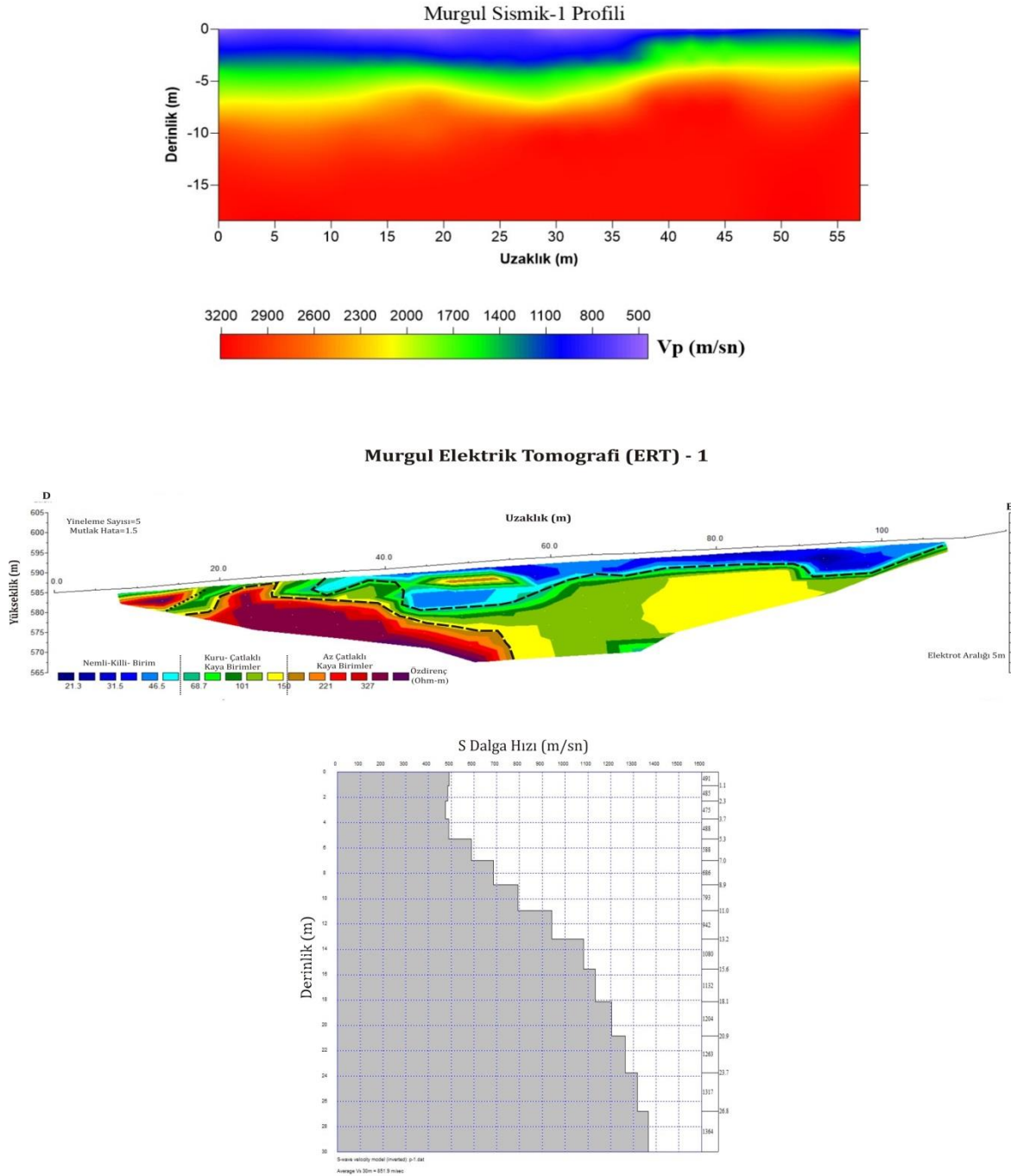


Şekil 71. Balkaynak Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

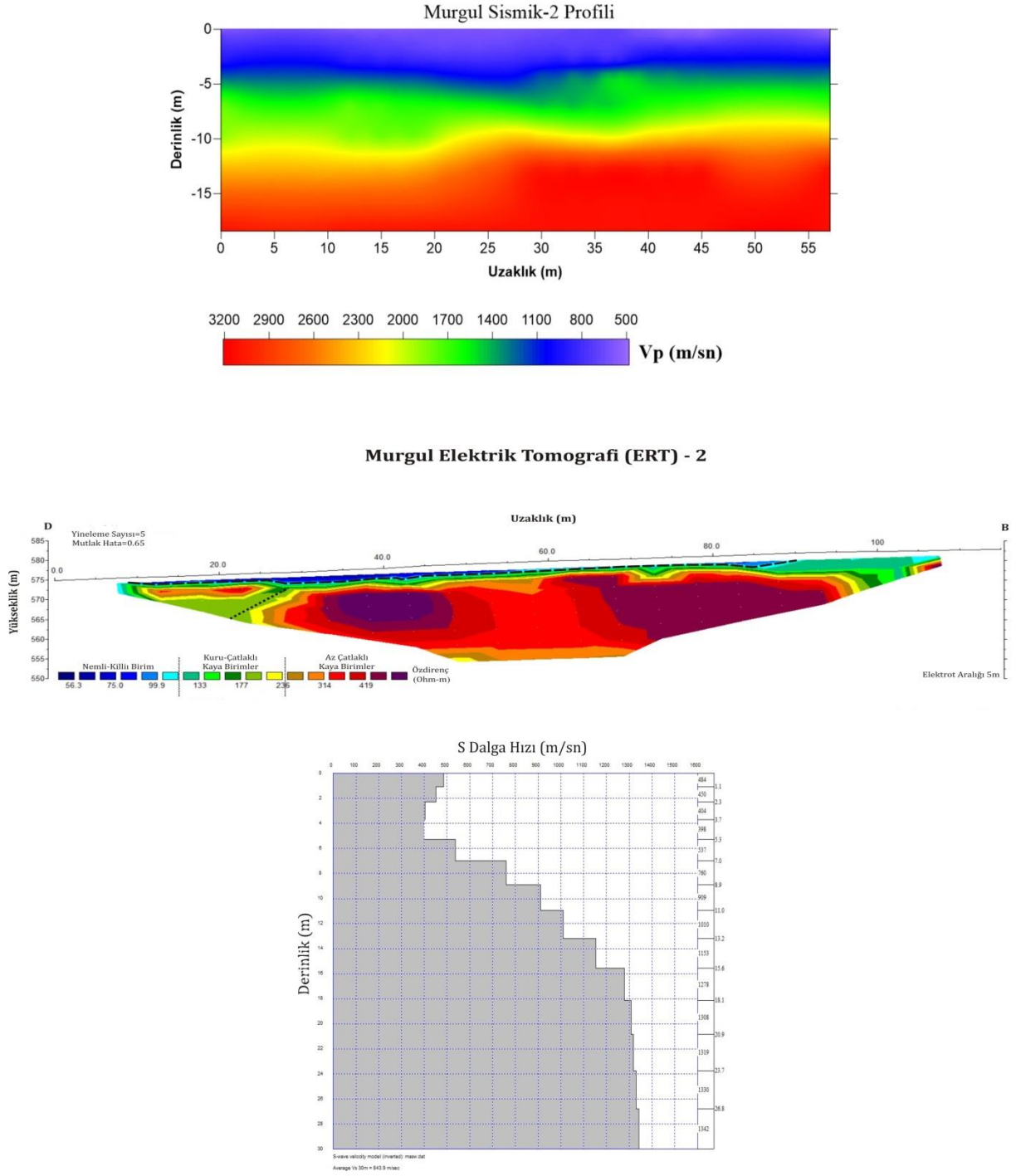
2.3.7. Artvin İli

Artvin ili sınırları içerisinde Murgul olmak üzere 1 ilçede ön çalışmalar (harita çalışmaları) ile belirlenen alanlar üzerinde sismik ve elektrik öz direnç ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait profil ve koordinat bilgileri Tablo 30' da ve hesaplanan tüm dinamik-elastik parametreler ise Tablo 31' de verilmiştir.

Murgul ilçesi SİS ve ERT profilleri



Şekil 72. Murgul Profil 1 (SK-1) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)



Şekil 73. Murgul Profil 2 (SK-2) için SİS ve ERT kesitleri. P dalgası tomografik hız kesiti (üstte), elektrik öz direnç tomografi kesiti (orta) ve S dalgası hız-derinlik profili (altta)

Tablo 31. Tüm sismik profillere ait hesaplanan Dinamik-Elastik parametreler

İl	İlçe	Hat	Tbk	h (m)	Vp (m/sn)	Vs (m/sn)	Vp/Vs	d (gr/cm ³)	μ (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	σ	% Porozite	Ks (t/m ³)	Qe (kg/cm ²)	V _{s30} (m/sn)	To (sn)	A ₀	Δz (cm)	
SAMSUN	Vezirköprü	Sis-1	1	4,50	800	400	2,0	1,65	2638	7034	7034	0,33	0,39	23002	3,30	551	0,21	1,54	1,4	
			2	4,50	1500	450	3,3	1,93	3907	11334	38199	0,45	0,28	22237	2,60				1,1	
			3		2300	620	3,7	2,15	8252	24110	102563	0,46	0,21	42506	3,59				0,8	
		Sis-2	1	4,50	800	250	3,2	1,65	1030	2980	9178	0,45	0,39	6090	1,29	377	0,31	1,93	2,1	
			2	4,50	1600	220	7,3	1,96	949	2829	48926	0,49	0,27	2544	0,59				2,3	
			3		2500	450	5,6	2,19	4439	13168	131083	0,48	0,19	15501	1,78				1,1	
	Bafra	Sis-1	1	3,00	450	180	2,5	1,43	463	1300	2274	0,41	0,49	3400	1,03	251	0,47	2,47	3,0	
			2	9,00	700	230	3,0	1,59	844	2428	6689	0,44	0,41	5218	1,21				2,3	
			3		950	280	3,4	1,72	1349	3920	13733	0,45	0,36	7555	1,42				1,8	
		Sis-2	1	4,00	450	180	2,5	1,43	463	1300	2274	0,41	0,49	3400	1,03	223	0,53	2,65	3,0	
