

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARAKLI İLÇESİ (TRABZON) SAHİL BÖLGESİNDE YER ALAN ZEMİNLERİN
SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem CEYLAN

ARALIK 2018

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında
Sinem CEYLAN Tarafından Hazırlanan**

**ARAKLI İLÇESİ (TRABZON) SAHİL BÖLGESİNDE YER ALAN ZEMİNLERİN
SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**




**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 04 / 12 / 2018 gün ve 1781 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ

Üye : Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali Erden BABACAN


.....

.....

.....

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında Trabzon ili Araklı ilçesinde seçilen pilot bölgede zemin sıvılaşma riski araştırılmış ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak yazılmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek, tecrübesini ve hoşgörüsünü esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali Erden BABACAN'a, tez çalışmam boyunca bilgilerinden yararlandığım sayın hocalarım Prof. Dr. Hakan KARSLI'ya, Arş. Gör. Kaan Hakan ÇOBAN'a, Arş. Gör. Özgenç AKIN'a, Dr. Öğr. Üyesi Murat ÖZKAPTAN'a, Doç. Dr. Hakan ERSOY'a ve sondaj loglarını benimle paylaşan Trabzon Jeoteknik Mühendislik'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca büyük özveri gösteren maddi ve manevi destekçim Okan UZUNOSMANOĞLU'na, deneyimlerini ve bilgilerini bütün içtenliğiyle benimle paylaşan Sevda GÖREN'e, beni hep destekleyen ve cesaretlendiren arkadaşım Efnan KOPUZ'a ve Özge DEMİR'e, tez düzenleme aşamamda yardımcı olan Gizem DENİZ'e ve Tolga TERCAN'a ve son olarakta arazi çalışmalarına yardım eden KTÜ Jeofizik Mühendisliği öğrencilerine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi tüm desteklerini hissettiğim ve hissedeceğim aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Araklı İlçesi (Trabzon) Sahil Bölgesinde Yer Alan Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Ali Erden BABACAN’ın gözetiminde tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma boyunca bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/12 /2018

Sinem CEYLAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLOLAR DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XVII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Çalışması.....	3
2. SIVILAŞMA.....	6
2.1. Sıvılaşma Nedir?.....	6
2.2. Sıvılaşmanın Fiziksel Süreci.....	6
2.3. Sıvılaşmayı Etkileyen Faktörler.....	7
2.3.1. Deprem Özellikleri.....	7
2.3.2. Zemin.....	7
2.3.2.1. Zeminin Sıkılık Derecesi.....	8
2.3.2.2. Dane Özellikleri.....	9
2.3.2.3. Kil İçeriği.....	9
2.3.2.4. Sismik Geçmiş.....	10
2.3.2.5. Yeraltı Su Seviyesi.....	10
2.4. Sıvılaşma Türleri.....	10
2.4.1. Akma Türü Sıvılaşma.....	10
2.4.2. Devirsel Hareketlilik (Mobilite).....	11
2.5. Sıvılaşma Kökenli Hasar Tipleri.....	12
2.5.1. Kum Kaynaması.....	12
2.5.2. Akma Göçmesi.....	13
2.5.3. Yanal Yayılma.....	14

2.5.4.	İstinat Yapısı Yenilmesi	14
2.5.5.	Taşıma Gücü Kaybı	15
2.5.6.	Gömülü Yapı Yüzeylemesi	16
2.6.	Sıvılaşma Potansiyeli Analiz Yöntemleri	16
2.6.1.	Devirsel Gerilme Oranı Yaklaşımı	16
2.6.2.	Seed ve Idriss (1971) Yöntemi	17
2.6.3.	Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Yöntemi	20
2.6.4.	Iwasaki vd. (1986) Yöntemi	23
2.7.	Jeoteknikte Sıvılaşma Analiz Yöntemleri	24
2.7.1.	Çevrimli Gerilme Oranı (CSR)	24
2.7.1.1.	Sismik Gerilme Oranının Bulunması	25
2.7.1.2.	Sismik Direnç Oranının Bulunması	26
2.7.2.	Çevrimli Dayanım Oranı (CRR)	27
2.7.3.	Standart Penetrasyon Testi (SPT)	28
2.7.4.	Konik Penetrasyon Testi (CPT)	31
2.8.	Jeofizikte Sıvılaşma Analiz Yöntemleri	32
2.8.1.	Sismik Dalgalar	33
2.8.1.1.	Boyuna Dalgalar	33
2.8.1.2.	Enine Dalgalar	33
2.8.1.3.	Yüzey Dalgaları	34
2.8.2.	Sismik Kırılma Yöntemi	35
2.8.2.1.	Sismik Tomografi Yöntemi	36
2.8.3.	Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi (MASW)	36
2.8.4.	Elektrik Yöntemler	37
2.8.4.1.	Özdirenç Saha Teknikleri	39
2.8.4.1.1.	Düşey Elektrik Sondajı (DES)	40
2.8.4.1.2.	Yatay Elektrik Sondajı (YES)	40
2.8.4.1.3.	Birleşik Sondaj Profil Tekniği	40
2.8.5.	Mikrotremor Yöntemi	41
3.	YAPAY SİNİR AĞLARI	42
3.1.	Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	42
3.1.1.	Biyolojik Nöron	42
3.1.2.	Yapay Nöron	46

3.2.	Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri.....	47
3.2.1.	Doğrusal Olmama.....	47
3.2.2.	Öğrenme	48
3.2.3.	Genelleme	48
3.2.4.	Uyarlanabilirlik.....	48
3.2.5.	Hata Toleransı.....	48
3.3.	Yapay Sinir Hücresinin Temel Öğeleri	48
3.3.1.	Girişler	49
3.3.2.	Ağırlıklar	49
3.3.3.	Toplama Fonksiyonu	49
3.3.4.	Aktivasyon Fonksiyonları	50
3.3.5.	Çıkış İşlevi.....	52
3.4.	Yapay Sinir Ağları Katmanları.....	52
3.5.	Yapay Sinir Ağı Modelleri	53
3.5.1.	Tipine Göre YSA'lar	53
3.5.1.1.	İleri Beslemeli Ağlar	53
3.5.1.2.	Geri Beslemeli Ağlar	53
3.5.2.	Öğrenme Yöntemine Göre YSA'lar	54
3.5.2.1.	Danışmanlı Öğrenme	54
3.5.2.2.	Danışmansız Öğrenme.....	55
3.5.2.3.	Takviyeli Öğrenme	55
3.5.3.	Uygulama Alanına Göre YSA'lar	56
3.5.3.1.	Sınıflandırma	56
3.5.3.2.	Kümeleme.....	56
3.5.3.3.	Örüntü Tanıma.....	56
3.5.3.4.	Tahmin.....	57
3.5.3.5.	Optimizasyon.....	57
4.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	55
4.1.	Çalışma Alanının Tanıtılması.....	55
4.1.1.	Çalışma Alanının Coğrafi Konum ve Özellikleri	55
4.1.2.	Çalışma Alanının Jeolojisi.....	59
4.1.2.1.	Bakırköy Formasyonu	61
4.1.2.2.	Kabaköy Formasyonu.....	61

4.1.2.3.	Kuvaterner Çökelleri	62
4.1.3.	Çalışma Alanının Depremselliği	62
4.2.	Arazi Çalışmaları.....	64
4.2.1.	Sismik Çalışmalar.....	65
4.2.2.	Elektrik Özdirenç Tomografi (ERT) Uygulaması.....	75
4.2.3.	Mikrotremor Ölçümleri	79
4.2.4.	Çalışma Alanına Ait İvme-Şiddet Haritaları.....	96
4.3.	Sıvılaşma Analiz Yöntemlerinin Çalışma Alanına Uygulanması	107
4.3.1.	Geleneksel Yöntemlerle Sıvılaşma Analizi.....	107
4.3.1.1.	Jeofizik Yöntemlerle Sıvılaşma Analizi	107
4.3.1.2.	Jeoteknik Yöntemlerle Sıvılaşma Analizi	108
4.3.2.	Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi	111
5.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR	115
6.	KAYNAKLAR.....	119
7.	EKLER	128
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

Araklı İlçesi (Trabzon) Sahil Bölgesinde Yer Alan Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi
Sinem CEYLAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Yöneticisi: Dr. Öğr. Üyesi Ali Erden BABACAN
2018, 127 sayfa, 41 sayfa ek

Bu tez çalışması kapsamında meydana gelen bir deprem esnasında binalarda büyük hasar yaratan en önemli zemin problemlerinden biri olan sıvılaşma olayı; jeofizik, jeolojik ve jeoteknik yöntemler ile incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, Trabzon ili Araklı ilçesinin sahil kesiminde pilot olarak seçilen bir alanda jeofizik yöntemlerden sismik kırılma, yüzey dalgalarının çok kanallı analizi, elektrik özdirenç tomografi ve mikrotremor yöntemleri uygulanarak veriler toplanmıştır. Ayrıca bu alanda yapılmış olan sondajlardan SPT-N değerleri hesaplanmıştır. Bununla beraber, çalışma alanının jeolojisi de göz önüne alınarak ampirik bağıntılarla seçilen beş büyük deprem için ivme-şiddet haritaları hazırlanarak elde edilen ivme değerleri sıvılaşma hesabında kullanılmıştır. Araziden jeofizik yöntemler ile elde edilen kayma dalga hızı (V_s), zemin hakim titreşim periyodu, yer altı suyu seviyesi ve jeoteknik çalışmalar sonucu elde edilen SPT-N değerlerinden yararlanılarak çalışma alanının olası sıvılaşma potansiyeli hesabı yapılmıştır. Çalışma alanının mikrotremor zemin sınıflamasında Z4, EUROCODE zemin sınıflamasında ise C ve D sınıfı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca K_g değerine göre yapılan risk çalışmasında da sıvılaşma riskinin olduğu belirlenmiştir. Daha sonra geleneksel yöntemlerden sıvılaşma potansiyelinin hesabının yanında son yıllarda mühendislik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaya başlayan yapay sinir ağı yöntemi ile de sıvılaşma potansiyeli hesaplanmış ve geleneksel yöntemler ile hesaplanan sıvılaşma potansiyeli ile kıyaslanarak sıvılaşma riskinin bulunduğu ve geleneksel yöntemler ile yapay sinir ağı yönteminin sonuçlarının %94 'lük bir uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Trabzon, Jeofizik Yöntemler, Sıvılaşma Potansiyeli, Sismik Kaynaklı Sıvılaşma, Yapay Sinir Ağları.

Master Thesis
SUMMARY
DETERMINATION OF LIQUEFACTION POTENTIAL OF SOILS IN ARAKLI
DISTRICT (TRABZON) COAST REGION
Sinem CEYLAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geophysical Engineering Graduate Program
Supervisor: PhD Teaching Assistant Ali Erden BABACAN
2018, 127 Pages, 41 Pages Appendix

In this thesis, the liquefaction event, one of the most important ground problems that caused great damage in the buildings during an earthquake, was investigated by geophysical, geological and geotechnical methods. For this purpose, data were collected by applying seismic refraction, multichannel analysis of surface waves, and electrical resistivity tomography and microtremor methods from geophysical methods in the coastal section of the Araklı district of Trabzon province. In addition, SPT-N values were calculated from the drillings made in this area. Then, the acceleration-violence maps were prepared for the five major earthquakes chosen by empirical relations by taking into account the geology of the study area. The acceleration values obtained from the prepared maps were used in the liquefaction calculation. The liquefaction potential of the study area was calculated by using the SPT-N values obtained from geological surveys and the shear wave velocity (V_s), dominant vibration period, and groundwater level derived from geophysical methods. The study area was observed to be Z4 in microtremor soil classification and C-D in EUROCODE soil classification. In addition, it was determined that there is a risk of liquefaction in the risk study conducted according to K_g value. In recent years, in addition to the calculation of the liquefaction potential from the traditional methods, liquefaction potential has been calculated by artificial neural network method which has been commonly used in engineering studies. Finally, it was seen that all of the data had a liquefaction risk in most of the study area and the results of traditional methods and artificial neural network method were consistent with 94%.

Keywords: Trabzon, Geophysical Methods, Liquefaction Potential, Seismic Welded Liquefaction, Artificial Neural Networks.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Türkiye’de meydana gelen doğal afetlerin dağılımı..... 1
Şekil 2.1.	Sıvılaşmanın fiziksel süreci (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). 7
Şekil 2.2.	Suya doygun gevşek zemin drenajının olmadığı durumlardaki davranışı (URL-1) 11
Şekil 2.3.	Suya doygun sıkı zemin drenajının olmadığı durumlardaki davranışı (URL-1) 12
Şekil 2.4.	Yüzeyde kum konilerinin oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). 13
Şekil 2.5.	Akma göçmesinin oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). 13
Şekil 2.6.	Yanal yayılmanın oluşum şekli (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). ... 14
Şekil 2.7.	İstinat yapısı yenilmesi oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).. 15
Şekil 2.8.	a) Taşıma gücü kaybı oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006), b) 1999 Marmara Depremi sonrasında gözlemlenen taşıma gücü kaybı (URL – 2). 15
Şekil 2.9.	Gömülü yapı yüzeylenmesi (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). 16
Şekil 2.10.	Zeminde oluşan maksimum kayma gerilmesi (Seed ve Idriss, 1971). 18
Şekil 2.11.	Gerilme azaltma katsayısının farklı zeminlerde derinliğe göre değişimi (Seed ve Idriss, 1971; Youd vd., 2001). 20
Şekil 2.12.	Devirsel gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalgası hızı ilişkisi (Andrus ve Stoke,2000). 26
Şekil 2.13.	Sıvılaşma direnci ile SPT-N ilişkisi (Seed vd., 1976). 28
Şekil 2.14.	SPT deneyinde kullanılan şahmerdan tipi ve deneyin yapım biçimi (URL – 3) 29
Şekil 2.1.5.	P-dalga yayılımı (URL-4) 33
Şekil 2.16.	S-dalga yayılımı (URL-4) 34
Şekil 2.17.	Yüzey dalgaları yayılımı; a) Rayleigh Dalgası b) Love Dalgası (URL-4) .. 34
Şekil 2.18.	Kırılma dalgasının yayılım geometrisi..... 35

Şekil 2.19.	Elektrik özdirenç yönteminin şematik gösterimi. Akım (A-B) ve potansiyel (M-N) elektrotları ile akım ve eş potansiyel çizgilerinin dağılımı (Sevimli, 2010).....	38
Şekil 2.20.	Wenner - Schlumberger dizilim kesiti (URL – 5)	40
Şekil 2.21.	Nakamura (1989) tarafından kabul edilen basit yer altı modeli	42
Şekil 2.22.	Temel kaya üzerinde alınan mikrotremor verisinin H/V oranı (Nakamura, 1989).....	43
Şekil 3.1.	Biyolojik sinir sisteminin blok gösterimi.....	42
Şekil 3.2.	İnsan sinir hücresi yapısı.....	46
Şekil 3.3.	Temel yapay sinir ağı hücresi (Hamzaçebi, 2011).....	47
Şekil 3.4.	En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları; a) Sigmoid fonksiyonu, b) Hiperbolik tanjant fonksiyonu, c) Adım basamak fonksiyonu (Şen, 2004).....	51
Şekil 3.5.	Çok katmanlı sinir ağı yapısı (Elmas, 2003).....	52
Şekil 3.6.	İleri beslemeli ağlar; a) Tek katmanlı ileri beslemeli ağ modeli, b) Çok katmanlı ileri beslemeli ağ modeli.	53
Şekil 3.7.	Geri beslemeli ağ modeli	54
Şekil 3.8.	Danışmanlı öğrenme modeli	55
Şekil 3.9.	Danışmansız öğrenme yapısı	55
Şekil 3.10.	Takviyeli öğrenme yapısı.....	56
Şekil 4.1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası	55
Şekil 4.2.	a) Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın ana tektonik-litolojik birliktelikleri (Eyüboğlu vd., 2006) , b) Çalışma alanının konumu ve genel jeolojisi (Güven, 1993).....	60
Şekil 4.3.	Türkiye ve çevresi aktif fay hatları ve levha hareketleri (Şengör vd., 1985).....	63
Şekil 4.4.	Doğu Karadeniz Bölgesinde oluşan depremler (ArcGis10.5)	64
Şekil 4.5.	Çalışma alanındaki sismik kırılma, elektrik özdirenç ve mikrotremor ölçüm noktaları (Google Earth,2018).....	65
Şekil 4.6.	Sismik kırılma verilerini toplamada kullanılan ölçü düzeni	66
Şekil 4.7.	Sismik ölçüm ekipmanı ve profil düzeneği görünümü	66

Şekil 4.8.	1. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p hız kesiti, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 1. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	67
Şekil 4.9.	2. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p hız kesiti, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 2. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	68
Şekil 4.10.	3. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p hız kesiti, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 3. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	69
Şekil 4.11.	4. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p hız kesiti, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 4. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	70
Şekil 4.12.	5. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p zaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 5. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	71
Şekil 4.13.	6. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p zaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı/Frekans grafiği, (c) 6. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	72
Şekil 4.14.	7. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p zaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 7. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	73
Şekil 4.15.	8. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p zaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 8. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması	74
Şekil 4.16.	ERT ölçüm ekipmanları ve profilleri	76
Şekil 4.17.	1. Profilden elde edilen elektrik özdirenç tomografi kesiti.....	76
Şekil 4.18.	2. Profilden elde edilen elektrik özdirenç tomografi kesiti.....	77
Şekil 4.19.	3. Profilden elde edilen elektrik özdirenç tomografi kesiti.....	77
Şekil 4.20.	4. Profilden elde edilen elektrik özdirenç tomografi kesiti.....	78
Şekil 4.21.	5. Profilden elde edilen elektrik özdirenç tomografi kesiti.....	78
Şekil 4.22.	6. Profilden elde edilen elektrik özdirenç tomografi kesiti.....	79
Şekil 4.23.	Mikrotremor ölçüm ekipmanları.....	79

Şekil 4.24.	1. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	81
Şekil 4.25.	2. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	82
Şekil 4.26.	3. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	83
Şekil 4.27.	4. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	84
Şekil 4.28.	5. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	85
Şekil 4.29.	6. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	86
Şekil 4.30.	7. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	87
Şekil 4.31.	8. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	88
Şekil 4.32.	9. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	89
Şekil 4.33.	10. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	90
Şekil 4.34.	11. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	91
Şekil 4.35.	12. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	92
Şekil 4.36.	13. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği.....	93
Şekil 4.37.	14. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Frekans-genlik grafiği, b) Frekans-H/V grafiği, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği	94
Şekil 4.38.	Akçaabat (1931) M=5.2 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).....	97
Şekil 4.39.	Akçaabat (1931) M=5.2 depremine ait şiddet haritası (ArcGis10.5).	98
Şekil 4.40.	Erzincan (1939) M=7.9 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).	99
Şekil 4.41.	Erzincan (1939) M=7.9 depremine ait şiddet haritası (ArcGis10.5).	100

Şekil 4.42.	Eynesil (1963) M=5.5 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).	101
Şekil 4.43.	Eynesil (1963) M=5.5 depremine ait şiddet haritası (ArcGis10.5).....	102
Şekil 4.44.	Erzincan (1992) M=6.8 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).	103
Şekil 4.45.	Erzincan (1992) M=6.8 depremine ait şiddet haritası (ArcGis10.5)	104
Şekil 4.46.	Gürcistan (2012) M=5.5 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).....	105
Şekil 4.47.	Gürcistan (2012) M=5.5 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).....	106
Şekil 4.48.	5 nöronlu eğitim setli YSA sonucu.....	112
Şekil 4.49.	10 nöronlu eğitim setli YSA sonucu.....	113
Şekil 4.50.	20 nöronlu eğitim setli YSA sonucu.....	114



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.	Sıklık derecesine göre zeminlerin sınıflandırılması (Duman, 2013). 9
Tablo 2.	İnce dane muhtevası ile ΔNf ilişkisi 22
Tablo 3.	SPT düzeltmeleri (Youd vd., 2001). 31
Tablo 4.	Biyolojik sinir hücresinin temel öğelerinin yapay sinir hücresindeki karşılığı 47
Tablo 5.	Toplama Fonksiyonu Örnekleri 50
Tablo 6.	Aktivasyon fonksiyonu örnekleri 51
Tablo 7.	Vs'ye göre zemin sınıflandırması (EUROCODE-8). 75
Tablo 8.	Mikrotremor ölçüm noktalarının baskın periyot, frekans, H/V ve Kg değerleri 95
Tablo 9.	Mikrotremor yöntem sonuçlarına bağlı zemin sınıflandırması 95
Tablo 10.	Geleneksel yöntemlere bağlı sınıflama analiz sonuçları 108
Tablo 11.	M=5.2 Akçaabat-Trabzon depremine ait jeofizik sınıflama analiz verileri 130
Tablo 12.	M=5.5 Eynesil - Giresun depremine ait jeofizik sınıflama analiz verileri 132
Tablo 13.	M=5.5 Gürcistan depremine ait jeofizik sınıflama analiz verileri 135
Tablo 14.	M=6.8 Erzincan depremine ait jeofizik sınıflama analiz verileri 138
Tablo 15.	M=7.9 Erzincan depremine ait jeofizik sınıflama analiz verileri 141
Tablo 16.	M=5.2 Akçaabat – Trabzon depremine ait jeoteknik sınıflama analiz verileri 144
Tablo 17.	M=5.5 Eynesil – Giresun depremine ait jeoteknik sınıflama analiz verileri 147
Tablo 18.	M=5.5 Gürcistan depremine ait jeoteknik sınıflama analiz verileri 151
Tablo 19.	M=6.8 Erzincan depremine ait jeoteknik sınıflama analiz verileri 156
Tablo 20.	M=7.9 Erzincan depremine ait jeoteknik sınıflama analiz verileri 162
Tablo 21.	YSA'da kullanılan girdi verileri 159

SEMBOLLER DİZİNİ

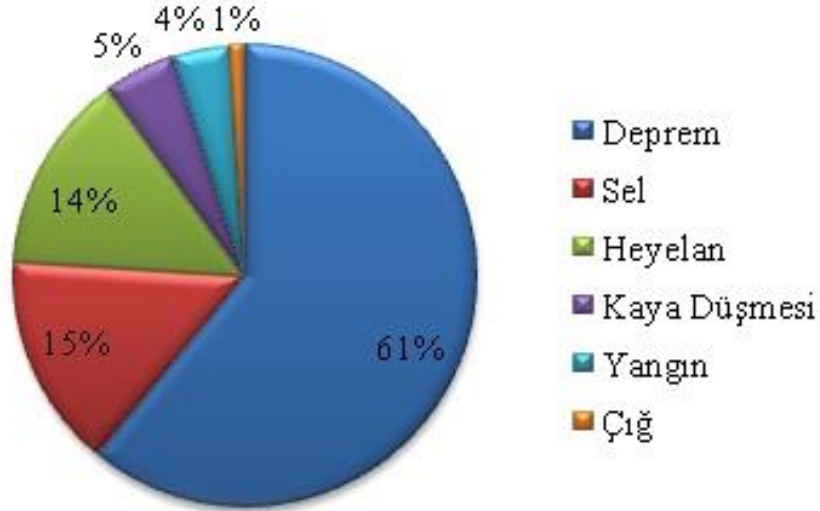
σ_0	:	Toplam düşey gerilme
σ'_0	:	Efektif düşey gerilme
D_{50}	:	Dane boyutu
SPT	:	Standart penetrasyon testi
YSA	:	Yapay sinir ağları
M_w	:	Deprem magnitüdü
a_{max}	:	Maksimum yatay deprem ivmesi
F	:	İnce malzeme oranı
V_s	:	S-dalga hızı
M_L	:	Deprem yerel büyüklüğü
D_r	:	Rölatif sıklık
LL	:	Likit limit
W_n	:	Doğal su muhtevası
CSR	:	Tekrarlı gerilme oranı
τ_{max}	:	Maksimum kayma gerilmesi
F	:	Zemin kolonuna etki eden yatay deprem kuvveti
m	:	Zemin kolonunun toplam kütlesi
W	:	Zemin kolonunun toplam ağırlığı
γ	:	Zeminin birim hacim ağırlığı
g	:	Yer çekimi ivmesi
r_d	:	Gerilim azaltma faktörü
r_n	:	Magnitüd düzeltme faktörü
τ_d	:	Kayma gerilmeleri çevrimlerinin genlik değeri
N_1	:	Düzeltilmiş SPT-N değeri
FC	:	İnce dane yüzdesi
F_L	:	Sıvılaşma emniyet faktörü
R	:	Sıvılaşma anındaki periyodik kayma gerilmesi oranı
L	:	Şiddetli depremde oluşabilecek kayma gerilmesi oranı
MSF	:	Magnitüd düzeltme faktörü
CPT	:	Koni penetrasyon testi
C_v	:	Üst tabaka yükü düzeltme katsayısı
V_{s1}	:	Üst tabaka yüküne göre düzeltilmiş kayma dalgası hızı
N	:	Ölçülen darbe sayısı
C_N	:	Üst tabaka yükü düzeltme katsayısı
C_E	:	Enerji oranı düzeltme katsayısı
C_B	:	Kuyu çapı düzeltme katsayısı
C_R	:	Tij boyu düzeltme katsayısı
C_S	:	Numune alma metot farklılığı düzeltme katsayısı
P_a	:	Referans gerilmesi

q_c	:	Uç direnci
f_s	:	Çeper sürtünmesi
SO	:	Sürtünme oranı
q_{c1}	:	Düzeltilmiş uç direnci
ρ_a	:	Görünür öz direnç
i_c	:	Kritik açı
k	:	Geometrik faktör
ΔV	:	Potansiyel elektrotları arasındaki fark
I	:	Yere verilen akım
μ	:	Öğrenme oranı
x_i	:	Sinaps giriş değeri
T	:	Periyot
T_0	:	Baskın periyot
F	:	Frekans
K_g	:	Sismik hassaslık indeksi
E	:	Elastisite modülü
G	:	Kayma modülü
PO	:	Poisson oranı
KDO	:	Kayma direnç oranı
KGO	:	Kayma gerilme oranı
V_{sc}	:	Düzeltilmiş kayma dalgası hızı
YASS	:	Yer altı su seviyesi
DGO	:	Devirsel gerilme oranı
DDO	:	Devirsel direnç oranı
EF	:	Efektif gerilme
ERT	:	Elektrik tomografi yöntemi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bireyler için, normal yaşamı ve insan aktivitelerini durdurarak veya kesintiye uğratarak, sosyal ve ekonomik kayıplara mal olan, her türlü doğal ya da yapay (insan kaynaklı) kökenli olaylar sonucuna “afet” denir. Yerküre, varoluşundan bugüne kadar ki sürede doğa olaylarının etkisine maruz kalmıştır. Ülkemizde jeolojik, jeomorfolojik ve meteorolojik özelliklere ek olarak beşeri coğrafyasının etkisi ile doğa olayları doğal afetlere dönüşmektedir. Çarpık kentleşme, nüfus artışı, doğa olaylarının doğal afetlere dönüşümünde en fazla rol alan unsurlardır. Doğal afetler arasında en büyük can ve mal kaybına sebebiyet veren depremlerdir (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye’de meydana gelen doğal afetlerin dağılımı (Aksoy, 2011).

Türkiye, Dünya’nın en aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp - Himalaya kuşağında bulunmaktadır. Anadolu Yarımadasının Avrasya, Afrika ve Arap Levhaları arasında bulunması ülkemizdeki fay hatlarının oluşmasında en büyük etkidir. Deprem yerel zemin koşullarını olumsuz etkilerken, yerel zemin koşulları da depremin

karakteristiğini değiştirmektedir. Zemin turleri arasında en çok suya doygun kumlar zarar gormektedir. Çünkü deprem esnasında sıvılaşma meydana gelir ve zemin mukavemetini kaybederek büyük derecede hasara neden olur (Mollamahmutoglu ve Babuçu, 2006). Bu yüzden, sıvılaşmanın oluşmasına sebep olan faktörler ve sıvılaşmanın neden olduğu olumsuz etkilerin öngörülebilirliği yapılan araştırmaların başında gelmektedir (Duman, 2013).

Son bin yılda meydana gelen depremlerde de görüldüğü üzere sıvılaşma önemli hasarlara neden olmaktadır (Çetin ve Utanmaz, 2004). Fakat deprem esnasında zemin-yapı etkileşimi 1960'lara kadar önemsenmemiştir. Dünya çapında 1964 Alaska, 1964 Niigata ve 1999 Marmara depreminden sonra sıvılaşma konusu üzerinde çalışmalar artmaya başlamıştır (Ulusay vd. 2000).

Yer altı su seviyesi altındaki gevşek, kumlu ya da düşük plastisiteli, kohezyonsuz zeminlerin dinamik ya da statik yükler altında boşluk suyu basıncındaki artışın etkisiyle tabakaların geçici olarak mukavemetlerini kaybederek, katı yerine viskoz sıvı gibi davranması zemin sıvılaşması olarak adlandırılır (Tezcan, 2004). Bu özelliklere sahip zeminlerde sıvılaşma en büyük hasar veren deprem etkilerinin başında yer almaktadır

Sıvılaşma ihtimalini hesaplamak amacıyla birçok araştırmacı tarafından geliştirilen yöntemler iki gruba ayrılmaktadır. Birincisi (Seed ve Idriss, 1967, 1971) deprem tasarımı için kayma gerilmesi sayısının kullanılmasını, ikincisi (Seed vd. 1985; Figueora, 1994) ise önceden olan depremlerdeki dayanıklılığının araştırılmasıdır (Dere, 2009).

Trabzon ili Araklı ilçesinde deniz kıyısına yakın bir alanda pilot olarak seçilen bölgede sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır. Bu bölgede ve Trabzon'un doğu tarafının sahil kesiminin önemli bir kısmında yoğun bir yapılaşma vardır. Özellikle deniz kıyısına yakın yapılan binaların çoğunluğu dolgu ve kumlu zeminler üzerine inşa edilmektedir. Bu bakımdan meydana gelebilecek büyük bir depremde bu tür kumlu zeminlerin sıvılaşma yönünden değerlendirilmesi önemlidir. Bu çalışmada jeofizik, jeolojik ve jeoteknik yöntemlerden elde edilen veriler kullanılarak çalışılan alan sıvılaşma yönünden incelenmiştir. Ayrıca jeofizik ve jeoteknik veriler yardımıyla Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi kullanılarak sıvılaşmaya etki eden parametreler incelenerek bu yöntem ile de sıvılaşma analizi gerçekleştirilmiştir. Hem geleneksel yöntemler hem de yapay sinir ağları ile elde edilen sonuçlar kıyaslanarak bir irdeleme yapılmıştır.

1.2. Literatür Çalışması

Sıvılaşma konusunda ilk tanımlama Terzaghi (1925) yapılmış ve “Suya doymun zeminin çökmesi esnasında, zemini oluşturan danelerin yükünün, zeminin etrafını saran suya ilemesiyle sıvılaşma olayı meydana gelir. Bu olay neticesinde, zeminin rastgele bir derinliğinde su basıncı artarak, basıncın büyüklüğü suya batan zeminin birim ağırlığına yaklaşır” (Castro, 1969).

Bu konuda ilk çalışma Casagrande tarafından 1936 yılında yapılmıştır. Çalışmasına göre, yüksek boşluk oranına sahip kum çökelleri, makaslama gerilmesine maruz kaldığında hacimsel küçülme meydana gelir. Drenaj azaldığı ve boşluk suyu basıncı arttığı için zemin viskoz sıvı gibi davranmaya başlar. Benzer şekilde düşük boşluk oranına sahip kum çökellerinde ise makaslama gerilmesinden dolayı hacimsel büyüme meydana gelir ve boşluk suyu basıncı azalarak efektif gerilme artar ve numune başlangıçtaki hâle kıyasla daha stabil olur.

Casagrande (1938) yaptığı bir diğer çalışma ile kritik boşluk oranına çevre basıncının da etkisinin olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada çevre basıncı arttıkça kritik boşluk oranının azaldığını gözlemlemiştir.

Seed (1966), depreme maruz kalan kumlu zeminin davranış biçimi açıklamak amacıyla araziden aldığı kum numuneleri üzerine çeşitli deneyler uygulamıştır. Bu deneyler ışığında sıvılaşma sürecini ve sonucunu açıklamak için yapılan birçok araştırmaya referans olmuştur. Dinamik üç eksenli basınç testi, eksenel deviatorik basınç ve çekme uygulamaları yapmıştır. Ayrıca, yük çevrim sayısı, çevre basıncı ve yükleme genliğinin zemin üzerindeki etkisini araştırmıştır.

Seed ve Idriss (1971) 1964 Alaska ve Niigata depremlerinden sonra Standart Peneetrasyon Testi (SPT-N) değerlerini temel alan sıvılaşma potansiyeli hesabı için basit bir yöntem oluşturmuştur. İleri ki zamanlarda bu formül değiştirilerek geliştirilmiştir.

1996 yılından önce Kramer sıvılaşma terimi drenajı olmayan suya doymun kohezyonsuz zeminlerin deformasyonlarını açıklamak için kullanmıştır. Daha sonra Ishihara aynı sene içerisinde zeminin sahip olduğu sıvılaşma potansiyelini hesaplamak için tekrarlı üç eksenli deney yapmış ve zemine gerilme uyguladıkça boşluk suyu basıncının yükseldiğini gözlemlemiştir.

Uyanık ve Taktak (2009), kayma dalga hızı (V_s) ve deprem dalgasının hakim periyodunu kullanarak sıvılaşma analizi yapmıştır. Bu çalışmada V_s değeri 250 m/s'den

büyük olduğu kısımlarda 0.48 g'den daha büyük maksimum yatay ivmeye sahip yer hareketi meydana geldiğinde sıvılaşma riskinin olduğu elde edilmiştir.

Uyanık vd. (2013), Kumluca/Antalya'da seçilen pilot bölgede V_s hızını hesaplamışlardır. V_s hızı yardımıyla zeminin dinamik parametreleri, yeraltı suyunun dağılımı, zemin hakim titreşim periyodu ve yer ivmesi hesaplanarak bölgenin sıvılaşma haritası yapılmıştır.

Sıvılaşma potansiyelinin hesaplanmasında Yapay Sinir Ağları (YSA) ilk olarak Goh (1994) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada; ince dane oranı, toplam düşey gerilme (σ_0), efektif düşey gerilme (σ'_0), D_{50} dane boyutu, eşdeğer dinamik gerilme oranı (τ_{av}/σ'_0), SPT değeri, deprem magnitudü (M_w) ve maksimum yatay deprem ivmesi (a_{max}) kullanılmıştır. Sonucu en çok SPT ve ince dane oranının etkilediği belirlenmiştir (Goh, 2002).

Ural ve Saka (1998), sıvılaşma hesabında 11 adet sismik ve zemin parametresini kullanarak yedi farklı model oluşturmuş ve YSA'nın başarısını göstermişlerdir.

Wang ve Rahman (1999), YSA türlerinden geri yayımlı sinir ağını kullanarak düşey deplasmanı tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu modellemede sekiz adet büyük deprem verisi kullanmışlardır ve YSA'nın nümerik hesaplamalara göre daha basit ve daha güvenilir sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Çavuş (2004), seçtiği pilot bölgeden aldığı arazi verileri ile bulanık mantık modelleme tekniği kullanarak sıvılaşma hesabı yapmıştır.

Dere (2009), Adapazarı'nda yaptığı çalışmada ilk olarak geleneksel yöntemler ile sıvılaşma analizi yapıp sonrasında YSA yöntemini uygulamıştır. Bu analizde deprem büyüklüğü 7.5, maksimum yer ivmesi 0.4 g olarak alınmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda %92'lik bir uyum elde etmiştir.

Önder (2010), YSA modellemesi için arazi ve laboratuvar deneylerinden elde ettiği altı adet parametre kullanmıştır. Bunlar; toplam çevre gerilmesi (σ_0), efektif çevre gerilmesi (σ'_0), standart penetrasyon testi (SPT), toplam çevre gerilmesine göre normalize edilmiş ortalama kayma mukavemeti (τ_{ort}/σ_0), ince malzeme oranı (F), ortalama dane çapı (D_{50}) olarak sıralanır. Nümerik olarak yapılan hesaplamada Youd ve Perkins (LSI) formülizasyonu seçilmiştir. YSA ile elde edilen sonuçla nümerik hesap sonucu karşılaştırıldığında ortalama %1,521'lik hata bulunmuştur.

Nas (2013), çalışma bölgesinin depremselliği ve temel mühendislik özelliklerinden faydalanarak bulunduğu zeminin sıvılaşma potansiyelini belirlemiştir. Laboratuvar verilerine ek olarak SPT verilerini de kullanmıştır. Bu çalışma sonucunda USCS

sınıflandırma sistemine göre zemin türünü SP-SM (üniform kum ve az silt) bulmuş ve sıvılaşma potansiyelinin bulunduğunu hesaplamıştır.

Yeken (2014), Iwasaki vd. (1981) formülüzasyonu kullanılarak sıvılaşma riskini araştırmıştır. İnceleme alanının Tuz Gölü Fay Zonuna yakınlığı esas alınarak $M=7,2$ 'lik bir deprem senaryosu hazırlamıştır. Ayrıca zemin yapısındaki kum, silt-kil bantlarının oturmaya sebebiyet verdiğini ve bu oturma'nın 12,8 cm olduğunu gözlemlemiştir.

Rezaei (2014), İran'ın Babol şehrinde seçilen bölgede 60 adet mikrotremor ölçüsü olarak Nakamura yöntemiyle inceleme yapmıştır. Mikrotremor ölçümlerine ek olarak 30 kuyu verisini de hesaplamaya dâhil etmiştir. Bulduğu tüm sonuçları YSA'da giriş verisi olarak kullanıp sonuçların doğruluğu hakkında kesin yorum yapmıştır.



2. SIVILAŞMA

2.1. Sıvılaşma Nedir?

Deprem esnasında hasara sebebiyet veren en önemli olgu sıvılaşmadır. Sıvılaşma, yer altı su seviyesi altında bulunan suya doymun drenajsız ve gevşek zeminlerde depremin sebep olduğu dinamik veya statik kuvvet sonucunda mukavemetini kaybederek katı yerine viskoz sıvı gibi davranmasıdır.

Bu konuda çalışan ilk araştırmacılar sıvılaşmanın sadece kohezyonsuz zeminlerde meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Ancak daha sonraki yıllarda hem arazi çalışmaları hem de laboratuvar araştırmaları sonucunda özellikle düşük kohezyonlu ve su akışına izin vermeyen çakıllı kumlarda da oluşabileceği gözlenmiştir (Önder, 2010).

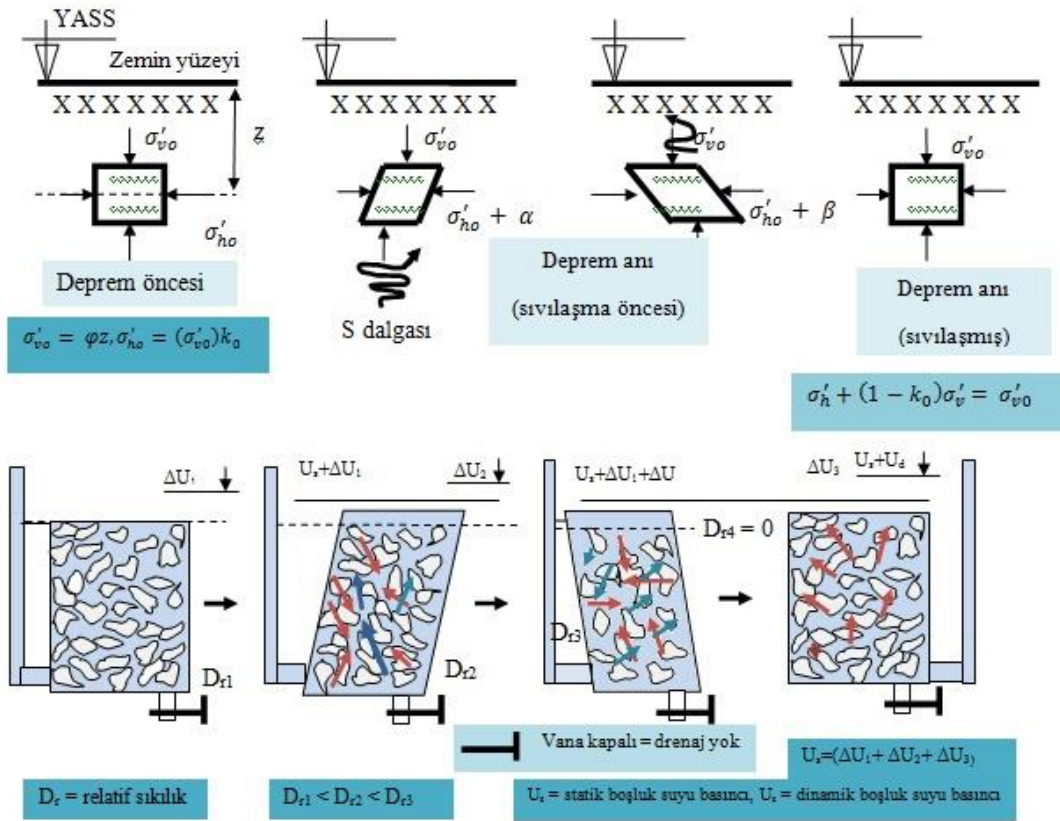
2.2. Sıvılaşmanın Fiziksel Süreci

Bir deprem anında oluşan kayma dalgasının (V_s) yayılımı devirsel kayma gerilmelerine sebep olur. Bu gerilme gevşek, suya doymun kohezyonsuz zeminlerde hacimsel küçülme oluşturur ve daneleri daha sıkı durmaya zorlayarak daneler arasında yük geçişine neden olur. Daneler arasındaki bu geçiş boşluk suyu basıncını artırır. Normal koşullarda denge söz konusu olduğu için iç basınç düşüktür. Ancak depremin oluşturduğu hızlı sarsıntı dengeyi bozarak iç basıncı artırır ve bu da daneler arasındaki bağı ortadan kaldırır. Bağımsız kalan daneler suyla birlikte dışarı atılır ve zeminin taşıma gücü azalır (Şekil 2.1).

Zeminde sıvılaşma tamamlandıktan sonra, oluşan fazla boşluk suyu basıncı azalmaya başlar. Zeminin sıvılaşma etkisinde kaldığı süre;

1. Depremin oluşturduğu sismik yayılım süresine,
2. Sıvılaşmış zeminin drenaj şartlarına

bağlıdır (Mollamahmutoglu ve Babuçu, 2006).



Şekil 2.1. Sıvılaşmanın fiziksel süreci (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.3. Sıvılaşmayı Etkileyen Faktörler

2.3.1. Deprem Özellikleri

Zeminde sıvılaşmanın meydana gelmesi için bir yer hareketi gerekmektedir. Bu yer hareketinin sarsıntı süresi ve ivmesi, oluşturduğu kayma gerilmesi özellikleri önemlidir. Deprem şiddeti ve sarsıntı süresi arttıkça sıvılaşma riski de artar. Maksimum yatay yer ivmesi (a_{\max}) 0.10 g'den veya deprem yerel büyüklüğü (M_L) 5'den daha küçük olduğunda sıvılaşma potansiyeli hesabına gerek duyulmaz.

2.3.2. Zemin

Zeminler karmaşık bir yapıya sahip olduğu için inceleme yapılırken birçok faktöre dikkat edilmesi gerekir. İnce daneli kumlar, orta daneli kumlar ve düşük plastisiteli kumlu

zeminlerde sıvılaşma gözlenmektedir. Ayrıca nadir dahi olsa çakıllı zeminlerde de sıvılaşma meydana gelmektedir (Ishihara, 1985).

Sıvılaşmanın gözlemlendiği zemin türleri daha ayrıntılı incelenirse;

- Sıvılaşmanın en çok olduğu zemin türü temiz kumlardır. Kum daneleri arasındaki boşluk fazla olduğu için boşluk suyu basıncı çok fazla artar buna bağlı olarak dayanımı aniden düşer ve büyük derecede deformasyon meydana gelir. Buna karşılık orta ve sıkı kumlarda deformasyon temiz kumlara oranla daha azdır. İçeriğinde silt olan kumlar plastisite oranına göre sıvılaşma oranı değişmektedir.
- Killi zeminlerde plastisite indeksi ve likit limit değeri önem göstermektedir. Bu iki faktörün değeri Youd ve Gilstrap (1999) tarafından verilen kriterden daha düşük derecede ise sıvılaşma meydana gelir.
- Çakıllı zeminlerde ise geçirim oranı diğer zeminlere göre daha yüksek olduğu için deprem esnasında meydana gelen sismik yükleme etkisiyle oluşan boşluk suyu basıncı daha hızlı sönümlenir. Çakıllı zeminlerde; zemin tabakası çok kalınsa, az geçirimli tabaka arasındaysa veya boşlukları ince daneli malzemelerle doluyorsa sıvılaşma meydana gelir.

2.3.2.1. Zeminin Sıklık Derecesi

Kohezyonsuz zeminlerde zeminin sıklık derecesi (rölatif sıklık, D_r) en önemli faktördür. Seed ve Idriss (1971) tarafından sunulan tabloya göre D_r ; %65'ten büyük olduğunda sıvılaşma riski çok düşük, %35'ten küçük olduğunda ise riskin çok yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Sıklık derecesine göre zeminlerin sınıflandırılması (Duman, 2013).

Rölatif Sıklık (D_r)	Açıklama
0 – 15	Çok gevşek
15 – 35	Gevşek
35 – 65	Orta sıkı
65 – 85	Sıkı
85 – 100	Çok sıkı

2.3.2.2. Dane Özellikleri

Granüler zeminlerde dane boyutu büyük önem göstermektedir. Çünkü dane boyu küçüldükçe sıvılaşma riski ters orantılı bir şekilde artmaktadır. Kaba kumların sıvılaşma hassasiyeti ince kumlara göre daha azdır. Dane şekli açısından ise köşeli daneler yuvarlak danelere göre daha az sıvılaşma riskine sahiptir (Doğan, 2015).

2.3.2.3. Kil İçeriği

Sıvılaşma riskinin en yüksek olduğu zemin türü kumlu zeminlerdir. Ancak kumlu zeminlerin içindeki kil, silt vb. malzeme oranı da çok önemlidir. Kil suyu içinde en çok barındıran zemin türüdür. Dane arası boşluklarını su ile doldurarak şişer ve hamurumsu yapıya dönüşürler. Bunun sonucunda da daneler arasındaki çekim kuvveti azalır.

Killi zeminlerde sıvılaşma riskinin incelendiği çalışmaların küçük bir kısmında karşılaşılan durumun sıvılaşma olarak adlandırılmaması savunulmuştur. Bunun sebebi, kumlu zeminlerdeki efektif gerilmenin sıfırlanması durumunun killi zeminlerde gerçekleşmemesidir (Towhata, 2008). Ancak geri kalan çalışmalarda zeminin kil içeriği miktarına göre sıvılaşma riskinin değiştiğinden bahsedilmektedir. Bu kil içeriği miktarı “Modifiye Çin Kriteri”ne göre incelenmektedir (Ishihara, 1984). Modifiye Çin Kriteri’ne göre sıvılaşmanın gözleneceği zeminin özellikleri şu şekilde tanımlanmıştır;

- 0.005 mm'den küçük ince malzeme oranı
- Likit Limit (LL) \leq %35
- Doğal Su Muhtevası (W_n) \geq 0.9xLL

2.3.2.4. Sismik Geçmiş

Daha önceden sıvılaşma meydana gelmiş zeminlerde yeni deprem olduğunda tekrar sıvılaşma riski büyüktür (Ansal ve Ögünç, 1981). Arazi gözlemlerine ek olarak yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda geçmişte sıvılaşmış zeminin hiç sıvılaşmaya maruz kalmayan zemine göre yarı yarıya daha fazla sıvılaşma riski olduğu gözlemlenmiştir.

2.3.2.5. Yeraltı Su Seviyesi

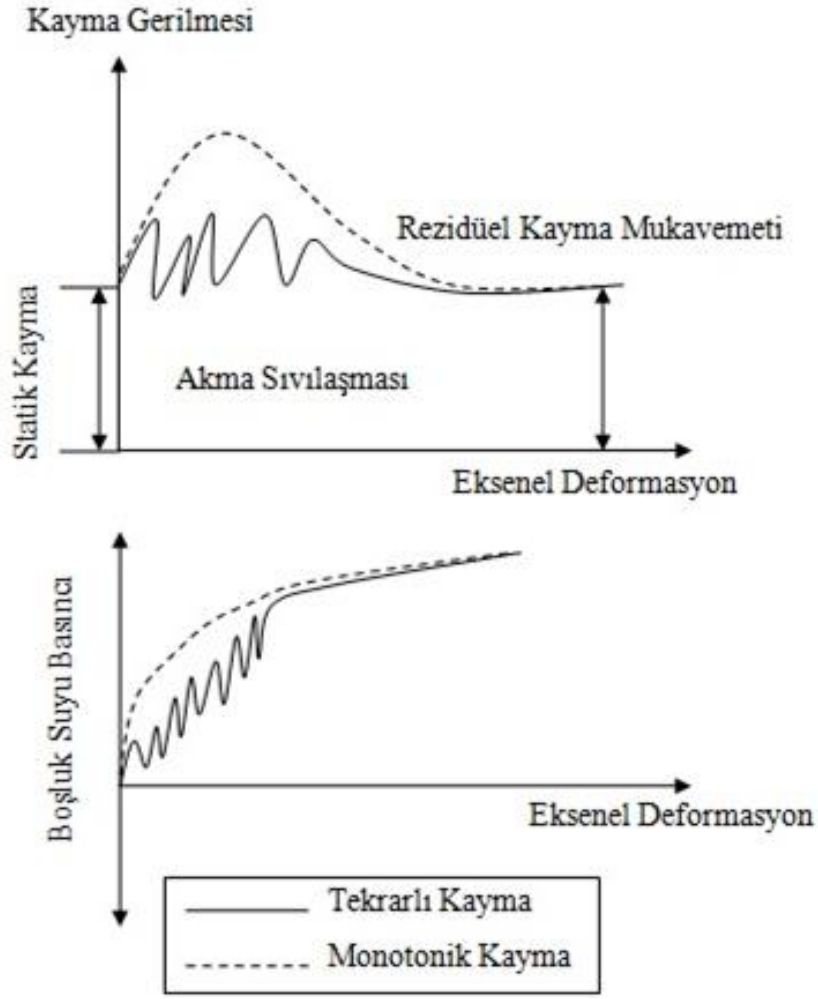
Sıvılaşma olma ihtimalini en çok etkileyen etken yer altı su seviyesidir (YASS). YASS yüzeye yaklaştıkça sıvılaşma riski artmaktadır. Ancak YASS'nin üzerinde bulunan ve suya doymun olmayan zeminlerde sıvılaşma potansiyeli araştırması yapılmaz (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

YASS mevsimsel yağış miktarlarına bağlı olarak değişmektedir ve sıvılaşma potansiyeli de bu değişimle doğru orantılı bir şekilde değişiklik gösterir. Değişim seviyeleri arasındaki fark fazla ise sıvılaşma potansiyeli hesabı yaparken en yüksek olan değer kullanılır (Division of Mines and Geology, 1997).

2.4. Sıvılaşma Türleri

2.4.1. Akma Türü Sıvılaşma

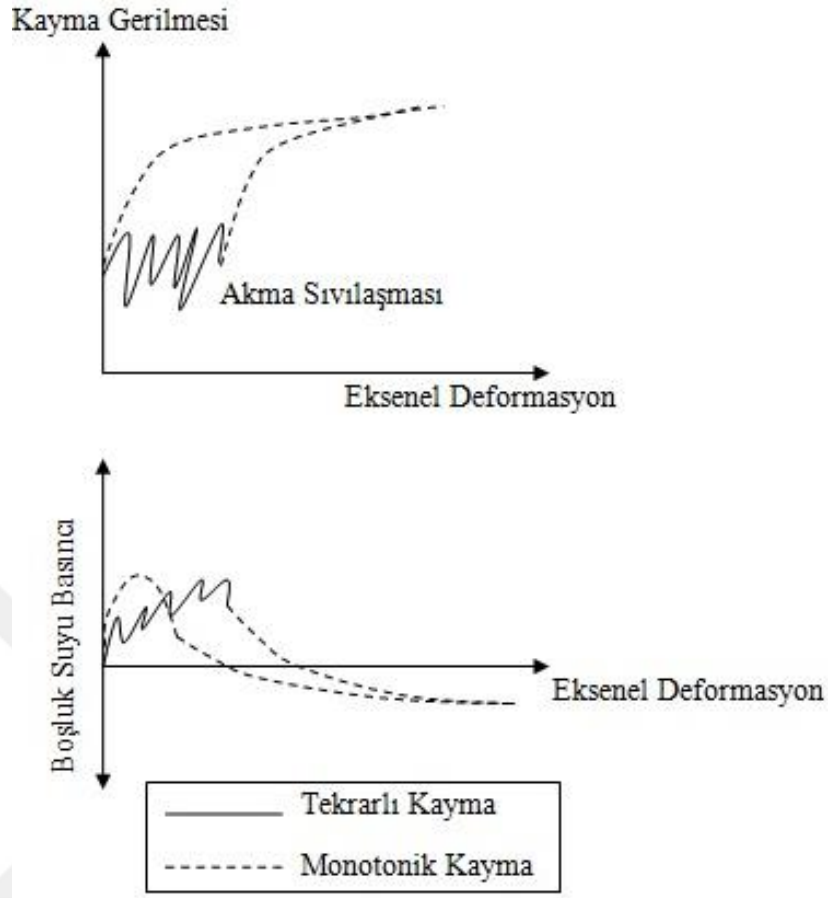
Geniş zemin kütlelerinin kara veya su altında eğim aşağı doğru deplasman yapması "akma yenilmesi" olarak adlandırılmaktadır. Zeminin statik dengesini sağlayan kayma gerilmesinin rezidüel dayanımdan büyük olduğu durumlarda gözlenmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Suyu doymun gevşek zemin drenajının olmadığı durumlardaki davranışı (URL-1)

2.4.2. Devirsel Hareketlilik (Mobilite)

Bu tür sıvılaşma hareketinin oluşturduğu hasar çok büyüktür ve kalıcı deformasyonlara sebep olur. Zeminin statik dengesini sağlayan kayma gerilmesi akma türü sıvılaşmaya ters bir şekilde rezidüel dayanımdan küçük olduğu durumlarda gözlenir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Suya doymun sıkı zemin drenajının olmadığı durumlardaki davranışı (URL-1)

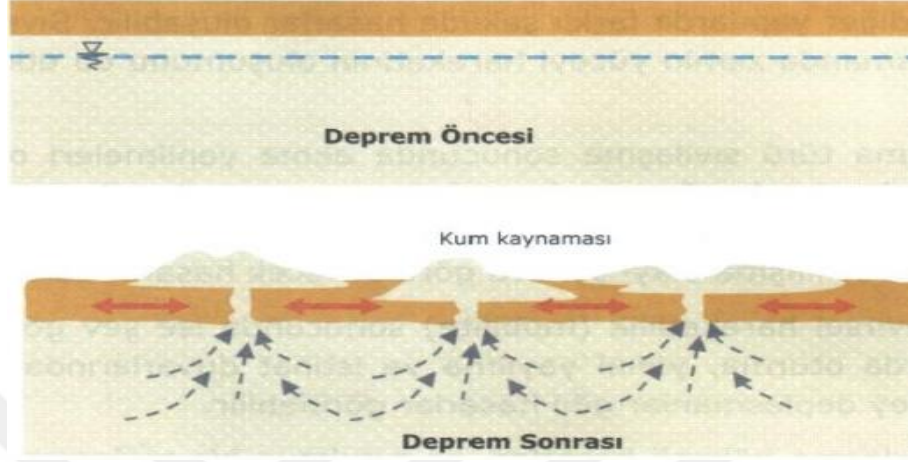
Mobilitenin diğer bir özelliği yanal deformasyonu engelleyen statik kayma gerilmesine sahip olmayan düz yüzeyli zeminlerde de gözlenmesidir. Yer hareketi sonucunda zeminde aşırı boşluk suyu basıncı meydana gelir ve su yukarı doğru hareket etmeye başlar. Bu basınç eğer fazla ise yüzeye kum daneleri çıkarak kum kaynaması veya kum tepeceği oluşturur.

2.5. Sıvılaşma Kökenli Hasar Tipleri

2.5.1. Kum Kaynaması

Sıvılaşmanın derinde olduğu ve eğimin çok az olması veya hiç olmaması durumunda gözlenir. YASS üstünde bulunan sıvılaşmamış zemin blokları birbirinden ayrılarak çatlak

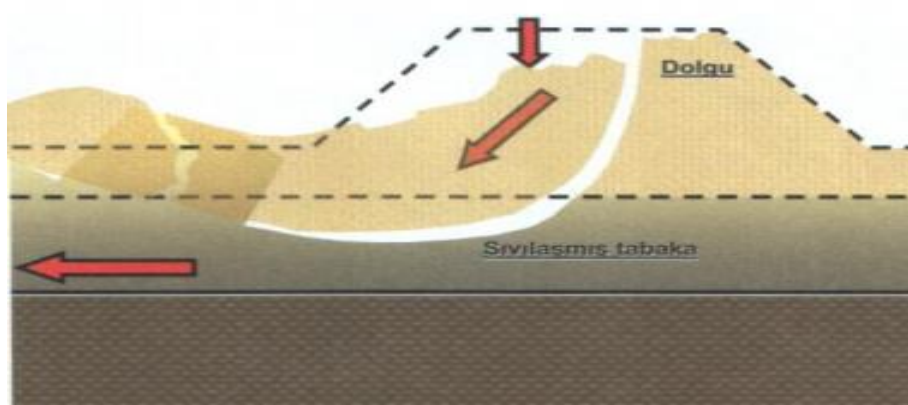
oluşturur. Yer hareketi esnasında boşluk suyu basıncı artarak yukarı yönde hareket eder. Bu hareket sonucunda zemin daneleri yukarı doğru taşınır ve kum konileri meydana getirir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Yüzeyle kum konilerinin oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.5.2. Akma Göçmesi

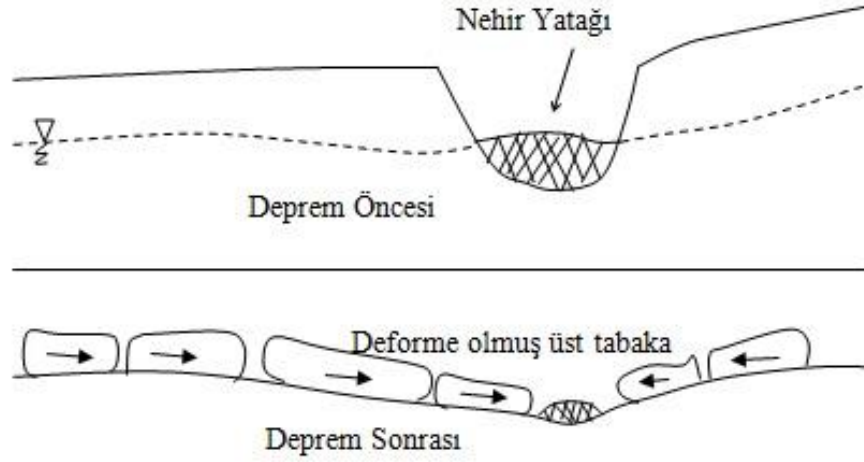
Eğimin 3°'den büyük olduğu zeminlerde gözlenir. Sıvılaşmanın oluşturduğu hasarın en fazla olduğu hasar tipidir. Oluşum süresi çok hızlıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Akma göçmesinin oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.5.3. Yanal Yayılma

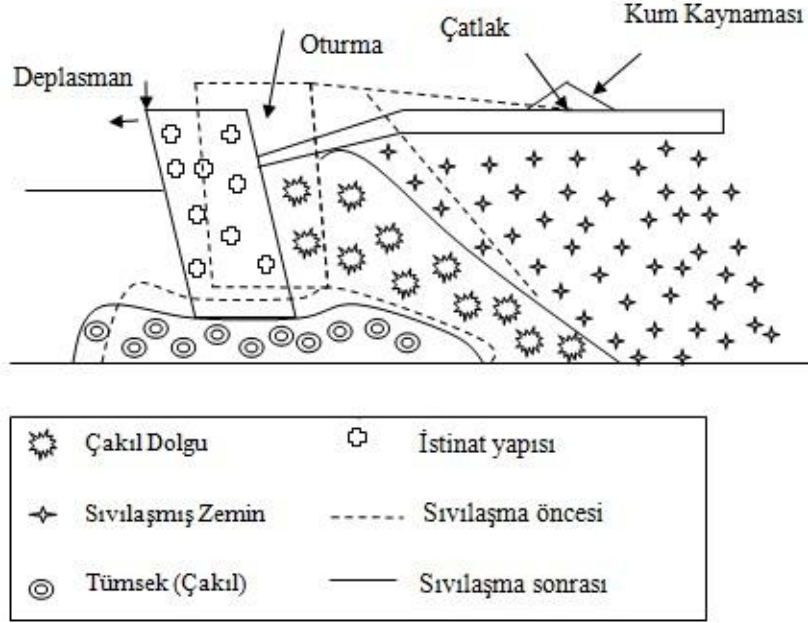
Eğim derecesinin 0.3° ile 3° arasında olduğu yamaçlarda veya su kütlelerinde meydana gelirler. Sıvılaşmanın gözlemlendiği zeminin üstünde bulunan örtü tabakasının yanıl deplasman oluşturmasıdır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Yanal yayılmanın oluşum şekli (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.5.4. İstinat Yapısı Yenilmesi

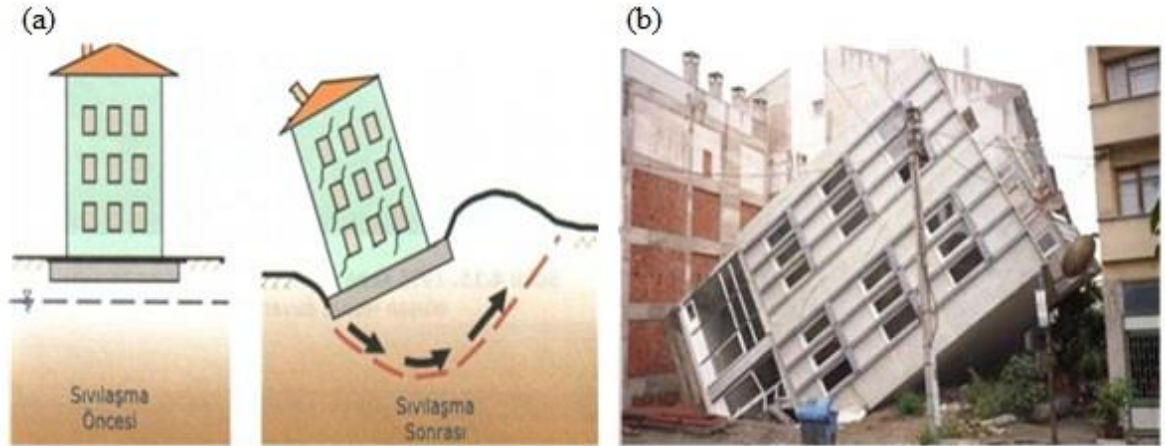
İstinat yapısı yenilmesi iki şekilde oluşur. Bunlardan biri temel zeminin sıvılaşmasından kaynaklanan destek kaybı; diğeri ise istinat yapısının arkasındaki zeminin sıvılaşmasıyla oluşan yanıl yüklemidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. İstinat yapısı yenilmesi oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.5.5. Taşıma Gücü Kaybı

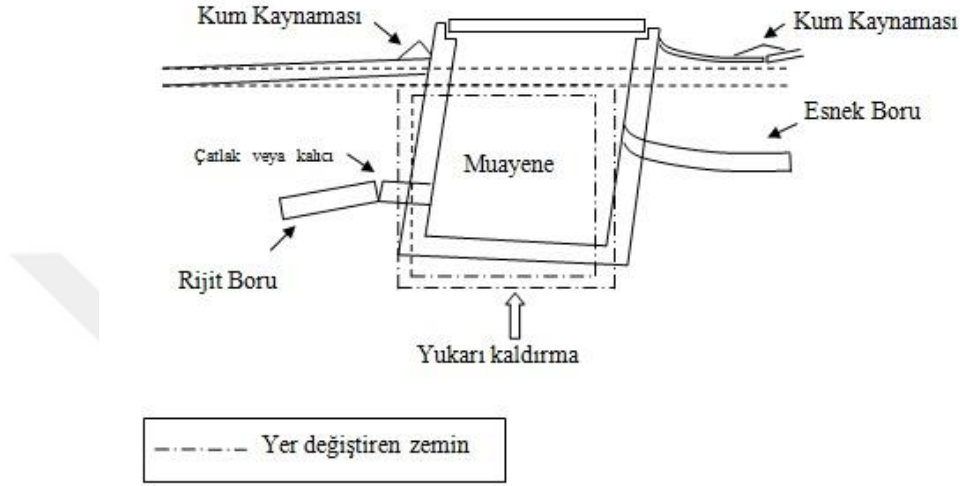
Sıvılaşma meydana geldikten sonra zemin dayanımını kaybederek üzerinde bulunan yapının devrilmesine, yan yatmasına veya batmasına sebep olur (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. a) Taşıma gücü kaybı oluşumu (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006), b) 1999 Marmara Depremi sonrasında gözlemlenen taşıma gücü kaybı (URL – 2).

2.5.6. Gömülü Yapı Yüzeylemesi

Yer altında bulunan muayene bacası, boru hattı, tank vb. yapıların yer hareketi etkisiyle yüzeye çıkması durumudur (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Gömülü yapı yüzeylemesi (Mollamahmutoglu ve Babuçu, 2006).

2.6. Sıvılaşma Potansiyeli Analiz Yöntemleri

Deprem olduktan sonra sıvılaşmanın olması için sadece zeminin sıvılaşmaya duyarlı olması yetmez ek olarak tetikleme gerekir. Zeminde oluşacak örselenmeyi tanımlamak için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları; sönümlenmiş enerji yaklaşımı, devirsel gerilme oranı yaklaşımı, devirsel deformasyon yaklaşımıdır (Kramer, 1996).

2.6.1. Devirsel Gerilme Oranı Yaklaşımı

Devirsel gerilme oranı ile ilgili ilk çalışmalar 1960-1970 yılları arasında Seed vd. (1971) tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda öncelikli olarak sıvılaşma için uygun ortam oluşturan yükleme koşulları incelenmiştir. Bu yükleme koşulları devirsel kayma gerilmeleri olarak adlandırılmıştır. Deprem esnasında oluşan kayma gerilmelerinin devir sayısı ve büyüklüğü baz alınarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır.

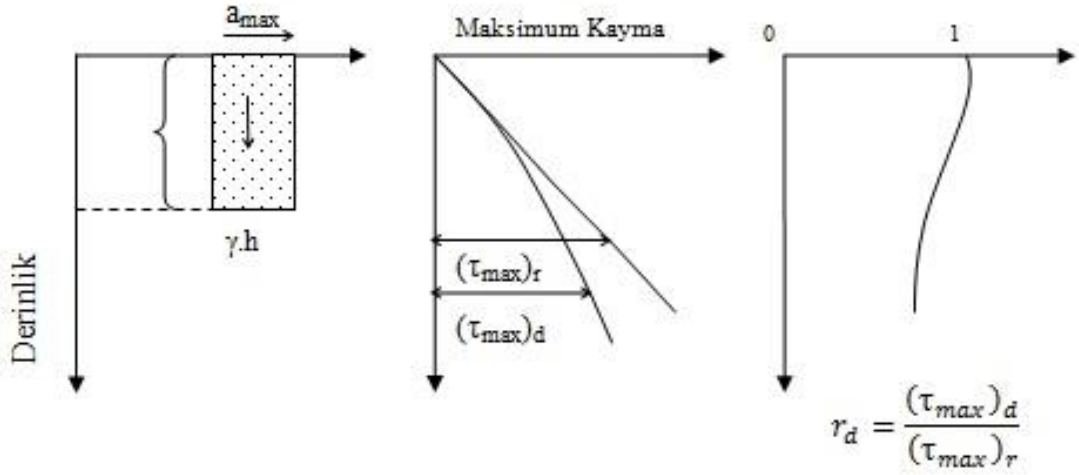
Devirsel gerilme oranı Seed vd. tarafından (1971) yapılan çalışma ile sıvılaşma potansiyeli analizi standartları arasına konulmuştur. 15 m'den daha sığ derinlikte bulunan zeminlerde sıvılaşmanın oluşacağı kabul edilmiştir. Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi için iki parametrenin hesaplanması önemlidir:

- Devirsel gerilme oranı (DGO); zemin tabakasındaki sismik talep
- Devirsel direnç oranı (DDO); zeminin sıvılaşmaya karşı gösterdiği direnç (Youd vd., 2001).

2.6.2. Seed ve Idriss (1971) Yöntemi

İlk olarak Seed ve Idriss (1971) tarafından Niigata ve Alaska (1964) depremlerinden sonra standart penetrasyon testlerinden (SPT) elde edilen veriler kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Uygulanan bu yöntem birçok araştırmacı tarafından geliştirilmiştir ve günümüzde Youd (2001) tarafından oluşturulan son hâli kullanılmaktadır. Bu yöntemdeki en önemli faktör tekrarlı gerilme oranı (CSR)' dir. CSR değerinin belirlenmesi için araziden alınan örselenmemiş zemin kullanılmalıdır. Sıvılaşmayı oluşturan kayma gerilmesi sayısı CSR'nin düşey efektif basınca oranlanması ile bulunur.

Bu yöntemde çevrimsel kayma gerilmesinin boşluk suyu basıncındaki artışa bağlı olduğu baz alınmıştır. Sıvılaşmayı oluşturan sismik yükleme ve zeminin sıvılaşmaya karşı olan direnci kıyaslanır. Sismik yükleme oranı sismik direnç oranından büyük olduğu durumlarda sıvılaşma riski var demektir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Zeminde oluşan maksimum kayma gerilmesi (Seed ve Idriss, 1971).

$$F = m \cdot a = \left(\frac{W}{g}\right) a = \left(\frac{\gamma \cdot h}{g}\right) a_{max} = \sigma_{vo} \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \quad (1)$$

Burada;

F : Zemin kolonuna etki eden yatay deprem kuvveti (kN)

m : Zemin kolonunun toplam kütlesi (kg)

W : Zemin kolonunun toplam ağırlığı (kN)

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m³)

h : Zemin kolonunun zemin yüzeyinden derinliği (m)

g : Yer çekimi ivmesi (m/s²)

a : Depremi oluşturduğu maksimum yatay ivme (m/s²)

σ_{vo} : Zemin kolonundaki toplam düşey gerilme (kPa).

Zemin kolonuna etki eden deprem kuvveti bağıntı (1) ile hesaplanır. Zemin üzerinde bulunan birim kütlenin boy ve genişliğine bağlı olarak maksimum yatay deprem kuvveti F ile maksimum kayma gerilmesi bağıntı (2) deki gibi eşit olmalıdır.

$$F = \tau_{max} = \sigma_{vo} \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (2)$$

Ancak deprem esnasında zemin rijit olmayacağı için bağıntı (3)'teki derinlik azaltma faktörü (r_d) formüle eklenmiştir. Böylelikle derinlik boyunca deformasyona uğrayan zeminin kayma gerilmeleri düzeltilmiştir;

$$\frac{\tau_{max}}{\sigma'_{vo}} = \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \left(\frac{a_{max}}{g} \right) r_d \quad (3)$$

Rijit olmayan zemin için hesaplamaya yapılırken zemini rijit hâle dönüştürmek için 0.65 sabit değeri işleme çarpan olarak eklenerek bağıntı (4) elde edilir.

$$CSR = \left(\frac{\tau_{dev}}{\sigma_{vo}} \right) = 0.65 \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \left(\frac{a_{max}}{g} \right) r_d \quad (4)$$

r_d : Gerilme azaltma katsayısı

σ'_{vo} : Efektif gerilme (kN/m²)

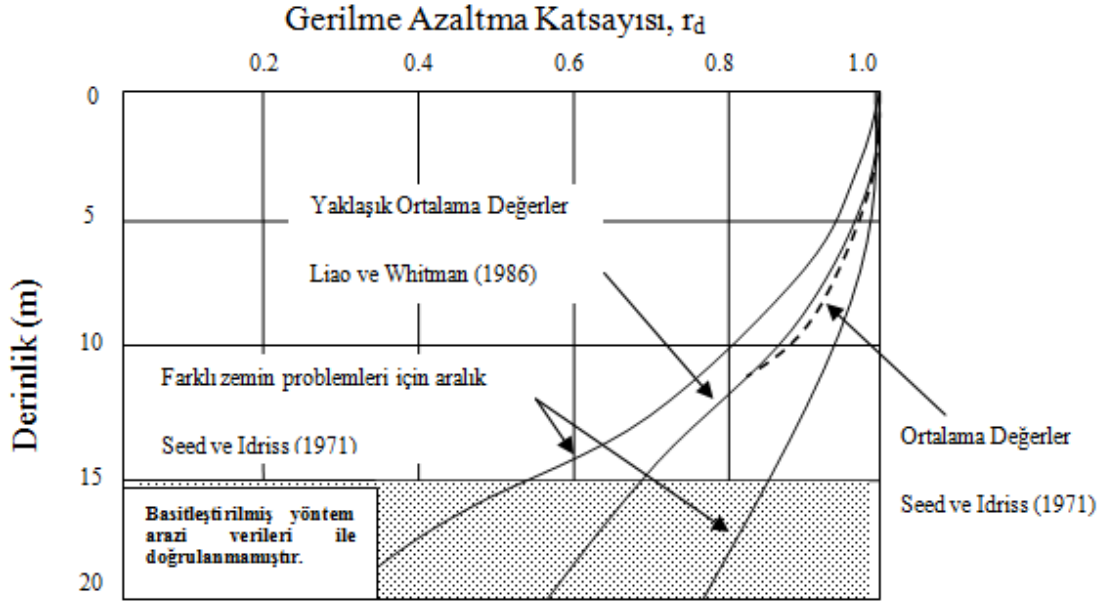
σ_{vo} : Düşey gerilme (kN/m²)

Gerilme azaltma katsayısı inceleme alanı derinliğine (z) göre hesaplanır;

$$r_d = 1 - 0.00765 \cdot z \quad , z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \quad , 9.15 \text{ m} \leq z \leq 23 \text{ m (Liao ve Whitman, 1986)}. \quad (5)$$

Seed ve Idriss (1971) gerilme azaltma katsayısının ortalama değeri için grafik oluşturmuştur (Şekil 2.11). Oluşturulan grafiğin nümerik analizlerde kullanım zorluğu olduğu için başka nümerik fonksiyonlar oluşturulmuştur.



Şekil 2.11. Gerilme azaltma katsayısının farklı zeminlerde derinliğe göre değişimi (Seed ve Idriss, 1971; Youd vd., 2001).

Gerilme azaltma katsayısının hesaplanması zor olduğu için Youd vd. (2001) tarafından bağıntı (6) oluşturulmuştur. Bu bağıntı Liao ve Whitman (1986) tarafından verilen bağıntı (5)'in sonuçları ile uyumaktadır.

$$r_d = \frac{(1-0.4113z^{0.5}+0.04052z+0.001753z^{1.5})}{(1-0.4177z^{0.5}+0.05729z-0.006205z^{1.5}+0.001210z^2)} \quad (6)$$

2.6.3. Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Yöntemi

Yatay zemin ivmesi ve zemin hareketinin çevrim sayısı ile sismik yer hareketini tanımlamışlardır. Bu yöntemle göre güvenlik sayısı;

$$F_s = \frac{\frac{\tau_1}{\sigma_0}}{\frac{\tau_d}{\sigma_0}} \quad (7)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada;

$\frac{\tau_1}{\sigma_0}$: Yerin periyodik gerilme direnci

$\frac{\tau_d}{\sigma_0}$: Deprem ile oluşan periyodik gerilme oranı.

$F_s < 1$, sıvılaşma riski yüksek

$F_s \geq 1$, sıvılaşma riski düşük.

Seed ve Idriss (1971) tarafından oluşturulan denklemlerin Tokimatsu ve Yoshimi tarafından düzenlenmiş hali aşağıdakiler gibidir.

$$\frac{\tau_d}{\sigma_0} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_0'}{\sigma_0} \cdot r_d \cdot r_n \quad (8)$$

$$\sigma_0' = \int_0^z \gamma_1 \cdot dz \quad (9)$$

$$r_d = 1 - 0,015 \cdot z \quad (10)$$

$$r_n = 0,65 \cdot \left(\frac{N_1}{15}\right)^{0,2} \quad (11)$$

Bu denklemlerde;

τ_d : Kayma gerilmeleri çevrimlerinin genlik değeri,

a_{max} : Zemindeki maksimum yatay ivme,

σ_0' : Düşey efektif gerilme,

σ_0 : Düşey gerilme,

γ_1 : Zeminin birim hacim ağırlığı,

z : Derinlik,

r_d : Derinlik düzeltme faktörü,

r_n : Magnitüd düzeltme faktörü,

N_1 : Düzeltilmiş SPT-N değeri.

Yerin periyodik gerilme direnci;

$$\frac{\tau_1}{\sigma_0} = a \cdot C_r \left[\frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right] \quad (12)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Bu denklemlerde N_a değeri ince dane düzeltmesinden önceki SPT-N değeri, a , C_r , C_s ve n ise katsayıdır ve temiz kumlu zeminlerde;

$$a = 0,45$$

$$C_r = 0,57$$

$$C_s = 80$$

$$n = 14 \text{ 'tür.}$$

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) şahmerdandan tije iletilen enerjinin %80 – 90 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple, N_a değeri denklem 13'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \quad (13)$$

$$N_1 = C_n \cdot N = \frac{1,7}{\sigma_0} \cdot N \quad (14)$$

Burada ΔN_f ince dane düzeltme katsayısıdır ve Tablo 2 yardımıyla belirlenmektedir.

Tablo 2. İnce dane muhtevası ile ΔN_f ilişkisi

İnce Dane Yüzdesi (FC)	ΔN_f
0 – 5	0
6 – 10	Enterpolasyon
>10	0,1.FC+4

Yapılan analizler sonucunda; iki ayrı kum numunesi aynı SPT değeri verirse ince dane oranı içeren kum sıvılaşmaya dayanıklıdır, temiz kumlarda SPT değeri 25'ten büyükse hasar gözlenmez, siltli kumlarda SPT değeri 20'den büyük ise yaygın hasar gözlenmez, kil yüzdesi 20'den büyükse zemin sıvılaşmaz (Akkaş, 2006).

2.6.4. Iwasaki vd. (1986) Yöntemi

Iwasaki'nin oluşturduğu formülizasyona göre sıvılaşma potansiyeli hesabı yapılırken kayma direnci oranı ve kayma gerilmesi oranı kullanılır. Kayma gerilmesi değeri düşey gerilmelerden; kayma direnci oranı ise SPT ve ortalama dane çapı (D_{50})'ye göre hesaplanmaktadır.

$$F_L = \frac{R}{L} \quad (15)$$

F_L : Sıvılaşma emniyet faktörü,

R : Sıvılaşma anındaki periyodik kayma gerilmesi oranı,

L : Şiddetli depremde oluşabilecek kayma gerilmesi oranı.

$F_L < 1$, sıvılaşma riski yüksek,

$F_L \geq 1$, sıvılaşma riski düşük.

Bağıntı (15)'te yer alan R ve L değerleri şu şekilde hesaplanır;

$$R = 0,0882 \cdot \sqrt{\frac{N}{\sigma'_v + 0,7} + B} \quad (16)$$

$$0,04 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0,60 \text{ mm} \text{ ise } B = 0,0225 \cdot \log_{10} \frac{0,35}{D_{50}} \quad (17)$$

$$0,60 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 1,50 \text{ mm} \text{ ise } B = -0,05 \text{ olarak kabul edilir.} \quad (18)$$

$$L = \frac{\tau_{max}}{\sigma'_0} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d \quad (19)$$

N : SPT darbe sayısı,

σ_v : Efektif düşey gerilme (kg/cm²),

σ'_v : Toplam düşey gerilme (kg/cm²),

D_{50} : Ortalama dane çapı (mm),

a_{max} : Maksimum yer ivmesi (gal),

g : Yer çekimi ivmesi (980 gal),

τ_{max} : Maksimum kayma gerilmesi,

r_d : Derinlik düzeltme faktörü

2.7. Jeoteknikte Sıvılaşma Analiz Yöntemleri

2.7.1. Çevrimli Gerilme Oranı (CSR)

Deprem olduktan sonra zeminde çevrimli kayma gerilmeleri boşluk suyu basıncının artmasına sebep olur ve sıvılaşmayı tetikler. Çevrimli gerilme yaklaşımında sıvılaşmayı oluşturan sismik etki ve zeminin sıvılaşmaya karşı göstereceği direnç karşılaştırılır. Seed ve Idriss (1971) tarafından ortaya konulan formül 1996 yılında yapılan NCEER Workshop 'ta düzeltilerek bağıntı (20) verilmiştir.

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_v} = 0,65 \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} \cdot a_{max} \cdot r_d \quad (20)$$

CSR : Çevrimli gerilme oranı

σ_0 : Toplam düşey gerilme (kPa)

σ'_0 : Efektif düşey gerilme (kPa)

a_{max} : Maksimum yatay yer ivmesi (g)

r_d : Gerilme azalım katsayısı

Gerilme azalım katsayısı hesaplanmasında NCEER 1996 raporuna göre derinliğin dikkate alınarak yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Koç, 2007).

$$r_d = 1 - 0,00765 \cdot z, z \leq 9,15 \text{ m} \quad (21)$$

$$r_d = 1,174 - 0,6267 \cdot z, 9,15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \quad (22)$$

$$r_d = 0,744 - 0,008 \cdot z, 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \quad (23)$$

$$r_d = 0,5, z > 30 \text{ m} \quad (24)$$

2.7.1.1. Sismik Gerilme Oranının Bulunması

Sismik gerilme oranı yaygın olarak Seed ve Idriss (1971) tarafından verilen formül ile hesaplanmaktadır. Bu yöntemde deprem sebebiyle oluşan kayma dalgasının düşey olarak yayılımı ile kayma gerilmesinin oluştuğu kabul edilir ve bağıntı (25)'teki denklem ile hesaplanır.

$$(\tau_{max})_r = \frac{\gamma h}{g} a_{max} \quad (25)$$

a_{max} : Yüzeyde oluşan maksimum ivme,

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı,

g : Yer çekimi ivmesi.

Deprem esnasında zemin rijit bir kütle olarak davranmadığı göz önünde bulundurularak gerilme azalım katsayısı ve 0,65 sabiti denkleme çarpan olarak eklenmiştir.

$$\tau_{max} = 0,65 \cdot \frac{\gamma h}{g} \cdot a_{max} \cdot r_d \quad (26)$$

Verilen tüm bağıntıları Seed ve Idriss (1998) deprem büyüklüğü düzeltme faktörünü de içeren bir formülüzasyon oluşturmuştur.

$$CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot \frac{r_d}{MSF} \quad (27)$$

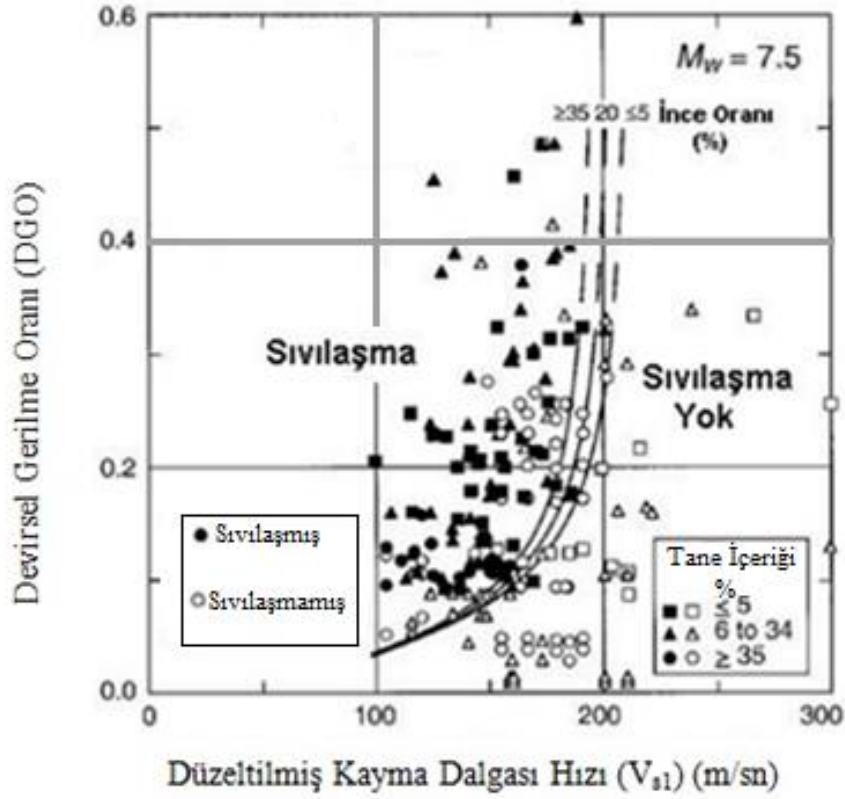
Bağıntı (27) 'de yer alan MSF düzeltme faktörü aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$MSF = 37,9(M_w)^{-1,81}, M_w > 5,75 \quad (28)$$

$$MSF = 1,625, M_w \leq 5,75 \quad (29)$$

2.7.1.2. Sismik Direnç Oranının Bulunması

Sismik direnç oranı hesaplanmasında standart penetrasyon testi (SPT) ve konik penetrasyon testi (CPT) yöntemleri veya enine dalga hızına bağlı olarak oluşturulan dinamik mukavemet eğrileri kullanılmaktadır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Devirsel gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalgası hızı ilişkisi (Andrus ve Stoke, 2000).

Şekil 2.12'de görülen V_{s1} değeri Sykora (1987) ve Robertson vd. (1992) tarafından verilen denklem ile hesaplanır.

$$V_{s1} = V_s \cdot C_v \quad (30)$$

Burada;

V_s : Arazide ölçülen kayma dalgası hızı,

C_v : Üst tabaka yükü düzeltme katsayısı,

V_{s1} : Üst tabaka yüküne göre düzeltilmiş kayma dalgası hızı.

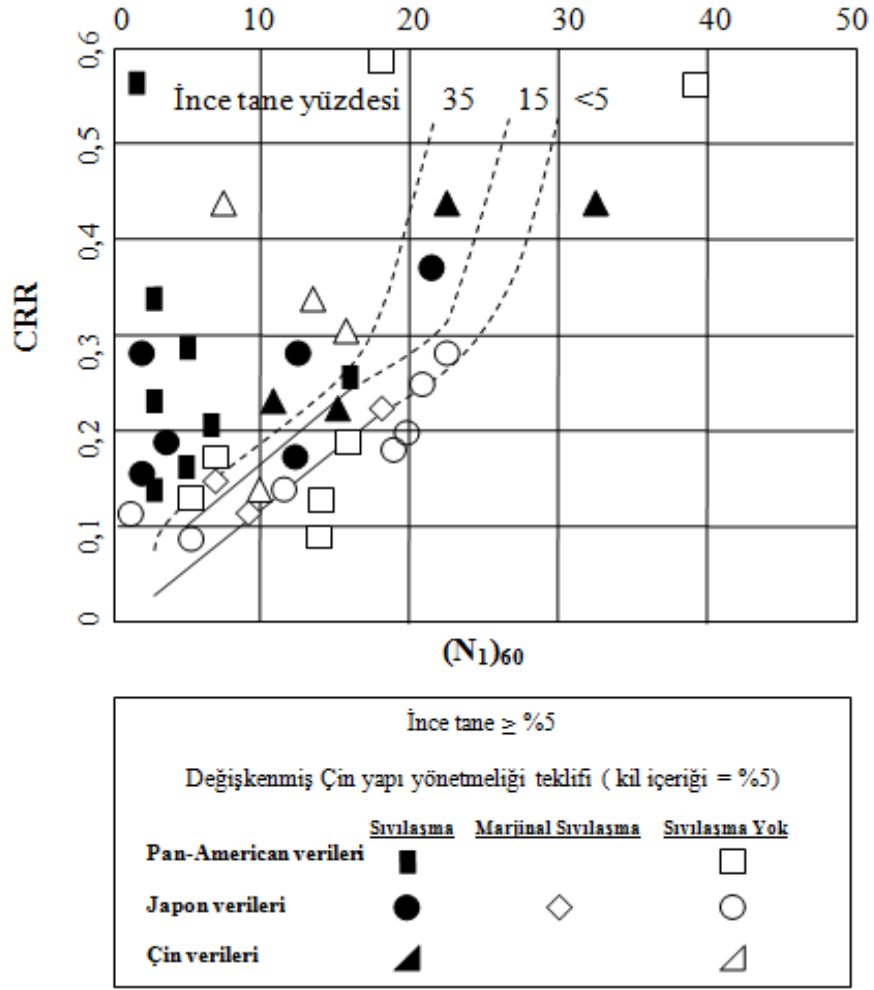
$$C_v \cong \left(\frac{100}{\sigma_{v0}} \right)^{0,25} \quad (31)$$

σ'_{v0} : Düşey efektif gerilme.

2.7.2. Çevrimli Dayanım Oranı (CRR)

Zeminin sıvılaşmaya karşı gösterdiği direnç “çevrimli dayanım” olarak adlandırılır. CRR için birçok yöntem geliştirilmiştir. Ancak bunların içinden yaygın olarak SPT, CPT verileri ve SPT-N'e bağlı magnitüdü 7,5'ten büyük olan depremler için geçerli olan sıvılaşma eğrileri (Şekil 2.13) kullanılmaktadır. Magnitüdü farklı olan depremler için ise bağıntı (32)'de verilen magnitüd skala faktörü (MSF) düzeltmesi uygulanmaktadır.

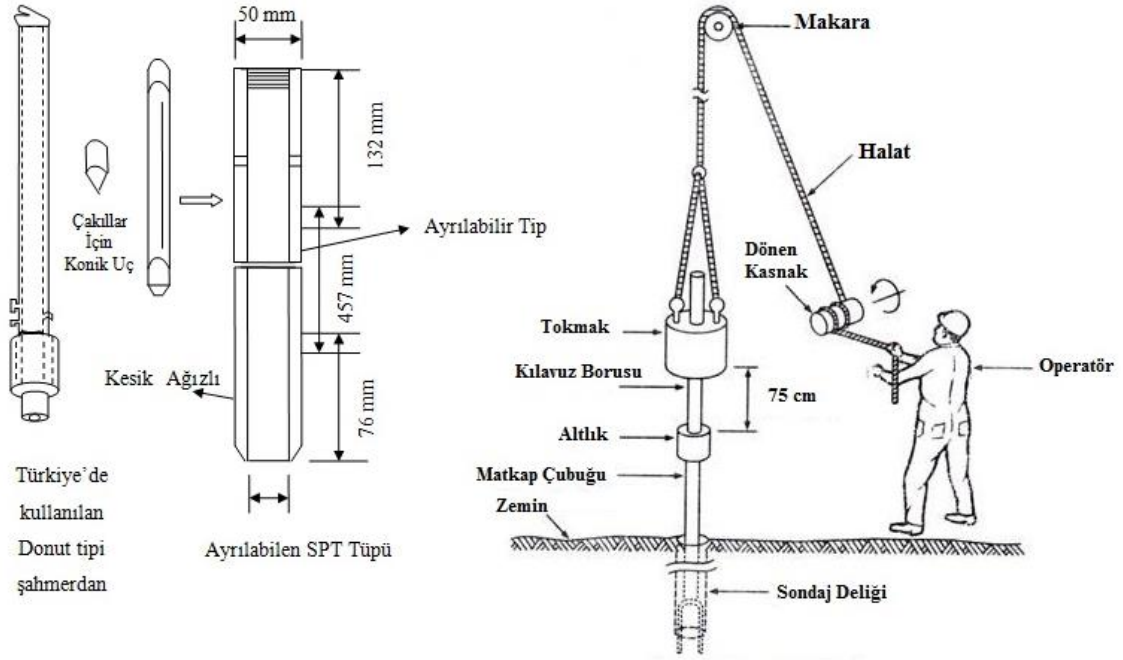
$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (32)$$



Şekil 2.13. Sıvılaşma direnci ile SPT-N ilişkisi (Seed vd., 1976).

2.7.3. Standart Penetrasyon Testi (SPT)

İlk olarak 1920 yılında kullanılmaya başlanan SPT uzun bir kullanım geçmişine sahip olduğu için mühendislik çalışmalarında yaygınlıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde sondaj içinde bulunan tüpün 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 76 cm yükseklikten zemin içine çakılması sırasında oluşan dirence göre zemin tabakalarının tahmini mukavemet özelliklerinin belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. SPT deneyinde kullanılan şahmerdan tipi ve deneyin yapım biçimi (URL – 3)

Deneye başlamadan önce tüp üzerine toplam 45 cm'lik uzunluğa 15 cm aralıklarla işaretleme yapılır. Deney esnasında ilk 15 cm'lik giriş zeminin örselenmesinden dolayı ölçümlerde hesaba katılmaz ve geriye kalan 30 cm için darbe sayıları (N) kayıt edilir. Standart penetrasyon testinin etkilendiği faktörler;

- Sondaj kuyusu çapı,
- Deney düzeneği (Makaralı veya otomatik),
- Tij boyu,
- Çamurlu zeminlerde muhteva borusunun kullanımı,
- Standartlara uymayan numune tüpü kullanımı,
- Üst tabaka düzeltmesi (Palacios, 1977; Schmertmann, 1979).

SPT deneyi yapıldıktan sonra işlem aşamasına geçildiğinde yukarıda bahsedilen maddelerin etkisinden dolayı standartlaşan düzeltmeler yapılmalıdır. Bu düzeltmeler sonucunda farklı deney aletleri kullanılmış olsa bile farklı derinliklerden elde edilen darbe sayısı değerlerinin, zemin penetrasyon direnci hakkında benzer bilgileri vermesi sağlanır.

$$(N_1)_{60} = N \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad (33)$$

N : Ölçülen darbe sayısı,

C_N : Üst tabaka yükü düzeltme katsayısı,

C_E : Enerji oranı düzeltme katsayısı,

C_B : Kuyu çapı düzeltme katsayısı,

C_R : Tij boyu düzeltme katsayısı.

C_S : Numune alma metot farklılığı düzeltme katsayısı.

Üst tabaka yükleri SPT-N değerlerinde artışa sebep olduğu için üst tabaka yükü düzeltmesi (C_N) yapılır (Seed ve Idriss, 1982).

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5} \quad (34)$$

P_a : Referans gerilmesi (100 kPa),

σ'_{vo} : Düşey efektif gerilme (kPa).

Bir diğer önemli faktör, şahmerdandan zemine ulaşan enerji üzerinde yapılan düzeltmedir. Bu enerji şahmerdanın tipine, kaldırma mekanizmasına, örselenmeye ve şahmerdanı kullanma metoduna bağlıdır. Ülkemizde genellikle Donut tipi şahmerdan kullanılır. Bu tip şahmerdanlarda enerji sönümü %60 olduğu için düzeltme katsayısı (C_E) 0,75 olarak alınır. SPT değerlerine yapılan düzeltmeler ayrıntılı olarak Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. SPT düzeltmeleri (Youd vd., 2001).