			2	8,50	720	220	3,3	1,61	777	2252	7298	0,45	0,41	4499	1,08				2,4	
			3		1000	240	4,2	1,74	1004	2951	16094	0,47	0,35	4632	1,00				2,1	
ORDU	Işık tepe	Sis-1	1	1,00	800	420	1,9	1,65	2908	7618	6674	0,31	0,39	26157	3,64	1357	0,08	1	1,4	
			2	1,50	1800	620	2,9	2,02	7762	22241	55073	0,43	0,25	50101	4,31				0,8	
			3		3000	1000	3,0	2,29	22943	65960	175893	0,44	0,16	143793	7,65				0,5	
	Esence	Sis-1	1	1,50	600	330	1,8	1,53	1671	4288	3296	0,28	0,44	15423	2,78	572	0,20	1,50	1,8	
			2	5,50	1800	550	3,3	2,02	6108	17695	57278	0,45	0,25	35361	3,39				0,9	
			3		3000	750	4,0	2,29	12905	37855	189276	0,47	0,16	61893	4,30				0,7	
		Sis-2	1	2,00	800	330	2,4	1,65	1795	5018	8158	0,40	0,39	13537	2,24	572	0,20	1,50	1,6	
			2	1,50	1800	550	3,3	2,02	6108	17695	57278	0,45	0,25	35361	3,39				0,9	
			3		3000	750	4,0	2,29	12905	37855	189276	0,47	0,16	61893	4,30				0,7	
	GİRESUN	Şebinkarahisar	Sis-1	1	3,00	800	295	2,7	1,65	1435	4078	8638	0,42	0,39	9836	1,79	396	0,30	1,87	1,8
				2	4,00	1700	310	5,5	1,99	1913	5673	54976	0,48	0,26	6766	1,13				1,6
				3		2600	550	4,7	2,21	6696	19775	140713	0,48	0,18	27358	2,58				0,9
Sis-2			1	2,00	1000	550	1,8	1,74	5273	13533	10401	0,28	0,35	48678	5,27	857	0,14	1,18	1,1	
			2	8,00	1800	750	2,4	2,02	11358	31688	50278	0,40	0,25	86350	6,31				0,7	
			3		3000	950	3,2	2,29	20706	59809	178876	0,44	0,16	123865	6,90				0,5	
Ağalık Madeni		Sis-1	1	5,00	700	150	4,7	1,59	359	1059	7335	0,48	0,41	1484	0,51	274	0,40	1,34	3,4	
			2	3,00	1300	270	4,8	1,86	1357	4010	29649	0,48	0,31	5447	1,04				1,9	
			3		1900	330	5,8	2,05	2229	6617	70913	0,48	0,24	7516	1,17				1,5	
		Sis-2	1	3,50	750	150	5,0	1,62	365	1080	8639	0,48	0,40	1412	0,49	300	0,27	2,20	3,4	
			2	9,00	1700	270	6,3	1,99	1451	4316	55592	0,49	0,26	4483	0,85				1,9	
			3		2800	350	8,0	2,26	2762	8243	17311	0,49	0,17	6739	0,99				1,4	
1	4,00	850	240	3,5	1,67	964	2809	10808	0,46	0,38	5187	1,13	435	0,30	1,77	2,1				