Faktör	Alet Değişkeni	Terim	Düzeltilme
Üst tabaka yükü	-	C_N	$(P_a/\sigma'_{VO})^{0,5}$
Üst tabaka yükü	-	C_N	$C_N \leq 1,7$
Şahmerdan enerji oranı	Donut tipi şahmerdan	C_E	0,5 – 1
Şahmerdan enerji oranı	Güvenli şahmerdan	C_E	0,7 – 1,2
Şahmerdan enerji oranı	Otomatik düşürülen Donut tipi şahmerdan	C_E	0,8 – 1,3
Kuyu çapı	65 – 115 mm	C_B	1
Kuyu çapı	150 mm	C_B	1,05
Kuyu çapı	200 mm	C_B	1,15
Tij boyu	< 3 m	C_R	0,75
Tij boyu	3 – 4 m	C_R	0,8
Tij boyu	4 – 6 m	C_R	0,85
Tij boyu	6 – 10 m	C_R	0,95
Tij boyu	10 – 30 m	C_R	1
Numune alma yöntemi	Standart numune alıcı	C_S	1
Numune alma yöntemi	Kılıfsız numune alıcı	C_S	1,1 – 1,3

2.7.4. Konik Penetrasyon Testi (CPT)

Jeoteknik mühendisliğinde gün geçtikçe daha da yaygın hâle gelen bir yöntemdir. Bu yöntemin temel prensibi; 10 cm²'lik yüzey alanı ve 60°'lik uç açısı olan koninin zemine 2 cm/sn sabit hızla sondalanmasıdır. Uygulama sonucunda uç direnci (q_c) ve çeper sürtünmesi (f_s) değerleri ölçülerek zemin özelliklerinin derinliğe bağlı değişimi

belirlenmektedir. Sürtünme oranı (SO), kohezyonlu zeminlerde yüksek, kohezyonsuz zeminlerde düşük değerler alır.

$$SO = \frac{f_s}{q_c} \quad (35)$$

SO : Sürtünme oranı

f_s : Çeper sürtünmesi

q_c : Uç direnci.

SPT' de olduğu gibi CPT' de de derine doğru üst tabaka yükü ile birlikte direnç artışı gözlemlenmektedir. Bu yüzden, ölçülen q_c normalize edilir.

$$q_{c1} = q_c \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma_{vo}} \right)^{0,5} \quad (36)$$

Veya

$$q_{c1} = \frac{1,8}{0,8 + \sigma_{vo}} \cdot q_c \quad (37)$$

q_c : Ölçülen uç direnci,

q_{c1} : Düzeltilmiş uç direnci,

σ'_{vo} : Düşey efektif gerilme (ton/ft²),

P_a : Referans gerilme (1ton/ft²) (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

2.8. Jeofizikte Sıvılaşma Analiz Yöntemleri

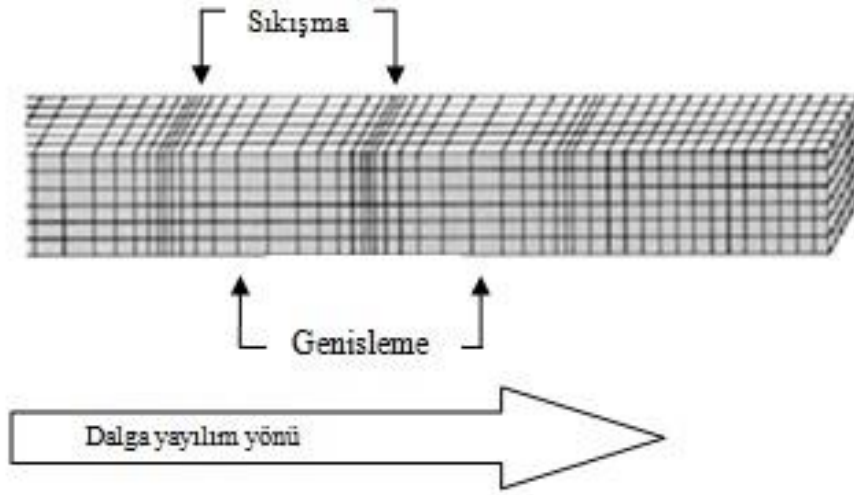
Dinamik davranışı belirleyen en önemli özellik olan kayma modülü deprem riski bulunan bölgelerde zemin-yapı ilişkisini araştırmak için çok önemlidir. Kayma modülü hesabı için en kolay hesap kayma dalga hızının belirlenmesidir. Ayrıca araziden elde edilen kayma dalga hızı yardımı ile zeminin büyütme miktarı da hesaplanabilmektedir. Dalgaların yayılma yönü ve hızı zeminin fiziksel özelliklerine bağlı olduğu için sismik dalga oluşturmak ve o dalganın varış zamanını belirlemek sıvılaşma için önemli olan parametrelerin doğrudan hesaplanmasını sağlamaktadır. Kayma mukavemeti olmayan

ortamlarda (hava, su) V_s düşüktür. Bu da zeminin zayıf ve gevşek olduğu anlamına gelmektedir (Uyanık, 2016).

2.8.1. Sismik Dalgalar

2.8.1.1. Boyuna Dalgalar

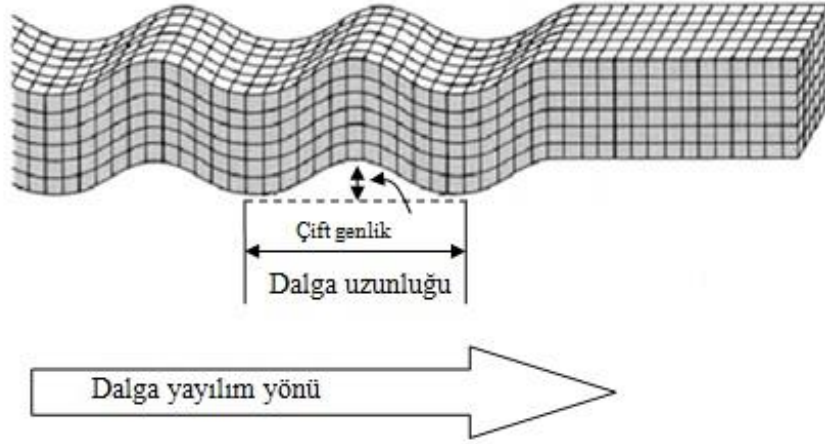
Deprem dalgalarından yeryüzüne ilk ulaşan dalgalardır ve boyuna dalga (P) olarak adlandırılırlar. Zemin partiküllerinin sıkışıp seyrelemesine sebep olarak hareket ederler ve tüm ortamlarda yayılırlar (Şekil 2.15). Havadaki hızları 330 m/sn ve sudaki hızı 1450 m/sn civarındadır. Rijit zeminler içerisinde 180-7500 m/sn aralığında hıza sahip olabilirler. Bu hız miktarı tamamen zeminin katılık/sıkılık oranına bağlıdır.



Şekil 2.15. P-dalga yayılımı (URL-4)

2.8.1.2. Enine Dalgalar

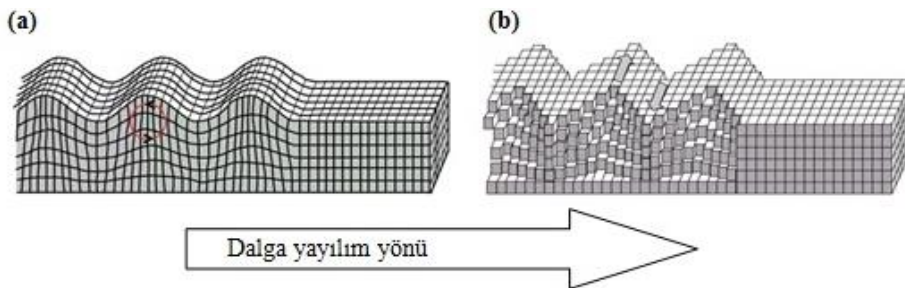
Yeryüzüne ulaşan ikinci dalgalar olduğu için enine dalga (S) olarak adlandırılır. Ayrıca makaslama dalgası veya kayma dalgası adı da verilir. Yayılım hareketi zemine dik yöndedir. P dalgalarının aksine rijidite sıfır olduğu için sıvı ve gaz ortamda yayılmazlar. Genel olarak katı ortamlardaki hızları 80-4000 m/sn aralığında değişmektedir. Yayılım yönünden dolayı kiriş-kolon bağlantılarını yıkmaya yönelik darbeler oluştururlar ve yapıya ağır hasar verirler (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. S-dalgası yayılımı (URL-4)

2.8.1.3. Yüzey Dalgaları

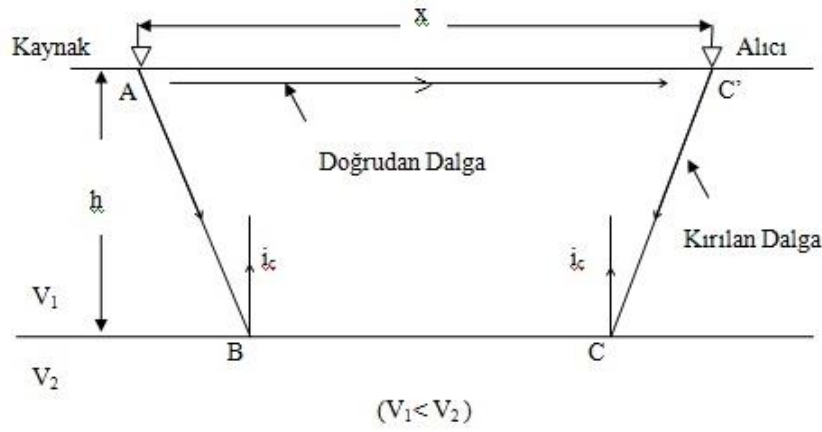
Deprem dalgaları arasında en yavaş ilerleyen ve en fazla hasara sebep olan dalgalardır. Yüzey dalgaları oluşurken yer hareketi ve buna bağlı olarak dalga etkisi büyük olmalıdır. “Love dalgaları” ve “Rayleigh dalgaları” olarak ikiye ayrılırlar. P ve S dalgasından sonra en hızlı olan dalga Love dalgalarıdır. Love dalgaları yerin yatay yönde hareket etmesini sağlar. Rayleigh dalgaları ise su üzerinde görülen yuvarlak dalga salınımlarına benzer bir hareketle yayılırlar. Deprem esnasında meydana gelen sarsıntıların en büyük etkisi Rayleigh dalgalarıdır. Hızı en düşük olan ve sismometrede en son ölçülen dalga olmasına rağmen yıkım ihtimali en yüksek olan dalgadır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Yüzey dalgaları yayılımı; a) Rayleigh Dalgası b) Love Dalgası (URL-4)

2.8.2. Sismik Kırılma Yöntemi

Geniş alanlarda zemin ve kaya profillerinin haritalanması için kullanılan en basit yöntemdir. Kaynak olarak balyoz ile darbe veya patlatma enerjisi uygulanmaktadır. Araştırmak istenilen derinliğe göre algılayıcılar (jeofon) yerleştirilir ve yayılan dalgalar kaydedilerek ilk varış zamanları okunur. Okunan ilk varış zamanları ile zaman-uzaklık ($x-t$) grafiği çizilir. Çizilen grafik üzerinden dalga hızları hesaplanır (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Kırılma dalgasının yayılım geometrisi

A noktasından yapılan darbe vurulduğunda sismik dalgalar oluşur ve zemin altında bütün yönlere yayılırlar. Sismik kırılma yöntemi için hem AC' arasında oluşan doğrudan (direkt) dalgalar hem de ABCC' yönünde ilerleyen kritik açı (i_c) ile kırılan dalgalar önemlidir. Doğrudan dalgalar için seyahat zamanı;

$$t_d = \frac{x}{v_1} \quad (38)$$

A noktasında oluşturulan birçok dalgadan sadece kritik açı ile B noktasına gelen dalga ara sınıra paralel şekilde ilerlemektedir. Bunun sebebi; kırılan dalganın yatay olarak daha fazla hareket etmesidir. Ancak kritik açı ile kırılan dalga ara yüzey boyunca ilerlediği için elastik dalga yayılım teorisi ile incelenir ve üst yüzeyde hareket eden bir dalga oluşturur. Bu dalga "baş dalga" olarak adlandırılır. Baş dalganın varışı kaynaktan $2ztani_c$ kadar uzaklıkta bulunabilir. $2ztani_c$ 'den daha yakında olan dalgalar yansıma dalgalarıdır. Kırılma yönteminde, kaynaktan doğrusal bir hat boyunca yerleştirilen jeofonlar yardımıyla ölçüm yapılır ve bu jeofonlara gelen doğrudan ve kırılan dalgaların varış zamanları $x-t$ grafiği çizilerek bulunur. P ve S dalgalarının hızlarını hesaplamak için jeofon dizilimleri

aynı şekilde kullanılırken kaynağın kullanım şekli farklıdır. P dalgasını elde ederken 25-50 kg aralığında bir levhaya düşey şekilde darbe, S dalgasını elde edilirken ise kalasa enine şekilde darbe uygulanır.

2.8.2.1. Sismik Tomografi Yöntemi

Sismik tomografi ilk defa Clayton (1984), zemin üzerindeki karmaşık hız yapılarının sismik dalgalar yardımıyla 1B'lu hız modellerinden 3B'lu hız dağılımının görüntülenmesi olarak tanımlanmıştır. Bu yöntem tıpta kullanılan tomografi yönteminden esinlenerek geliştirilmiştir ve karmaşık tektonik yapıların araştırılmasında kullanılmaktadır.

Doğal kaynaklı (deprem) ve yapay kaynaklı (titreşim, patlatma) olmak üzere iki çeşit uygulaması vardır. Yapay kaynak kullanılan tomografi çalışmalarında sığ ve küçük alanlar incelenir. Bunun sebebi kullanılan kaynağın enerjisinin az olmasıdır. Kullanılacak olan dalga türü çalışma alanının büyüklüğü ve amacına göre seçilir. Küresel ve bölgesel ölçekli çalışmalarda yüzey dalgaları kullanılırken; yerel ölçekli çalışmalarda cisim dalgaları kullanılır. Bu ayrımın sebebi dalga boyuyla birebir bağlantılıdır. Uzak alan depremler ile daha derin ve büyük ölçekli zeminler incelenebilir. Buna karşın yerel deprem verilerinde araştırma derinliği depremin derinliği ile sınırlanmaktadır. Yerel deprem verilerinin en önemli avantajı, oluşturduğu enerjinin yüksek olması ve 3B'lu uzaydaki dağılımıdır. Enerjinin fazla olması frekansın yüksek olmasını bu da çözünürlüğün artmasını sağlar (Aki, 1982).

Sismik tomografi yöntemi ters çözüm tekniğini esas almaktadır. Bu ters çözüm işleminde öncelikle başlangıç hız modeli ve odak parametreleri ile ışın izleme yöntemi kullanılarak dalganın ilk varış zamanları hesaplanır. Sonrasında hesaplanan veriler ile gözlemlenen veriler arasındaki hata miktarı minimum olana kadar iterasyon yapılır.

2.8.3. Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi (MASW)

S dalgasının hızını ölçmek için kullanılan sismik kırılma ve yansıma yöntemlerine ek olarak Rayleigh dalgası kayıtlarını temel alan yüzey dalgası yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler aktif ve pasif kaynaklı yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Aktif kaynaklı yöntemlerden ilk olarak SASW (Spectral Analysis of Surface Wave) yöntemi 1993 yılında

Nazarian ve Desai tarafından bulunmuştur. Daha sonra 1999 yılında Park vd. tarafından SASW yönteminin eksikleri giderilerek MASW yöntemi ortaya konmuştur. Pasif kaynaklı yöntemler ise Kırılma-Mikrotremor (REMİ), f-k (Frekans-Dalga Sayısı) ve Uzaysal Özilişki Yöntemi (SPAC-Spatial Autocorrelation)'dir.

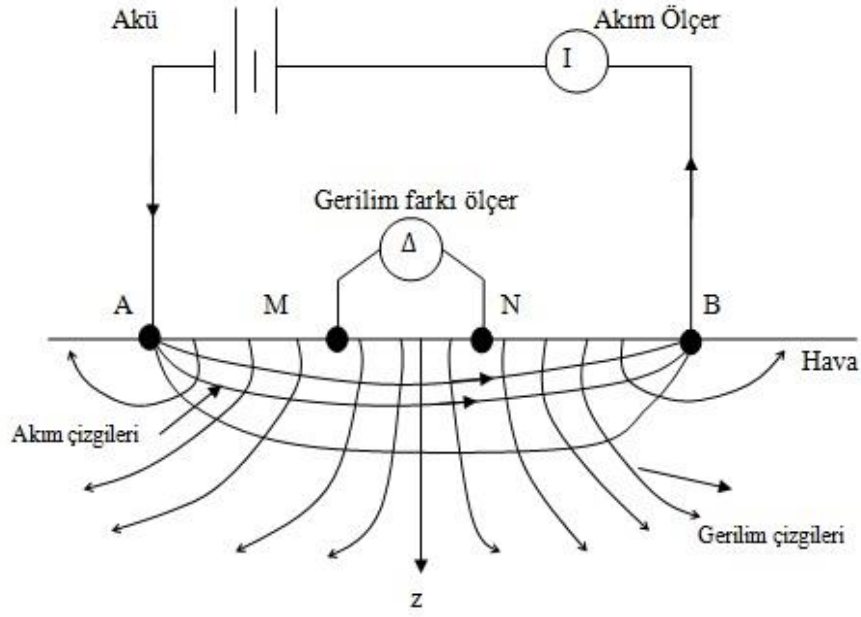
MASW, dizilim ve veri toplama açısından hem sismik kırılma hem de sismik yansıma yöntemi ile uygulanabilir. Kaynak olarak balyoz, ağırlık düşürme ve vibroseis kullanılır ve incelenmek istenen araştırma derinliğine göre kaynak seçimi yapılır. İlk önce incelenen alanın dispersiyon eğrisi belirlenir ve sonrasında ters çözüm işlemi ile 1B ortama ait tabaka parametreleri, hız-derinlik değerleri elde edilir. V_s hızının doğru bir şekilde ölçülebilmesi için yüzey dalgalarının sinyal gürültü oranına dikkat edilmesi gerekmektedir. MASW yönteminde birden fazla alıcı ile kayıt alınması sağlanır. Bu da hem zaman kaybını hem de yüksek modaların temel modan ayrılma problemini engeller.

Bu yöntemin avantajları;

- Dalga oluşturmak kolaydır,
- Gürültülü alanlarda da uygulanabilir,
- Yüksek ayrımlı görüntüleme sağlar,
- Zemine zarar vermez,
- Asfalt ve sanayi alanlarında kullanılabilir.

2.8.4. Elektrik Yöntemler

Elektrik yöntemlerinden biri olan elektrik özdirenç yöntemi, derinliğin veya uzaklığın bir fonksiyonu olarak toprak ve kayaların görünür özdirencinin ölçümünü esas almaktadır. Toprağın özdirenci, gözenekliliğin, geçirgenliğin, gözenek sınırlarının iyonik içeriğin karmaşık bir fonksiyonudur. Özdirenç araştırmalarında; akım, bir çift akım elektroduyla yere verilir ve potansiyel fark, bir çift potansiyel elektrodu ile ölçülür (Şekil 2.19). Görünür özdirenç, akımın tesir ettiği bütün toprak ve kayaların ortalama özdirencidir. Bu özdirenç, ölçülen potansiyel farkın yere verilen akıma oranının elektrot konumları ile ilişkili bir geometrik katsayı ile çarpılmasından hesaplanır.



Şekil 2.19. Elektrik özdirenç yönteminin şematik gösterimi. Akım (A-B) ve potansiyel (M-N) elektrotları ile akım ve eş potansiyel çizgilerinin dağılımı (Sevimli, 2010).

Genel olarak herhangi bir dizilim için özdirenç hesaplama işlemi,

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (39)$$

şeklindedir. Burada;

k : Geometrik faktör,

ΔV : Potansiyel elektrotları arasındaki fark,

I : Yere verilen akım.

İdeal olarak bir özdirenç araştırmasının sonucu, belli bir derinlik aralığındaki ortalama özdirenç yapısının resimsel gösterimini sağlayan profiller, haritalar veya kesitler olmalıdır. Bu hedef doğrultusunda özdirenç araştırma birden fazla adım işlemine sahiptir. Birincisi, nispeten temel verinin toplanması ve gösterimi, ikicisi, görünür özdirençin çeşitli tahminlerinin getirildiği verinin fiziksel yorumudur. Son adım ise, fiziksel yorumdan jeolojik sonuçlara varmaktır. Fiziksel yoruma yaklaşımların birçoğu ölçümlerden görünür özdirenç tahmin etmeyi amaçlar: Nitel analizler, görünür özdirenç profillerin, kesitlerin ve haritaların saha verisinden hazırlanarak, fazla bir çaba göstermeden yer altı özdirenç yapılarının derinliği ve yeri hakkında bilgi sağlayabilir. Basit geometriye sahip yapıların

görünür özdirenç tepkileri kataloglar halinde toplanarak, saha verilerinin yorumunda faydalanılır. Tabakalı ortam veya anomali üretebilen basit yapıların görünür özdirenç tepkileri analitik yöntemler kullanılarak hesaplanır ve saha verileri ile karşılaştırılması yapılır. Düşey elektrik sondaj (DES) verilerinin yorumu parametrik ters çözüm (otomatik düz çözüm yöntemi) kullanılarak yapılır. Çok boyutlu ters çözüm ile iki veya üç boyutlu görünür özdirenç verisinin yorumu yapılır. Bu yöntemde düz çözümler çoğunlukla sayısal yöntemler kullanılarak yapılır ve ters çözüm algoritmalar kararlı bir çözüm üretmeyi amaçlar.

Özdirenç araştırmalarında, farklı dizilimlerin araştırma derinliği, yanal yapıların ayrımlılığı, yanal etkilere duyarlılık, temel kayaç topografyasına ve yüzey topografyasına duyarlılık gibi konular hakkında bilgi edinilir. Gerçek bir yer altı özdirenç dağılımı üzerinde tam kontrol sağlamak mümkün olmadığı için, bu konuların açığa çıkarılması için modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca, yeni yorumlama gereçlerinin değerlendirilmesi ve test edilmesinde modelleme önemli bir araçtır. Ters çözüm yöntemlerinin gerçekçi ve anlamlı karşılaştırmaları gerçek çözümün bilindiği model çalışmalar sayesinde yapılmaktadır.

Özdirenç yönteminde temel olarak dört elektrot kullanılarak dizilimler gerçekleştirilir. İki elektrot ile yer içine akım gönderilirken, diğer iki elektrotla ise potansiyel ölçülür. Yaygın olarak kullanılan elektrot dizilimleri; Wenner dizilimi, Dipol – Dipol dizilimi, Pol – Pol dizilimi, Pol – Dipol dizilimi ve Schlumberger dizilimleridir.

2.8.4.1. Özdirenç Saha Teknikleri

Özdirenç çalışmalarında gerçekte iki temel teknik vardır. Kullanılan bu özel teknikler derinliğe veya yanal olarak özdirençteki değişime bağlıdır. Derinlikle özdirenç değişiminin incelendiği teknik ‘düşey elektrik sondajı’ (DES), yanal özdirenç değişiminin incelendiği teknik ‘yatay elektrik sondajı’ (YES) dır. Ayrıca hem derinliğin, hem de yanal özdirenç değişiminin incelendiği tekniğe de ‘birleşik sondaj profil’ denir.

2.8.4.1.1. Düşey Elektrik Sondajı (DES)

Düşey elektrik sondajının amacı; yatay veya yataya yakın ortamlarda derinliğin bir fonksiyonu olarak özdirençteki değişiminin belirlenmesi amaçlanır. Yere verilen akımın etki derinliği yeraltının özdirençine ve akımın frekansına bağlıdır.

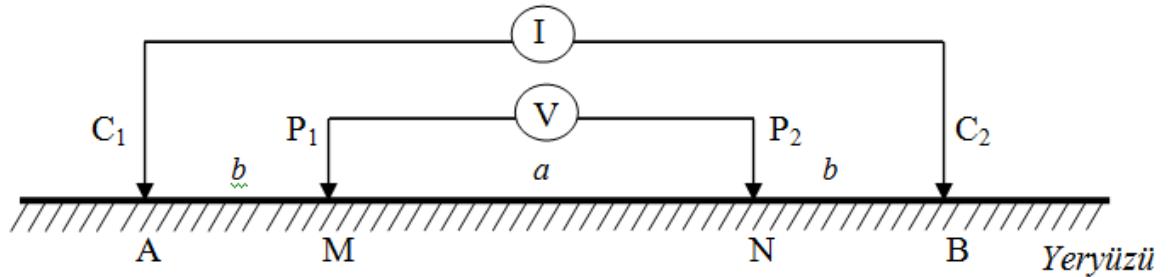
Arazide belirli bir merkez noktasına göre seçilen bir dizilim ile küçük elektrot açılımları ile başlayıp daha sonra bu aralıklar arttırılarak yericine doğru görünür özdirenç değişimi belirlenir.

2.8.4.1.2. Yatay Elektrik Sondajı (YES)

Yer-elektrik haritalama ile tanımlanan düzlemlerde özdirençin yanal değişimleri elde edilir. Bu yöntem özellikle izole olmuş kütleler, fay, dayk gibi yanal süreksizliklerin aranmasında kullanılır. Profil ölçümlerinde herhangi bir dizilim kullanılabileceği gibi, genellikle Wenner ve hızlı olması nedeniyle Gradient, Pol-Pol veya Pol-Dipol dizilimleri de kullanılır. Dizilim seçimi, özellikle seçilen alana bağlıdır. Tüm dizilimlerde ölçülen görünür özdirenç, potansiyel elektrotların orta noktasına atanarak gösterim yapılır.

2.8.4.1.3. Birleşik Sondaj Profil Tekniği

Elektrot aralıkları artırılarak yatay eksen boyunca birçok konumda ölçümler alınır ve yeraltının iki boyutlu yorumuna veri sağlanır. Nitel analiz yapmak için ölçülen veriler çoğunlukla andıran kesitler olarak çizilir.



Şekil 2.20. Wenner – Schlumberger dizilim kesiti (URL – 5)

2.8.5. Mikrotremor Yöntemi

Mikrotremorlar doğal ve yapay kaynaklardan yayılan genlikleri 0.1–1 mikron, periyotları 0.05–2s aralığında değişen titreşimlerdir (Kanai ve Tanaka, 1954). Uzunluklarına göre iki çeşit mikrotremor vardır. Periyodu 1 s ve altında olan titreşimlere kısa periyotlu titreşimler; 1s ve üstündeki titreşimlere ise uzun periyotlu titreşimler denir. Genel olarak baktığımızda mikrotremorlar cisim ve yüzey dalgalarından oluşup, büyük bir kısmı yüzey dalgası olarak yayılmaktadır. Bu konuda bir çok araştırmacı farklı farklı tanımlamalar yapmıştır. Aki (1957), yüzey dalgalarını mikrotremorun kaynağı olarak kabul etmiştir. Kanai ve Tanaka (1961), S dalgasının tekrarlı yansımalarının mikrotremoru oluşturduğunu söylemiştir. Rodriguez vd. (2000), mikrotremorları frekans–dalga sayısı spektrasına göre incelemiş ve çoğunlukla Rayleigh dalgası içerdiğini belirtmiştir ve Nogoshi ve Igarashi (1971) bu tanımlamayı desteklemiştir. Rayleigh dalgası yatay/düşey (H/V) oranının en düşük olduğu yerlerde maksimum enerjiye sahiptir. Nakamura (1989) ise mikrotremorun H/V oranını S dalgasının düşey bileşeni olarak açıklamıştır. Mikrotremor kayıtları sismometre ile alınır. Ölçüm yaparken dikkat edilmesi gerekenler;

- Yeterli çözünürlük yapamayan ivme ölçerler yerine hız ölçerler kullanılmalıdır.
- Çevresel gürültünün minimum olduğu zamanlarda ölçüm alınmalıdır. Örneğin; trafiğin en az olduğu saat aralığı seçilmelidir.
- Rüzgâr olması veya yağmur yağması düşük frekanslı ölçümlerin bozulmasına sebebiyet vereceği için hava durumu kontrolü yapılmalıdır.
- Sismometrenin zemine temas edip etmediğine dikkat edilmelidir. Eğer zemine tamamen temas etmiyorsa zemin kazılıp düz bir hâle getirilerek konumlandırılmalıdır.
- Çevresel gürültülerin etkisiyle gündüz yapılan kayıtların genliklerinin gece alınankilere oranla 4-6 kat daha yüksek çıkmasından dolayı ölçümler olabildiğince geç saatte alınmalıdır (Nakamura, 1989).

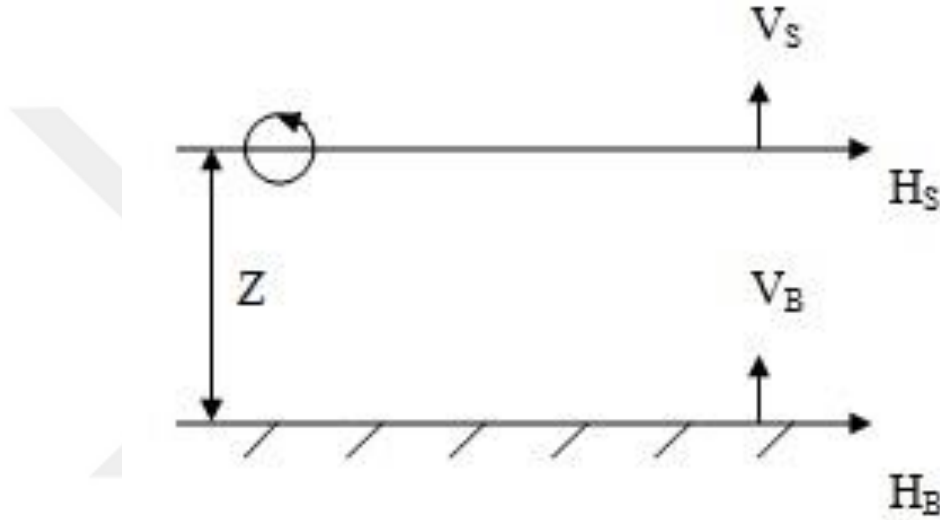
Mikrotremor kayıtları kullanılarak zemin baskın periyodu, zemin büyütme değeri, S dalga hızı (V_s) ve yumuşak zemin kalınlığı hesaplanmaktadır.

Başlıca mikrotremor yöntemleri;

- Spektral oranların elde edilmesi,
- Fourier genlik veya güç spektrumlarının incelenmesi,
- Kanai (Sıfır Kesme) yöntemi,

- Nakamura H/V oran yöntemi,
- ReMi (Kırılma Mikrotremor) yöntemidir.

Bu yöntemlerin ortak özelliği yerel zemin etkisinin elastik yarı sonsuz bir ortam üzerinde yer alan tek bir yumuşak zemin tabakasından kaynaklandığını kabul etmeleridir. Hızlı, ekonomik ve hakim frekansın kesin olarak belirlenmesinden dolayı Nakamura H/V spektral oran yöntemi daha yaygın kullanılmaktadır. Nakamura yöntemine göre gürültü titreşimlerinin dikey bileşeni zeminden etkilenmez (Şekil 2.21). Ek olarak yatay bileşenler de zemin tabakasının düşük hızı ve yoğunluğuna bağlı olarak büyütme elde eder.



Şekil 2.21. Nakamura (1989) tarafından kabul edilen basit yer altı modeli

Nakamura'nın belirttiği modelde V_S yüzeydeki; V_B yüzey tabakasının tabanındaki hareketlerin düşey bileşenidir.

$$A_S(w) = \frac{V_S(w)}{V_B(w)} \quad (40)$$

Burada $A_S(w)$ kaynak etkisini belirtmektedir:

$$S_E(w) = \frac{H_S(w)}{H_B(w)} \quad (41)$$

Nakamura (1989) ölçüm noktasının transfer fonksiyonunun ($S_E(w)$) kaynak etkisine oranlanması ile kaynak etkisinin giderilebileceğini belirtmiştir:

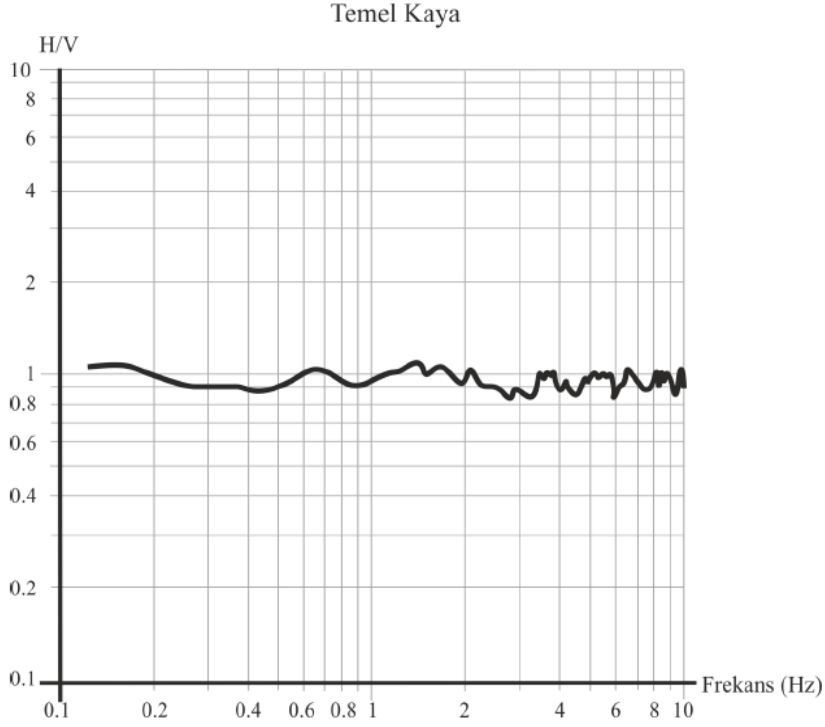
$$S_M(w) = \frac{S_E(w)}{A_S(w)} = \frac{\frac{H_S(w)}{H_B(w)}}{\frac{V_S(w)}{V_B(w)}} = \frac{H_S(w)}{H_B(w)} \cdot \frac{V_B(w)}{V_S(w)} = \frac{H_S(w)}{V_S(w)} \cdot \frac{V_B(w)}{H_B(w)} = R_S(w) \cdot R_B(w) \quad (42)$$

Nakamura'ya göre mühendislik çalışmalarında kullanılan frekans aralığı 1-20 Hz olmalıdır. Bu sebeple, temel kayada alınan H/V spektral oranı ($R_B(w)$) yaklaşık olarak 1'e

eşittir ve $R_S(w)$ ise mikrotremor verilerinden elde edilir. Son olarak ta iki yatay bileşen olan Kuzey-Güney ($NS(w)$) ve Doğu-Batı ($EW(w)$) bileşenleri tek bir bileşene dönüştürülür (Şekil 2.22).

$$H_S(w) = \sqrt{NS(w)^2 + EW(w)^2} \quad (43)$$

$$S_M(w) = \frac{H_S(w)}{V_S(w)} \quad (44)$$



Şekil 2.22. Temel kaya üzerinde alınan mikrotremor verisinin H/V oranı (Nakamura, 1989).

Mikrotremor yöntemi ile olası zemin sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek amacıyla Nakamura 1996, 1997' de verilen hassaslık indeksi yada K_g değerleri aşağıdaki formül (Bağıntı 45) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g} \quad (45)$$

Burada;

A_g : Büyütme faktörü,

F_g : Hakim frekans değeridir.

Nakumara (1997) Kg değerlerinin 20'den büyük çıkması durumunda zeminin yüksek oranda deforme olabileceğini vurgulamaktadır. Huang ve Tseng, 2002 'de Kg değerlerini kullanarak zemin sıvılaşma potansiyelinin kestirimini yapmışlar ve Kg değerlerinin 10'un üzerinde olan yerlerin sıvılaşma açısından riskli bölgeler olduğunu belirlemişlerdir. Beroya vd., 2009'da yaptıkları çalışmada Kg değerlerinden sıvılaşma potansiyeli değerlendirmesi yapmışlardır. Son olarak ise Rezaei ve Choobbasti, 2014'te Iran'da bir bölgede geleneksel yöntemler, yapay sinir ağları ve mikrotremor ölçümleri ile sıvılaşma değerlendirmesi yapmışlar ve buldukları sonuçları kıyaslamışlardır. Mikrotremor verilerinden Kg değerlerini hesaplayarak, sıvılaşma potansiyelinin eşik değeri için Kg nin 5 ve üstü olduğu sonucuna varmışlardır.



3. YAPAY SİNİR AĞLARI

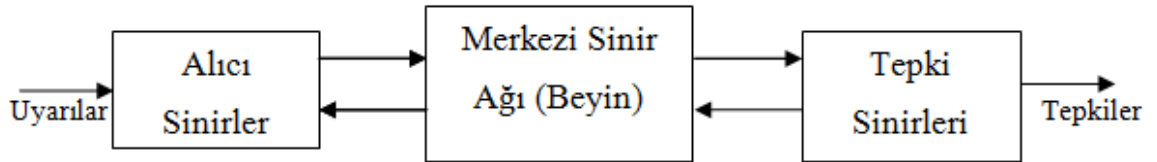
Geçmişte yapılan tüm buluş ve çalışmalarda insanlar içinde yaşadıkları doğadan esinlenmişler ve geliştirdikleri yöntemlerin çoğunda da canlı organizmaları taklit etmeye çalışmışlardır. Bu şekilde yapılıp geliştirilen çalışmalardan biri de Yapay Sinir Ağları (YSA) 'dır (Şen, 2004). YSA'nı kısaca tanımlamak istersek, insan beyninin çalışma şeklini temel alarak geliştirilen bir yapay zeka türüdür. YSA'nın ortaya çıktığı ilk zamanlarda araştırmacılar insan beynini temel almışlardır ve bilgisayarlarda oluşturdukları algoritmaları da nöronları matematiksel olarak modellemek amacıyla kullanmışlardır. Nöronları birbirine bağlayan ağların başlıca özellikleri; öğrenme, hafızaya kaydetme ve veriler arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Aslında temelde YSA tamamen bu üç özelliğe dayanmaktadır. YSA verilen giriş ve çıkış vektörünü inceleyerek bağlantı kurar ve verilen örnekleri daha önce hiç görmemiş olmasına rağmen çözümler üretir.

3.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Temel olarak yapay sinir ağları üç öğeden oluşmaktadır. Bunlar; nöron, giriş çıkış vektörlerinin bağlantısı ve bu bağlantıların ağırlıklarıdır (Elmas, 2003).

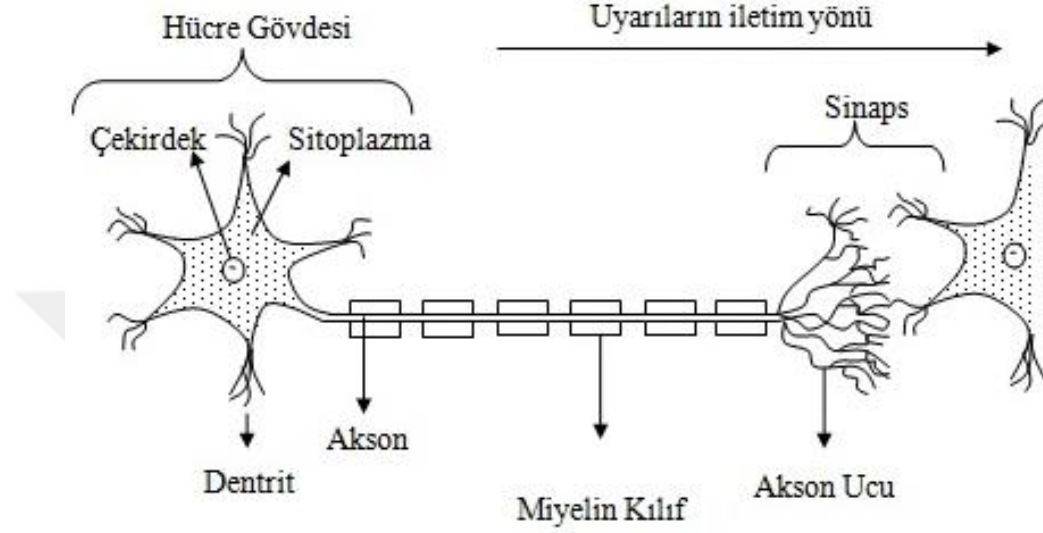
3.1.1. Biyolojik Nöron

İnsan sinir sistemi alıcı sinirler (receptor) ve tepki sinirler (effector) olmak üzere iki parçaya incelenebilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Biyolojik sinir sisteminin blok gösterimi

Alıcı sinirler (receptor), organizmanın içinden veya dış ortamdan aldığı uyarıları, beyne bilgi ileten elektriksel sistemlere dönüştürür; Tepki sinirleri (effector) ise beyinin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürür. Biyolojik bir nöron hücresi 4 kısımdan oluşur. Bunlar; gövde, akson, sinir uçları (dentritler) ve sinapstır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İnsan sinir hücresi yapısı

Dentritler gelen sinyalleri çekirdeğe iletir, çekirdek dentritten gelen sinyalleri bir araya toplar ve aksona iletir. Toplanan sinyaller, aksonda işlenerek sinapslara gönderilir ve sinapslar üretilen yeni sinyalleri diğer sinir hücrelerine iletir.

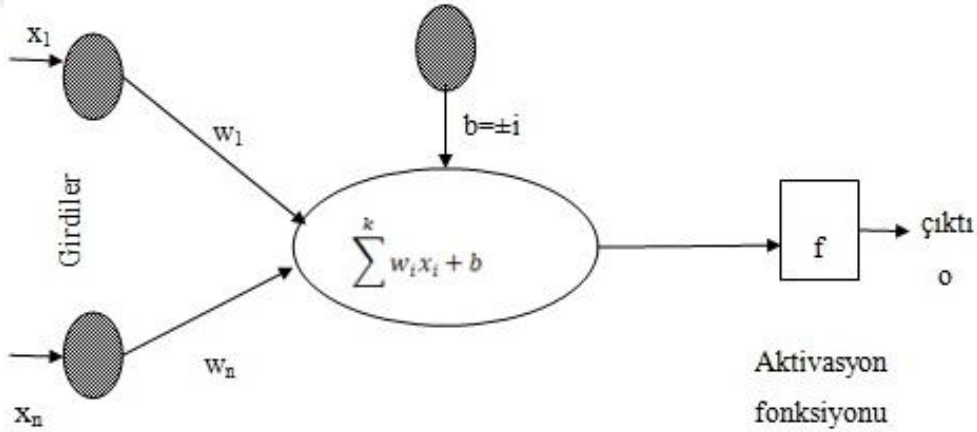
3.1.2. Yapay Nöron

Yapay sinir hücrelerinde biyolojik sinir hücrelerine göre daha basit bir yapı vardır (Tablo 4). Yapay sinir hücresinde 5 öge vardır. Bunlar; girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışlardır.

Tablo 4. Biyolojik sinir hücresinin temel öğelerinin yapay sinir hücresindeki karşılığı

Biyolojik Sinir Hücresi	Yapay Sinir Hücresi
Dentrit	→ Toplama fonksiyonu
Çekirdek	→ Aktivasyon fonksiyonu
Akson	→ Çıktı
Sinaps	→ Ağırlıklar

Yapay sinir hücresinde sisteme giren girdiler bağlantı ağırlıkları (w) ile çarpılır ve toplama fonksiyonu ile birleştirilerek nöronun net girdi vektörü oluşturulur. Oluşturulan net girdi vektörü aktivasyon fonksiyonu ile işlenerek nöronun net çıktısı elde edilir (Hamzaçebi, 2011) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Temel yapay sinir ağı hücresi (Hamzaçebi, 2011)

3.2. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

Yapay sinir ağlarının en önemli özellikleri; doğrusal olmayan yapıları modellemek, öğrenme ve genelleme yapma yeteneği, hata toleransına sahip olma ve farklı problemler için uygulanabilirliğidir. Bu özellikleri sayesinde tıp, mühendislik, işletme vb. farklı alanlarda tercih edilmektedir. Özellikle son yıllarda yer bilimlerinde farklı problemlerin çözümde kullanılmaktadır (Kaya, 2013)

3.2.1. Doğrusal Olmama

YSA içinde barındırdığı yapay sinir hücreleri için aktivasyon fonksiyonu tercih ettiği için doğrusal ve doğrusal olmayan durumlarda modelleme yapabilmektedir.

3.2.2. Öğrenme

İnsan sinir sistemini taklit etme prensibine dayalı olan bir yöntem olduğu için elde bulunan problemin verilerini kullanarak veriler arasındaki bağlantıyı çözmeye çalışır. Bu da ağı öğrenmesi olarak adlandırılır. Kısacası yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantıların ağırlıklarının hesaplanması adıdır.

3.2.3. Genelleme

YSA'da öğrenme adımı gerçekleştirilirken giriş vektöründeki veriler arasındaki bağlantıyı çözerek farklı veriler için genelleme yapmaktadır.

3.2.4. Uyarlanabilirlik

Daha önceden bir problem için üretilmiş olan yapay sinir ağı modeli farklı bir problemde yeniden uyarlanabilir.

3.2.5. Hata Toleransı

Temelde yapay sinir ağı yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile paralel bağlanması ile oluşmaktadır. Bazı durumlarda verilen giriş vektöründeki veriler arasında gürültü etkisi olarak adlandırılan istenmeyen veriler olmaktadır. Bu sebeple veriler üzerindeki ağırlıklar ile bu gürültü etkisi azaltılmaktadır.

3.3. Yapay Sinir Hücresinin Temel Öğeleri

YSA'ların temel birimi yapay nöronlardır. Biyolojik nöronlar yapay nöronlara göre daha karmaşıktır. Ancak yapay nöronlar biyolojik nöronların temel işlemlerinden girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış işlevini taklit eder.

3.3.1. Girişler

Yapay sinir hücresine gelen girişler ağıın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenmektedir. Giriş verileri, dış ortamdan girilen bilgiler, başka hücrelerden gelen bilgiler veya kendisinden gelen bilgiler olabilir.

3.3.2. Ağırlıklar

Bir yapay sinir hücresine gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini göstermektedir. Her bir giriş değerinin kendisine ait bir ağırlığı vardır. Bu ağırlık değerleri pozitif, negatif, sıfır veya sabit değer olabilir.

3.3.3. Toplama Fonksiyonu

Her bir giriş verisi ile o girişe ait ağırlığın çarpımlarının toplamına eşittir ve çoğu uygulamalarda eşik değeri olan θ bu toplam işlemine eklenmiştir.

$$Nettoplama = \sum_j^n u_j w_j \quad (46)$$

$$Nettoplama = \sum_j^n u_j w_j + \theta \quad (47)$$

$$Nettoplama = \sum_j^n u_j w_j - \theta \quad (48)$$

Eğer sisteme verilen giriş vektöründeki verilerin hepsi sıfır ise nöron çıkışının sıfır olmasını engellemek amacı ile θ eşik değeri kullanılır. θ eşik değeri giriş verilerinden bağımsızdır ve toplama fonksiyonuna -1 veya +1 değerinde sabit bir girişin θ ağırlığına sahip bir bağlantı ile eklendiği anlamına gelir.