TRABZON	Çamburnu	Sis-3	2	5,00	1700	380	4,5	1,99	2874	8472	53695	0,47	0,26	12385	1,69	1016	0,24	1,66	1,3
			3		2500	580	4,3	2,19	7374	21703	127170	0,47	0,19	32929	2,95				0,9
			1	6,50	1000	300	3,3	1,74	1569	4552	15341	0,45	0,35	8930	1,57				1,7
		Sis-1	2	5,00	1800	500	3,6	2,02	5048	14722	58691	0,46	0,25	26745	2,80				1,0
			3		2900	700	4,1	2,27	11147	32751	176456	0,47	0,16	51702	3,84				0,7
			1	4,00	700	450	1,6	1,59	3229	7413	3508	0,15	0,41	31164	4,61				1,5
	Sis-2	2	5,00	1800	700	2,6	2,02	9894	27919	52230	0,41	0,25	71008	5,50	0,8				
		3		3000	1100	2,7	2,29	27761	78970	169469	0,42	0,16	189369	9,25	0,5				
		1	6,00	800	270	3,0	1,65	1202	3451	8949	0,44	0,39	7618	1,50	1,9				
	Ovacık	Sis-1	2	2,00	1700	350	4,9	1,99	2438	7207	54276	0,48	0,26	9704	1,43	483	0,31	1,91	1,4
			3		2800	600	4,7	2,26	8118	23964	165970	0,48	0,17	33583	2,90				0,8
			1	8,50	600	300	2,0	1,53	1381	3682	3682	0,33	0,44	12041	2,30				1,9
Sis-2		2	6,00	1100	500	2,2	1,79	4463	12227	15651	0,37	0,33	36349	4,06	484	0,24	1,66	1,1	
		3		1700	700	2,4	1,99	9754	27270	44522	0,40	0,26	73436	5,74				0,8	
		1	2,50	700	350	2,0	1,59	1953	5209	5209	0,33	0,41	17033	2,79				1,6	
GÜMÜŞHANE	Kazantaş	Sis-1	2	2,50	1600	450	3,6	1,96	3970	11570	44898	0,46	0,27	21281	2,48	699	0,17	1,33	1,1
			3		2200	800	2,8	2,12	13588	38693	84640	0,42	0,21	92018	6,18				0,7
			1	7,50	900	400	2,3	1,70	2717	7481	10131	0,38	0,37	21746	3,02				1,7
		Sis-2	2	5,50	1800	600	3,0	2,02	7269	20899	55730	0,44	0,25	45559	4,04	761	0,15	1,26	1,0
			3		2800	900	3,1	2,26	18266	52693	152440	0,44	0,17	110767	6,52				0,6
			1	11,00	800	300	2,7	1,65	1484	4209	8573	0,42	0,39	10322	1,85				1,8
	Yenice	Sis-1	2	5,00	1450	450	3,2	1,91	3874	11208	35055	0,45	0,29	22749	2,67	422	0,28	1,80	1,2
			3		2300	640	3,6	2,15	8793	25642	101842	0,46	0,21	46664	3,82				0,8
			1	11,00	800	300	2,7	1,65	1484	4209	8573	0,42	0,39	10322	1,85				1,8
		Sis-2	2	6,00	1600	550	2,9	1,96	5931	16998	42284	0,43	0,27	38213	3,71	417	0,28	1,82	1,0
			3		2500	700	3,6	2,19	10741	31309	122681	0,46	0,19	57333	4,30				0,7
			1	5,00	600	350	1,7	1,53	1879	4669	3017	0,24	0,44	17812	3,13				1,7
BAYBURT	Merkez	Sis-1	2	5,00	1600	550	2,9	1,96	5931	16998	42284	0,43	0,27	38213	3,71	614	0,19	1,44	1,0
			3		2300	800	2,9	2,15	13740	39328	95247	0,43	0,21	89462	5,97				0,7
			1	5,00	850	500	1,7	1,67	4185	10340	6514	0,24	0,38	39778	4,92				1,2
		Sis-2	2	4,00	1650	650	2,5	1,98	8348	23509	42660	0,41	0,26	60568	5,06	805	0,14	1,22	0,8
			3		2800	1000	2,8	2,26	22550	64354	146727	0,43	0,17	150312	8,05				0,5
			1	2,50	600	175	3,4	1,53	470	1366	4897	0,45	0,44	2605	0,78				2,9
	Balkaynak	Sis-1	2	4,50	1500	280	5,4	1,93	1513	4483	41391	0,48	0,28	5473	1,01	371	0,32	1,95	1,8
			3		2000	500	4,0	2,07	5183	15203	76013	0,47	0,23	24856	2,59				1,0

ARTVIN	Murgul	Sis-1	1	3,50	1000	500	2,0	1,74	4358	11622	11622	0,33	0,35	38003	4,36	852	0,14	1,18	1,1
			2	4,00	1900	800	2,4	2,05	13099	36474	56420	0,39	0,24	100437	6,89				0,7
			3		3000	1100	2,7	2,29	27761	78970	169469	0,42	0,16	189369	9,25				0,5
		Sis-2	1	5,00	1000	450	2,2	1,74	3530	9694	12726	0,37	0,35	28529	3,53	844	0,14	1,19	1,2
			2	5,50	1900	750	2,5	2,05	11513	32413	58535	0,41	0,24	83676	6,06				0,7
			3		2800	1000	2,8	2,26	22550	64354	146727	0,43	0,17	150312	8,05				0,5

3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Bayburt ve Artvin illeri için önerilen düzenli depolama alanları Jeofizik veriler açısından (Depremsellik, Sismik ve Elektrik) uygunluk değerlendirmesi ve önerileri yapılmıştır.

3.1. Depremsellik Analizlerinin Sonuçları

Katı atık depolama alanı belirlemek için Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan ve KAFZ'a yakın olan 7 ili (Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon, Artvin, Gümüşhane, Bayburt) içeren bölgede oluşmuş tarihsel ve aletsel deprem verileri ulusal ve uluslararası veri merkezlerinden alınmıştır. Farklı magnitüd ölçeğindeki veriler yüzey dalgası magnitudüne dönüştürülerek homojen hale getirilmiş, tarihsel depremlerdeki şiddet ölçeği magnitüd ölçeğine dönüştürülmüştür. Depremlerin tamamlılık analizi yapılarak tamamlılık yılı aletsel dönem başlangıcı (1900 yılı) seçilmiş, magnitudün alt sınırı olarak $M_S \geq 4.0$ alınmıştır.

Depremsellik çalışması yapılan her il (Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon, Artvin, Gümüşhane, Bayburt) için magnitüd aralığı için 0.1 sınıf aralığı kullanılarak birikimli (toplam) frekanslar belirlenerek, En Küçük Kareler yaklaşımı ile Gutenberg-Richter (1954) magnitüd-frekans (yıllık oluşum) ilişkileri hesaplanmıştır (Tablo 22). Bu ilişkilerden belirlenen b-değerleri sismik aktivitenin bir göstergesi olarak bu bölgeler için depremsellik çalışmasında kullanılan önemli parametrelerden birisidir. Zira b-değerlerindeki azalma bu bölgelerde bir enerji birikimini göstermekte ve büyük bir deprem oluşmasının beklenebileceğini ifade etmektedir. Buna göre en küçük b-değerleri sırasıyla Ordu (b=0.47), Gümüşhane (b=0.48), Trabzon (b=0.48), en büyük b-değerleri ise sırasıyla Artvin (b=0.87), Bayburt (b=0.68), Samsun (b=0.65), Giresun (b=0.57) illeri için belirlenmiştir.

Tablo 22. İllere ait yıllık deprem oluşum ilişkileri, N_i ; kümülatif deprem sayıları.

İl	Magnitüd-sıklık İlişkisi	İl	Magnitüd-sıklık İlişkisi
Samsun	$\text{Log}(N_i) = 4.25 - 0.65M_s$	Artvin	$\text{Log}(N_i) = 5.06 - 0.87M_s$
Ordu	$\text{Log}(N_i) = 3.14 - 0.47M_s$	Gümüşhane	$\text{Log}(N_i) = 3.50 - 0.48M_s$
Giresun	$\text{Log}(N_i) = 3.83 - 0.57M_s$	Bayburt	$\text{Log}(N_i) = 4.33 - 0.68M_s$
Trabzon	$\text{Log}(N_i) = 2.40 - 0.48M_s$		

Her bir il için aletsel dönemde oluşmuş depremlerin Poisson dağılımına uyduğu varsayımı ile inceleme alanlarına ait deprem tehlikesi hesaplamaları yapılmıştır. Her ilde

meydana gelen en büyük magnitüdü depremler dikkate alınarak çeşitli magnitüdüdeki depremlerin gelecek 100 yıl içerisinde her 10'ar yıllık periyodlarda depremlerin aşılma olasılıkları $R(M)$ ve tekrarlanma periyodları (Q) hesaplanmıştır. Buna göre $M_s \geq 4.0$ olan depremlerin 10 yıl içerisinde olma olasılığı en yüksek iller sırasıyla Gümüşhane (%96), Samsun (%94), Giresun (%90), Bayburt (%90), Artvin (%81) ve Ordu (%75) olarak belirlenmiştir. En düşük olasılık (%22) Trabzon için hesaplanmıştır.

100 yıl içerisinde $M_s \geq 7.0$ olan büyük depremler için tehlikenin en büyük olduğu değerler sırasıyla Gümüşhane (%69), Ordu (%41), en küçük değerler ise Giresun (%35), Samsun (%29) ve Bayburt (%19) illeri için belirlenmiştir. Artvin ilinde hesaplamaya katılan en büyük magnitüd değeri $M_s \geq 6.5$ için 100 yıl içerisinde belirlenen tehlike %10 değerinde, Trabzon ilinde hesaplamaya katılan en büyük magnitüd değeri $M_s \geq 5.5$ için 100 yıl içerisinde belirlenen tehlike %37 olarak belirlenmiştir.

Aynı dönem için kuvvetli bir depremin ($M_s \geq 6.0$) tekrarlanma aralığı Gümüşhane ili için 29 yıl, Giresun ili için 62 yıl, Ordu ili için 63 yıl, Samsun ili için 68 yıl, Bayburt ili için 101 yıl, Artvin ili için 336 yıl olarak belirlenmiştir. Orta büyüklükteki ($M_s \geq 5.0$) bir depremin tekrarlanma aralığı ise Trabzon ili için 124 yıl olarak hesaplanmıştır.

Deterministik deprem tehlikesinin belirlenmesi kapsamında doğu Karadeniz bölgesini etkileyen en önemli deprem kuşağı olan KAFZ'ın doğu uzantısında oluşabilecek $M_s = 7.9$ büyüklüğünde bir deprem (Erzincan örneği) ile KAFZ'ın batı uzantısında oluşabilecek $M_s = 7.0$ büyüklüğünde bir depremin (Tokat örneği) inceleme alanında oluşabilecek zemin-bağımsız eşşiddet ve eş-ivme dağılım haritaları oluşturulmuştur. Buna göre KAFZ'ın doğu uzantısı üzerinde meydana gelen $M_s = 7.9$ büyüklüğünde bir deprem (Erzincan örneği) sonucu oluşabilecek zemin bağımsız şiddet değeri Bayburt ve Gümüşhane için VIII, Trabzon için VII, Ordu ve Giresun için VI, Samsun ve Artvin için V olarak hesaplanmıştır. Aynı deprem için hesaplanan ivme değerleri Trabzon, Gümüşhane ve Bayburt illerinde 215-556gal (~0.4g) aralığında, Giresun ve Ordu illerinde 158-215gal (~0.2g) aralığında, Artvin ilinde 150-158gal (~0.15g) aralığında ve Samsun ilinde 90-150gal (~0.1g) aralığında bulunmuştur.

KAFZ'ın batı uzantısı üzerinde oluşan $M_s = 7.0$ büyüklüğünde bir deprem (Tokat örneği) etkisinde zeminin bağımsız şiddet değeri Samsun için VII, Ordu için VI, Giresun için V, Trabzon, Gümüşhane, Bayburt ve Artvin için IV olarak hesaplanmıştır. Bu depremin zeminde oluşturacağı ivme değerleri Samsun ili için 191-396gal (~0.3g) aralığında, Ordu ve Giresun illeri için 66-103gal (~0.09g) aralığında, Trabzon, Gümüşhane ve Bayburt illeri için 43-50gal (~0.05g) aralığında, Rize ve Artvin illeri için 28-43gal (~0.04g) aralığında hesaplanmıştır.

3.2. Sismik ve Elektrik Analizlerin Sonuçları

Sismik verilerden elde edilen dinamik-elastik ve jeoteknik parametreleri (Tablo 31) atık depolama alanları için yeraltı geometrisi, jeolojik malzemelerin sıklığı-katılığı, yumuşaklığı-gevşekliği açısından, elektrik özdirenç verilerinden ise yeraltı su içeriği, litolojik değişimler, killi malzeme içeriği ve kayaçların ayrışma dereceleri açısından değerlendirilmiştir. Tüm bu değerlendirmeler ve ilgili alanların Jeofizik veriler ışığında katı atık depolama sahası için uygunlukları aşağıda açıklanmıştır. Bununla birlikte buradaki açıklamalar Tablo 31’de elde edilen tüm parametrelerin genel ve bütüncül yorumunu içermektedir. Her bir profilde elde edilen yeraltı jeolojik yapısına ait parametrelerin detay değerlendirmesi için Tablo 31’deki sonuçlar metin içerisinde verilen referans tablolarındaki (Tablo 22’den Tablo 29’a kadar) değerler ile karşılaştırılmalıdır.