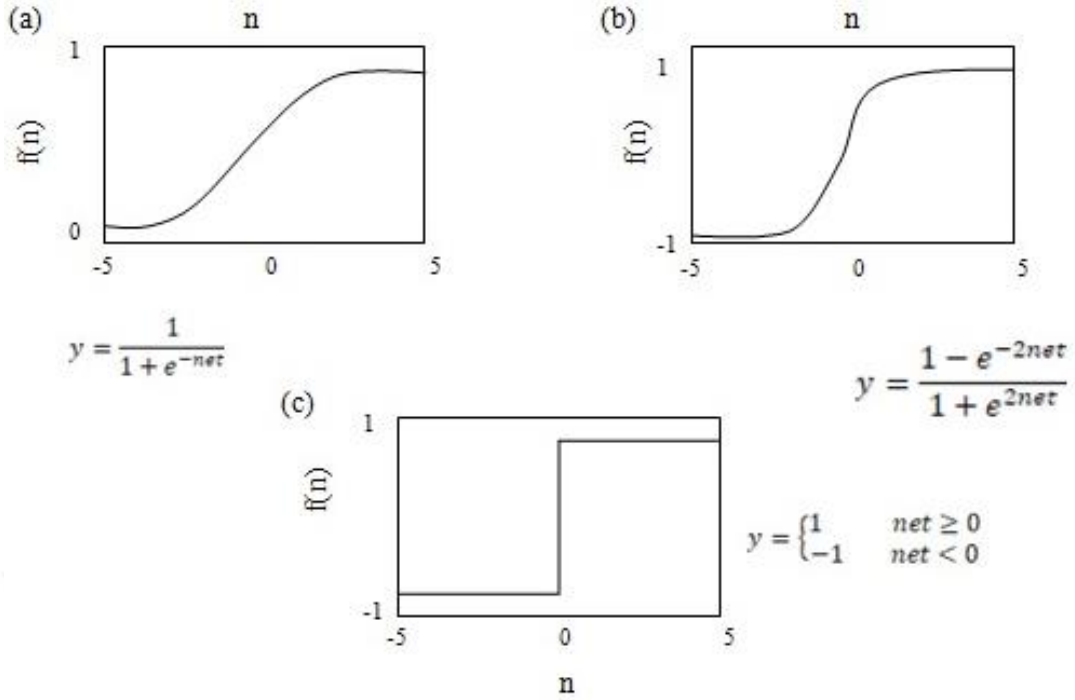
YSA'da kullanılan her model ve uygulama için sabit bir toplama fonksiyonu olmadığı gibi herhangi bir toplama fonksiyonu kullanma şartı da yoktur. Başlıca çarpım, maksimum toplam, minimum toplam, kümülatif toplam ve çoğunluk toplama fonksiyonları kullanılmaktadır (Tablo 5). Ancak kullanılan yöntem ve modeller için en ideal toplama fonksiyonu iteratif yöntemler ile bulunmaktadır (Efe ve Kaynak, 2000).

Tablo 5. Toplama Fonksiyonu Örnekleri

Net Giriş	Açıklama
Çarpım	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve bulunan değerler birbirleri ile çarpılarak net girdi hesaplanır.
Maksimum	N adet girdi ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra bulunan en yüksek değer yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
Minimum	N adet girdi ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra bulunan en düşük değer yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
Çoğunluk	N adet girdi ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif değerlerin sayısı bulunur ve büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
Kümülatif toplam	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek hücrenin net girdisi hesaplanır.

3.3.4. Aktivasyon Fonksiyonları

Hücreye gelen net girdiyi hesaplayarak hücrenin bu girdiye karşılık vereceği çıktıyı hesaplar. Aktivasyon fonksiyonu doğrusal değildir ve toplama fonksiyonu gibi tüm hücre verilerinde aynı olması gerekmemektedir. Aktivasyon fonksiyonunun türevinin kolay alınabilmesi eğitimin hızını artırmaktadır. Bu sebeple en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları; sigmoid fonksiyonu, hiperbolik tanjant fonksiyonu ve adım basamak fonksiyonudur (Şekil 3.4). Tablo 6'da yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonları verilmektedir.



Şekil 3.4. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları; a) Sigmoid fonksiyonu, b) Hiperbolik tanjant fonksiyonu, c) Adım basamak fonksiyonu (Şen, 2004).

Tablo 6. Aktivasyon fonksiyonu örnekleri

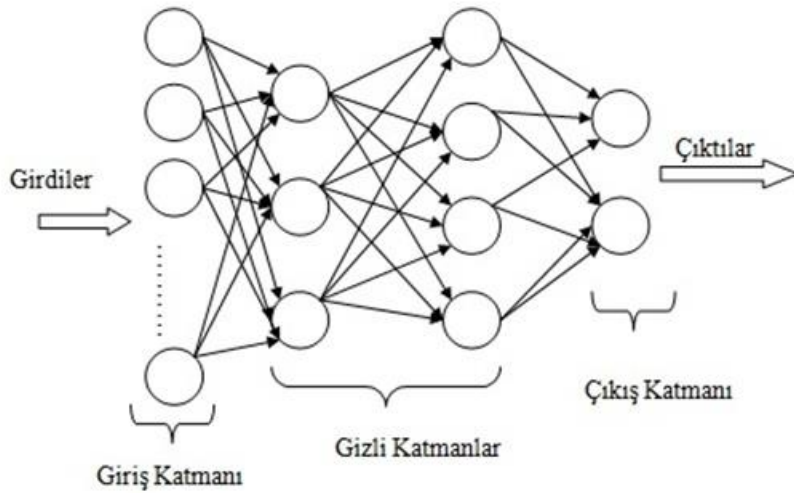
Aktivasyon Fonksiyonu	Açıklama
Doğrusal fonksiyon	Gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıkışı olarak kabul edilir.
Step fonksiyon	Gelen Net girdi değeri belirlenen bir eşik değerinin altında veya üstünde olması durumuna göre 1 veya 0 değerini alır.
Doyumlu doğrusal fonksiyon	Gelen verilerin 0 veya 1'den büyük veya küçük olmasına göre 0 ve 1 değerini alır. Eğer 0 ve 1 arasındaki bir değer ise Net girdi çıkışa gönderilir.
Sinüs fonksiyonu	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.

3.3.5. Çıkış İşlevi

Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıkış dışarıya veya başka bir hücreye giriş olarak gönderilebilir. Nöronların birden fazla girişi olmasına rağmen tek bir tane çıkışı vardır.

3.4. Yapay Sinir Ağları Katmanları

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek YSA'ı oluşturmaktadır. Bu sinir hücrelerinin bağlantıları gelişigüzel bir şekilde olmaz. Sinir hücreleri paralel olacak şekilde oluşturdukları üç katman içine yerleştirilirler. Her bir katman kendisinden önce bulunan katmandaki düğümlerden giriş verisi alabilirler ve bir sonraki sinir hücresine bağlanırlar. Ama asla bir sinir hücresi kendine bağlanamaz (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Çok katmanlı sinir ağı yapısı (Elmas, 2003).

Giriş katmanının görevi dışarıdan aldığı bilgileri ara katmana iletmektir. Gizli katmanda ise gelen bilgiler işlenerek çıkış katmanına gönderilir. Son olarak çıkış katmanında gizli katmandan gelen bilgiler giriş katmanındaki set için üretmesi gereken çıktıyı oluşturur.

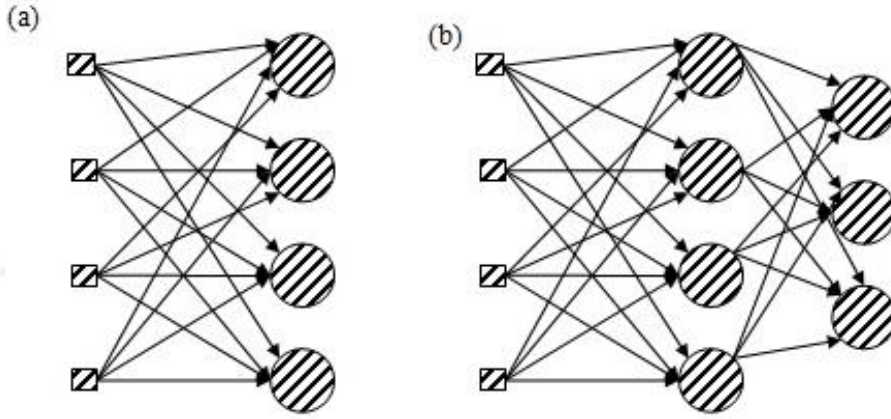
3.5. Yapay Sinir Ağı Modelleri

3.5.1. Tipine Göre YSA'lar

Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre temel olarak 2 tip YSA vardır.

3.5.1.1. İleri Beslemeli Ağlar

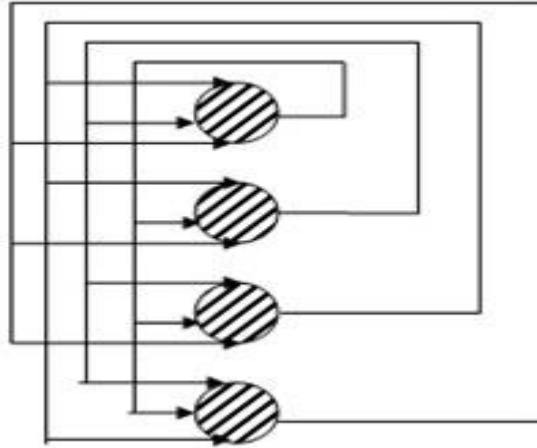
Bu ağ tipinde işlem giriş katmanından çıkış katmanına doğru ilerlemektedir (Şekil 3.6). Çıkış katmanındaki veriler istenen çıkış değerleri ile karşılaştırılarak bir hata miktarı hesaplanır ve ağ ağırlıkları değiştirilir.



Şekil 3.6. İleri beslemeli ağlar; a) Tek katmanlı ileri beslemeli ağ modeli, b) Çok katmanlı ileri beslemeli ağ modeli.

3.5.1.2. Geri Beslemeli Ağlar

Geri beslemeli ağ modelinde nöronların çıktıları önceki katmanda tekrar girdi olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.7). İleri beslemeli ağlardaki gibi hem tek hem de çok katmanlı şekilde uygulamaları yapılmaktadır. Ağda geri beslemenin yapılmasının en büyük avantajı öğrenme kabiliyetinin artmasıdır.



Şekil 3.7. Geri beslemeli ağ modeli

3.5.2. Öğrenme Yöntemine Göre YSA'lar

3.5.2.1. Danışmanlı Öğrenme

Eğitim esnasında sisteme bir girdi ve bir çıktı vektörü verilir. Buna karşılık olarak sistemde ağırlık değerleri güncelleştirilerek değiştirilir (Şekil 3.8). Danışmanlı öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemini (LMS) esas alan “Delta Kuralı”na dayalıdır.

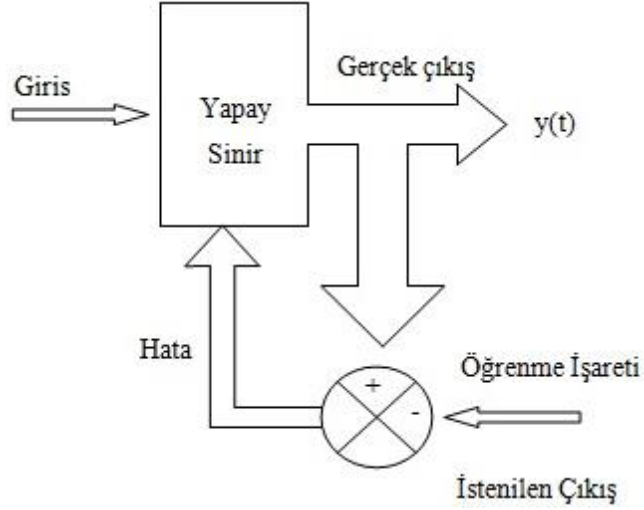
YSA’da sistemin hata miktarını belirlemek için LMS’e ek olarak Hebb kuralıda kullanılmaktadır. LMS yönteminde kısaca beklenen değer ile hesaplanan değer arasındaki fark minimuma düşürülmeye çalışılır.

$$\Delta w_{ij} = 2\mu x_i (\text{beklenen} - \text{gerçekleşen}) \quad (49)$$

Burada;

μ : öğrenme oranı

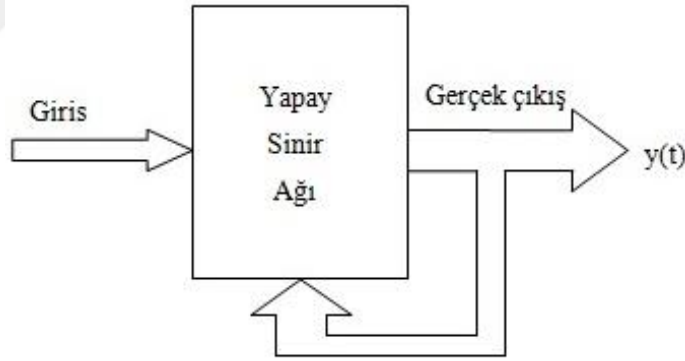
x_i : sinaps giriş değeri



Şekil 3.8. Danışmanlı öğrenme modeli

3.5.2.2. Danışmansız Öğrenme

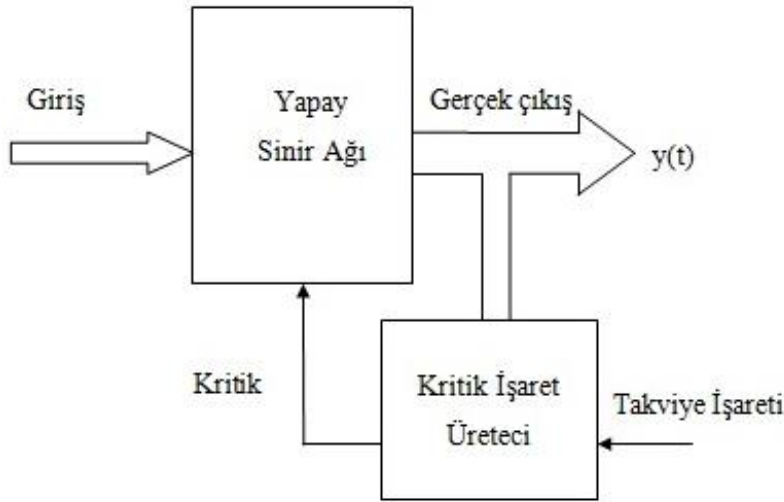
Bu öğrenme tekniğinde sisteme giriş vektörü verilirken çıkış vektörü verilmez (Şekil 3.9). Sistem birbirine benzer olan verileri gruplar ve her biri için farklı bir örüntü oluşturur.



Şekil 3.9. Danışmansız öğrenme yapısı

3.5.2.3. Takviyeli Öğrenme

Takviyeli öğrenme metodu temelde danışmanlı öğrenme yöntemine benzemektedir. Burada çıktı vektörü vermek yerine bir iyilik kriteri kullanılmaktadır (Şekil 3.10). Ağın davranışının doğru olup olmadığını belirlemek için öz yetenek bilgisi gerekmektedir.



Şekil 3.10. Takviyeli öğrenme yapısı

3.5.3. Uygulama Alanına Göre YSA'lar

3.5.3.1. Sınıflandırma

Girdi katmanına verilen vektör içerisindeki verilerin hangi sınıfa ait olduğunu belirleme işlemidir.

3.5.3.2. Kümeleme

Birbirleri ile benzerlik gösteren nesnelerin bir grupta toplanmasını sağlamaktadır. Sınıflandırma işleminden farkı; sınıflandırma işleminde sınıf tanımı önceden biliniyorken kümelemede böyle bir bilgi yoktur.

3.5.3.3. Örüntü Tanıma

Bozuk veya eksik olan örüntüler yapay sinir ağlarında tanıtılmış olan örüntüler ile karşılaştırılır ve bozuk örüntünün doğrusunun elde edilmesi sağlanır.

3.5.3.4. Tahmin

Bir değişkenin gelecekte alacağı değerler bilinmiyorsa geğmişteki davranışlarının incelenip gelecekte alacağı değer tahmin edilir.

3.5.3.5. Optimizasyon

Bilimsel ya da işletme ve endüstri problemleri, belirli kısıtlamalar altında bir amacın optimize edilmeye çalışıldığı problemdir.



4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

4.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konum ve Özellikleri

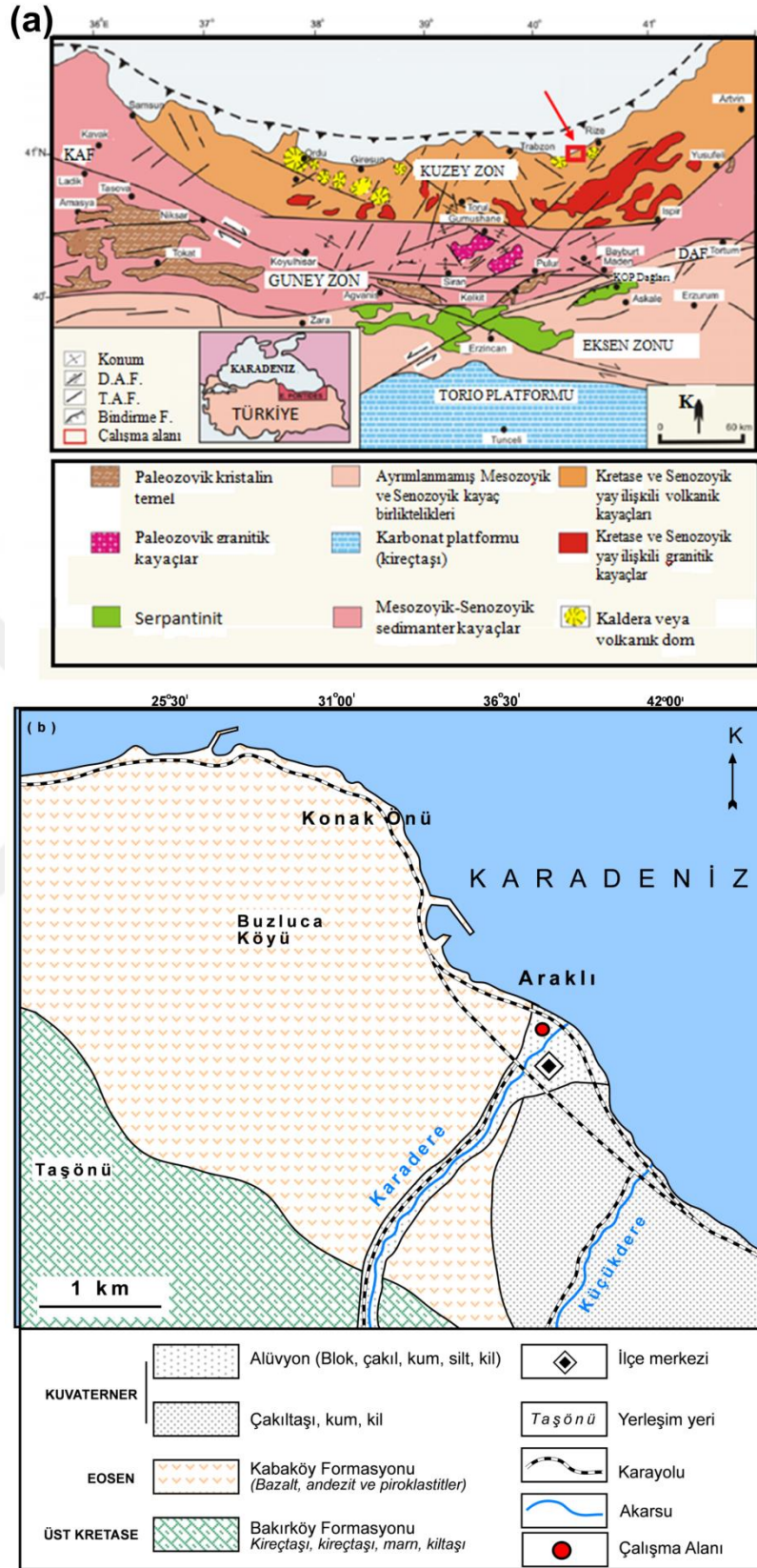
Araklı ilçesi Trabzon iline bağlı olup şehir merkezine yaklaşık 30 km (Şekil 4.1) ve Türkiye'nin en aktif fay hatlarından olan Kuzey Anadolu Fayına ise yaklaşık 110 km uzaklıktadır. Araklı ilçesi 40°56'K-40°03'D koordinatları arasında bulunmaktadır ve yüzölçümü 374 km² 'dir. Denizden yüksekliği ise ortalama 5 m'dir.



Şekil 4.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

4.1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Doğu Karadeniz Bölgesi, Karadeniz'in güneydoğu sahiline paralel yaklaşık 500 km uzunluğunda ve 200 km genişliğinde bir dağ zincirinden oluşan Türkiye'nin kuzey doğu kesimi, jeolojik olarak Doğu Pontid Orojenik Kuşağı olarak adlandırılan tektonik bölgeye denk gelmektedir (Ketin, 1966). Bu tektonik bölge; litolojik farklılıklar, jeolojik ve jeofiziksel özellikler, tektonik yapılar ve fasiyes değişimlerine göre kuzeyden güneye doğru Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zon olmak üzere 3 kısma ayrılır (Eyüboğlu vd., 2006). Litolojik olarak; Kuzey Zon'da Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı volkanik kayalar, Güney Zon'da sedimanter kayaç serileri, Eksen Zon'da ise geniş alanlarda yüzeyleyen mafik-ultramafik kütleler vardır (Şekil 4.2). Çalışma alanı olarak seçilen bölgedeki formasyonlar Kabaköy ve Bakırköy formasyonlarıdır.



Şekil 4.2. a) Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın ana tektonik-litolojik birliktelikleri (Eyüboğlu vd., 2006), b) Çalışma alanının konumu ve genel jeolojisi (Güven, 1993).

4.1.2.1. Bakırköy Formasyonu

Başlıca kırmızı, gri renkli kireçtaşı, kumtaşı, kiltası, silttaşı ve marn araldanmasından oluşan ve Çayırbağ Formasyonu'nun üzerine uyumlu olarak gelen birim Güven (1993) tarafından Bakırköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birim kırmızı renkli, volkanik çakılları içeren tuf seviyesi ile başlamakta, üste doğru kırmızı renkli karbonatlı tuf-gri-beyaz renkli kireçtaşı araldanması ve bol makro kavkı parçaları içeren boşluklu kireçtaşı ile devam etmektedir. Bol makro kavkılu kireçtaşları üzerine inceleme alanının batısında killi kireçtaşı, marn ara tabakalı biyotitli tuf kırıntılı karbonatlı kumtaşı-kumlu kireçtaşı, kuzeyinde ise ince kırıntılı erime boşluklu karbonat çamur taşları gelmektedir. Kırıntılı karbonat çamurlu kireçtaşları üzerinde makro fosil içermeyen kumlu kireçtaşı-killi kireçtaşı-marn tabakaları gelmekte, en üstte ise killi kireçtaşı ve marn ara tabakaları içeren epiklastik kumtaşı- kumlu kireçtaşları bulunmaktadır. Epiklastik kumtaşı- kumlu kireçtaşları inceleme alanının batısında volkanik küllerin ve bunların üzerinde mercerler şeklinde duran ters derecelenmeli kumlu çalılı kireçtaşlarının üstünde yer almaktadır. Bu birimin en üst seviyesi tabakalanmanın iyi gelişmediği, makro fosil ve kırmızı renkli çakıl içeren, biyotit tuf parçalı, epiklastik, karbonatlı kumtaşı-kumlu kireçtaşından oluşmaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde yer almaktadır.

4.1.2.2. Kabaköy Formasyonu

Tipik olarak Kabaköy (Gümüşhane) yöresinde yüzeyleme veren ve genellikle kırıntılı çökellerle başlayıp üst zonlara doğru volkanik karakterde olan volkanotortul istif ilk olarak Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. İnceleme alanının tamamında yayılım gösteren ve sedimanter ara katkılı andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşan birim; Kabaköy Formasyonu ile benzer litolojik ve stratigrafik özellikler gösterdiği için aynı isimle adlandırılmıştır. Geç Kretase yaşlı birimler üzerine bir taban konglomerası ile açısız uyumsuz olarak gelen formasyon, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara tabakaları içeren andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşmaktadır. Formasyonun taban kesiminde bulunan tortul kayalar killi, karbonatlı bir matris içindeki yuvarlak şekilli volkanik kayaç çakıllarından ve killi kireçtaşı, marn bloklarından oluşmaktadır. Bu tortullar yanal ve dikey yönde bazalt, trakibazalt, trakiandezit ve bunların

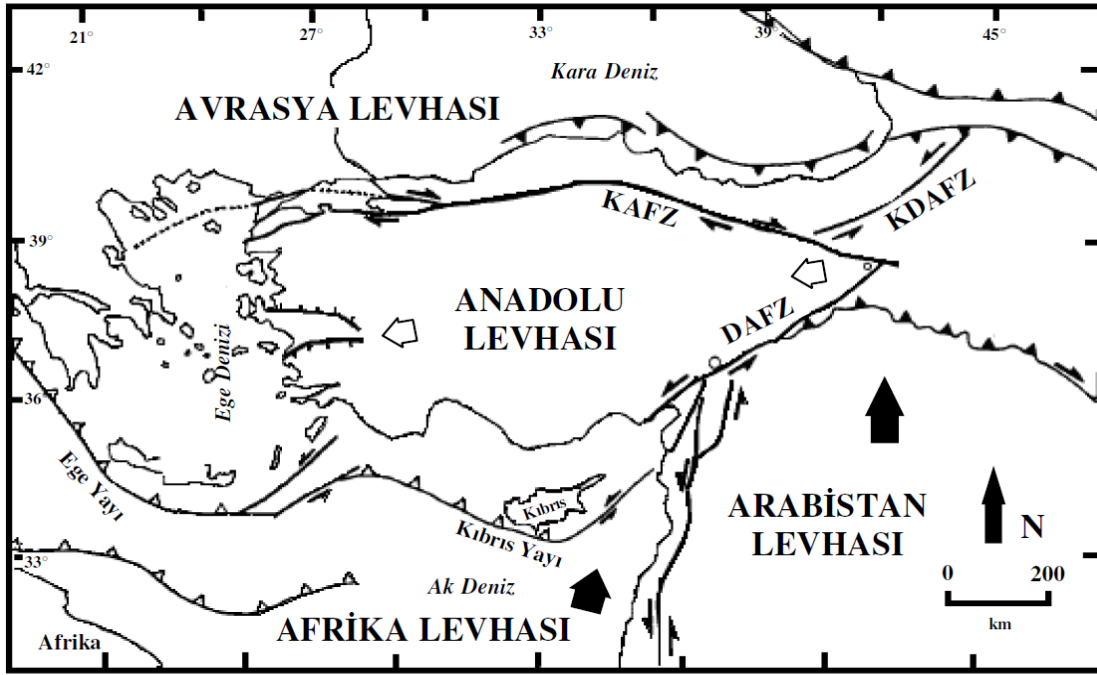
piroklastitlerinden oluşan volkanitler tarafından örtülmüştür. Çalışma alanının batısında yer almaktadır.

4.1.2.3. Kuvaterner Çökelleri

Çalışma alanında özellikle Araklı ilçe merkezi ve merkezin güneyine doğru Karadere'nin getirdiği alüvyonal malzeme ile geçişli çakıl taşı, kum ve killerden oluşan birim yüzeylenme vermektedir. Akarsu vadi boylarında görülen alüvyonlar ise en genç oluşuklardır. Jeofizik ölçümler ve sondaj çalışmaları bu birim üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araklı'da yapılaşma daha çok bu birim ve çevresinde yoğunlaşmaktadır.

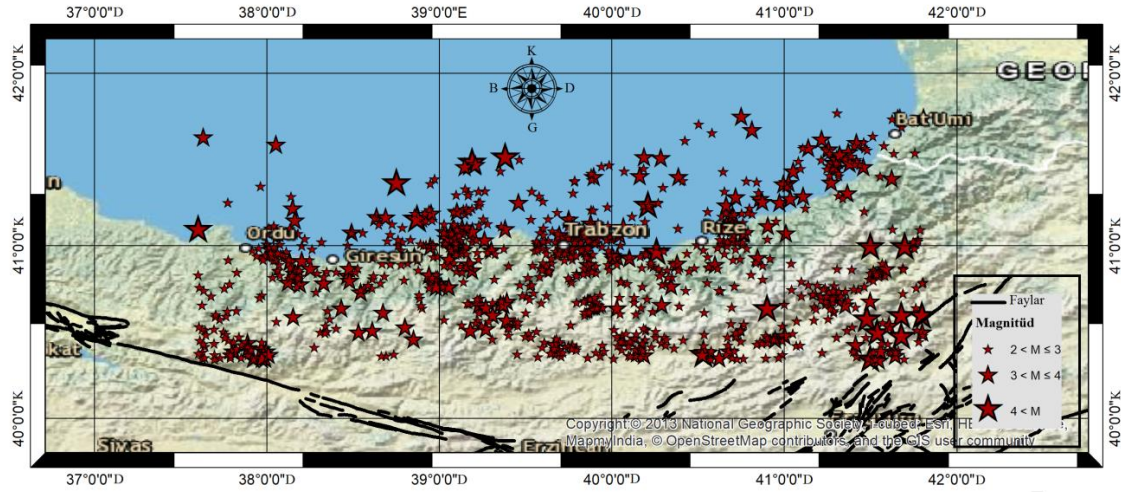
4.1.3. Çalışma Alanının Depremselliği

Ülkemiz ve çevresi, Azor yarım adalarından itibaren uzak doğuda Endonezya'ya kadar uzanan Alpin deprem kuşağının, Akdeniz bölgesindeki en aktif bölümünü oluşturmaktadır. İçerisinde dünyanın en aktif fay hatlarından biri olan Kuzey Anadolu Fay hattı (KAF) bulunmaktadır. Trabzon ili ve civarındaki şehirler Doğu Karadeniz Tektonik Biriminin (DKTB) kuzey doğusunda yer almaktadır. DKTB batıda Kızılırmak vadisi ile doğuda Gürcistan sınırı arasında yaklaşık 500-600 km uzunluğunda, kuzeyde Karadeniz kıyısı ile güneyde KAF aralığında yaklaşık 50-75 km genişliğinde bir kuşaktır. Çalışma alanını kapsayan Trabzon ili KAF'nın yaklaşık olarak 150 km kuzeyindedir ve çevresinde KD, KB ve D-B doğrultulu 3 adet fay sistemi bulunmaktadır (Şekil 4.3). Bu sisteme ek olarak ters ve normal fayların hareketliliği ile bölge sıkışma ve çekme gerilmesinin etkisi altındadır (Keskin vd., 2011).



Şekil 4.3. Türkiye ve çevresi aktif fay hatları ve levha hareketleri (Şengör vd., 1985).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma dairesi tarafından 1996 yılında hazırlanan Deprem Bölgeleri Haritasına göre Doğu Karadeniz IV. Derece bölgesinde bulunmaktadır. Bununla birlikte AFAD tarafından 2018 yılında yayımlanan ve 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren yürürlüğe girecek yeni deprem haritasına göre Doğu Karadeniz'in ivme değerlerinin yaklaşık değeri 0.2–0.3g aralığında olduğu ve depremselliğinin arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca bu bölgenin depremselliğinin doğuya doğru gittikçe arttığını görmekteyiz. Son 10 yıl içerisinde yapılan çalışmalar sonucunda bölgenin depremsellik aktivitesinin fazla ve depremlerin odak derinliğinin sığ olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Doğu Karadeniz Bölgesinde oluşan depremler (ArcGis10.5)

4.2. Arazi Çalışmaları

Depremi oluşturduğu etki ile bina ve zeminlerde birçok hasar gözlemlenmektedir. Bu hasarlar içerisinde en önemli olanı sıvılaşma olgusudur. Bu tez kapsamında seçilen Trabzon iline bağlı Araklı ilçesinin sahil kesiminde geleneksel jeofizik yöntemlere ek olarak sondaj loglarından elde edilen SPT verileri kullanılarak önce nümerik olarak daha sonra yapay sınır ağları yöntemini uygulayarak sıvılaşma hesabı yapılmıştır.

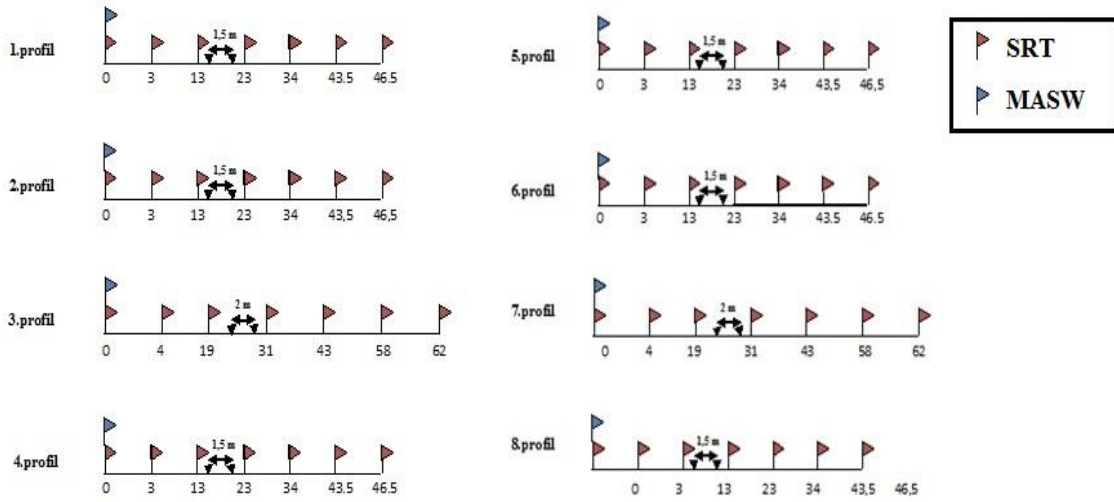
Çalışma alanında 8 profilde sismik kırılma ve MASW, 6 profilde elektrik özdirenç tomografi ve 14 noktada da mikrotremor ölçümü yapılmıştır (Şekil 4.5). Olası sıvılaşma potansiyelinin analizinde bu üç jeofizik yöntemden elde edilen verilere ek olarak çalışma alanı içerisinde yapılmış 15 adet sondaj log verileri kullanılmıştır. Bu log verilerine göre YASS ortalama 3 m olarak bulunmuş, SPT değerleri 10-30 aralığında hesaplanmıştır. Ayrıca sondaj çalışmasından zeminin 15 m'ye kadar alüvyon (kum boyunda materyaller) olduğu tespit edilmiştir. Sıvılaşma potansiyeli hesabında kullanmak için 1931 Akçaabat, 1939 Erzincan, 1963 Giresun-Eynesil, 1992 Erzincan ve 2012 Gürcistan depremleri baz alınarak ivme-şiddet haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 4.5. Çalışma alanındaki sismik kırılma, elektrik özdirenc ve mikrotremor ölçüm noktaları (Google Earth,2018)

4.2.1. Sismik Çalışmalar

Çalışma alanına ait zeminin P dalgası hızlarını ve yer altı kesiti belirlemek için sismik kırılma, S dalga hızlarını ve derinlik değişimini hesaplamak içinse MASW yöntemi kullanılmıştır. Sismik kırılma ölçümleri 8 Profilde 24 kanallı Pasi marka cihaz ve 4.5 Hz'lik jeofonlar ile alınmıştır. Her bir profilde baştan, sondan ve ara atışlar olmak üzere toplamda 7 noktada atış yapılmıştır (Şekil 4.6). Enerji kaynağı olarak 10 kg'lık balyoz kullanılmıştır (Şekil 4.7). 1-2-4-5-6-8.profillerin toplam uzunluğu 46.5 m olup, ofset 6 m ve jeofonlar arası uzaklık 1.5 metre olarak seçilmiştir. 3. ve 7. profillerin ise uzunluğu 62 m, ofset 8 m ve jeofonlar arası mesafe ise 2 metredir.

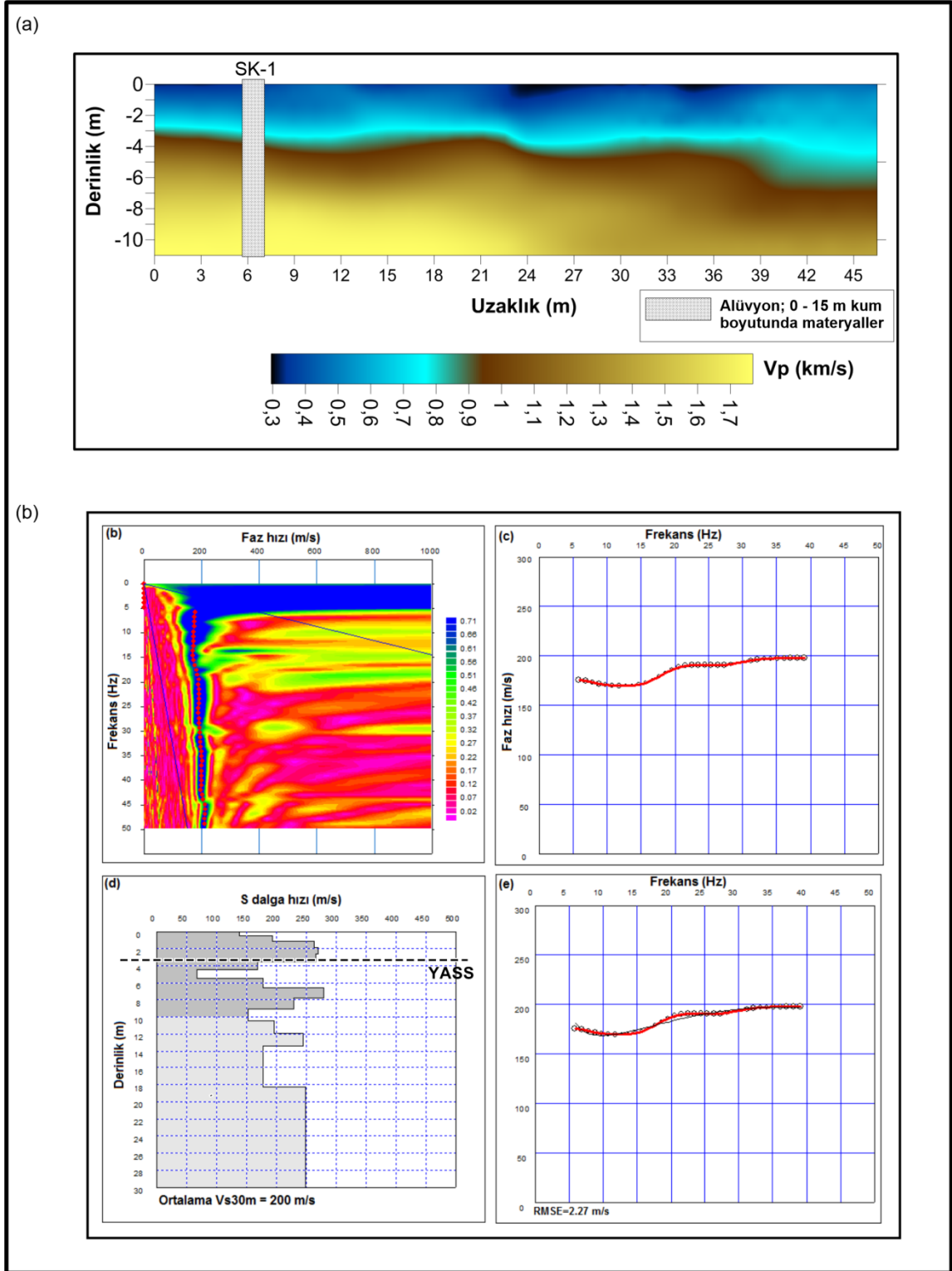


Şekil 4.6. Sismik kırılma verilerini toplamada kullanılan ölçü düzeni

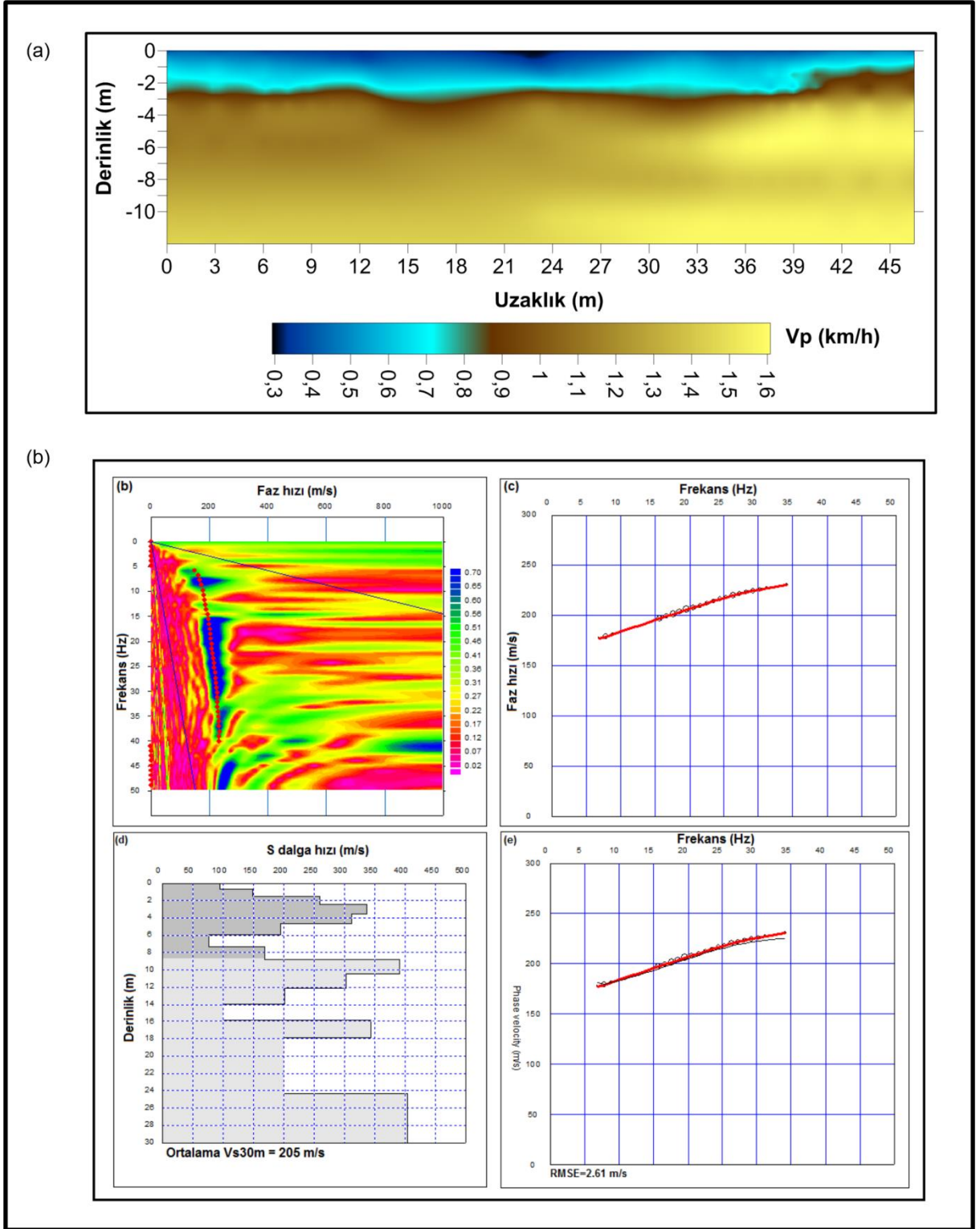


Şekil 4.7. Sismik ölçüm ekipmanı ve profil düzeneği görünümü

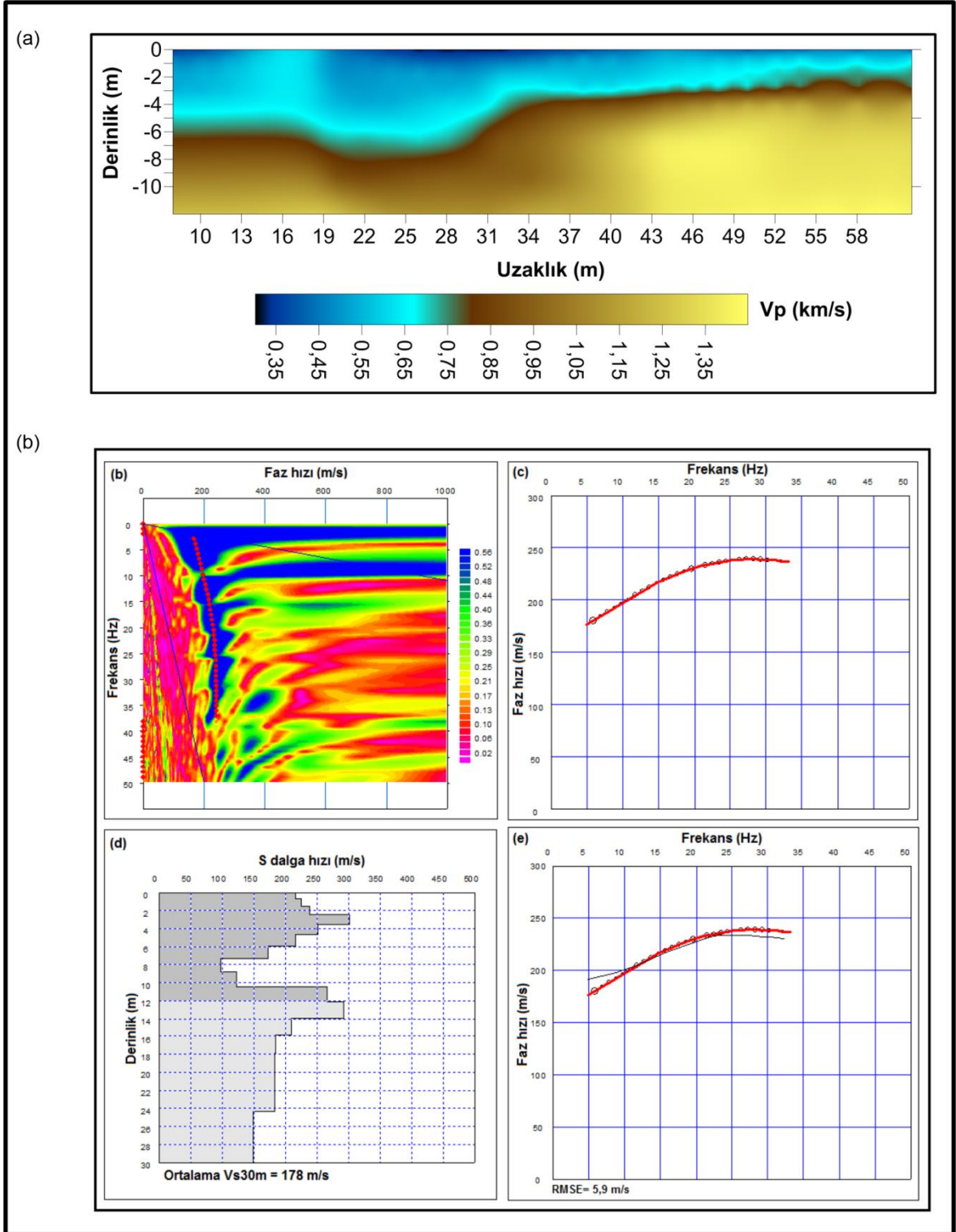
Sismik kırılma yöntemi ile elde edilen veriler tomografi tekniği kullanılarak çözümlenmiştir. Hem kırılma hem de MASW verileri SeisImager 2D (www.geometrics.com) programında değerlendirilmiştir. Bu programın temel olarak doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemine esas almaktadır. İlk olarak, her bir alıcıda kayıt edilen sismik iz üzerinde ilk varış zamanlarını okunur ve zaman-uzaklık grafikleri (x-t) elde edilir. x-t grafiklerinin yinelemeli ters çözümünden P dalga hız yapısı ve tabaka derinlik bilgisi elde edilir. Çalışma alanında 8 profile ait hız-derinlik kesitleri sırasıyla 4.8-4.15 şekillerinde verilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak ölçü alınan hataların yer aldığı yer altı yapısı için Eurocode-8'e göre zemin sınıflandırması yapılmıştır (Tablo 7).