SAMSUN İLİ	
Vezirköprü	Bafra
0-.4.5 metre arası çok sıkı olmayan nemli ve ayrışmış birimleri, 4.5-9 metreler arası suya doymuş jeolojik birimler (sondaj sonuçlarına göre killi birim), 9 metreden sonra ise sıkı birimleri gözlenmiştir. Birinci profil verilerine göre ortamda bir süreksizlik zonu ya da yanal yönde litolojik değişim olduğu görülmüştür. Sismik parametreler açısından ortam depolama alanı olarak uygun görülüyor olsa da, elektrik verilerine göre yeraltı suyunun varlığı şüphesiyle özel jeoteknik önlem gerekli olduğu düşünülmektedir.	Sismik parametreler açısından oldukça zayıf zemin özelliği göstermektedir. Elektrik özdirenç sonuçları açısından ise ortamın suya doymuş olduğu anlaşılmaktadır. Sismik verilerden alan içerisinde düşey atımlı örtülü bir fay olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçlara göre bir çöp depolama alanı için çok elverişli bir alan olduğu düşünülmemektedir.
Her iki alanın zemin özellikleri karşılaştırıldığında Vezirköprü’nün katı atık depolama alanı açısından daha uygun olduğu düşünülmektedir.	

ORDU İLİ	
Esence	Işıktepe
<p>Esence sahası için hesaplanan sismik parametreler 0-1.5 metreler arası katık-sıkı zemin ve 1.5- 7 metreler arası kırık çatlaklı kaya birimleri göstermektedir. 7 metreden sonra ise tamamen sağlam kaya birimleri mevcuttur. Elektrik verilere göre ortamda yeraltı suyu açısından sorunlu bir durum görülmemekle birlikte yüzey sularının kırık-çatlak zonları boyunca yeraltına sızdığı düşünülmektedir. Yüzey sularının drenajı için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Esence sahasının ERT 2 kesiti üzerinde (Şekil 55) 65-85 metreler arasında yaklaşık 6-7 metre derinliklerinde iki adet muhtemel boşluk tipi yapı var olduğu düşünülmektedir. Sondaj verilerine göre ortamın kireçtaşı olması, bu tip boşluk yapılarının olma ihtimalini güçlendirmektedir. Bu nedenle gerekli önlemler alındıktan sonra katı atık depolama sahası için kullanılabilir.</p>	<p>Sismik parametre göre ortam yüzeyden itibaren oldukça sağlam bir zemine sahiptir. Özellikle 2.5 metreden sonra masif bir kaya yapısı (sondaj verilerine göre ortam bazaltlardan oluşmaktadır) mevcuttur. Elektrik verilerine göre yüzeye yakın ve yerel su belirtileri görülmekle birlikte bunların mevsimsel olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla ortamda yeraltı suyu bulunmamaktadır.</p>
<p>Her iki alanda katı atık depolama alanı açısından uygun olmakla birlikte Işıktepe alanı Jeofizik verilere göre daha sorunsuz bir yapıya sahiptir.</p>	

GİRESUN İLİ

Şebinkarahisar	Ağalık Madeni
<p>Sismik parametrelere göre yüzeyden itibaren 7 metrelere kadar orta sıkı karakterli bir zemin yapısı görülmekle birlikte 7 metreden sonra çok sağlam kaya yapısı görülmektedir. Ancak hem SİS-1 profilindeki S dalga hızlarının düşük olması hem de ERT-1 kesitlerinde görülen düşük özdirençliliğin (<25 Ohm-m) nedeninin su içeriği yüksek killi-siltli birimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. SİS-2 profilinin olduğu yerde profilin 25-30. metrelerinde bir süreksizlik zonu mevcut olup bu durum elektrik kesitinde de gözlenmektedir.</p>	<p>Hem sismik hem de elektrik ölçümlerin alındığı 1. ve 2. profillerin yerleri oldukça zayıf ve su içeriği açısından doygun bir yapı göstermektedir. Temel özelliği gösteren ortalama 8-10 metrelerden başlayan birim topografik olarak aşırı eğimlidir. Elektrik verileri temel özelliği gösteren bu yapının kaya karakteri taşımadığını göstermektedir. Bu nedenle sismik hızların bu birim için yüksek çıkmış olması birimin kayadan ziyade sıkı bir yapıda olduğunu göstermektedir. Buna karşılık 3. profilin sismik ve elektrik özdirenç verilerinden elde edilen sonuçlar ortamın daha sağlam bir zemine sahip olduğunu göstermektedir.</p>
<p>Şebinkarahisar katı atık depolama alanı açısından uygundur. Ancak Ağalık madeni sahasında her ne kadar 3.profilin olduğu kısım uygun görünüyorsa da alanın tamamı birlikte değerlendirildiğinde katı atık depolama alanı için uygun olmadığı düşünülmektedir.</p>	

TRABZON İLİ	
Çamburnu	Ovacık
<p>Sismik parametrelere göre ortamda ortalama olarak ilk 4 metreye kadar sıkı bir zemin olup, onun altında kaya birimler yer almaktadır. Ancak bu kaya birimler ortalama 9 metreye kadar kırık çatlaklı bir karakterdir. 9 metreden sonra sağlam bir yapı göstermektedir. Bununla birlikte hem SİS-1 hem de SİS-2 profillerinin olduğu kısımlarda ters faylanma belirtileri görülmektedir. Elektrik verilere göre ortam sismik verileri destekleyecek nitelikte olmakla beraber yaklaşık 20-50 ohm-m lik öz direnç değişimlerinin çatlaklar arası kil veya su muhtevassından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elektrik verilerine göre yeraltı suyu belirtisi görülmemiştir.</p>	<p>Sismik parametrelere göre ortam genel olarak yüzeyden ortalama 10-11 metrelere kadar (anakayaya kadar) orta sıkı zemin veya ileri derecede ayrılmış kaya yapısındadır. Bununla birlikte anakaya topografyası oldukça değişken ve 7-8 derecelik bir eğim göstermektedir. SİS-1 profilinin olduğu yerdeki anakaya daha masif SİS-2 profilinin olduğu yerdeki anakayaya göre daha sağlam veya az çatlaklı yapıdadır. Elektrik verilerine göre yaklaşık 30-70 ohm.m öz dirençli kısımlar büyük ihtimalle çatlaklar arası sızıntı su veya kısmen nemli kil muhtevassından kaynaklanmaktadır. Elektrik verilerine göre yeraltı suyu belirtisi görülmemiştir.</p>
<p>Jeofizik verilere göre her iki alan katı atık depolama için uygun görülmektedir.</p>	

GÜMÜŞHANE İLİ

Kazantaş	Yenice
<p>Sismik parametrelere göre yüzeyden 7 metre derinliğe kadar orta-sıkı karakterli bir zemin yapısı görülmektedir. Bu derinlikten sonra oldukça sıkı ve sağlam birimler yer almaktadır (Sondaj verilerine göre Kıltaşı-Marn). Bu sağlam birimin topografyası oldukça değişkendir. SİS-1 profilinin 35-40 metreleri arasında örtülü bir süreksizlik belirtisi vardır. ERT-2 kesitinde görülen 40-70 ohm.m'lik görüntüler muhtemelen ortamdaki killi birimlerin nemlenmesinden kaynaklanmaktadır. Aynı kesit üzerinde görülen 2 yüksek öz dirençli kısımın (beyaz dairesel alan ile gösterilen) muhtemelen boşluk veya blok kaya kütlesi olduğu düşünülmektedir.</p>	<p>Sismik parametrelere göre yüzeyden ortalama 16 metre derinliğe kadar orta-sıkı karakterli zemin yapısı görülmektedir. Bu derinlikten sonra oldukça sıkı-katı zemin veya kaya birimler yer almaktadır (Sondaj verilerine göre andezit). Elektrik verilerine göre 10-30 ohm.m öz dirençli görüntülerin su içeriği yüksek killi birimler olduğu ve ERT-2 kesitine göre ise bu birimler hattın sonuna doğru kalınlaşmaktadır.</p>
<p>Her iki alanda su ve killi birim muhtevasının yüksek olmasından dolayı katı atık depolama alanı açısından jeoteknik önlemlerin (özellikle su drenajı) mutlaka alınması gerekmektedir.</p>	

BAYBURT İLİ	
Merkez	Balkaynak
<p>Sismik parametrelere göre 10 metre derinliğe kadar ortam sıkı-katı özellik göstermektedir. Bu derinlikten sonraki birimler tipik kaya yapısı göstermektedir ve masif karakterdedirler. Elektrik verilerine göre derine doğru öz direnç değerlerinin azalımı göstermesi kil içeriği ile ilişkili olmadığı düşünülmektedir. Bununla birlikte bu azalımın nedeni kayalar içerisindeki iletken minareller ve/veya mevsimsel sızıntı suları ile ilişkili olabilir.</p>	<p>Sismik ve elektrik ölçümlerden önce açılan sondaj kuyuları birbirine yakın (~ 40m) olmasından dolayı her iki sondaj kuyusu tek bir profilin içinde kalmıştır. Dolayısıyla her bir sondaj için ayrı ayrı sismik ve elektrik ölçümleri alınmamıştır. Sondaj konumları sadece bu bölge için ERT kesiti üzerinde gösterilmiştir.</p> <p>Sismik parametrelere göre 7 metreye kadar zayıf dayanımlı ve az-sıkı bir zemin karakteri görülmüştür. Özellikle 2.5-7 metreler arasında P dalga hızının 1500 m/sn, S dalga hızının ise 280 m/sn gibi düşük bir değerde olması ve aynı zamanda ERT kesitinde de bu seviyeler arası öz direncin 15-30 ohm.m 'lerde olması, burada suya doygun killi birimlerin olduğunu işaret etmektedir. Yaklaşık 7 metreden sonra anakayanın ayrılmış kısmı veya iyi sıkışmış birimler görülmektedir. Bununla birlikte ERT kesitinde yaklaşık 17 metrelerden sonra muhtemel temel kaya olabilecek birim yer almaktadır.</p>
<p>Jeofizik verilere göre Bayburt Merkez alanı katı atık depolama için uygundur. Ancak Balkaynak mevkiinde yeraltı suyu varlığı ihtimalinin yüksek olması, bu alanın katı atık depolama açısından uygun olmadığını göstermektedir.</p>	

ARTVİN İLİ

Murgul

Her iki sismik profilin olduğu alanda yüzeyde çok ince bir killi birim yer almaktadır. Bu birimlerin altında ortalama 8 metreye kadar muhtemelen kırıklı-çatlaklı kaya birimleri yer almaktadır. Bu seviyenin altında ise çok sağlam ve masif karakterli kaya birimler mevcuttur. ERT-1 kesitinde 20-35 ohm.m 'lik görüntülerin muhtemelen su içerikli killi birimleri göstermektedir. Ölçüm alanının eğimi dikkate alındığında bu birim eğim yönünde kayma eğilimi gösterebilir (Potansiyel heyelan tehlikesi). Bununla birlikte kesitin 40 ile 60 metreleri arasında yer alan dışbükey görüntünün muhtemelen eski bir heyelanın topuğu veya eğim aşağı akan molozik malzemenin biriktiği yer olduğu düşünülmektedir. Buna karşılık ERT-2 kesitine göre anakaya derinliği yüzeye oldukça yakındır ve bu durum sismik sonuçlar ile uyumludur.

Profil-1 alanı potansiyel heyelan tehlikesi taşıdığından katı atık depolama alanı için risk teşkil etmektedir. Buna karşılık profil-2 alanı jeofizik veriler açısından uygundur.

4. KAYNAKLAR

- Alptekin, Ö., 1973. Focal Mechanism of Earthquakes in Western Turkey and Their Tectonic Implications, Ph.D. Thesis, New Mexico Inst. of Mining and Tech., Socorro, New Mexico.
- Alptekin, Ö., 1978. Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Magnitüd-Frekans Bağlılıları ve Deformasyon Boşalımları, Doçentlik Tezi, K.T.Ü., Trabzon.
- Alsan, E., Tezuçan, L. ve Bath, M., 1975. An Earthquake Catalogue for Turkey for The Interval 1913-1970, Report Kandilli Obs., İstanbul and Uppsala Univ., Sweden.
- Ambraseys, N. N., 1970. Some characteristic features of the Anatolian fault zone, *Tectonophysics*, **9**, 143-165.
- Ambraseys, N.N. ve Jacson, J.A., 1981. Earthquake Hazard and Vulnerability in the Northeastern Mediterranean: The Corinth Earthquake Sequence of February-March 1981, *Disaster* **5**, 355-368.
- Aydın, 2016. Zaman ve Magnitüd Kestirilebilir Model ile Türkiye’de Uzun Dönem Deprem Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ayhan, E., Alsan, E., Sancaklı, N. ve Üçer, S.B., 1987. Türkiye ve Dolaylıları Deprem Kataloğu 1881-1980, B.Ü. Kandilli Rasathanesi Gök ve Yer Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, İstanbul.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K., ve Özgür, S., 1995, Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform (NE Turkey): The Formation of Carbonates Breccias and Turbidites as Evidences of Drowned Platform, *Geologia*, V. 57, n.1-2, 233 -244.
- Bowles, J.E., 1984, *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, McGraw-Hill.
- Dewey, J.W., 1976. Seismicity of Northern Anatolia, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **66**, 843-868.
- Erdik, M. ve Eren, K., 1983. Attenuation of intensities for earthquakes associated with the North Anatolian Fault, Middle East Technical University, Earthquake Research Center, Ankara.
- Erdik, M., Demircioğlu, K., Beyen, K. et al., 2014. May 01, 2014 Bingöl (Turkey) Earthquake Preliminary Report. Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Istanbul Turkey.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z., 1967. Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (M.S. 11 yılından 1964 sonuna kadar), İ.T.Ü. Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü, **24**, İstanbul.

- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O. ve Pul, D., 2007, Mid-Cretaceous Olistostromal Ophiolitic Melange Developed in the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), International Geology Reviews, Vol.49, No:12, 1103-1126.
- Gardner, G.H.F., Gardner, L.W. ve Gregory, A.R., 1974. Formation Velocity and Density – the Diagnostic Basics for Stratigraphic Traps, Geophysics, 39, 777-780.
- Gençoğlu, S., 1972. Kuzey Anadolu Fay Hattının Sismisitesi ve Bu Zon Üzerindeki Sismik Risk Çalışmaları, Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşığı Sempozyumu, M.T.A. Enstitüsü, Ankara.
- Gündoğdu, O. ve Altınok, Y., 1986. Türkiye ve Çevresi Deprem Veri Seti 1900-1986, İ.Ü. Mühendislik Fak., Jeofizik Müh. Böl. İstanbul.
- Gürpınar, A., 1977. Deprem Mühendisliğine Giriş, T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
- Gutenberg, B. ve Richter, C.F., 1954. Seismicity of the Earth and Related Phenomena, Second Printed, Princeton University Press, Princeton.
- Güven, İ.H., 1993, Doğu Pontidlerin 1/25 000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA, Ankara, (yayımlanmamış).
- İnan, E., 1998, Sözlü görüşme: (Özmen, B., 2001, Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı 7-10 Mayıs, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara)
- Kallberg, K.T. ve Cornell, C.A., 1969. Seismic risk in Southern California, Research Report MIT, Department of Civil engineering, Boston.
- Karnik, V., 1968. Seismicity of the European Area, D. Reidel Publ. Com., Dordreed, Holland.
- Karnik, V., 1969. Seismicity of the European Area, Part 1, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holland.
- Keçeli, A., 2012. Uygulamalı Jeofizik, JFMO Eğitim Yayınları No.18, 2. Baskı, Ankara.
- Kenar, Ö., Osmaşahin, İ. ve Özer, M.F., 1996. Seismicity and Tectonics of Eastern Anatolia, Bulletin of IISSE, 30, 59-76.
- Ketin, İ., 1976. San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları Arasında Bir Karşılaştırma, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 2.
- Ketin, İ., 1977. Genel Jeoloji, Cilt-1, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Lomnitz, C. ve Epstein, B., 1966. A Model for the Occurrence of Large Earthquakes, Nature, 211, 954-956.
- Lomnitz, C., 1973. A Statistical Argument for the Existence of Discontinuity in Some Subduction Zones, J. Geophys. Res. 78, 2612-2615.

- McKenzie, D., 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 30, 109-185.
- Merz, H.A. ve Cornell, C.A., 1973. Aftershocks in Engineering Seismic Risk Analysis, Research Report R73-25, Dep. of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, Mass.
- Midorikawa, S., 1987. Prediction of Isoleismal Map in the Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake, *Journal of Structural Eng.* 33B, 43-48
- Osmanşahin, İ., 1983. Güneydoğu Anadolu'nun Depremselliği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Osmanşahin, I., Ekşi, F., Alptekin, Ö., 1986. Doğu Anadolu ve Kafkasya Bölgesinin Depremselliği ve Aktif Tektoniği, *Deprem Araştırma Bülteni*, 13, 52, 5-40.
- Öcal, N., 1968. Türkiye'nin Sismisitesi ve zelzele Coğrafyası (1950-1960 yılları için Türkiye Zelzele Kataloğu), M.E.B. İst. Kandilli Rasathanesi, Sismoloji Yayınları, İstanbul.
- Özer, M.F., 1983. Kuzey Anadolu Fayı'nın Doğu Kesiminin Depremselliği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Papazachos, B.C. and Comminakis, P.E., 1982. A Catalogue of Earthquake in Greece and Surrounding Area for The Period 1901-1980, *Univ. Of Thessaloniki, Geophys. Lab.*, 5, Greece.
- Pınar, N. ve Lahn, E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, Bayındırlık Bakanlığı, 96.
- Reid, H. F., 1910. The mechanics of the California earthquake of April 18, 1906, Report of the State Earthquake Investigative Committee, Carnegie Institute, Washington DC.
- Sayıl, N., 2014, Evaluation of the seismicity for the Marmara region with statistical approaches, *Acta Geodaet. et Geophys.*, vol. 49, pp. 265-281.
- Shah, H.C. ve M. Movassate, 1975, Seismic Risk Analysis of California State Water Project, *Proc. Of Fifth European Conf. On Earthquake Engineering*, 2, 156.
- Shlien, S. ve Toksöz, M.N., 1970. A Branching Poisson Markov Model of Earthquake Occurrences, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 42, 49-59.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. ve Altınok, Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, Tübitak, TBAG 341, Ankara.
- Tabban, A. ve Gençoğlu, S., 1975. Deprem ve parametreleri, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 11, 7-83.
- Tuksal, İ., 1976. Seismicity of the North Anatolia Fault System in the Domain of Space, Time and Magnitude, M.S. Thesis, Saint-Louis University, Saint-Louis, Missouri.
- Watkins, J. S., Walters, L.A. and Godson, R.H., 1972. Dependence of in-situ compressional wave velocity on porosity, *Geophysics*, 37, 29-35.

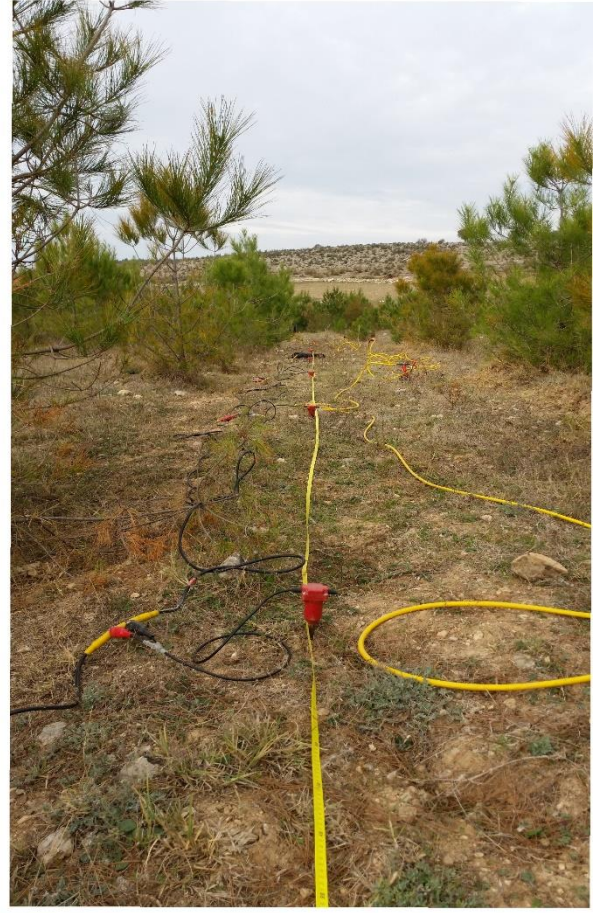
Weeks, J., Lockner, D. and Byerlee, J., 1978. Change in b-values During Movement on Cut Surfaces in Granite, Bull. Seism. Soc. Am., 68, 333-341.