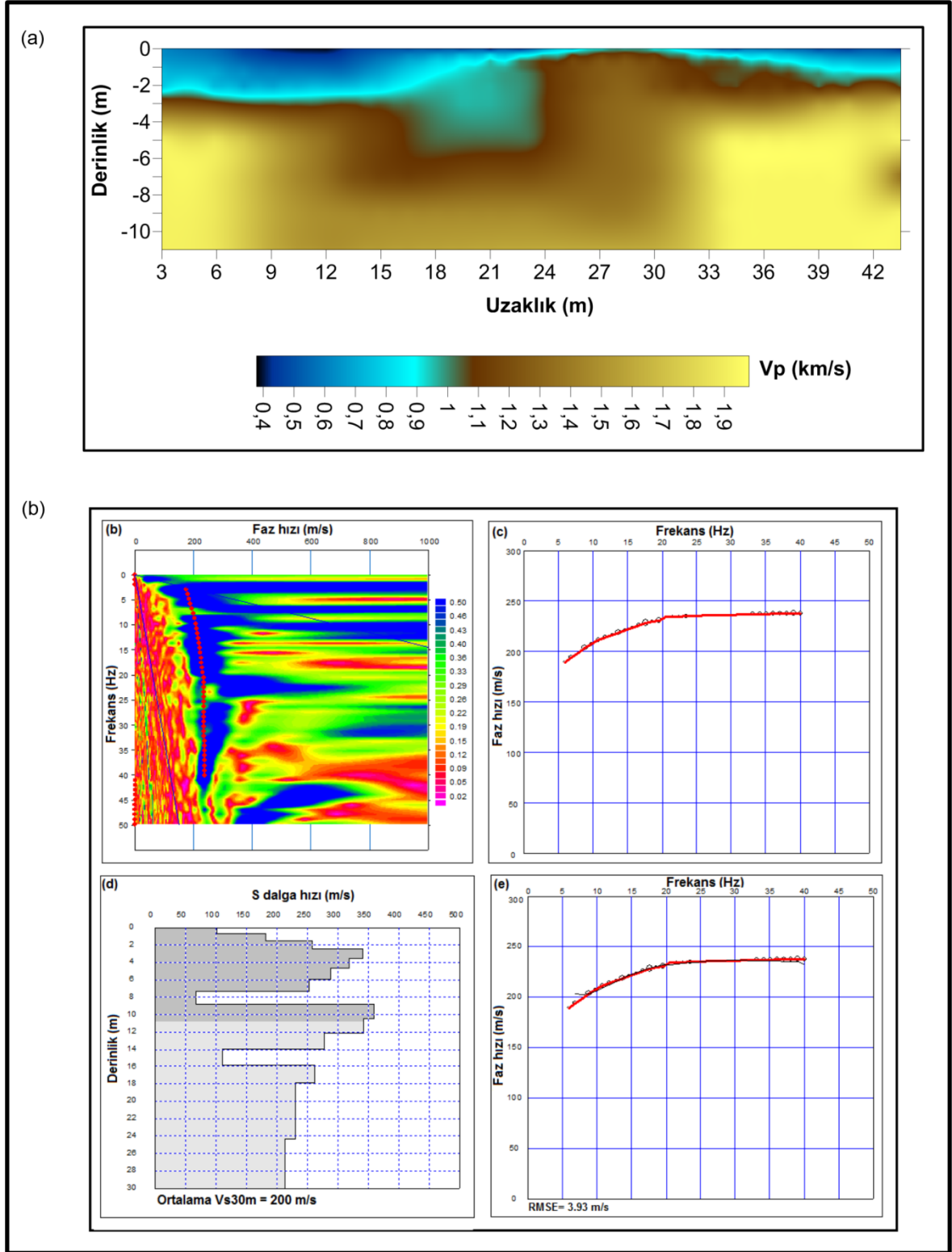
Şekil 4.8. 1. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p hız kesiti , (b)Faz hızı / Frekans grafiği , (c) 1. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması. SK-1 sondaj noktasını göstermektedir.



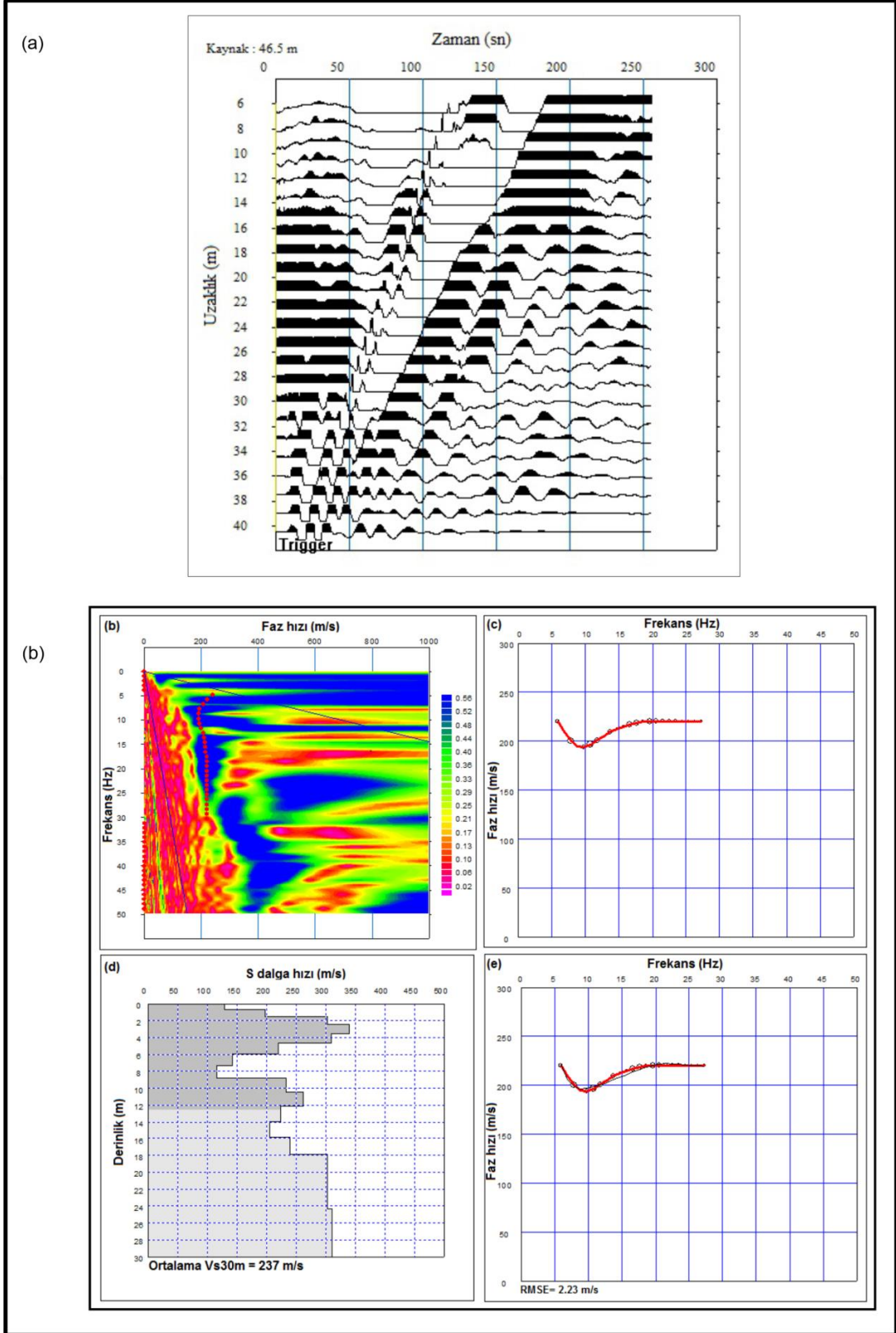
Şekil 4.9. 2. profilden elde edilen sismik kesitler (a) Vp hız kesiti , (b) Faz hızı / Frekans grafiği , (c) 2. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması



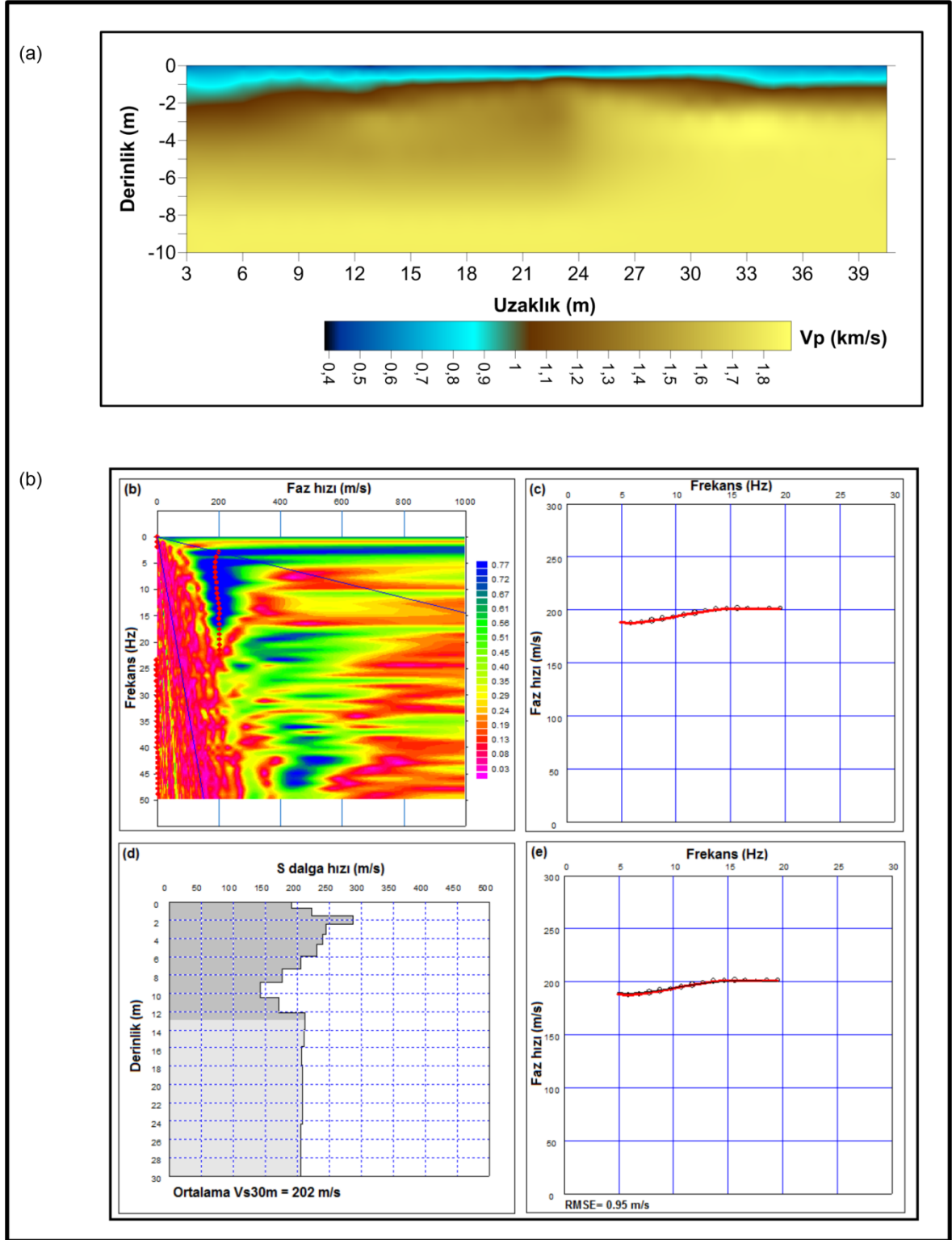
Şekil 4.10. 3. profilden elde edilen sismik kesitler (a) Vp hız kesiti, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 3. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması



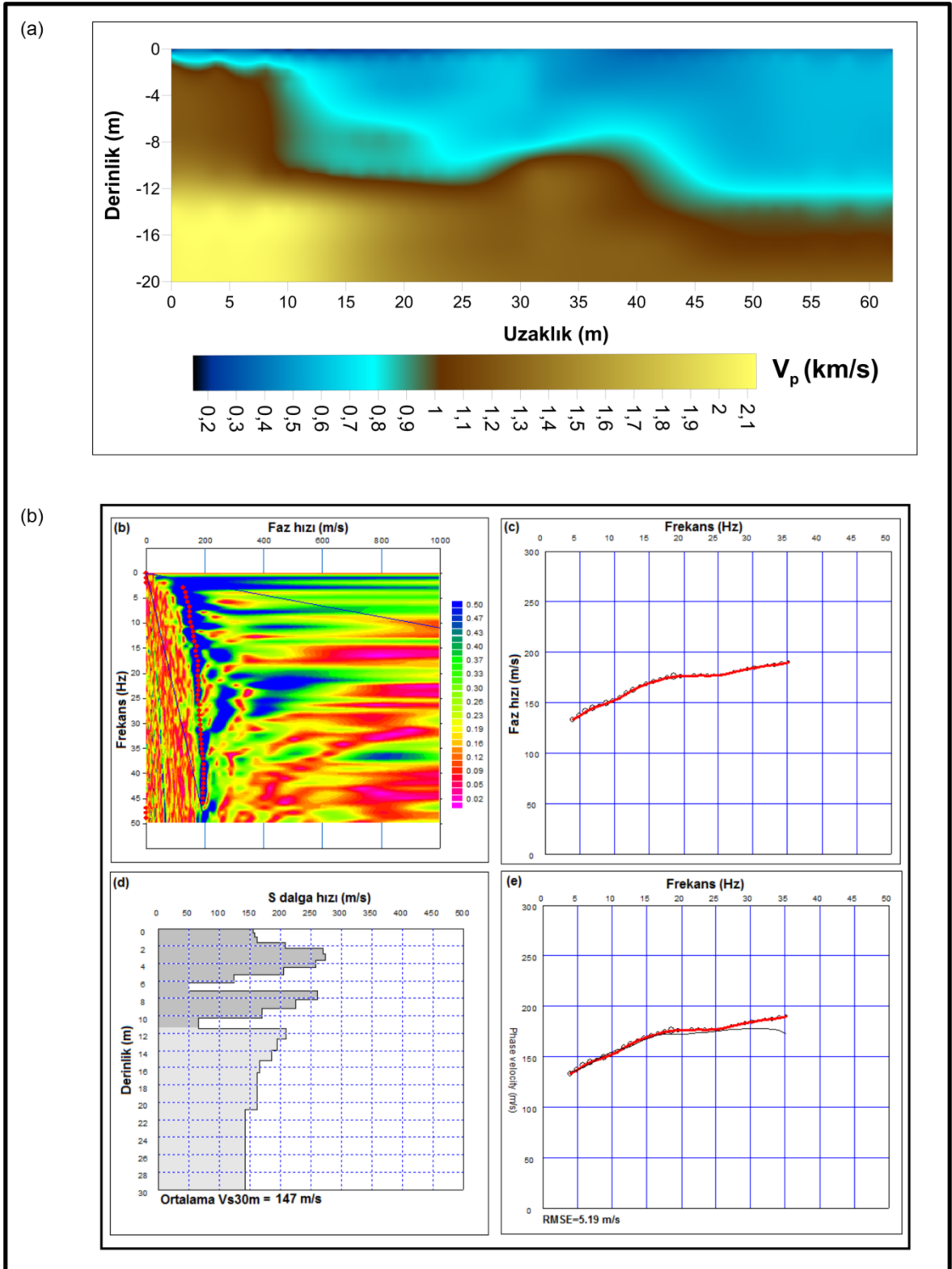
Şekil 4.11. 4. profilden elde edilen sismik kesitler (a) Vp hız kesiti, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 4. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması



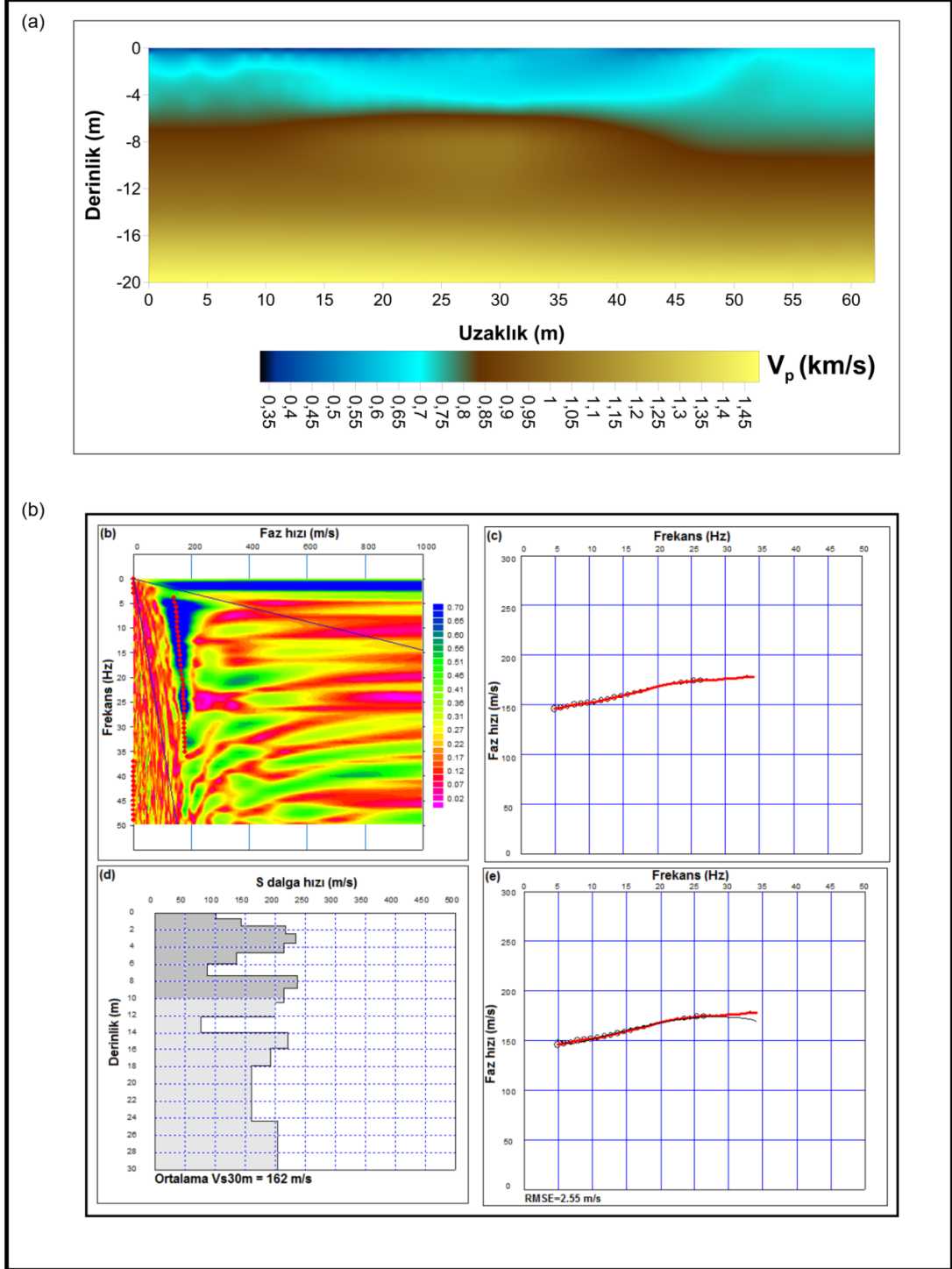
Şekil 4.12. 5. profilden elde edilen sismik kesitler (a) Vpzaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 5. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması



Şekil 4.13. 6. profilden elde edilen sismik kesitler (a) Vp zaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı/Frekans grafiği, (c) 6. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması



Şekil 4.14. 7. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p zaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı / Frekans grafiği, (c) 7. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması



Şekil 4.15. 8. profilden elde edilen sismik kesitler (a) V_p zaman-uzaklık grafiği, (b) Faz hızı/Frekans grafiği, (c) 8. profile ait dispersiyon eğrisi, (d) Yer altı modeli, (e) Teorik ile hesaplanan dispersiyon eğrisinin çakışması

Tablo 7. V_s 'ye göre zemin sınıflandırması (EUROCODE-8).

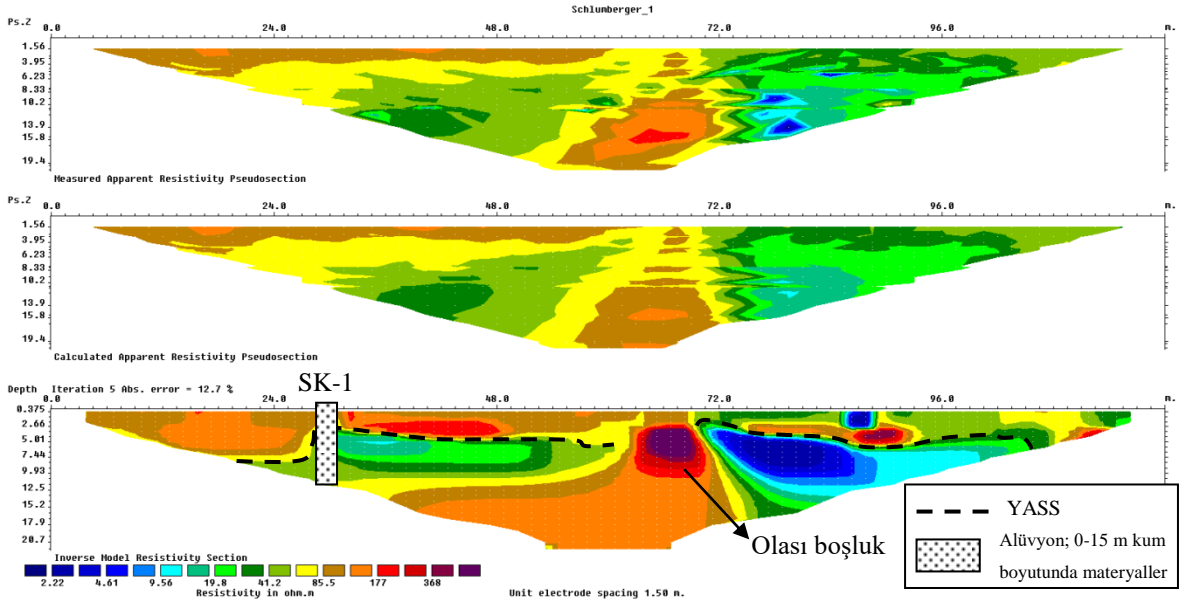
Profil No	V_{S30} (m/sn)	Zemin Sınıfı	Zemin Tipi
1	200	C	Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil
2	205	C	Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil
3	178	C	Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil
4	200	C	Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil
5	237	C	Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil
6	202	C	Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil
7	147	D	Gevşek'ten Orta Sıkı'ya kadar Kohezyonsuz Zemin
8	162	D	Gevşek'ten Orta Sıkı'ya kadar Kohezyonsuz Zemin

4.2.2. Elektrik Özdirenç Tomografi (ERT) Uygulaması

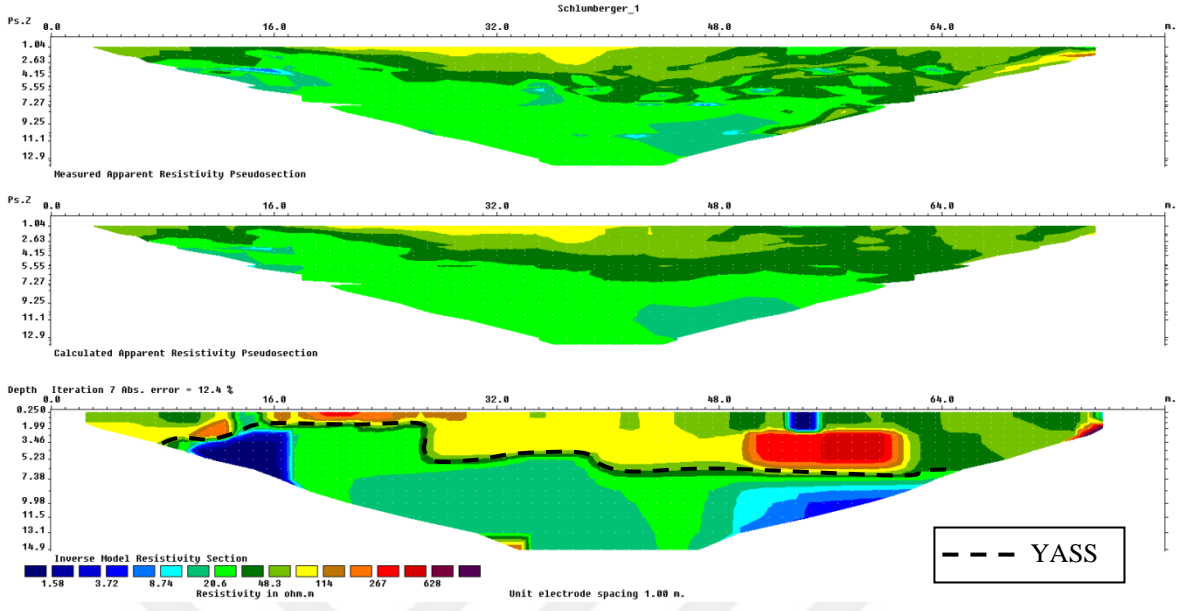
Bu çalışma kapsamında arazi şartları göz önünde bulundurularak 6 profilde ERT ölçümleri toplanmıştır. Ölçümler 41 elektrotlu ABEM Terrameter LS Özdirenç aleti ile yapılmıştır (Şekil 4.16). Dizilim türü olarak Wenner-Schlumberger seçilmiştir. Profil uzunlukları arazi şartları dikkate alınarak sırasıyla 120m, 80m, 60m, 100m, 100m ve 80m olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerin ters çözüm verilerinin değerlendirilmesi RES2DINV (Loke ,2010) programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu program, alınan ölçümlerden sonra iki boyutlu ters çözüm yaparak yeraltının 2B modelini vermektedir. Program birçok üçgen blok içeren ters çözüm programıdır. Program sonlu farklar ve sonlu elemanlar düz modelleme teknikleriyle desteklenmektedir. 2B ters çözüm işlemi sonucunda elde edilen yer altı modelleri Şekil 4.17-4.22'de verilmiştir. Özdirenç kesitlerinde genel olarak hata oranları düşük olup, sadece birkaç profilde yüksek hata oranı gözlenmiştir. Bunun sebebi ise ölçülen özdirenç arasında büyük bir farkın olmasıdır.



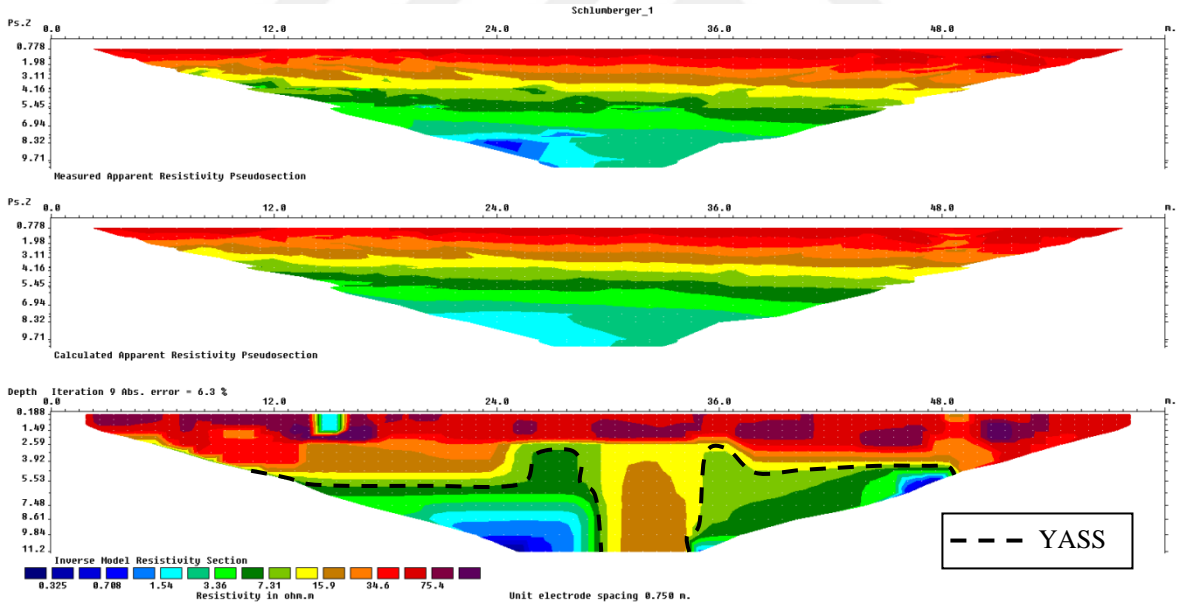
Şekil 4.16. ERT ölçüm ekipmanları ve profilleri



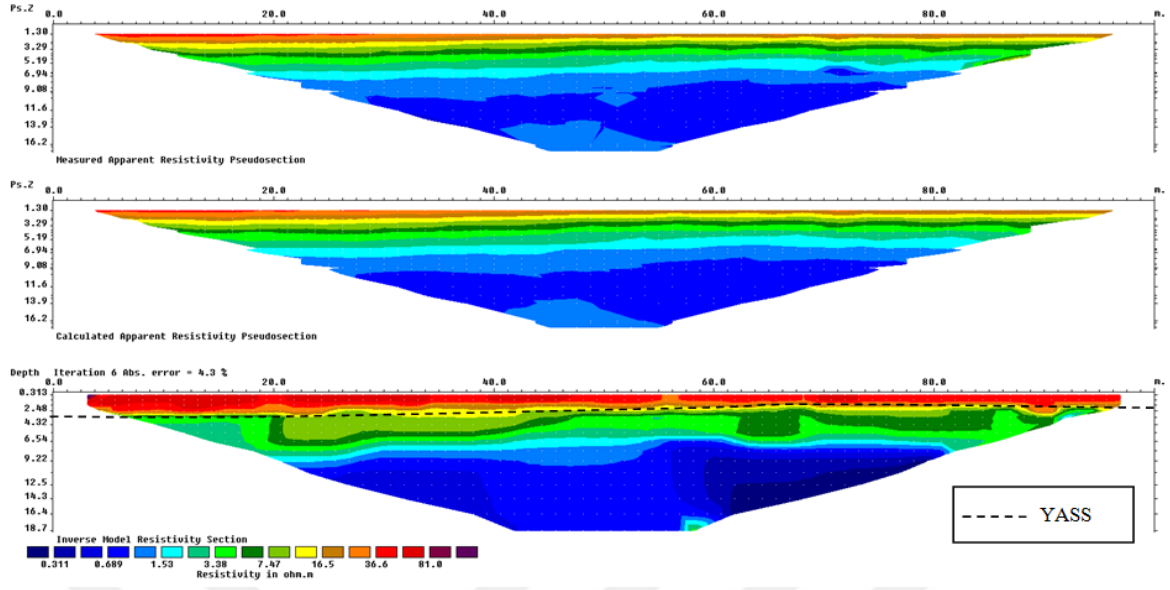
Şekil 4.17. 1. Profilden elde edilen elektrik öz direnç tomografi kesiti. SK-1 sondaj noktasını göstermektedir.



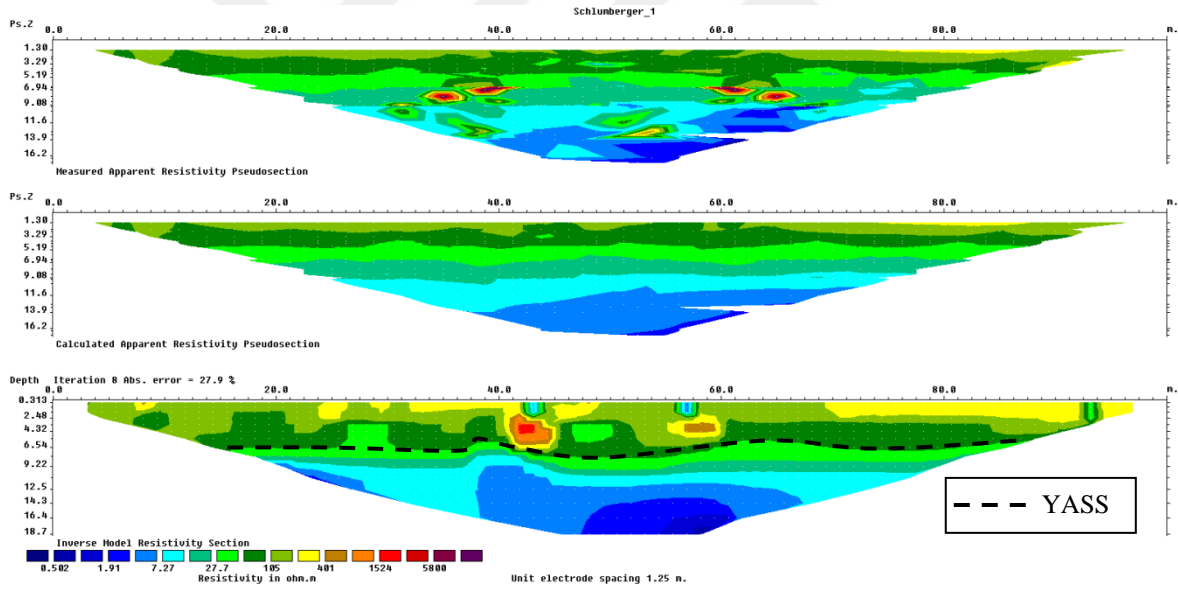
Şekil 4.18. 2. Profilden elde edilen elektrik öz direnç tomografi kesiti



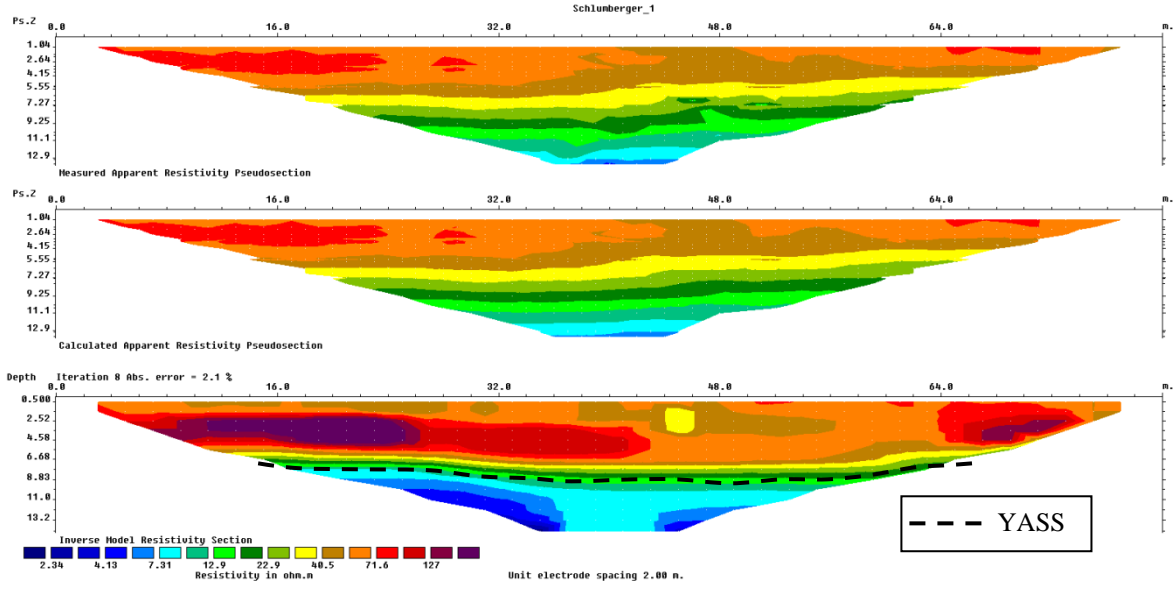
Şekil 4.19. 3. Profilden elde edilen elektrik öz direnç tomografi kesiti



Şekil 4.20. 4. Profilden elde edilen elektrik öz direnç tomografi kesiti



Şekil 4.21. 5. Profilden elde edilen elektrik öz direnç tomografi kesiti



Şekil 4.22. 6. Profilden elde edilen elektrik öz direnç tomografi kesiti

4.2.3. Mikrotremor Ölçümleri

Temel olarak hızlı ve ekonomik bir yöntem olmasından dolayı bu çalışmada Tek İstasyon Mikrotremor Yöntemi tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında 14 adet mikrotremor ölçüsü Guralp Systems üç bileşenli CMG-40TD (Şekil 4.23) kayıt cihazı ile alınmıştır.

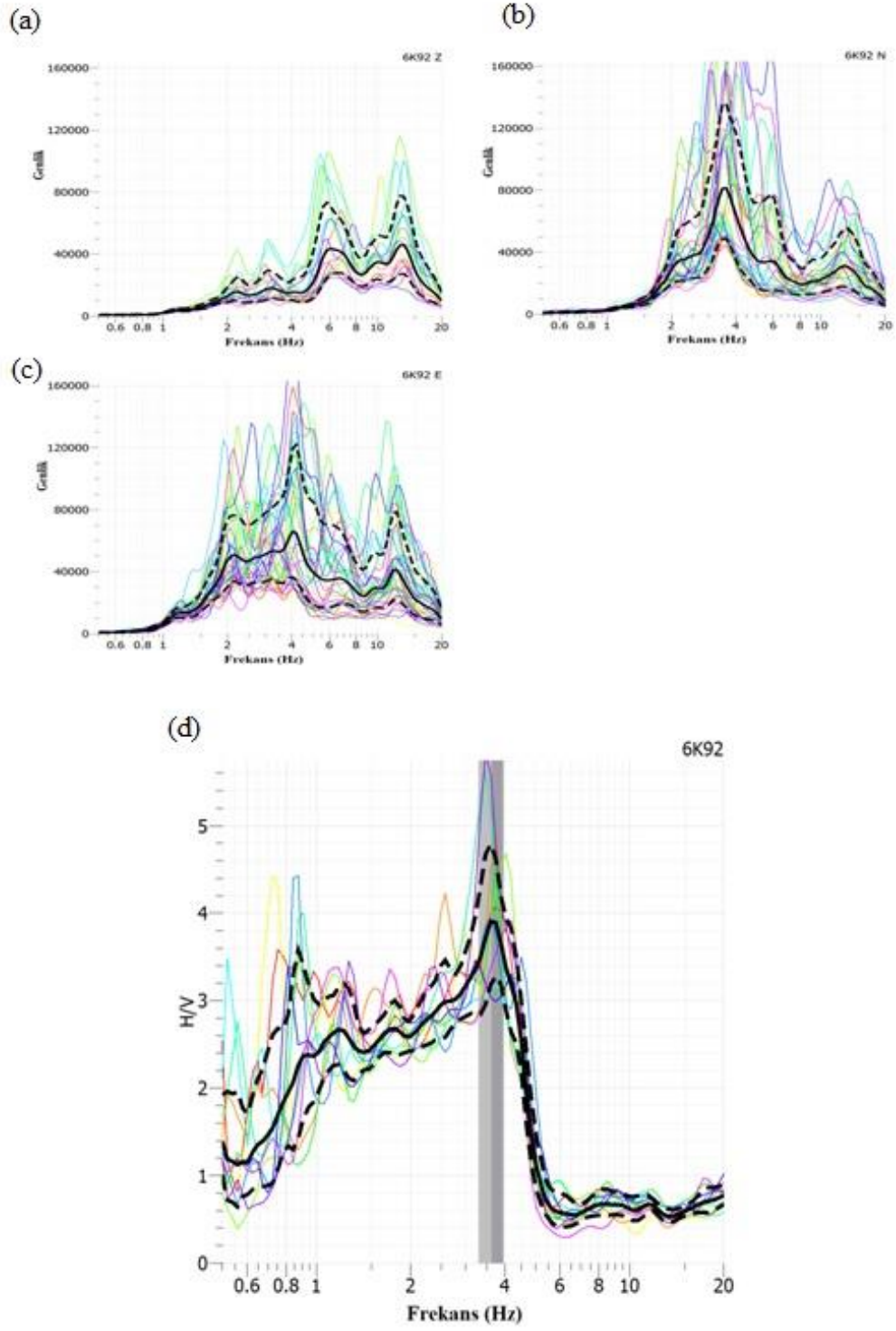


Şekil 4.23. Mikrotremor ölçüm ekipmanları

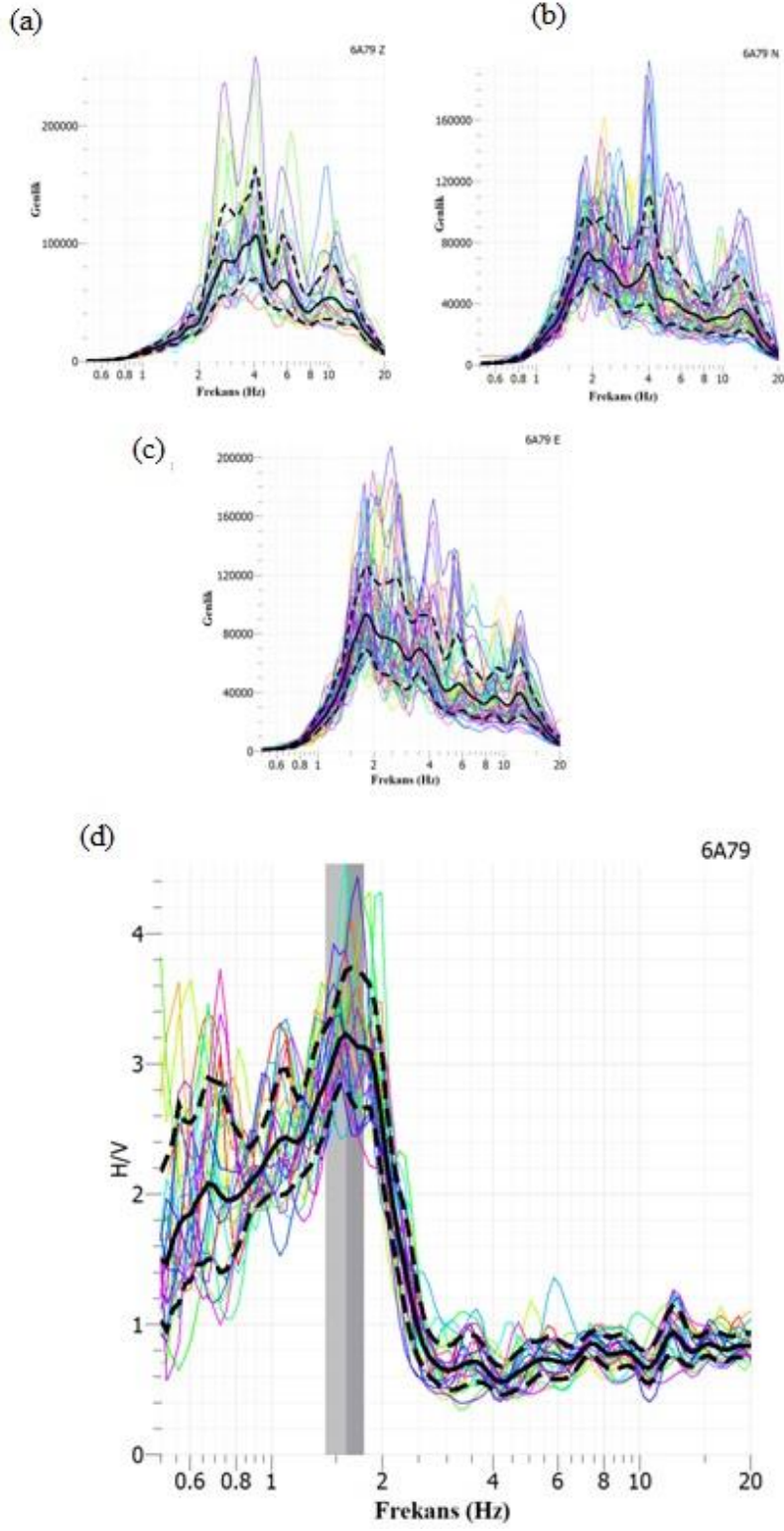
Elde edilen kayıtlar GEOPSY (www.geopsy.org) programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Üç bileşene ait genlik spektrumlarını elde etmek için öncelikle ham veriden trend etkisi giderilmiştir. Sonrasında 0.5 – 20 Hz aralığında Band Pass -

Butterworth filtresi uygulanarak gürültüler veriden atılmıştır. Üçüncü adım olarak 20s ve 25s uzunluklarında olan pencereler SESAME kriterlerine uygun bir şekilde seçilerek %10'luk cosinüs penceresi uygulanmıştır. Son olarak törpüleme işlemi yapılarak Konno & Ohmachi (1998) göre yuvarlatma yapılmıştır ($b=40$). Elde edilen üç bileşen genlik spektrumları kullanılarak Nakamura (1989) yöntemine göre baskın frekans ve H/V oranları hesaplanmıştır (Şekil 4.24-4.37). Ayrıca her nokta için yine Nakamura Tekniği (1997) kullanılarak sismik vulnerability indeks K_g değeri hesaplanmıştır. Tablo 8'de ölçüm noktalarının baskın periyot, frekans, H/V ve K_g değerleri verilmiştir ve Tablo 9'da Kanai ve Tanaka (1961) zemin sınıflamasına göre zemin sınıflandırması yapılmıştır.