(KOERI) <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/tarihsel-depremler/>)

5. EKLER

SİSMİK VE ELEKTRİK VERİLERİN TOPLANDIĞI ARAZİLERDEN GÖRÜNTÜLER

Samsun İli Arazi Fotoğrafları



Ordu İli Arazi Fotoğrafları



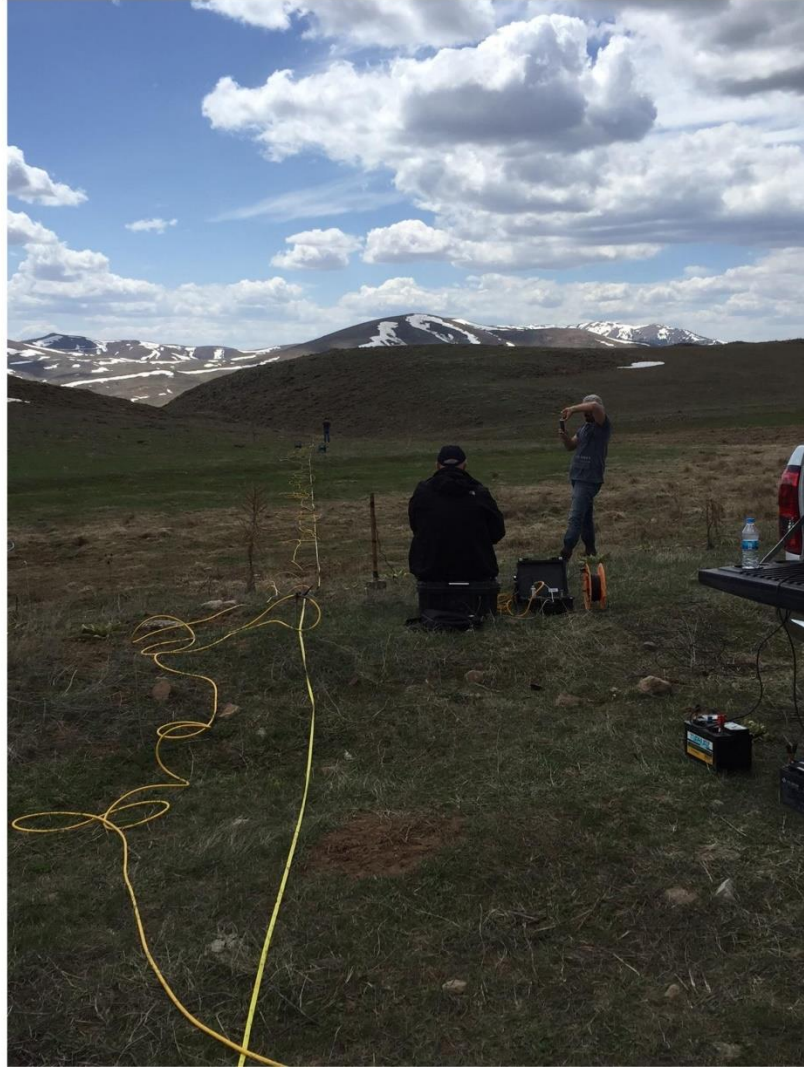
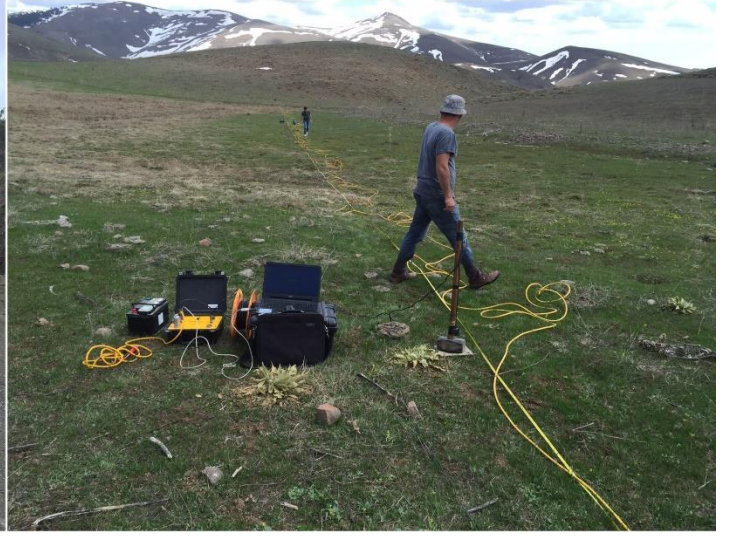
Giresun İli Arazi Fotoğrafları



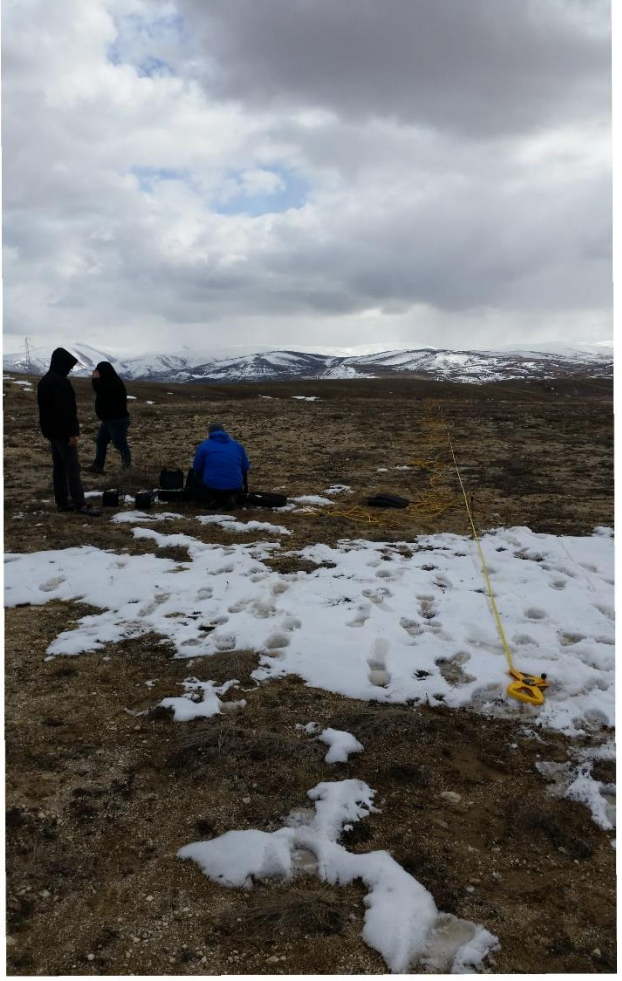
Trabzon İli Arazi Fotoğrafları



Gümüşhane İli Arazi Fotoğrafları



Bayburt İli Arazi Fotoğrafları



Artvin İli Arazi Fotoğrafları