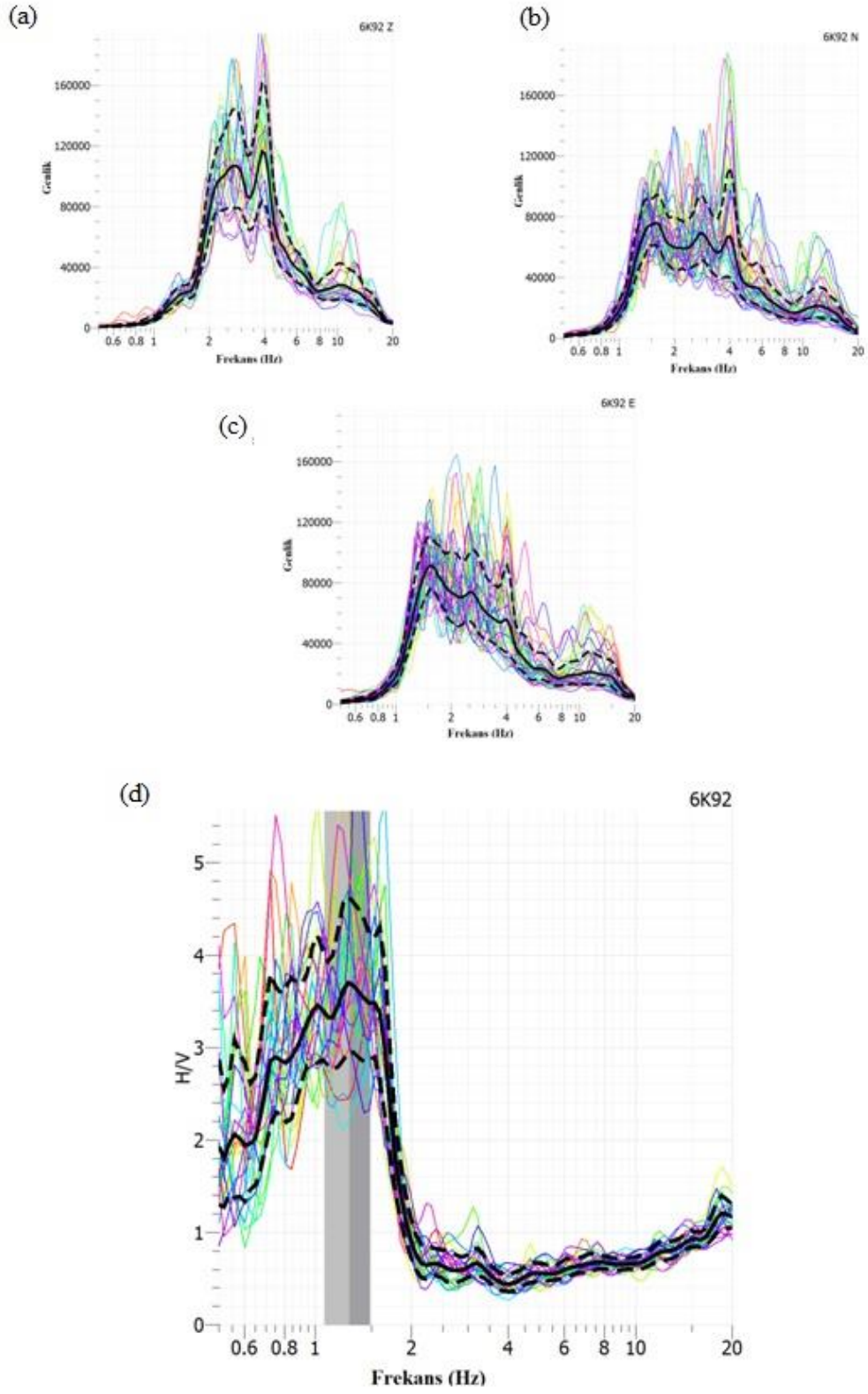




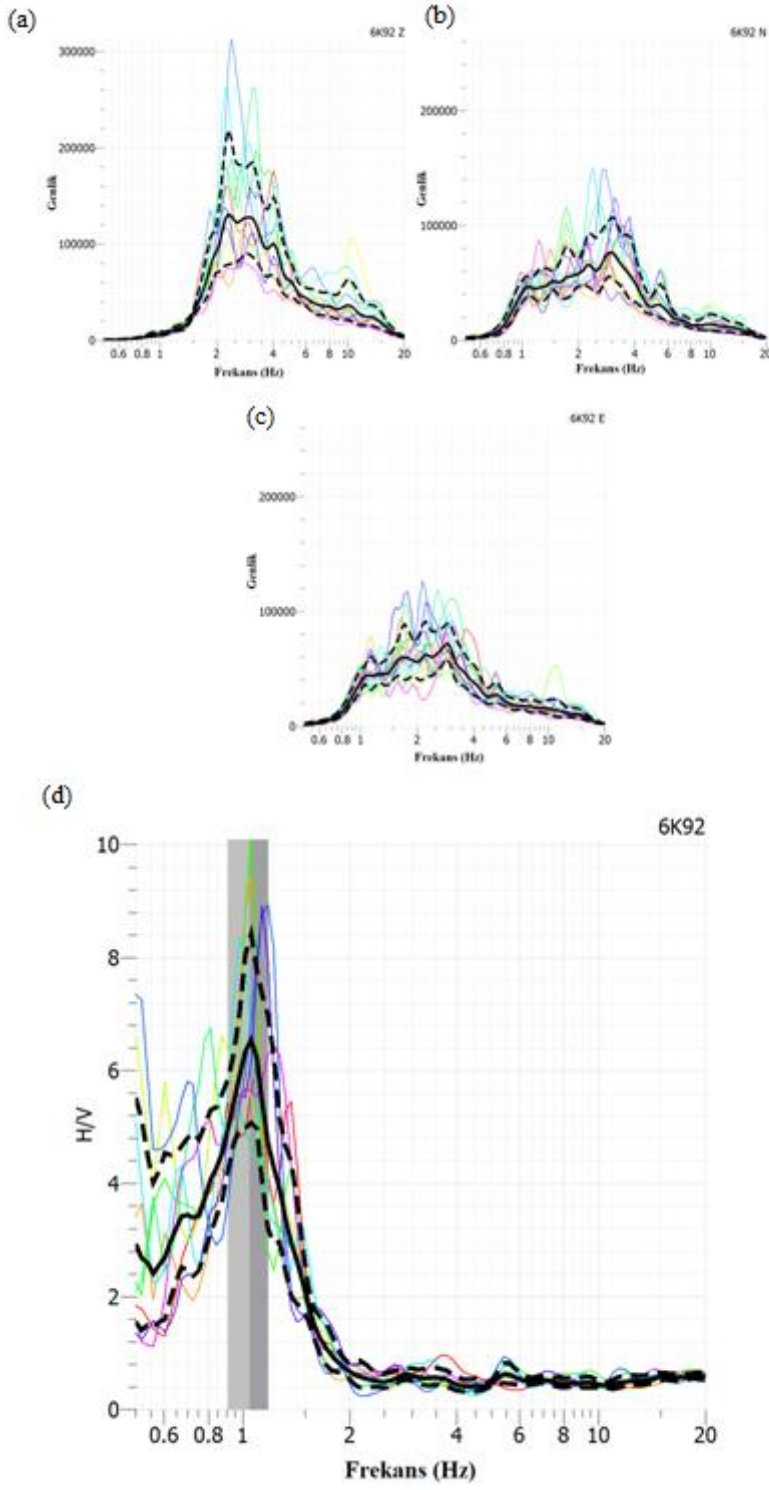
Şekil 4.24. 1. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



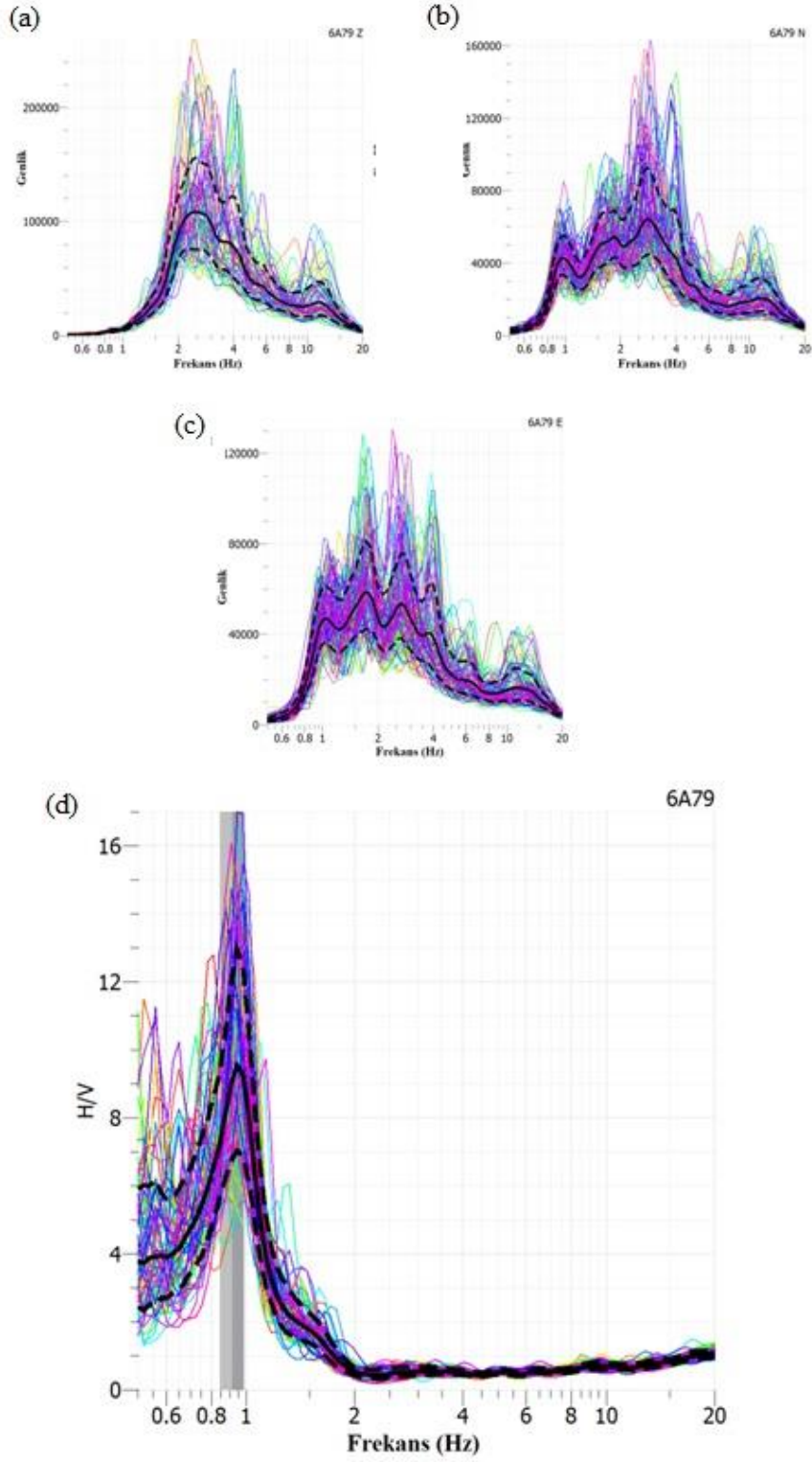
Şekil 4.25. 2. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşeni, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



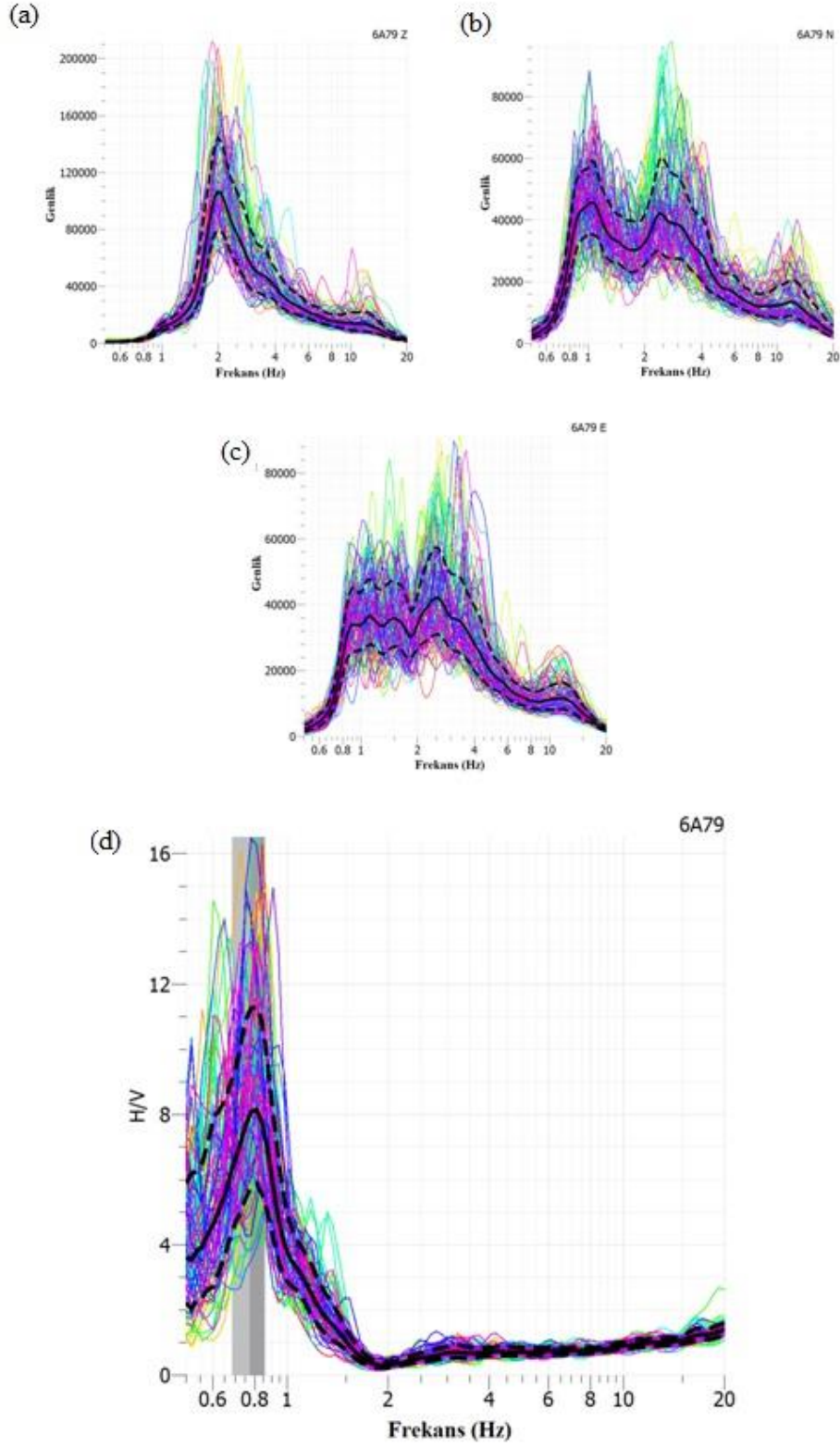
Şekil 4.26. 3. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



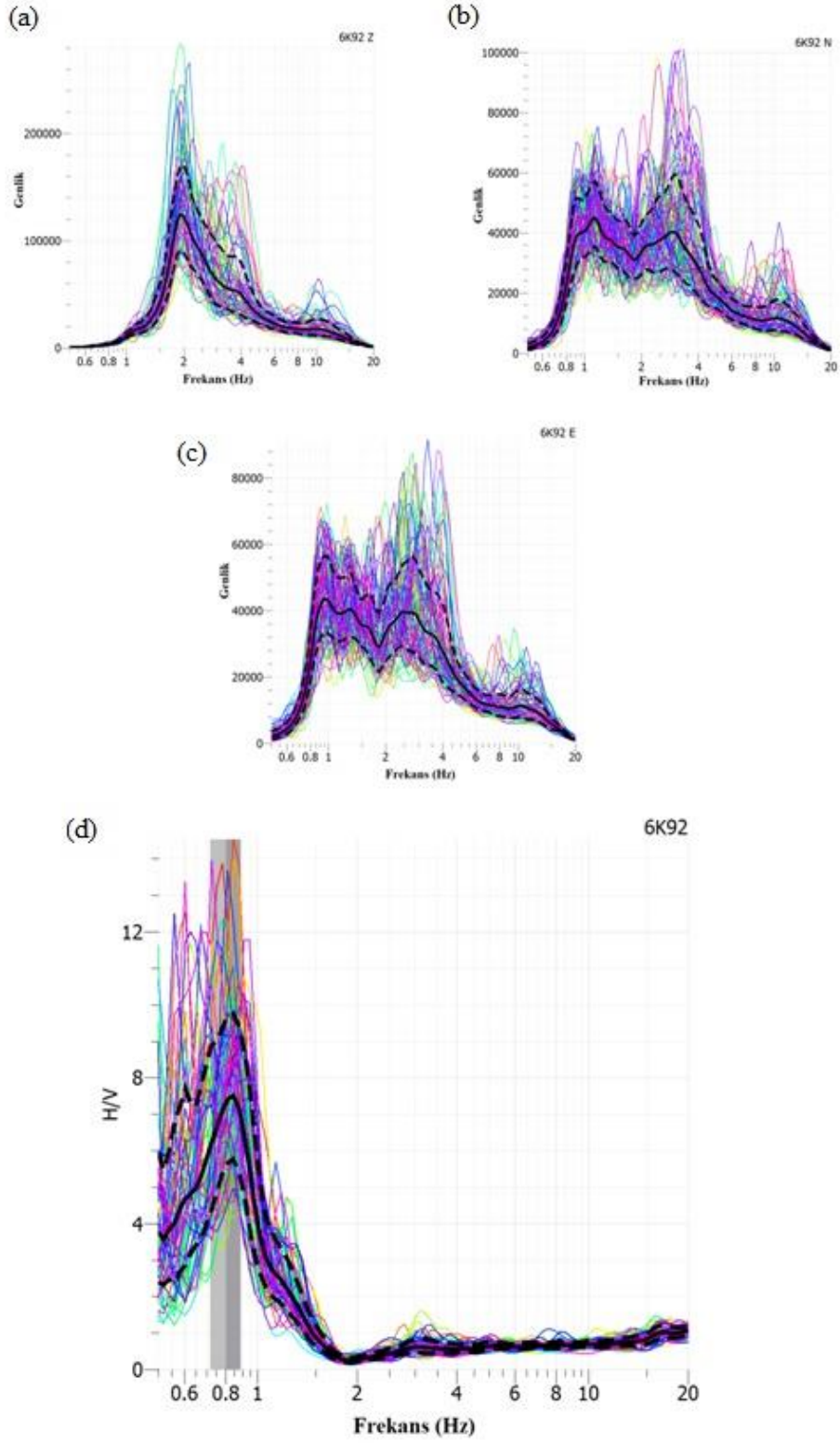
Şekil 4.27. 4. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşeni, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



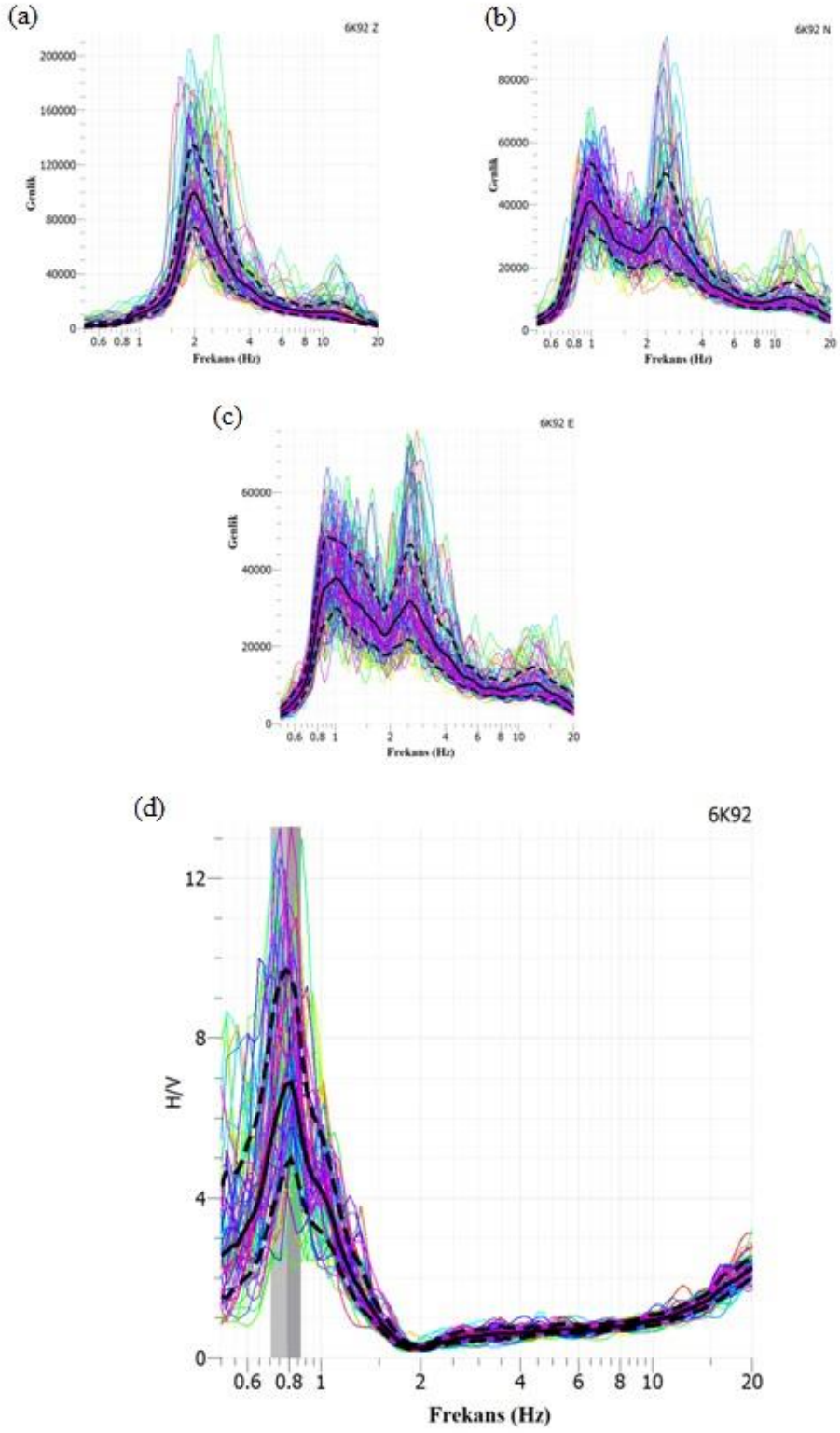
Şekil 4.28. 5. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



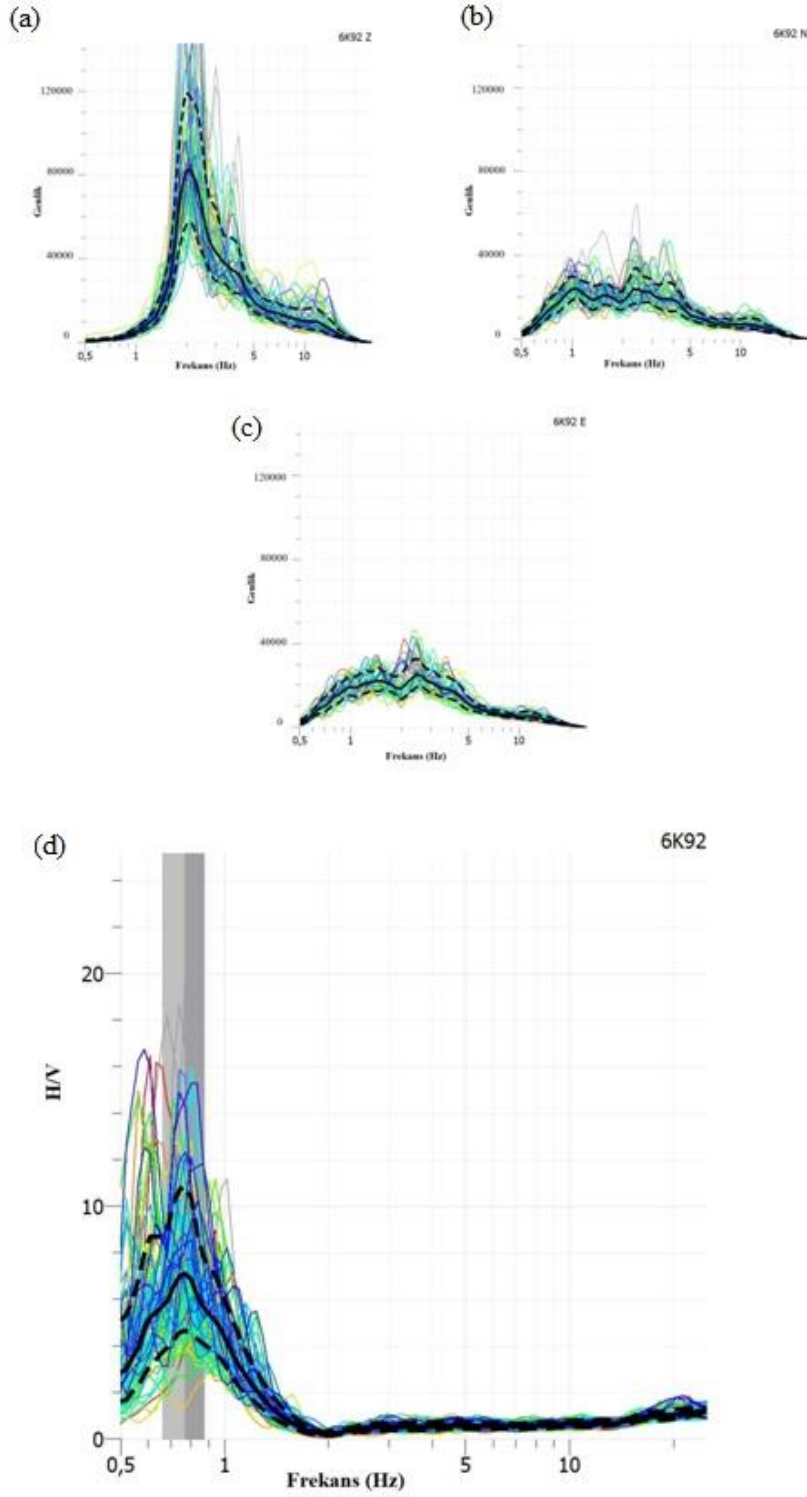
Şekil 4.29. 6. Noktadan elde edilen mikro tremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



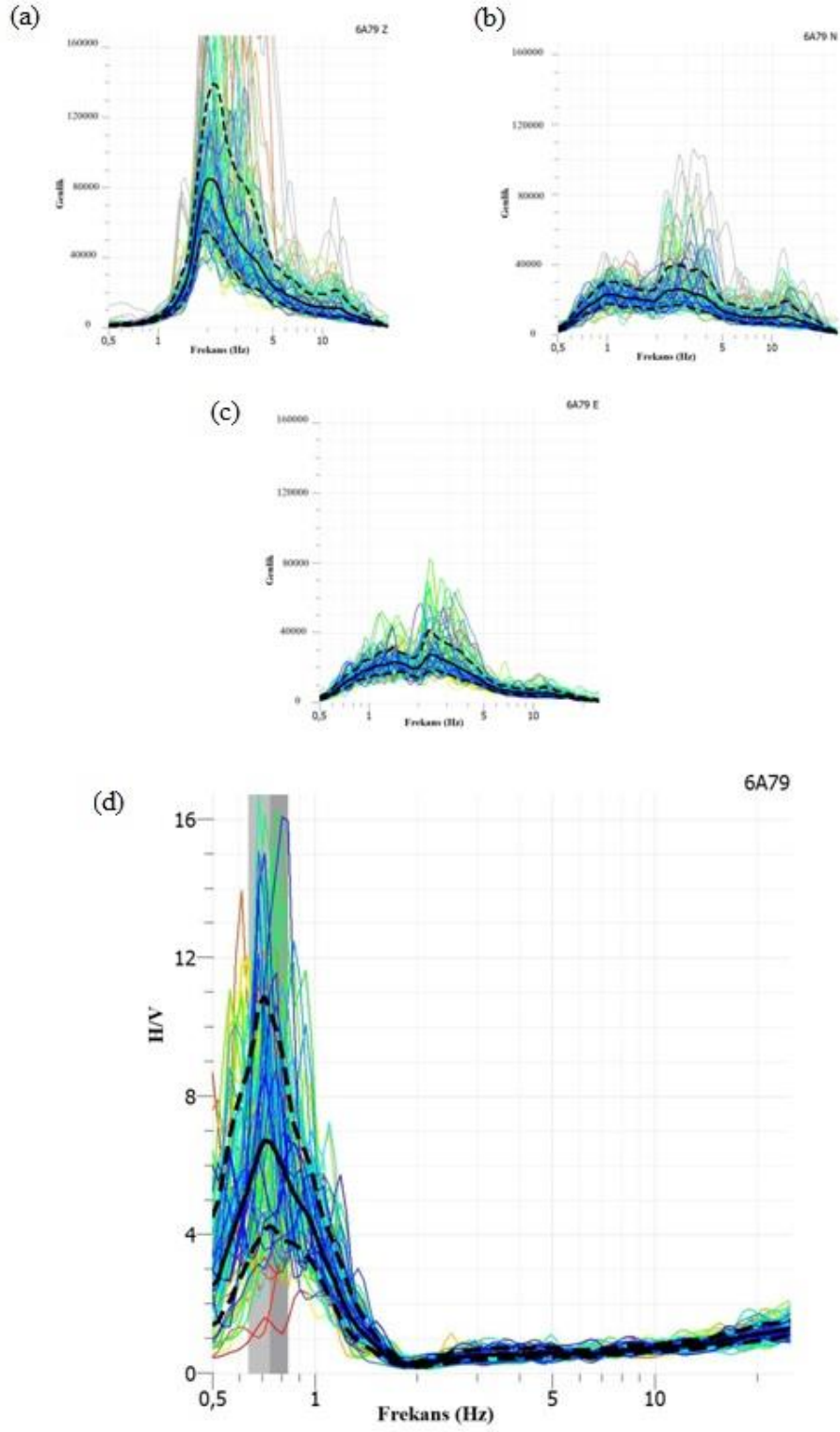
Şekil 4.30. 7. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



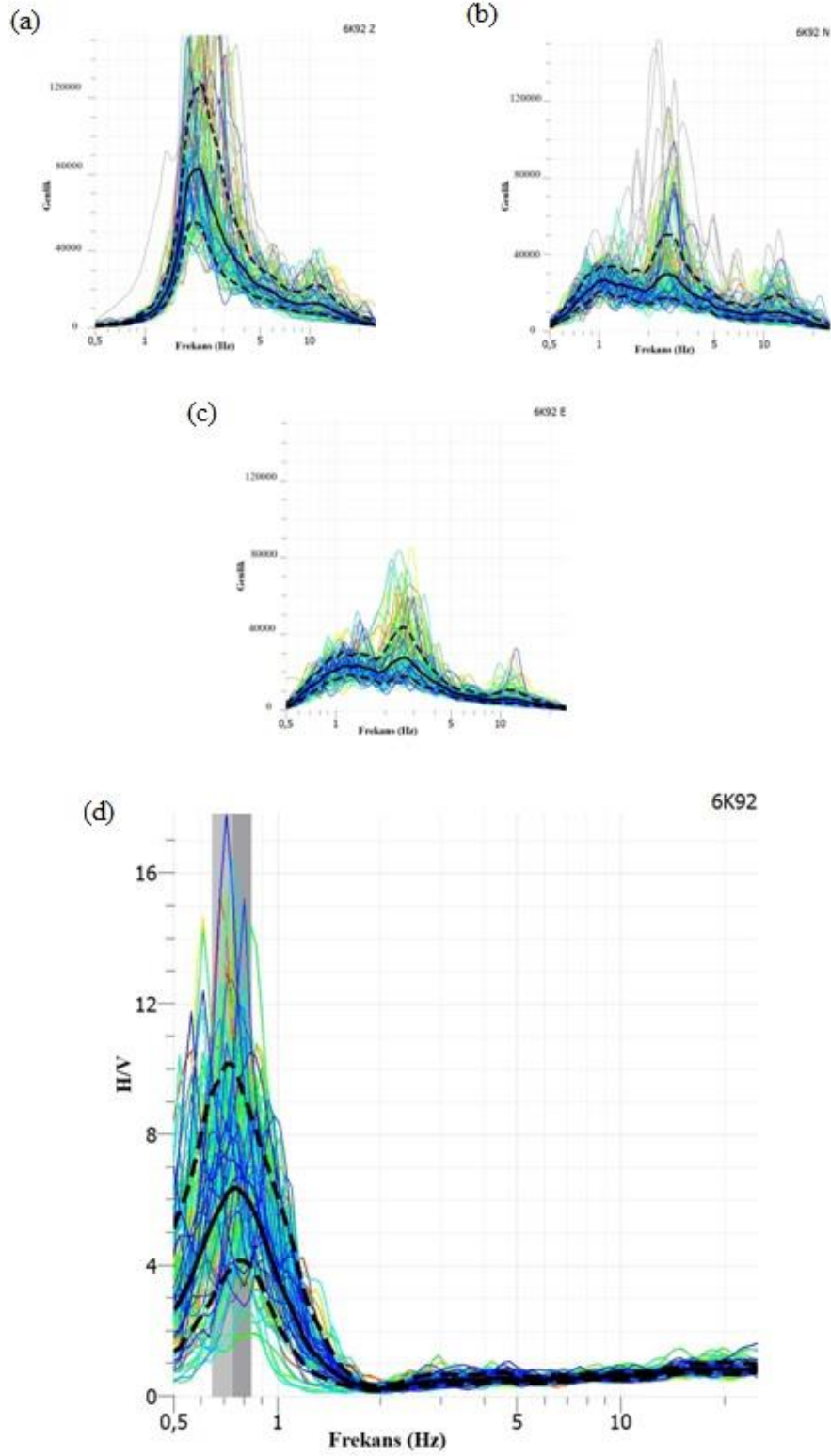
Şekil 4.31. 8. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



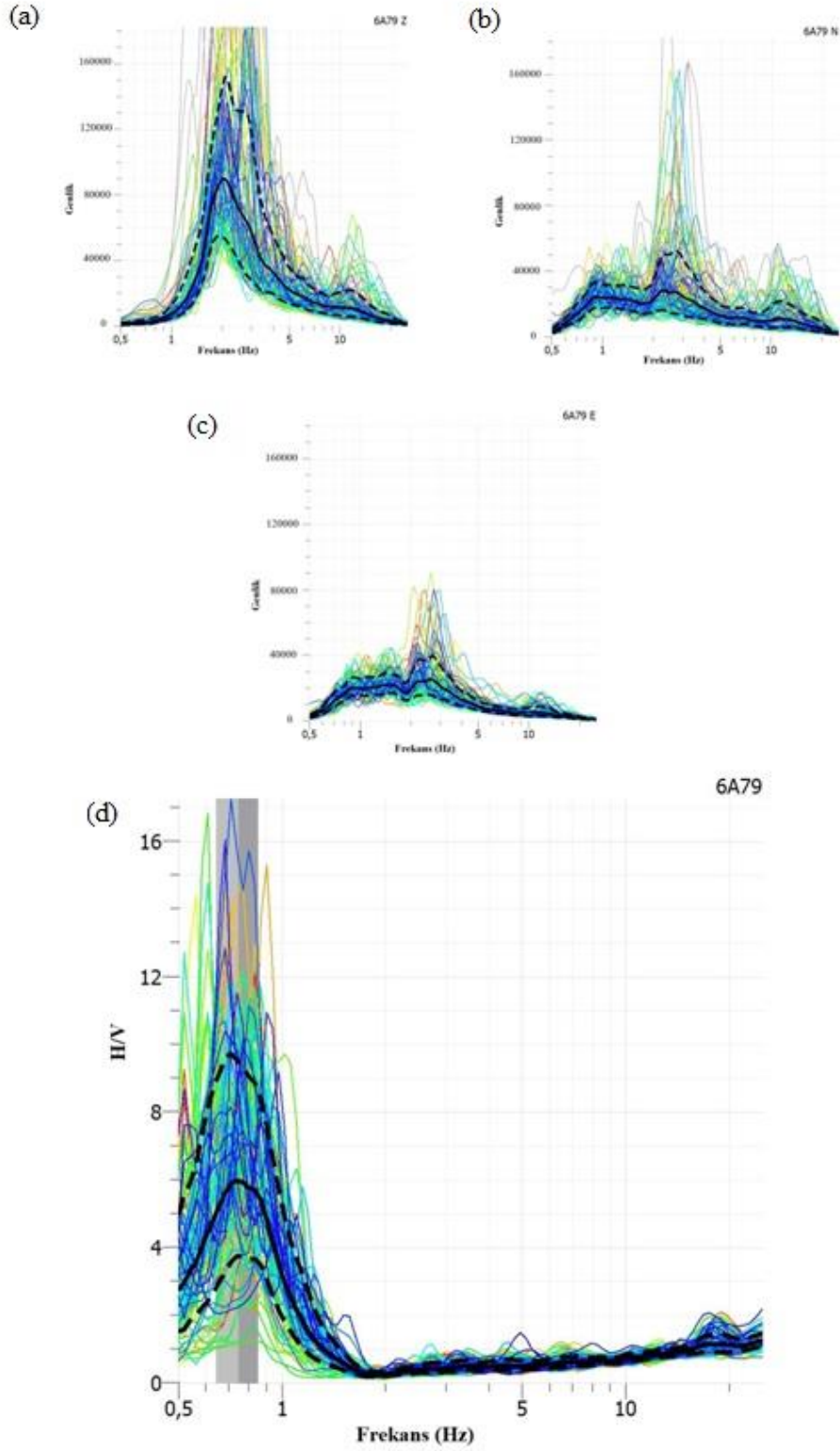
Şekil 4.32. 9. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



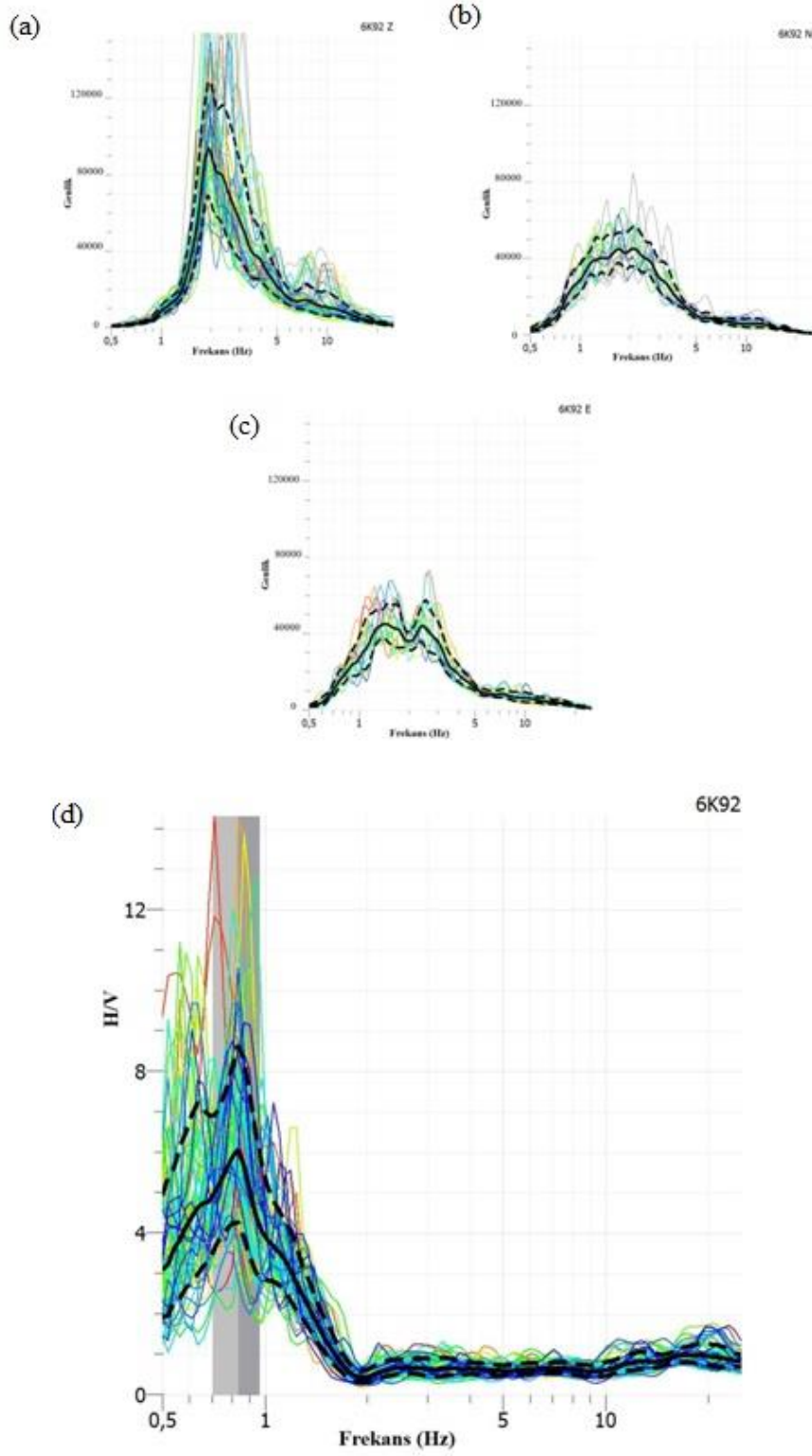
Şekil 4.33. 10. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşeni, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



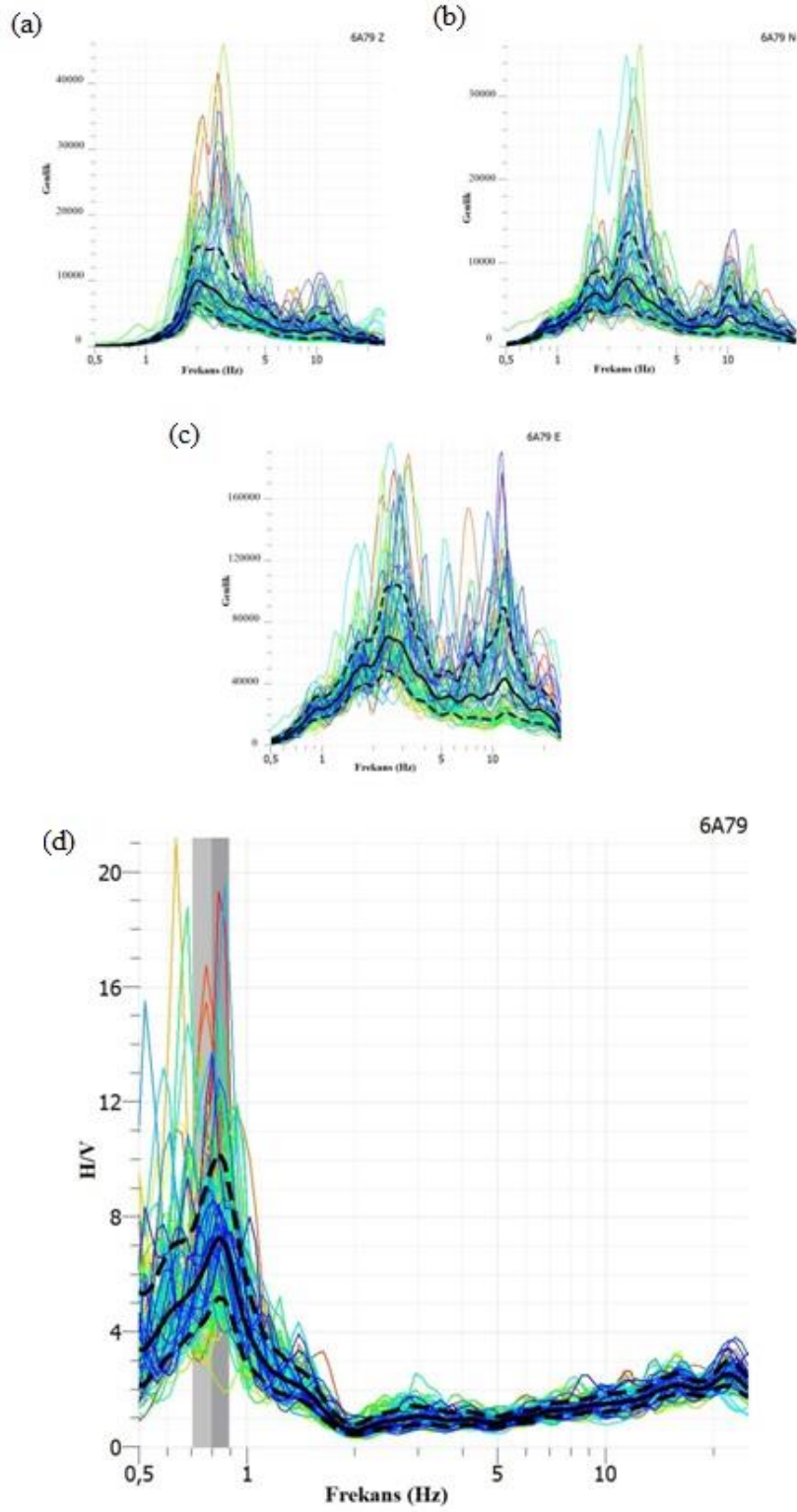
Şekil 4.34. 11. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



Şekil 4.35. 12. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



Şekil 4.36. 13. Noktadan elde edilen mikrotremor veriler; a) Düşey Bileşen, b) KG Bileşeni, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği



Şekil 4.37. 14. Noktadan elde edilen mikrotremor verileri; a) Frekans-genlik grafiği, b) Frekans-H/V grafiği, c) DB Bileşeni ve d) Frekans-H/V grafiği

Tablo 8. Mikrotremor ölçüm noktalarının baskın periyot, frekans, H/V ve Kg değerleri

Profil No	T0	F	H/V	Kg
1	0,28	3,57	3,84	4,13
2	0,63	1,58	3,27	6,75
3	0,78	1,28	3,85	12
4	0,99	1,01	7,10	50
5	1,09	0,91	9,42	98
6	1,33	0,75	8,61	99
7	1,23	0,81	8,87	97
8	1,25	0,80	7,38	68
9	1,32	0,76	7,1	66
10	1,36	0,737	6,92	65
11	1,32	0,757	6,32	53
12	1,34	0,749	5,96	47
13	1,20	0,834	6,06	44
14	1,20	0,839	7,23	62

Tablo 9. Mikrotremor yöntem sonuçlarına bağlı zemin sınıflandırması

Profil No	T (sn)	Zemin Sınıfı	Zemin Tipi
1	0,28	IV	Yumuşak delta depolanmaları, kalınlığı 30 m veya daha büyük çamur ve üst toprak birimlerini de içeren alüvyon
2	0,63		
3	0,78		
4	0,99		
5	1,09		
6	1,33		
7	1,23		
8	1,25		
9	1,32		
10	1,36		
11	1,32		
12	1,34		
13	1,20		
14	1,20		

4.2.4. Çalışma Alanına Ait İvme-Şiddet Haritaları

Çalışma alanının sıvılaşma riskinin hesaplanmasında yukarıda bahsedilen Sismik Kırılma, MASW, Elektrik Öz direnç Tomografi ve Mikrotremor yöntemlerine ek olarak bugüne kadar olmuş ve Trabzon üzerinde hissedilmiş 5 adet depreme ait ivme – şiddet haritaları hazırlanmıştır (Şekil 4.38-4.47). Haritalardan elde edilen ivme değerleri sıvılaşma hesaplarında kullanılmıştır. Uygulama kapsamında ivme değeri belirlenmesinde yerel zemin koşullarına göre hesaplama yaptıran Ambraseys vd. (1996) tarafından verilen ampirik bağıntı kullanılmıştır.

$$\log PA = C_1 + C_2 M + C_4 \log(r) + C_A S_A + C_S S_S \quad (50)$$

Burada;

r : hiposantra olan uzaklık

M : deprem magnitudü

$S_A : \begin{cases} \text{sıkı zeminlerde} & 1 \\ \text{diğer zeminlerde} & 0 \end{cases}$

$S_S : \begin{cases} \text{yumuşak zeminlerde} & 1 \\ \text{diğer zeminlerde} & 0 \end{cases}$

$$C_1 = -1,48$$

$$C_2 = 0,266$$

$$C_4 = -0,922$$

$$C_A = 0,117$$

$$C_S = 0,124$$

olarak alınmaktadır.

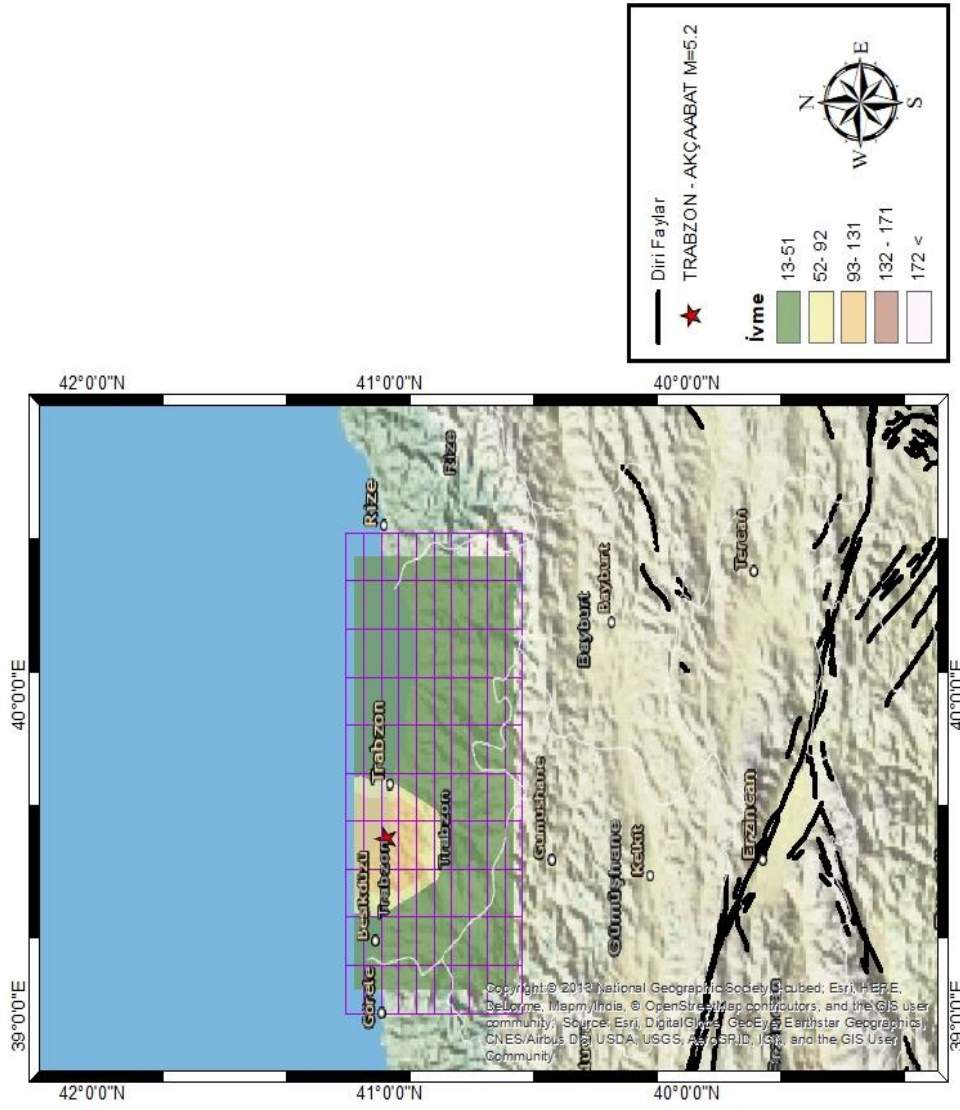
Şiddet değerinin hesaplanmasında ise Erdik vd. (1983) tarafından verilen bağıntı kullanılmıştır.

$$I = 0,34 + 1,54M - 1,24 \ln R \quad (51)$$

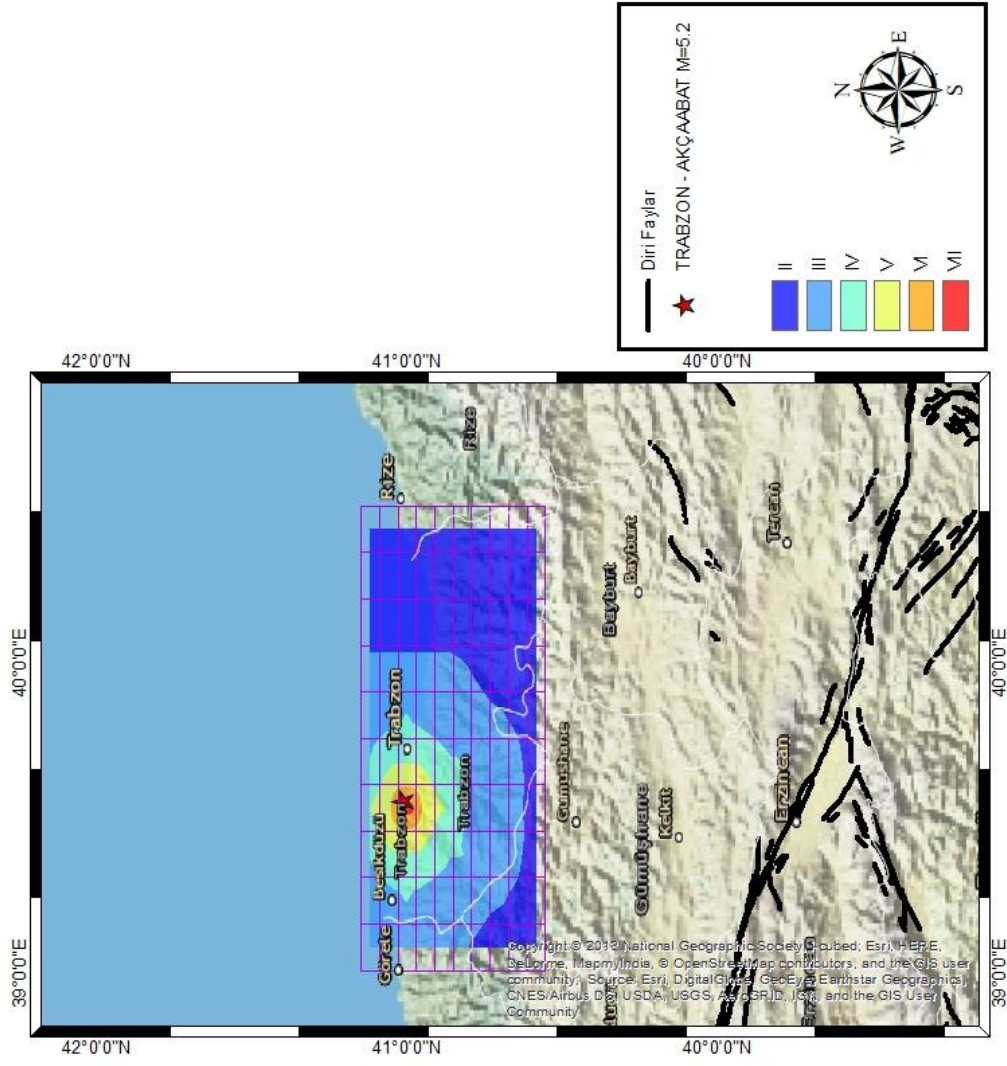
Burada;

M: Magnitud

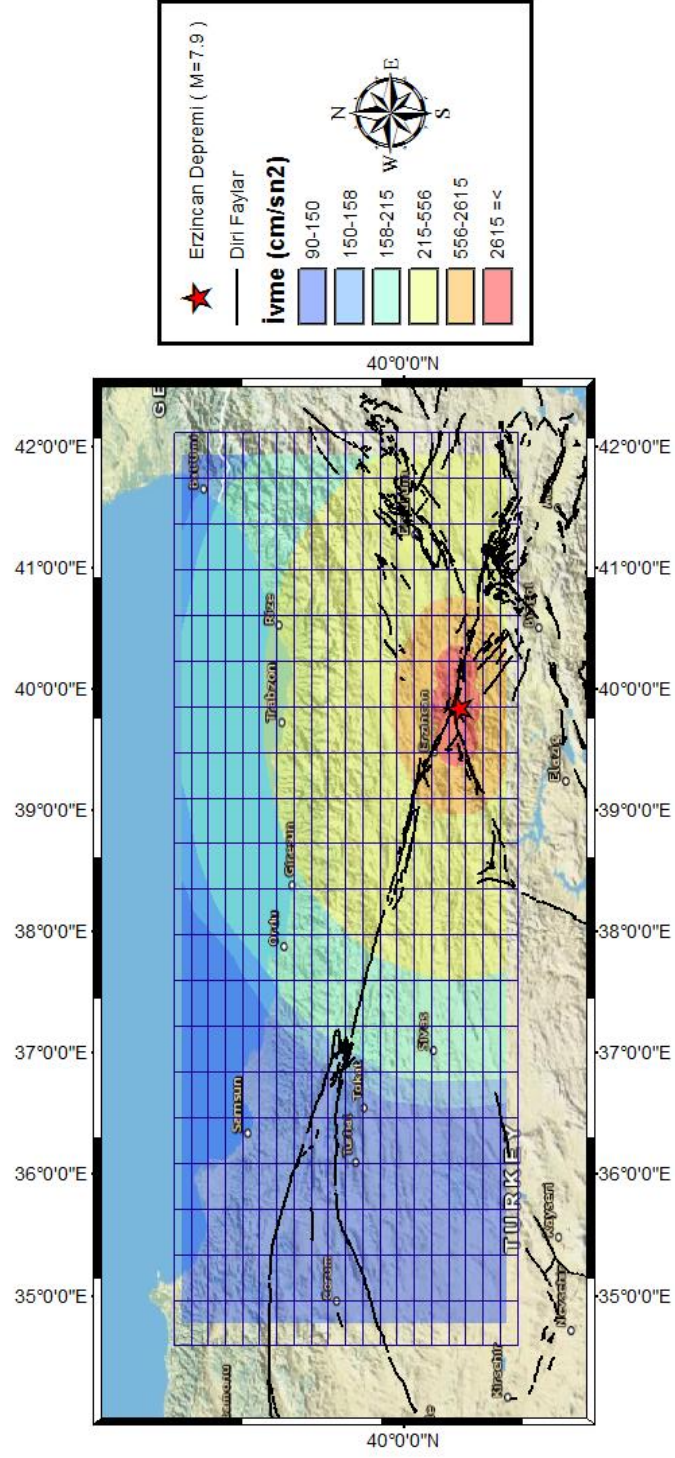
R: Faya olan uzaklıktır.



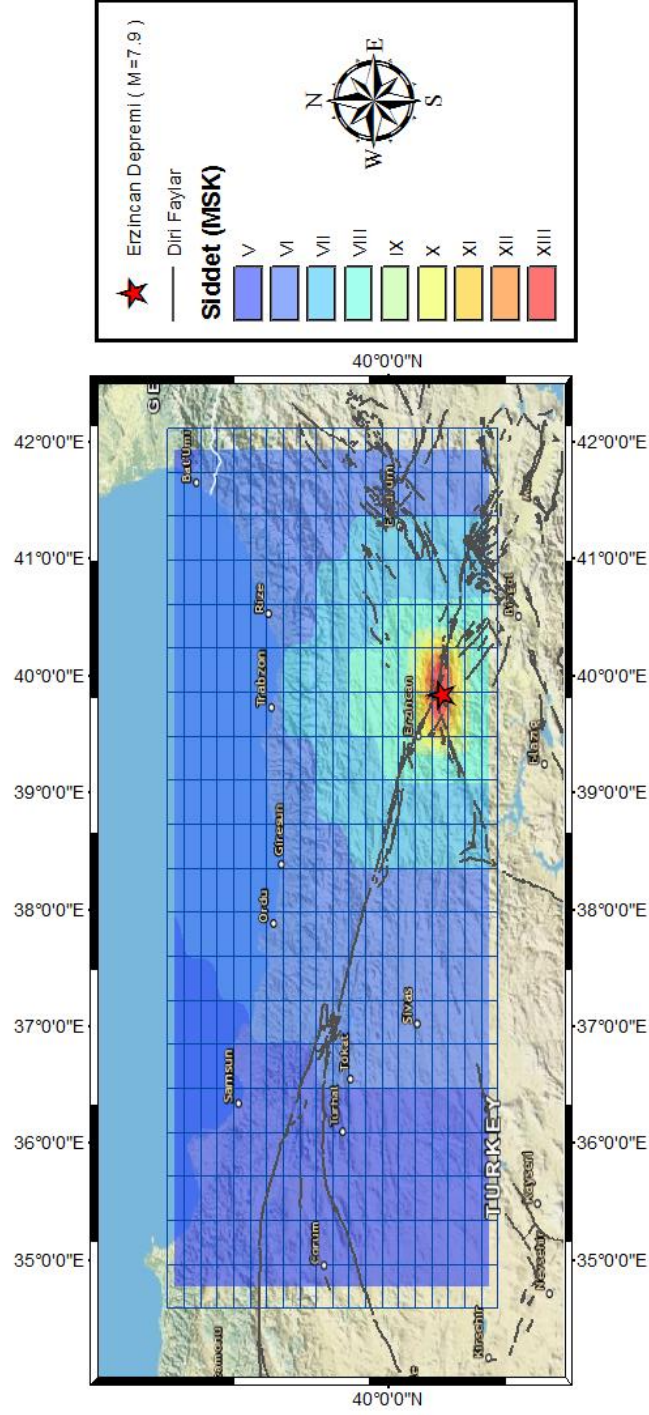
Şekil 4.38. Akçaabat (1931) M=5.2 depremine ait ivme haritası(ArcGis10.5).



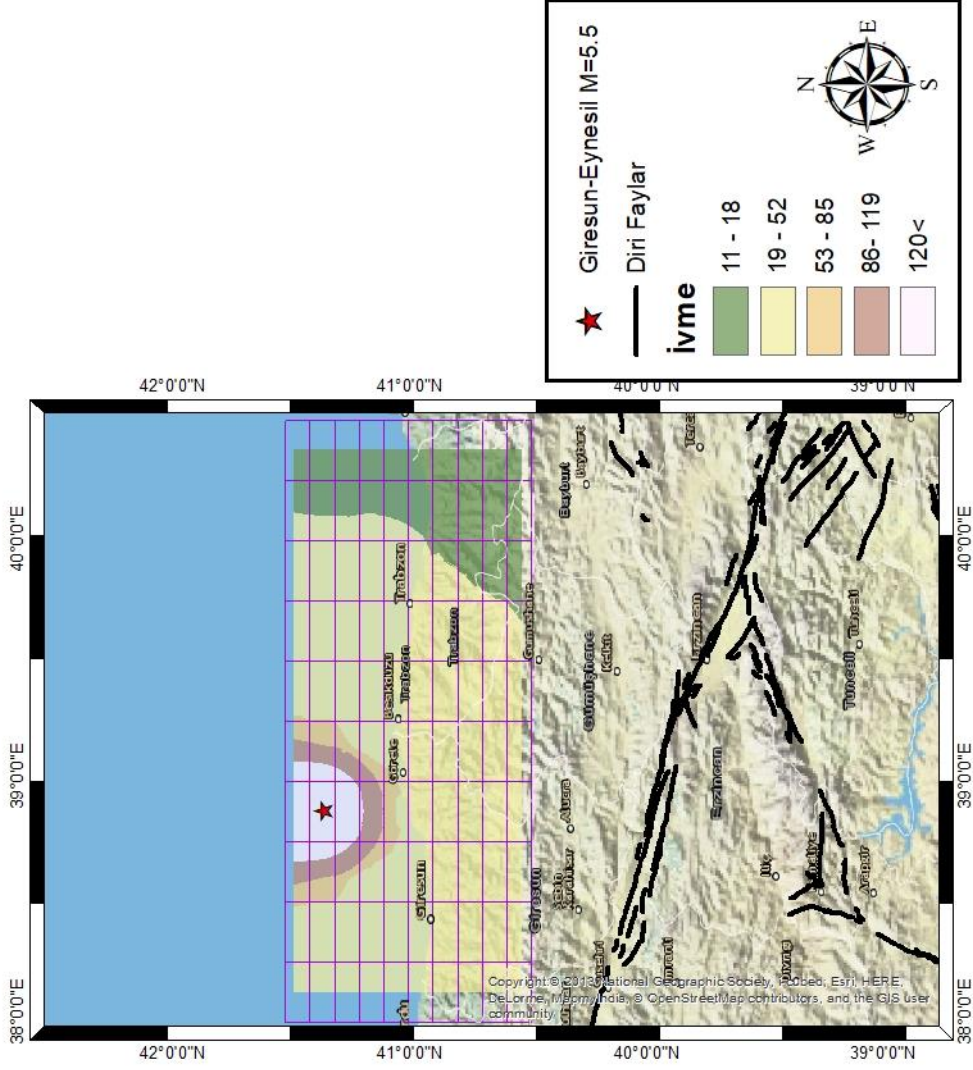
Şekil 4.39. Akçaabat (1931) M=5.2 depremine ait şiddet haritası(ArcGis 10.5).



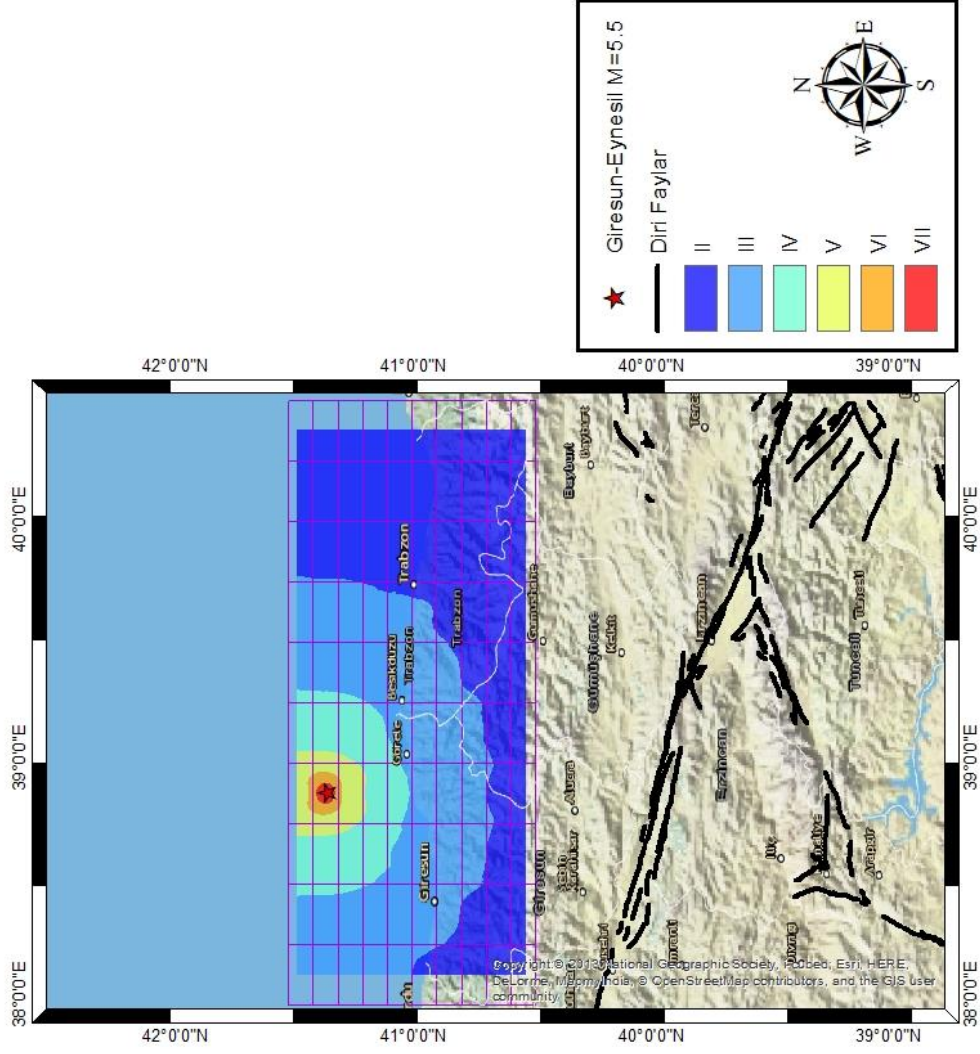
Şekil 4.40. Erzincan (1939) M=7.9 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).



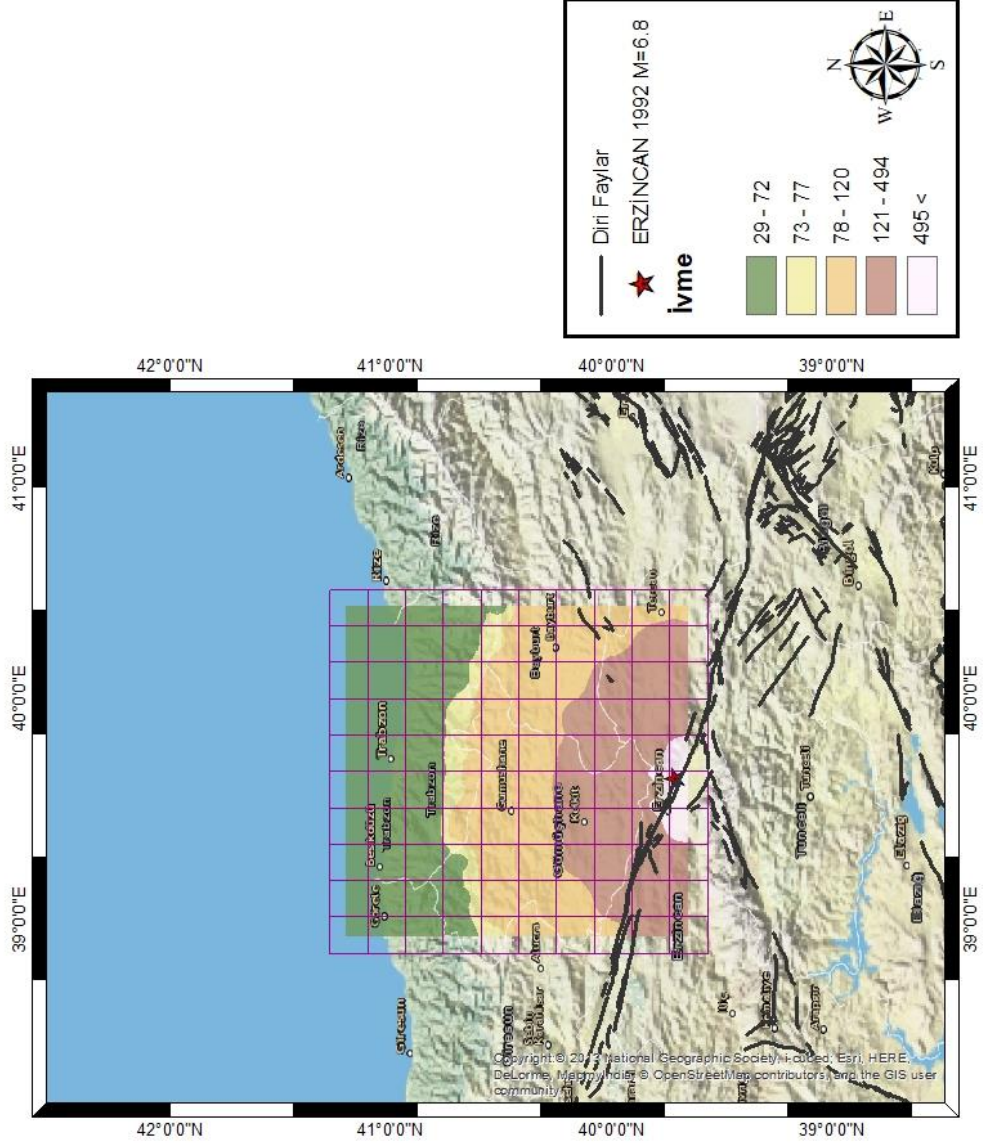
Şekil 4.41. Erzincan (1939) M=7.9 depremine ait şiddet haritası (ArcGis10.5).



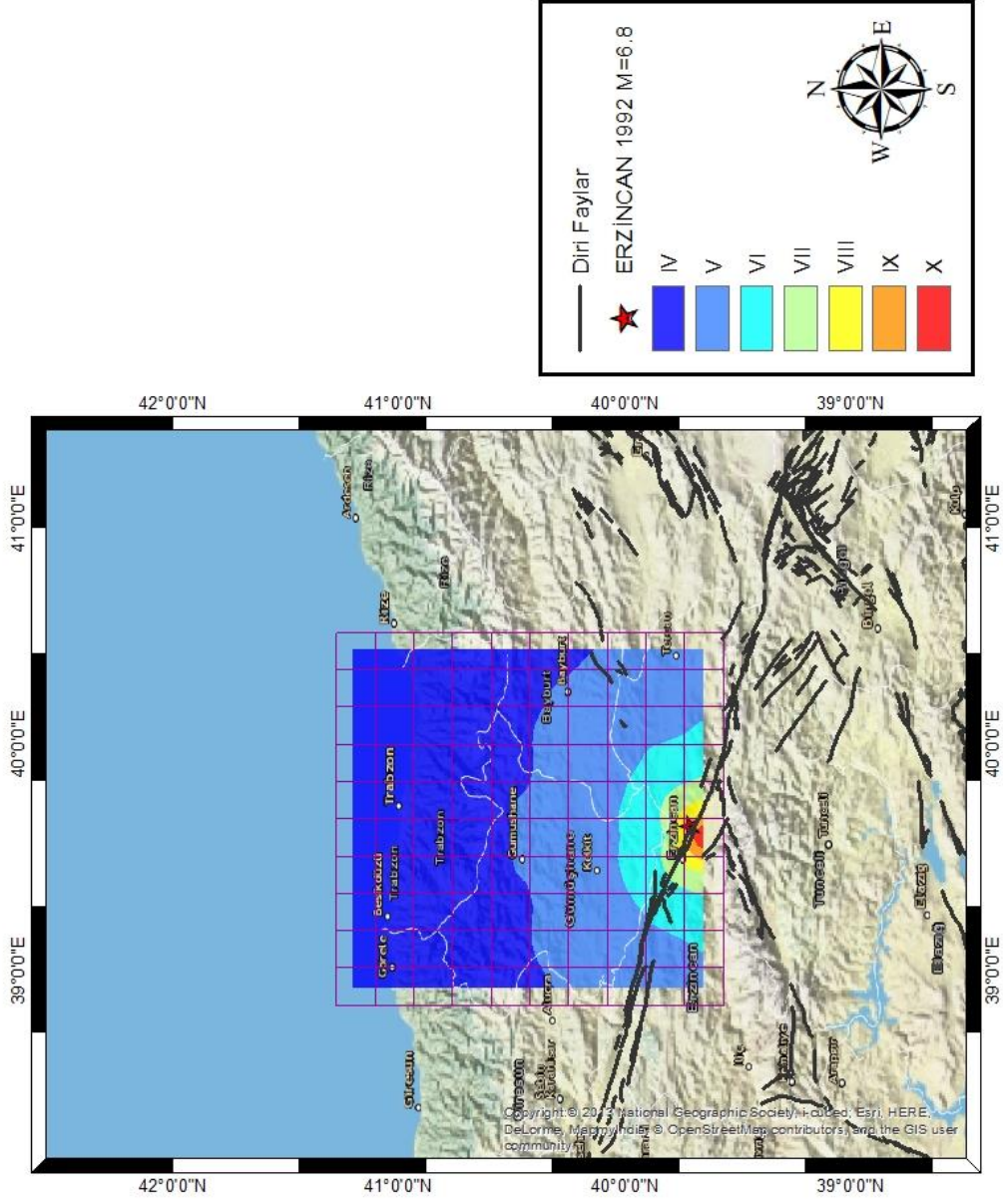
Şekil 4.42. Eynesil (1963) M=5.5 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).



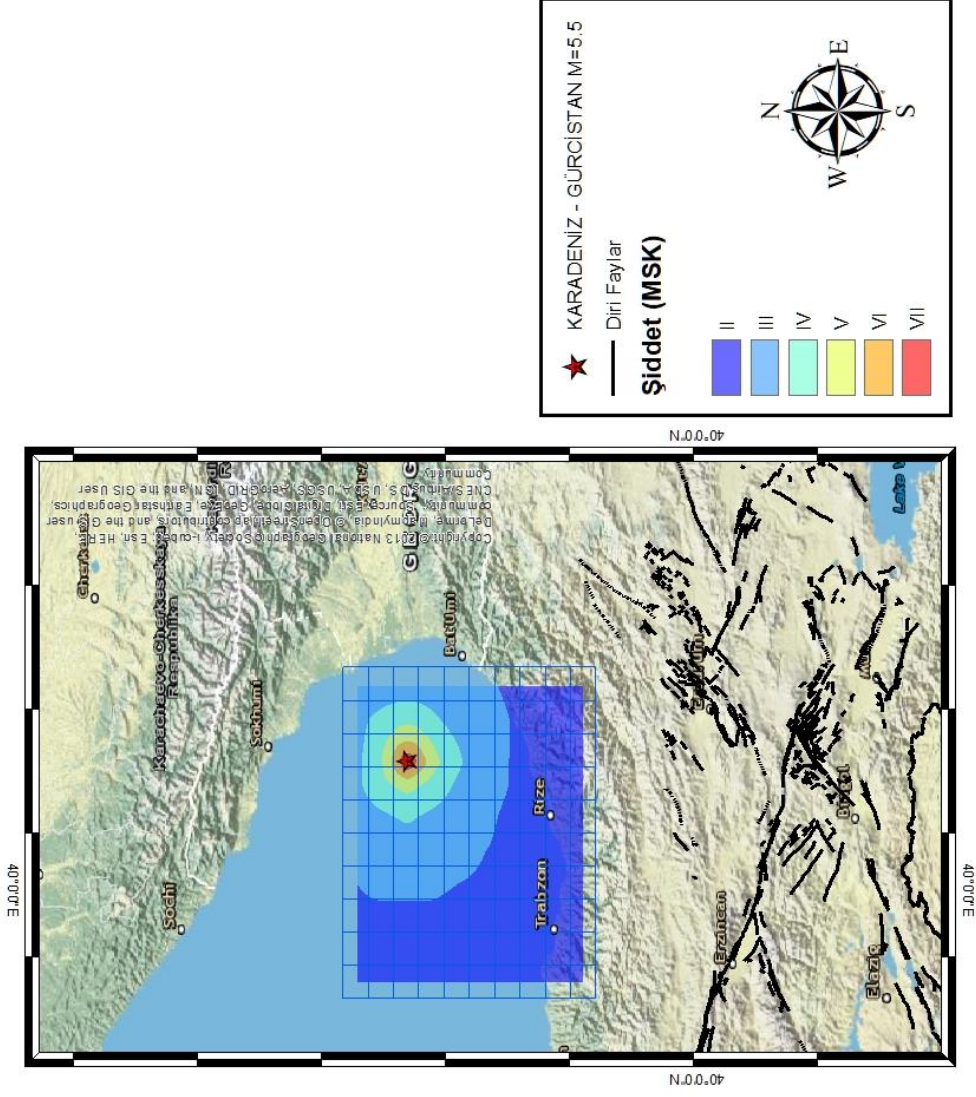
Şekil 4.43. Eynesil (1963) $M=5.5$ depremine ait şiddet haritası (ArcGis10.5).



Şekil 4.44. Erzincan (1992) M=6.8 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).



Şekil 4.45. Erzincan (1992) M=6.8 depremine ait şiddet haritası (ArcGis10.5).



Şekil 4.47. Gürcistan (2012) M=5.5 depremine ait ivme haritası (ArcGis10.5).

4.3. Sıvılaştırma Analiz Yöntemlerinin Çalışma Alanına Uygulanması

4.3.1. Geleneksel Yöntemlerle Sıvılaştırma Analizi

Bu tez çalışması kapsamında jeofizik yöntemlerden elde edilen parametrelere sondaj loglarından alınan SPT-N değerleri ve ortamın jeolojik özellikleri eklenerek iki farklı şekilde sıvılaştırma hesabı yapılmıştır.

4.3.1.1. Jeofizik Yöntemlerle Sıvılaştırma Analizi

Bu analiz kapsamında asıl amaç sondaj ve jeolojik çalışmalara gereksinim duyulmadan ve zemine zarar vermeksizin sadece jeofizik yöntemlerden elde edilen parametreler ile sıvılaştırma analizi yapılmaktadır.

Her deprem magnitudü için ayrı sıvılaştırma analizi yapılmıştır. İvme-şiddet haritalarından elde edilen ivme değerleri (a_{max}), deprem magnitudü (M_w), derinlik (z), bağıntı 6'da verilen formül ile hesaplanan gerilim azalım katsayısı (r_d), P-dalga hızı (V_p), S-dalga hızı (V_s), elastisite modülü (E) (bağıntı 52), kayma modülü (G) (bağıntı 53), poisson oranı (bağıntı 54), birim hacim ağırlık, S-dalga hızından elde edilen yoğunluk (bağıntı 55), mikrotremor kayıtlarından elde edilen periyot (T), efektif gerilme ile düzeltilmiş kayma dalga hızı (V_{sc}) (bağıntı 56), magnitud skala faktörü (MSF) (bağıntı 28-29), kayma direnç oranı (KDO) (bağıntı 57) ve kayma gerilme oranı (KGO) (bağıntı 58) parametreleri ile efektif gerilme değerleri hesaplanmıştır (EK-2).

$$E = G \frac{(3V_p^2 - 3V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)} \quad (52)$$

$$G = \frac{\rho \cdot V_s^2}{100} \quad (53)$$

$$PO = \frac{(V_p^2 - 2V_s^2)}{(2V_p^2 - 2V_s^2)} \quad (54)$$

$$\rho = 0,44V_s^{0,25} \quad (55)$$

$$V_{sc} = 1,42V_s \left(\frac{100}{\sigma'} \right)^{0,25} \quad (56)$$

$$KDO = MSF \left(0,025 \left(\frac{V_s}{100} \right)^2 + 4 \frac{1}{V_s - V_{sc}} - \frac{1}{V_s} \right) \quad (57)$$

$$KGO = \frac{\sigma}{\sigma'} \frac{a_{max}}{10} r_d \quad (58)$$

4.3.1.2. Jeoteknik Yöntemlerle Sıvılaşma Analizi

Sıvılaşma analizi yapılırken sadece jeoteknik ve jeolojik veriler kullanılmıştır. Analizde gerekli olan veriler; ivme–şiddet haritalarından elde edilen ivme değerleri (a_{max}), derinlik (Z), yer altı su seviyesi (YASS), birim hacim ağırlık, efektif gerilme (σ'), düşey gerilme (σ), boşluk suyu sıkışması (CV), gerilim azalım katsayısı (r_d), devirsel gerilme oranı (DGO), devirsel direnç oranı (DDO) ve magnitüd skala faktörü (MSF) ile efektif gerilme değerleri hesaplanmıştır (EK-3).

Geleneksel yöntemler ile yapılan analiz sonucunda seçilen beş deprem için sıvılaşabilir derinlikler ölçüm profillerine göre kırmızı renkte Tablo 10'da verilmektedir. Tablo 10'da 1 değerinin altında kalan derinlikler sıvılaşabilir zeminleri gösterirken 1'in üzerinde olanlar sıvılaşma riskinin olmadığı derinlikleri göstermektedir. Bu tabloda eksi (-) değerler formülüzasyondaki işlemler sonucunda gelmektedir. Analiz sonuçları yapılırken 1'in altındaki değerler olarak kabul edilmiştir.

Tablo 10. Geleneksel yöntemlere bağlı sıvılaşma analiz sonuçları

Profil No	Z	M=5.2 Akçaabat	M=5.5 Giresun	M=5.5 Gürcistan	M=6.8 Erzincan	M=7.9 Erzincan
1	1,5	0,725426	0,563285	0,253687	0,054863	0,005368
1	3	0,834821	0,792031	0,554422	0,150969	0,029919
1	4,5	6,361914	6,035822	4,225075	1,150486	0,228001
1	6	-1,81655	-1,72344	-1,20641	-0,3285	-0,0651
1	7,5	-21,455	-20,3553	-14,2487	-3,87991	-0,76891
1	9	-41,8737	-39,7274	-27,8091	-7,57242	-1,50068
1	10,5	-172,017	-163,2	-114,24	-31,1076	-6,16483
1	12	320,2492	303,8342	212,6839	57,91374	11,47721
1	13,5	170,5489	161,8071	113,265	30,842	6,112196
2	1,5	155,7529	147,7695	103,4387	28,1663	5,581933
2	3	-1,34447	-1,27556	-0,89289	-0,24313	-0,0475
2	4,5	5,717646	5,424577	3,797204	1,033977	0,179077

2	6	19,73392	18,72242	13,1057	3,568675	0,567889
2	7,5	7,420252	7,039913	4,927939	1,341876	0,302273
2	9	-152,615	-144,792	-101,355	-27,5988	-2,72915
2	10,5	-287,667	-272,922	-191,046	-52,0216	-2,84272
2	12	271,6782	257,7528	180,427	49,13019	-6,5161
2	13,5	177,4242	168,33	117,831	32,08533	8,237795
3	1,5	163,2423	154,875	108,4125	29,52067	5,876855
3	3	0,463271	0,439525	0,307667	0,083778	-1,0188
3	4,5	-3,21693	-3,05204	-2,13643	-0,58175	-2,25587
3	6	27,97164	26,5379	18,57653	5,05838	1,256812
3	7,5	25,71965	24,40134	17,08094	4,651131	-1,209
3	9	-44,4063	-42,1302	-29,4911	-8,03043	-1413,24
3	10,5	-432,878	-410,69	-287,483	-78,2815	16,26967
3	12	267,5182	253,8061	177,6642	48,3779	6,670925
3	13,5	185,0763	175,5898	122,9129	33,46912	6,679277
4	1,5	193,8821	183,9443	128,761	35,06157	7,409392
4	3	1,26062	1,196004	0,837203	0,22797	-0,61115
4	4,5	-3,11639	-2,95665	-2,06965	-0,56357	-2,23839
4	6	16,02481	15,20343	10,6424	2,897921	0,005478
4	7,5	46,31198	43,93817	30,75672	8,375041	0,662435
4	9	30,51838	28,9541	20,26787	5,518932	-710,737
4	10,5	-172,6	-163,753	-114,627	-31,2129	8,959898
4	12	497,6171	472,1108	330,4776	89,9889	8,470711
4	13,5	227,7287	216,056	151,2392	41,18237	6,798454
5	1,5	150,9378	143,2011	100,2408	27,29553	5,448428
5	3	6,696827	6,353568	4,447498	1,211052	1,641278
5	4,5	3,354588	3,182643	2,22785	0,606643	-0,80824
5	6	12,63854	11,99073	8,393509	2,285549	-0,35496
5	7,5	23,69214	22,47775	15,73443	4,284478	-1,23274
5	9	18,03322	17,1089	11,97623	3,261122	-46,1345
5	10,5	-81,672	-77,4858	-54,24	-14,7695	9,023054
5	12	430,6889	408,6131	286,0292	77,88561	7,416628

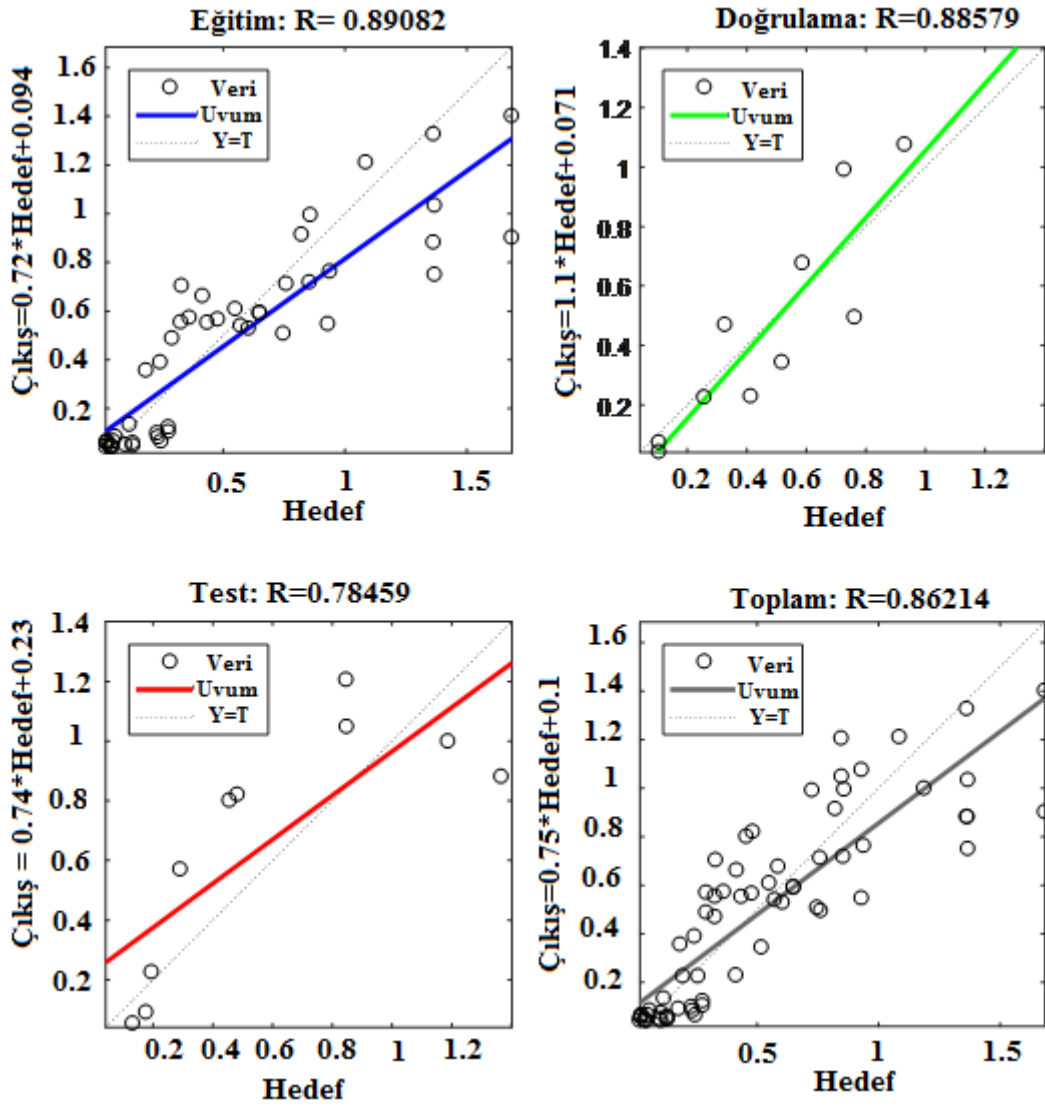
5	13,5	310,0552	294,1627	205,9139	56,07027	6,978303
6	1,5	219,6358	208,378	145,8646	39,71886	5,642332
6	3	1,805499	1,712955	1,199068	0,326506	-0,36835
6	4,5	5,445387	5,166273	3,616391	0,984742	-0,41635
6	6	6,819207	6,469675	4,528773	1,233183	-0,99651
6	7,5	4,298948	4,078597	2,855018	0,77742	-3,26348
6	9	-21,0337	-19,9556	-13,9689	-3,80373	-85,9753
6	10,5	-178,952	-169,78	-118,846	-32,3616	9,617162
6	12	322,3608	305,8375	214,0863	58,2956	6,294318
6	13,5	170,7093	161,9593	113,3715	30,87101	5,550549
7	1,5	153,7696	145,8879	102,1215	27,80765	5,526559
7	3	1,902371	1,804862	1,263403	0,344024	-0,28582
7	4,5	1,902131	1,804634	1,263244	0,343981	-0,02838
7	6	-8,1543	-7,73634	-5,41544	-1,47462	0,343686
7	7,5	-0,71264	-0,67611	-0,47328	-0,12887	0,611094
7	9	9,180172	8,709625	6,096737	1,660139	-0,136
7	10,5	17,43353	16,53994	11,57796	3,152674	-0,24137
7	12	-4,16262	-3,94925	-2,76448	-0,75277	-2,06368
7	13,5	-7,96618	-7,55786	-5,2905	-1,4406	0,506716
8	1,5	-73,8683	-70,0821	-49,0574	-13,3583	0,219979
8	3	19,79747	18,78272	13,1479	3,580168	0,058617
8	4,5	7,251213	6,879538	4,815677	1,311307	-0,07325
8	6	1,635585	1,55175	1,086225	0,295779	0,388448
8	7,5	-2,0439	-1,93914	-1,3574	-0,36962	-0,0643
8	9	10,8389	10,28333	7,198329	1,960102	-0,33335
8	10,5	-1,79407	-1,70211	-1,19147	-0,32444	-0,35824
8	12	-9,30152	-8,82475	-6,17733	-1,68208	-0,14153
8	13,5	-9,99612	-9,48375	-6,63862	-1,80769	-0,08711

4.3.2. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi

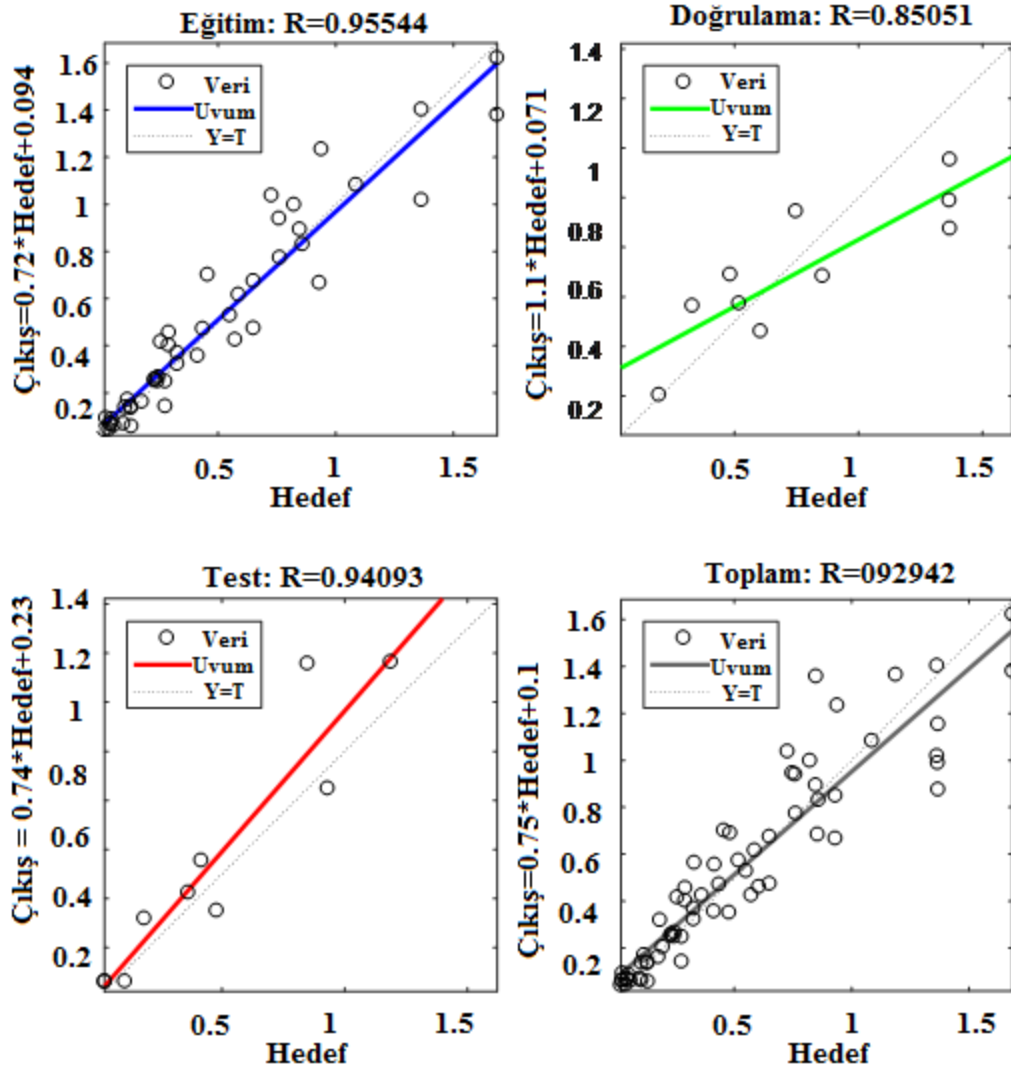
Bu çalışma kapsamında YSA yöntemi MATLAB (2014) programı kullanılarak yapılmıştır. Sıvılaşma analizinde 2 katman, ağ yapısı modellerinden geri beslemeli ağ yapısı, öğrenme metotlarından danışmanlı öğrenme metodu, aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant-sigmoid fonksiyonu ve eğri yuvarlatma formülü olarak ise Levenberg Marquardt Algoritması kullanılmıştır. Eğitim seti sayısı 66, test seti sayısı 9 olarak seçilmiştir.

YSA ile sıvılaşma analizi işleminde girdi olarak derinlik (z), magnitüd (M_w), ivme (a_{max}), gerilim azalım katsayısı (rd), P-dalga hızı (V_p), S-dalga hızı (V_s), elastisite modülü, kayma modülü, poisson oranı ve nümerik olarak hesaplanan efektif gerilme parametreleri kullanılmıştır. Analiz yapılmadan önce verilere normalizasyon yapılmıştır. Normalizasyonun amacı her bir parametre için minimum ve maksimum değerlere uygun işlem yapılarak çıkış parametresinin (+1) ile (-1) arasında değer almasını sağlamaktır. Böylelikle çıkış vektöründe 1 değerini alanlar sıvılaşabilir, -1 değerini alanlar ise sıvılaşmaz olarak nitelendirilmiştir. YSA sistem gereği en uygun sonuçları elde edebilmek için hata miktarını minimize etmek gerekmektedir. Nöron sayısı olarak 5, 10 ve 20 nöron sayıları kullanılmıştır.

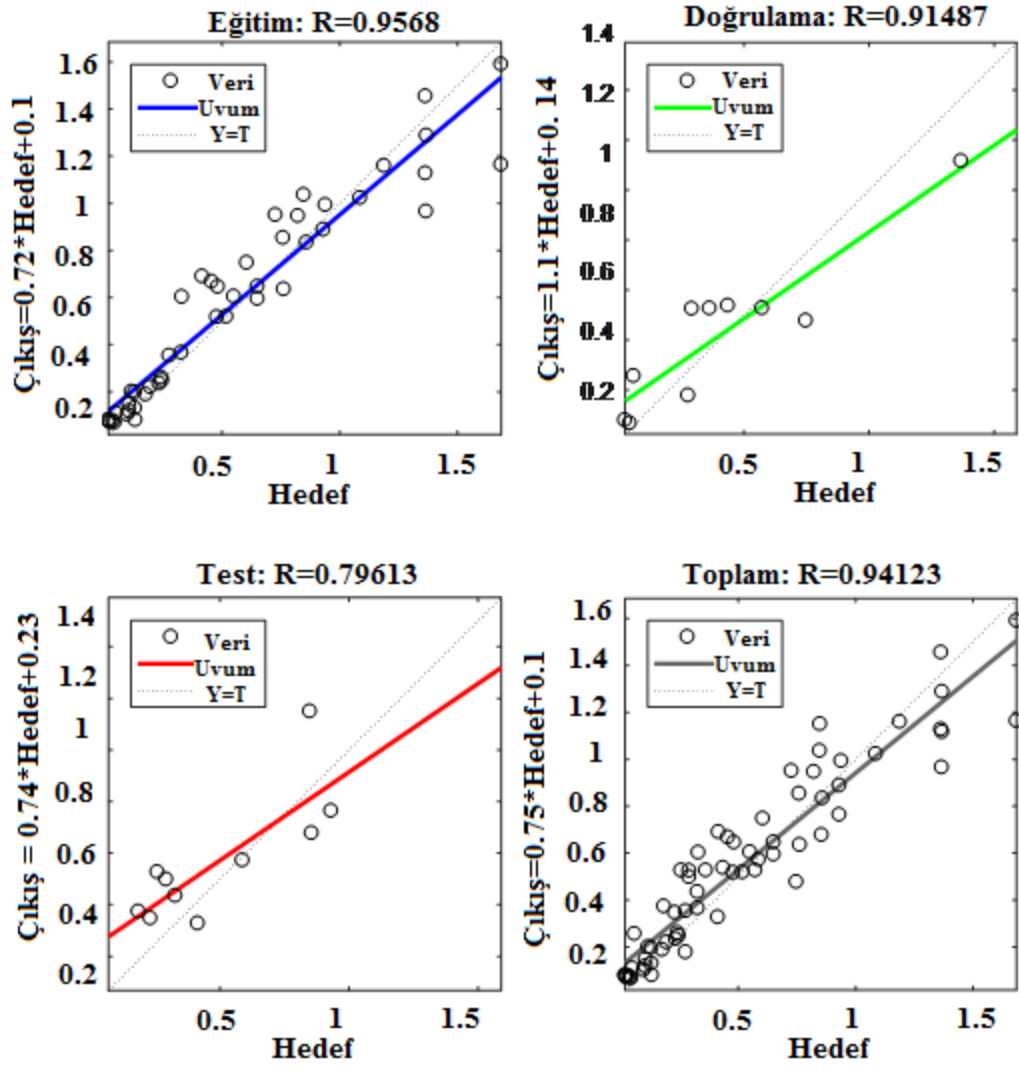
EK 4'te verilen girdi vektörü kullanılarak 5 nöron (Şekil 4.48), 10 nöron (Şekil 4.49) ve 20 nöron (Şekil 4.50) sayıları için oluşturulan geri beslemeli yapay sinir ağı modellerinin sonuçları aşağıda verilmektedir. Nöron sayısına göre elde edilen YSA sonucunda eğitim adımı, doğrulama adımı, test adımı ve bu üç adımın ortalama uyumu yüzde olarak elde edilmektedir.



Şekil 4.48. 5 nöronlu eğitim setli YSA sonucu



Şekil 4.49. 10 nöronlu eğitim setli YSA sonucu



Şekil 4.50. 20 nöronlu eğitim setli YSA sonucu

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Trabzon ili Araklı ilçesinin sahil kesiminde pilot olarak seçilen bir alanda olası sıvılaşma potansiyelinin analizi kapsamında, 8 profilde sismik kırılma ve MASW, 6 profilde ERT, 14 noktada ise Mikrotremor ölçümleri alınmıştır. Bununla birlikte sahada daha önce yapılmış olan 15 adet sondajın verileri sıvılaşma analizinde kullanılmıştır. Ayrıca sıvılaşma analizinde kullanmak amacıyla farklı lokasyonlarda ve farklı magnitüde meydana gelmiş 5 adet deprem için ivme-şiddet haritaları hazırlanmıştır. Son olarak ise son yıllarda mühendislik çalışmalarında kullanımı gittikçe artan yapay sinir ağları kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmış ve sonuçları geleneksel yöntemlerle yapılan sıvılaşma analizleri ile kıyaslanmıştır.

Çalışma alanında yapılan 15 adet sondajın tamamında zeminin 15 m derinliğine kadar alüvyon (kum boyutunda materyaller) malzemedен oluştuğu gözlenmiştir. Sondajlardan YASS'nin 3 m civarında olduğu belirlenmiştir.

Jeofizik yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre 1. profilin ortalama V_{S30} hızı 200 m/s ve yer altı su seviyesi (YASS) 3.5 m; 2. profilin ortalama V_{S30} hızı 205 m/s ve YASS 3.5m; 3. profilin ortalama V_{S30} hızı 178 m/s ve YASS 5.0 m; 4. profilin ortalama V_{S30} hızı 200 m/s ve YASS 5m; 5. profilin ortalama V_{S30} hızı 237 m/s ve YASS 4.5 m; 6. profilin ortalama V_{S30} hızı 202 m/s ve YASS 5 m; 7. profilin ortalama V_{S30} hızı 147 m/s ve YASS 3.5 m; 8. profilin ortalama V_{S30} hızı 162 m/s ve YASS 3.5 m olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 8 profil için V_p kesitleri incelendiğinde sırasıyla üst tabakanın ortalama hızı ve derinliği 350-900 m/s ve 3-4 metre olan bir dolgu tabakası görülmektedir. Sadece 7 ve 8. profilde dolgu kalınlığı diğer profillere göre daha fazla çıkmaktadır. Dolgu tabakasının altında ise ilk 6 profilde derinliği yaklaşık 10-11 metrelere kadar inen, ortalama V_p hızı yaklaşık 1400 m/sn olan bir tabaka yer almaktadır. 7-8. profilde ise yaklaşık 20 metrelerden bilgi alınmış olup bu iki profilde de ortalama V_p hızı 1400 m/sn olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre çalışma alanının büyük bir kısmında yer altı su seviyesinin yeryüzüne yakın olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma alanında elde edilen V_p hızları ortamın suya doymuş olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca aynı profillerden elde edilen V_s hızları da bunu desteklemekte olup, zeminin suya doymuş gevşek olduğu göstermektedir. V_p ve V_s hızlarından hesaplanan ve ortamın sıklık katılığı hakkında önemli bilgi veren Poisson oranları 0.33-0.5 arasında hesaplanmıştır (EK-2). Poisson oranı değerleri de yüksek olup

ortamın suya doygun gevşek malzemeden oluştuğunu göstermektedir. Sismik yöntemlerden elde edilen YASS ile sondajlardan elde edilen YASS birbirine yakın olmakla beraber bazı profillerde ufak değişimler söz konusudur. Bunun da temel nedeni sismik ölçümler ve sondajların farklı dönemlerde yapılması nedeniyle YASS zamana ve mevsime bağlı olarak değişim göstereceğidir. YASS yer altından 15 m derinlik içinde bulunduğu sınırlama potansiyeli olduğu için çalışma alanının (YASS=3.5-5m arasında sismik hızlardan, YASS=3m sondajlardan) sınırlama riskinin yüksek olduğu söylenebilir.

ERT kesitlerinden de hem dolgu tabakası kalınlığı hem de yeraltı su seviyesi belirlenebilmiştir. Ayrıca bu kesitlerde tatlı su-tuzlu ayırımı da yapılabilmektedir. ERT sonuçlarına göre dolgu kalınlığı genel olarak 3-4 metre derinliğinde değişmekte olup doğuya doğru bu kalınlığın arttığı yer yer 5-6 metrelere kadar çıktığı görülmektedir. Yer altı su seviyesi ve tuzlu su girişimleri açısından ERT kesitleri incelendiğinde, 1. profilde YASS yaklaşık 3 m civarındadır. Tuzlu su girişimi ise hattın ortalarından sonra başlamakta ve yüzeye doğru bir girişim yapmaktadır. Ayrıca bu profilde özdirenci oldukça dolgu tabakası içinde yer alan dairesel şekilli yüksek özdirençli bir anomali görülmektedir. Bu anomalinin yapısı dikkate alındığında yapay bir boşluk olduğu düşünülmektedir. 2. Profilde YASS yaklaşık 3-4 m, tuzlu su girişimi ise ilk olarak 2 metrelerde gözlenmektedir. Ancak bu alan nispeten küçük olup, asıl tuzlu su girişiminin etkisi 7-7.5 metrelerden başlamaktadır. 3. profilde YASS 4-5 m civarında olup, tuzlu su girişimi ise kısmen 5.5 metrelerde. Bununla birlikte, asıl tuzlu su etkisi yaklaşık 9 metreden itibaren başlamaktadır. 4. Profilde YASS 4 metrelerde, tuzlu su girişimi ise ortalama 9 m seviyelerindedir. 5. profilde yaklaşık YASS 6-6.5 m ve tuzlu su girişimi ise 12-13 metre derinliklerinde görülmektedir. Son olarak 6. profilde ise YASS 6.5 m, tuzlu su girişimi de 11 metreler civarındadır. ERT uygulamasından elde edilen YASS (3-6.5 m) ile MASW (3.5-5 m) yönteminden elde edilen ortalama YASS kıyaslandığında sonuçların birbirini desteklediği görülmektedir.

Mikrotremor yönteminden elde edilen H/V ve f değerlerinden hem sismik vulnerability index K_g değeri hesaplanmıştır (Tablo 8) hem de zemin sınıfı Z4 olarak belirlenmiştir (Tablo 9). Ayrıca sismik yöntemlerden elde edilen kayma dalga hızı (V_s) değerine bağlı olarak Eurocode-8'e göre zemin sınıflandırması ile mikrotremor yönteminden elde edilen periyot (T) değerlerine bağlı Kanai & Tanaka (1961) zemin sınıflamasına göre zemin sınıflandırması kıyaslandığında, zemin türünün kumlu alüvyonal olduğu belirlenmiştir. Nakamura (1997) K_g değerinin 20'den büyük olduğu noktalarda

sıvılaşma riskinin bulunduğunu belirtmektedir. Buna göre 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14 nolu mikrotremor noktalarında sıvılaşma riskinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu da çalışma alanının büyük bir bölümünün sıvılaşma riski taşıdığını göstermektedir.

Seçilen 5 büyük deprem için hazırlanan ivme – şiddet haritalarından çalışma alanının a_{max} değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler göz önünde bulundurularak geleneksel yöntemlerle sıvılaşma analizi yapılmıştır. Bu haritalara göre deprem büyüklüklerine göre çalışma alanında oluşan ivme değerlerini sıralayacak olursak; 0.023g, 0.021g, 0.03g, 0.064g, 0.22g'dir. Geleneksel yöntemlerden elde edilen bu sonuçlara göre sıvılaşma riski bulunan derinlikler kırmızı dolgulu alanlar olarak Tablo 10'da verilmiştir. 1 Ocak'ta yürürlüğe girecek olan AFAD Deprem Tehlikesi haritasına baktığımızda Trabzon'un deprem riskinin arttığı görülmektedir. Haritaya göre de Trabzon ve çevresinin ivme değerleri yaklaşık olarak 0.2g dir ve doğuya gidildikçe bu değer artmaktadır. Ayrıca bu haritada hesaplama yapılırken ortalama $(V_s)_{30}$ değeri 760 m/sn olarak alınmıştır. Çalışma alanında yapılan MASW uygulaması sonuçlarına göre ise en yüksek ortalama $(V_s)_{30}$ değerinin 237 m/sn olduğu görülmektedir. Bu durumda yerel zemin koşulları dikkate alındığı büyütme değeri artacağından dolayı bölgeye etkiyecek kuvvette artacaktır. Çalışma alanına yakın olan Kuzey Anadolu Fayında bugüne kadar meydana gelen en yüksek deprem 7.9 Erzincan depreminin Trabzon'da oluşturduğu a_{max} değeri 0,22 g'dir. Bu değerde yerel zemin koşulları da dikkate alınırca sıvılaşma riskinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Bayrak ve Türker (2017), yılında yaptıkları çalışmada Tokat-Erzincan arasında kalan bölgenin yüksek deprem aktivitesi taşıdığı ve önümüzdeki 100 yıl içerisinde 7.8 büyüklüğünde bir depremin olma olasılığının %90 olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuca göre de bu alanda meydana gelebilecek bu büyüklükteki bir deprem çalışma alanında ciddi bir sıvılaşma riskinin olabileceğini göstermektedir.

Jeofizik yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanında yaklaşık 20 metrelerden hem sismik hem de elektrik yöntemle bilgi alınmasına rağmen, bu derinliğe kadar ana kaya görülmemiştir. Bu sonuçları Mikrotremor verilerinden elde edilen frekans değerlerinin de çok düşük çıkması (ilk ölçüm nokta hariç $f=0.7-1.6$ Hz arasında) desteklemektedir. Frekans değerlerinin bu aralıkta çıkması zemin sınıflamasına göre 30m ve daha fazla alüvyon kalınlığını göstermektedir. Elektrik özdirenç, V_p ve V_s hızlarından yeraltı su seviyesi ve yine elektrik özdirenç kesitlerinden tuzlu su girişimi net olarak belirlenmiştir. Hem V_p hem de V_s hız değerlerine göre zemin oldukça gevşek ve suya doymuş bir yapı göstermektedir. Sondaj verilerinden bulunan yeraltı suyu seviyesi ile

Jeofizik ölçümlerinden elde edilen sonuçlar birbirine desteklemektedir. Ayrıca genel jeoloji ve sondajdan elde edilen bilgilerden çalışılan alanın zeminin alüvyonal malzemeden oluştuğu, jeofizik yöntemlerden elde edilen bilgilerin ise bunlar ile uyumlu olduğu görülmektedir.

YSA'da ise girdi parametresi olarak Tablo 21'de gösterilen veriler kullanılmıştır. Bu verilere ek olarak test vektörü verilmiştir ve ağ yapısı iki katmanlı olarak belirlenmiştir. İşlem sürecinde ilk olarak nöron sayısı 5 alınmıştır ve uyum %86 olarak elde edilmiştir. Daha sonrasında nöron sayısı 10 olarak seçilmiştir ve uyum %92 çıkmıştır. Son olarak ta 20 nöron seçilerek uyum %94 olarak hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra nöron sayısını artırmak bize hata toleransında bozulmaya sebep olduğundan işlem 20 nöronda sonlandırılmıştır. Uygulamada nöron sayısına bağlı olarak hesaplanan hata miktarları sırasıyla 0.13, 0.19 ve 0.05'dir. Elde ettiğimiz hata oranı düşük, uyum miktarı yüksek olmasına rağmen veri sayısının daha fazla artırılması daha iyi bir sonuca varmamızı sağlayacaktır. Sonuç olarak Yapay Sinir Ağları yönteminin sıvılaşma riskinin belirlenmesinde geleneksel yöntemler kadar iyi sonuçlar verdiğini ve sıvılaşma riskinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu şekilde daha kolay ve ucuz yöntemler kullanılarak uygun modeller ile sıvılaşma potansiyeli daha hızlı belirlenebilmektedir.

Yapılan tüm çalışmalarının ortak değerlendirilmesi sonucunda, çalışılan alanın özellikle 3-9 m derinlikler civarında önemli bir sıvılaşma riski taşıdığı belirlenmiştir. Bu derinlikler dışında kalan alanlarda ise deprem büyüklüğüne bağlı olarak sıvılaşma riski değişim göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre sıvılaşma türü açısından çalışma alanı çok az eğimli bir bölge olduğu için devirsel hareketlilik türünde bir sıvılaşma gerçekleşebileceği öngörülmektedir. Ayrıca çalışma alanında elektrik özdirenç verilerine göre ciddi bir tuzlu su girişimi varlığı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma alanında ve bu alana benzer jeolojik birimlerin olduğu alanlarda yapılacak olan yeni binaların tasarımında hem sıvılaşma riski hem de tuzlu su varlığı dikkate alınmalıdır. Çalışma alanında bulunan mevcut yapıların ise bu açıdan yeniden değerlendirilmesi, ileride meydana gelebilecek tehlikelerin önlemesine katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası, T.C. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı.
- Aki, K., 1957. Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bulletin of the Earthquake Research Institute, 35, 415-456.
- Aki, K., 1982. Three-dimensional seismic inhomogeneities in the lithosphere and asthenosphere, Rev. Geophys. Space Phys., 20, 161-70.
- Akkaş, Ü., 2006. Sıvılaşma Potansiyeli Etkilerinin Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Aksoy, G., 2011. Arhavi (Artvin) ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ambraseys, N.N., Simpson, K.A., Bommer, J.J., 1996. Prediction of Horizontal Response in Europe. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25, 371-400.
- Andrus, R.D. and Stokoe II, K.H., 2000. Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering , Vol. 126, Issue 11 (November 2000), ASCE.
- Ansal A., Ögünç G., 1981. “Dinamik Üç Eksenli Sıvılaşma Deneyleri ve Tekrar Sıvılaşma”, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 8 (35) ,61-82.
- Bayrak, Y., and Türker, T. 2017. Evaluating of the earthquake hazard parameters with Bayesian method for the different seismic source regions of the North Anatolian Fault Zone. Nat Hazards, 85:379–401.

- Beroya M.A.A, Aydin A, Tiglao R, Lasala M. 2009. Use of microtremor in liquefaction hazard mapping. *Engineering Geology* 107, 140–153.
- Casagrande, A., 1936. Characteristics of Cohesionless Soils Affecting the Stability of Slopes and Earth Fills. *Journ. of the Boston Society of Civil Engineers*.
- Casagrande, A., 1938. Notes on Soil Mechanics – First Semester, Harvard University, 129 pp.
- Castro, G. 1969. Liquefaction of sands, Harvard Soil Mechanics Series, No.87, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.
- Clayton, R. W., 1984. Seismic tomography, *Eos Trans. Am. Geophys. Union* 65, 236.
- Dere, A., 2009. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi ve Adapazarı İçin Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Division of Mines and Geology, 1997. “Guidelines for Evaluating and Mitigating Seismic Hazards in California”, Special Publication 117. Department of Conservation, Division of Mines and Geology, California.
- Doğan, H.M., 2015. Sismik Sıvılaşma Mekanizması ve Buna Bağlı Oluşan Deformasyonların İncelenmesi: Adapazarı Bölgesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Gebze.
- Duman, E. S., 2013. Erzincan il merkezi ve çevresindeki zeminlerin standart penetrasyon deneyi verileri kullanılarak sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Efe, M. Ö., Kaynak, O., 2000. Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.

Elmas, Ç., 2003. Yapay Sinir Ağları. İstanbul, Seçkin Yayıncılık.

Erdik, M., Eren, K., 1983. Attenuation of intensities for earthquakes associated with the North Anatolian Fault, Middle East Technical University, Earthquake Research Center, Ankara.

Eurocode 8, prEN 1998-1 : 2003, Design of Structures for Earthquake Resistance, Comité Européen Normalisation, Brussels.

Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Three axial extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey), *Geologica Carpathica*, 57, 5, 337-346.

Figueora, J. L., Adel, S. S., Liang, L., and Dahisaria, N., 1994. "The Principles of Energy Convergence in Accordance with the Determination of Liquefaction" *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol 120, pp 1554-1569.

Goh, A. T., 1994. Seismic Liquefaction Potential Assessed by Neural Network. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol 119, 1467-1481.

Goh, A. T., 2002. Probabilistic Neural Network for Evaluating Seismic Liquefaction Potential. *Canadian Geotechnical Journal*, 39, 219-232.

Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250.000 ölçekli kompilasyonu. MTA Yayınları, Ankara, Türkiye.

Hamzaçebi, C., 2011. Yapay Sinir Ağları Tahmin Amaçlı Kullanımı, Ekin Yayınevi, Ankara.

Huang H.C. and Tseng Y.S. 2002. Characteristics of soil liquefaction using H/V of microtremors in Yuan-Lin area, Taiwan. *TAO*, 13(3): 325–338.

- Idriss, I.M. ve Seed, H.B. , 1968. “Seismic Response of Horizontal Soil Layers”, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 94(SM4), 1003-1029.
- Ishihara K., 1984. “ Post-Earthquake Failure of a Tailings Dam Due to Liquefaction of the Pond Deposit”, in Proceedings of the International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, 3, 1129-1143, Missouri USA, 6 May.
- Ishihara, K., 1985. Stability of Natural Deposits During Earthquakes, Proceedings of the Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 11, 321-376.
- Ishihara, K., 1996. Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics, The Oxford Engineering Science Series, Oxford, England.
- Iwasaki, T. 1986. Soil Liquefaction studies in Japan. Soil Dynamics and Earthquake Engineering vol:5 no:1 January.
- Kanai, K., Tanaka, A.T., Oada, K., 1954. On microtremors, Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 32.
- Kanai, K., Tanaka A.T., 1961. On microtremors VII, Bulletin of the Earthquake Research Institute, 39, 97-114.
- Kaya, T., 2013. Yapay Sınır Ağları Yöntemi İle Heyelanlarda Stabilité Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Keskin, S., Pedoja, K. ve Bektaş, O., 2011. Coastal Uplift along the Eastern Black Sea Coast: New marine tarrace data from eastern Pontides (Turkey) and a review, Journal of Coastal Research, 27, 6, 63-73.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, 66, 20-43.

- Koç, G., 2007. Gölcük ve Çevresinin Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Kramer, S.L., 1996. Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice-Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics.
- Mollamahmutoğlu, M., ve Babuçcu, F., 2006. Zeminlerde Sıvılaşma Analizi ve İyileştirme Yöntemleri, Gazi Kitapevi.
- Liao, S., S., C. ve Whitman, R., V., 1986. Catalogue of Liquefaction and Non-Liquefaction Occurrences During Earthquakes, Research Report, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass, 234 s.
- Loke, L., Robertson, T., 2010. Studies of Dancers: Moving from Experience to Interaction Design, International Journal of Design, 4(2), 1-16.
- MATLAB, 2014. Documentation Neural Network Toolbox Helo, The Math Works, Inc.
- Mollamahmutoğlu, M., Babuçcu, F., 2006, Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Eylül 2006.
- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of sub-surface using microtremor on the ground surface, Quarterly Report of Railway Technical Research Institute, 30, 1 , 25-33.
- Nas, M., 2013.“Trabzon Akyazı Sahil Dolgu Alanı Zeminlerinde Sismik Kaynaklı Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- National Center for Earthquake Engineering Reserarch, 1997. “Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, NCEER-97-0022, 276 p.,Buffalo, New York, U.S.A.

- Nazarian, S. And Desai, M.R., 1993. Automated surface wave method: Field testing: Journal of Geotechnical Engineering, v. 119, p. 1094-1111.
- Nogoshi, M., Igarashi, T., 1971. On the Amplitude Characteristic of Microtremor, Part II, Journal of Seismic Society of Japan, 24, 26-40.
- Nakamura, Y., 1997. Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures Using Microtremor, World Congress on Railway Research, Florence, Nov. 1997, 3-4.
- Önder, N.D., 2010, "Sıvılaşma Nedeniyle Oluşan Yanal Yayılmanın Bir Yapay Sinir Ağı Modeli İle Değerlendirilmesi" , Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Özmen, B., 2001, Kastamonu İlinin Deprem Selliği ve Deprem Tehlikesi, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı 7-10 Mayıs, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Palacios, A., 1977. Theory and measurements in SPT, DSc Thesis, UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
- Park, C.,B., Miller, R.,D., and Xia, J., 1999. Multi-channel analysis of surface waves: Geophysics, v. 64, p. 800-808.
- Rao, T.G., Apparao, A., 1974. Depth Of Investigation In Resistivity Methods Using Linear Electrodes, European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE), 211-223.
- Rezaei S. and Choobbasti A.J. 2014. Liquefaction assessment using microtremor measurement, conventional method and artificial neural network (Case study: Babol, Iran). Front. Struct. Civ. Eng. 8(3): 292–307.
- Robertson, P.K., Woeller, D.J., Finn, W.D.L. 1992. Seismic Cone Penetration Test for Evaluating Liquefaction Potential Under Cyclic Loading. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 29, 686- 695.

- Schmertmann, J.H., 1979. Energy Dynamics of SPT, Journal of the Geotechnical Engineering Division, Vol. 105, No. GT8, pp. 909-926.
- Seed, H. B., and Idriss, I. M., 1971. "Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential" Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol.97, SM9, pp. 1249-1273.
- Seed, H. B., 1966. A Method for Earthquake Resistant Design of Earth Dams, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 92, 13-41.
- Seed, H.B., Idriss I. M., 1967. Analysis of Soil liquefaction-Niigata Eartquake, ASCE, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 93: 83-108.
- Seed, H. B., and Idriss I. M., 1971. Simplified Procedure For Evaluating Soil Liquefaction Potential . Journal of the Soil Mechanics and Division, ASCE 97(SM9), 1249-1273.
- Seed, H.B. , 1976. Soil Liquefaction and Cyclic Mobility Evaluation for Level Ground During Earthquakes, ASCE, Journal of the Geotechnical Engineering Division 105: 201–255.
- Seed, H. B., 1985. Moduli and Damping Factors for Dynamic Analyses of Cohesionless Soils,. Geotechnical Testing Journal.
- Sevimli, C., 2010. Elektrik Özdirenç Yöntemiyle Dolguların Belirlenmesi, Jeofizik Mühendisliği Lisans Bitirme Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1-14.
- Sykora, D. W. 1987. Cretation of a Data Base of Seismic Shear Wave Velocities for Correlation Analysis. Geotechnical Laboratory Miscellaneous Paper GL87-26, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Şen, Z., 2004. Yapay Sinir Ağları ve İlkeleri, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

Şengör, A., M., C., Görür, N. ve Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study, in: Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation, Ed:K., T., Biddle ve N. Christie-Blick, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 37, 227-264.

Terzaghi, K., 1925. Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage. Vienna, Deuticke.

Tezcan, S.S., Özdemir, Z., 2004. " Liquefaction Risk Analysis and Mapping Techniques", Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı Yayınları , ISBN: 975-93005-1-6, İstanbul.

Tokimatsu, K., ve Yoshimi, Y. 1983. Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT-N value and fines content: Soil Mechanics and Foundations,23-4, 56-74.

Towhata, I., 2008. Geotechnical Earthquake Engineering. Springer, Berlin, pp. 331-333.

Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.

Ural, D., Saka H., 1998. Liquefaction Assesment by Artificial Neural Networks,EJGE, Volume 3, 130-135.

URL – 1 : <http://insaat.balikesir.edu.tr/dokumanlar/gdm/geo7.pdf>

URL – 2 : <http://www.movea.com.tr/zeminde-sivilasma-nedir/>

URL – 3 : <http://www.zeminarastirma.com/zemin-etudu/spt-standart-penetrasyon-deneyi/>

URL – 4 : <https://fizikdersi.gen.tr/deprem-dalgaları-sismik-dalgalar-nedir/>

URL – 5 : <https://www.slideshare.net/turumaji/jeofizikte-elektrik-yntemler>

- Uyanık, O., Taktak, A.G., 2009. Kayma Dalga Hızı ve Etkin Titreşim Periyodundan Sıvılaşma Çözümlemesi için Yeni Bir Yöntem, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13-1 (2009), 74-81.
- Uyanık, O., Ekinci, B., Uyanık, N.A., 2013. Liquefaction Analysis From Seismic Velocities and Determination of Lagoon Limits Kumluca/Antalya Example, Journal of Applied Geophysics, 95(2013), 90-103.
- Uyanık, O., 2016. Dinamik Yöntemlerle Zemin Sıvılaşma Analizi, JFMO Eğitim Yayınları, No. 24, Mattek Matbaa, Ocak 2016, Ankara.
- Wang, J., Rahman, M. S., 1999. A neural Model for Liquefaction-Induced Horizontal ground displacement. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, , 555- 568.
- Yeken, T., vd. , 2014, “Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ile Aksaray İli Alkinkaya Kasabası İlköğretim Okulunda Hasar Tespiti Çalışmalarının Yapılmasında Vaka Analizi”, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 16(2).
- Youd, T., L. and Gilstrap, S.D., 1999. Liquefaction and Deformation of Silty and Fine-Grained Soils, Earthquake Geotechnical Engineering, 2nd-3rd, Balkema, Rotterdam, 1013-1020.
- Youd, T.L et al. (2001).“Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of Soils” Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.127, No.10, pp.817-832.

7. EKLER

EK -1 : Arazi Fotoğrafları





EK-2 : Jeofizik Sıvılaştırma Analiz verileri

Tablo 11. M=5.2 Akçaabat-Trabzon depremine ait jeofizik sıvılaştırma analiz verileri

Z	Mw	a_{max}	rd	V_p	V_s	E	G	PO	γ	ρ	σ	σ'	T	V_{sc}	MSF	KDO	KGO
1,5	5,2	0,023	0,99	350	178	1350	509	0,33	17,5	1,61	1183	26	0,28	353	2,55	0,09	0,1
3	5,2	0,023	0,99	750	234	2725	942	0,45	17,5	1,72	1183	79	0,28	353	2,55	0,22	0,03
4,5	5,2	0,023	0,99	1000	173	1418	478	0,48	17,5	1,6	1183	125	0,28	232	2,55	-	0,02
6	5,2	0,023	0,99	1100	134	802	269	0,49	17,8	1,5	1183	186	0,28	163	2,55	-	0,01
7,5	5,2	0,023	0,99	1200	163	1245	418	0,49	17,5	1,57	1183	262	0,28	182	2,55	-	0,01
9	5,2	0,023	0,99	1350	193	1820	611	0,49	17,5	1,64	1183	354	0,28	200	2,55	-	0,01
10,5	5,2	0,023	0,99	1500	193	1822	611	0,49	17,5	1,64	1183	461	0,28	187	2,55	1,89	0,01
12	5,2	0,023	0,99	1650	200	1976	662	0,49	17,5	1,65	1183	584	0,28	183	2,55	0,8	0
13,5	5,2	0,023	0,99	1700	201	1999	669	0,49	17,5	1,66	1183	721	0,28	174	2,55	0,59	0
1,5	5,2	0,023	0,99	500	100	412	139	0,48	17,6	1,39	1216	26	1,41	198	2,55	-	0,11
3	5,2	0,023	0,99	700	229	2585	898	0,44	17,6	1,71	1216	79	1,41	345	2,55	0,2	0,04
4,5	5,2	0,023	0,99	1000	300	4781	1648	0,45	17,6	1,83	1216	125	1,41	403	2,55	0,44	0,02
6	5,2	0,023	0,99	1100	236	2835	961	0,48	17,6	1,72	1216	186	1,41	287	2,55	0,11	0,02
7,5	5,2	0,023	0,99	1200	60	132	44	0,5	17,7	1,22	1216	263	1,41	67	2,55	-	0,01
9	5,2	0,023	0,99	1300	128	725	242	0,5	17,6	1,48	1216	355	1,41	132	2,55	-	0,01
10,5	5,2	0,023	0,99	1400	262	3601	1215	0,48	17,6	1,77	1216	462	1,41	254	2,55	1,65	0,01
12	5,2	0,023	0,99	1500	262	3607	1215	0,48	17,6	1,77	1216	584	1,41	239	2,55	0,85	0
13,5	5,2	0,023	0,99	1600	234	2806	942	0,49	17,6	1,72	1216	722	1,41	203	2,55	0,63	0
1,5	5,2	0,023	0,99	1600	165	1283	429	0,49	17,9	1,58	1216	27	1,41	325	2,55	0,05	0,1
3	5,2	0,023	0,99	450	135	793	273	0,45	17,9	1,5	1208	81	2,09	202	2,55	-	0,03
4,5	5,2	0,023	0,99	550	339	5180	2170	0,19	17,8	1,89	1208	126	2,09	454	2,55	0,61	0,02
6	5,2	0,023	0,99	650	300	4498	1648	0,36	17,9	1,83	1208	188	2,09	364	2,55	0,38	0,01
7,5	5,2	0,023	0,99	750	159	1166	395	0,48	17,9	1,56	1208	264	2,09	177	2,55	-	0,01
9	5,2	0,023	0,99	850	91	336	113	0,49	17,9	1,36	1208	356	2,09	94	2,55	-	0,01
10,5	5,2	0,023	0,99	950	278	4036	1389	0,45	17,9	1,8	1208	463	2,09	269	2,55	1,6	0,01

12	5,2	0,023	0,99	100 0	27 8	404 9	138 9	0,4 6	17, 9	1,8	120 8	58 5	2,0 9	25 4	2,5 5	0,88	0
13, 5	5,2	0,023	0,99	130 0	26 4	365 5	123 6	0,4 8	17, 9	1,7 7	120 8	84 5	2,0 9	22 0	2,5 5	0,64	0
1,5	5,2	0,023	0,99	140 0	19 3	182 1	611	0,4 9	17, 9	1,6 4	120 8	27	2,0 9	38 1	2,5 5	0,13	0,1
3	5,2	0,023	0,99	400	13 6	797	278	0,4 3	17, 9	1,5	120 9	81	1,3 3	20 4	2,5 5	- 0,11	0,0 3
4,5	5,2	0,023	0,99	900	27 9	405 1	140 0	0,4 5	17, 9	1,8	120 9	12 6	1,3 3	37 4	2,5 5	0,35	0,0 2
6	5,2	0,023	0,99	950	36 4	720 1	254 6	0,4 1	17, 9	1,9 2	120 9	18 8	1,3 3	44 2	2,5 5	0,69	0,0 1
7,5	5,2	0,023	0,99	110 0	31 6	539 1	185 2	0,4 6	17, 9	1,8 6	120 9	26 4	1,3 3	35 2	2,5 5	0,32	0,0 1
9	5,2	0,023	0,99	120 0	19 6	188 0	632	0,4 9	18	1,6 5	120 9	35 6	1,3 3	20 3	2,5 5	- 1,35	0,0 1
10, 5	5,2	0,023	0,99	140 0	10 6	475	159	0,5	17, 9	1,4 1	120 9	46 3	1,3 3	10 3	2,5 5	2,99	0,0 1
12	5,2	0,023	0,99	170 0	10 6	475	159	0,5	17, 9	1,4 1	120 9	58 5	1,3 3	97	2,5 5	1,08	0
13, 5	5,2	0,023	0,99	180 0	19 4	184 7	618	0,4 9	17, 9	1,6 4	120 9	72 3	1,3 3	16 8	2,5 5	0,58	0
1,5	5,2	0,023	0,99	190 0	34 7	678 1	228 7	0,4 8	17, 5	1,9	120 9	26	1,3 3	68 8	2,5 5	0,71	0,1 1
3	5,2	0,023	0,99	190 0	20 2	202 3	677	0,4 9	17, 5	1,6 6	112 5	79	1,2 3	30 4	2,5 5	0,11	0,0 3
4,5	5,2	0,023	0,99	103 9	25 6	338 6	115 3	0,4 7	18	1,7 6	112 5	12 5	1,2 3	34 4	2,5 5	0,26	0,0 2
6	5,2	0,023	0,99	116 9	28 8	441 3	150 3	0,4 7	17, 5	1,8 1	112 5	18 6	1,2 3	35 0	2,5 5	0,33	0,0 1
7,5	5,2	0,023	0,99	116 1	28 6	434 5	148 0	0,4 7	17, 5	1,8 1	112 5	26 2	1,2 3	31 9	2,5 5	0,18	0,0 1
9	5,2	0,023	0,99	112 4	27 7	404 3	137 7	0,4 7	17, 5	1,8	112 5	35 4	1,2 3	28 7	2,5 5	-0,6	0,0 1
10, 5	5,2	0,023	0,99	564	13 9	857	292	0,4 7	17, 5	1,5 1	112 5	46 1	1,2 3	13 5	2,5 5	2,42	0,0 1
12	5,2	0,023	0,99	329	81	254	87	0,4 7	17, 5	1,3 2	112 5	58 4	1,2 3	74	2,5 5	1,37	0
13, 5	5,2	0,023	0,99	365	90	322	110	0,4 7	17, 5	1,3 6	112 5	72 1	1,2 3	78	2,5 5	0,79	0
1,5	5,2	0,023	0,99	844	20 8	212 2	723	0,4 7	17, 6	1,6 7	112 5	26	1,2 3	41 2	2,5 5	0,18	0,1
3	5,2	0,023	0,99	800	22 5	251 4	863	0,4 6	17, 6	1,7	118 8	79	1,2 3	33 9	2,5 5	0,19	0,0 3
4,5	5,2	0,023	0,99	110 0	22 6	257 6	871	0,4 8	17, 6	1,7 1	118 8	12 5	1,2 3	30 3	2,5 5	0,15	0,0 2
6	5,2	0,023	0,99	125 0	22 4	253 4	854	0,4 8	17, 6	1,7	118 8	18 6	1,2 3	27 2	2,5 5	0,06	0,0 1
7,5	5,2	0,023	0,99	140 0	20 4	206 1	692	0,4 9	17, 6	1,6 6	118 8	26 3	1,2 3	22 8	2,5 5	- 0,22	0,0 1
9	5,2	0,023	0,99	150 0	18 9	173 9	583	0,4 9	17, 6	1,6 3	118 8	35 5	1,2 3	19 6	2,5 5	- 1,38	0,0 1
10, 5	5,2	0,023	0,99	160 0	18 8	171 9	576	0,4 9	17, 6	1,6 3	118 8	46 2	1,2 3	18 2	2,5 5	1,91	0,0 1
12	5,2	0,023	0,99	165 0	18 8	172 0	576	0,4 9	17, 6	1,6 3	118 8	58 4	1,2 3	17 2	2,5 5	0,8	0

13,5	5,2	0,023	0,99	1700	195	1867	625	0,49	17,6	1,64	1188	722	1,23	169	2,55	0,58	0
1,5	5,2	0,023	0,99	1750	214	2300	771	0,49	17,7	1,68	1188	27	1,23	423	2,55	0,2	0,1
1,5	5,2	0,023	0,99	1750	214	2300	771	0,49	17,7	1,68	1188	27	1,23	423	2,55	0,2	0,1
13,5	5,2	0,023	0,99	1750	214	2300	771	0,49	17,7	1,68	1162	239	1,23	244	2,55	-0,09	0,01
1,5	5,2	0,023	0,99	500	120	616	210	0,47	17,9	1,46	1322	27	1,23	237	2,55	-0,08	0,11
3	5,2	0,023	0,99	800	300	4675	1648	0,42	17,9	1,83	1243	54	1,23	498	2,55	0,49	0,05
4,5	5,2	0,023	0,99	1000	325	5687	1973	0,44	17,9	1,87	1165	81	1,23	487	2,55	0,58	0,03
6	5,2	0,023	0,99	1100	150	1033	346	0,49	17,9	1,54	1087	107	1,23	209	2,55	-0,1	0,02
7,5	5,2	0,023	0,99	1200	150	1034	346	0,49	17,9	1,54	1009	134	1,23	198	2,55	-0,14	0,02
9	5,2	0,023	0,99	1250	50	88	29	0,5	18	1,17	932	162	1,23	63	2,55	-0,98	0,01
10,5	5,2	0,023	0,99	1300	260	3533	1194	0,48	17,9	1,77	857	188	1,23	315	2,55	0,21	0,01
12	5,2	0,023	0,99	1320	240	2959	998	0,48	17,9	1,73	1018	215	1,23	282	2,55	0,08	0,01
13,5	5,2	0,023	0,99	1350	240	2960	998	0,48	17,9	1,73	1206	242	1,23	273	2,55	0,02	0,01
1,5	5,2	0,023	0,99	500	80	250	84	0,49	17,5	1,32	1209	26	1,23	159	2,55	-0,22	0,11
3	5,2	0,023	0,99	700	320	5213	1906	0,37	17,5	1,86	1209	53	1,23	534	2,55	0,57	0,05
4,5	5,2	0,023	0,99	800	150	1027	346	0,48	18	1,54	1207	81	1,23	225	2,55	-0,06	0,03
6	5,2	0,023	0,99	850	110	514	172	0,49	17,5	1,42	1208	105	1,23	154	2,55	-0,25	0,03
7,5	5,2	0,023	0,99	900	130	748	251	0,49	17,5	1,49	1205	131	1,23	172	2,55	-0,21	0,02
9	5,2	0,023	0,99	950	180	1547	522	0,48	17,9	1,61	1202	161	1,23	227	2,55	-0,07	0,02
10,5	5,2	0,023	0,99	1000	200	1958	662	0,48	17,9	1,65	1202	188	1,23	243	2,55	-0,04	0,01
12	5,2	0,023	0,99	1050	170	1365	459	0,49	17,9	1,59	1202	215	1,23	199	2,55	-0,22	0,01
13,5	5,2	0,023	0,99	1100	150	1033	346	0,49	17,9	1,54	1202	242	1,23	171	2,55	-0,41	0,01

Tablo 12. M=5.5 Eynesil - Giresun depremine ait jeofizik sıvılaştırma analiz verileri

Z	Mw	a _{max}	rd	Vp	Vs	E	G	PO	Υ	ρ	σ	σ'	T	V _{sc}	MSF	KDO	KGO
1,5	5,5	0,021	0,99	350	178	1350	509	0,33	17,5	1,61	1183	26	0,28	353	2,21	0,07	0,09
3	5,5	0,021	0,99	750	234	2725	942	0,45	17,5	1,72	1183	79	0,28	353	2,21	0,19	0,03
4,5	5,5	0,021	0,99	1000	173	1418	478	0,48	17,5	1,6	1183	125	0,28	232	2,21	-0,03	0,02

6	5,5	0,021	0,99	110 0	134	802	269	0,4 9	17, 8	1,5	118 3	186	0,2 8	163	2,2 1	- 0,27	0,0 1
7,5	5,5	0,021	0,99	120 0	163	124 5	418	0,4 9	17, 5	1,5 7	118 3	262	0,2 8	182	2,2 1	- 0,38	0,0 1
9	5,5	0,021	0,99	135 0	193	182 0	611	0,4 9	17, 5	1,6 4	118 3	354	0,2 8	200	2,2 1	- 1,14	0,0 1
10,5	5,5	0,021	0,99	150 0	193	182 2	611	0,4 9	17, 5	1,6 4	118 3	461	0,2 8	187	2,2 1	1,64	0,0 1
12	5,5	0,021	0,99	165 0	200	197 6	662	0,4 9	17, 5	1,6 5	118 3	584	0,2 8	183	2,2 1	0,69	0,0 1
13,5	5,5	0,021	0,99	170 0	201	199 9	669	0,4 9	17, 5	1,6 6	118 3	721	0,2 8	174	2,2 1	0,51	0
1,5	5,5	0,021	0,99	500	100	412	139	0,4 8	17, 6	1,3 9	121 6	26	1,4 1	198	2,2 1	- 0,12	0,1
3	5,5	0,021	0,99	700	229	258 5	898	0,4 4	17, 6	1,7 1	121 6	79	1,4 1	345	2,2 1	0,17	0,0 3
4,5	5,5	0,021	0,99	100 0	300	478 1	164 8	0,4 5	17, 6	1,8 3	121 6	125	1,4 1	403	2,2 1	0,38	0,0 2
6	5,5	0,021	0,99	110 0	236	283 5	961	0,4 8	17, 6	1,7 2	121 6	186	1,4 1	287	2,2 1	0,1	0,0 1
7,5	5,5	0,021	0,99	120 0	60	132	44	0,5	17, 7	1,2 2	121 6	263	1,4 1	67	2,2 1	- 1,41	0,0 1
9	5,5	0,021	0,99	130 0	128	725	242	0,5	17, 6	1,4 8	121 6	355	1,4 1	132	2,2 1	- 1,96	0,0 1
10,5	5,5	0,021	0,99	140 0	262	360 1	121 5	0,4 8	17, 6	1,7 7	121 6	462	1,4 1	254	2,2 1	1,43	0,0 1
12	5,5	0,021	0,99	150 0	262	360 7	121 5	0,4 8	17, 6	1,7 7	121 6	584	1,4 1	239	2,2 1	0,74	0
13,5	5,5	0,021	0,99	160 0	234	280 6	942	0,4 9	17, 6	1,7 2	121 6	722	1,4 1	203	2,2 1	0,55	0
1,5	5,5	0,021	0,99	160 0	165	128 3	429	0,4 9	17, 9	1,5 8	121 6	27	1,4 1	325	2,2 1	0,04	0,1
3	5,5	0,021	0,99	450	135	793	273	0,4 5	17, 9	1,5	120 8	81	2,0 9	202	2,2 1	-0,1	0,0 3
4,5	5,5	0,021	0,99	550	339	518 0	217 0	0,1 9	17, 8	1,8 9	120 8	126	2,0 9	454	2,2 1	0,53	0,0 2
6	5,5	0,021	0,99	650	300	449 8	164 8	0,3 6	17, 9	1,8 3	120 8	188	2,0 9	364	2,2 1	0,33	0,0 1
7,5	5,5	0,021	0,99	750	159	116 6	395	0,4 8	17, 9	1,5 6	120 8	264	2,0 9	177	2,2 1	-0,4	0,0 1
9	5,5	0,021	0,99	850	91	336	113	0,4 9	17, 9	1,3 6	120 8	356	2,0 9	94	2,2 1	- 2,93	0,0 1
10,5	5,5	0,021	0,99	950	278	403 6	138 9	0,4 5	17, 9	1,8	120 8	463	2,0 9	269	2,2 1	1,39	0,0 1
12	5,5	0,021	0,99	100 0	278	404 9	138 9	0,4 6	17, 9	1,8	120 8	585	2,0 9	254	2,2 1	0,76	0
13,5	5,5	0,021	0,99	130 0	264	365 5	123 6	0,4 8	17, 9	1,7 7	120 8	845	2,0 9	220	2,2 1	0,55	0
1,5	5,5	0,021	0,99	140 0	193	182 1	611	0,4 9	17, 9	1,6 4	120 8	27	2,0 9	381	2,2 1	0,11	0,0 9
3	5,5	0,021	0,99	400	136	797	278	0,4 3	17, 9	1,5	120 9	81	1,3 3	204	2,2 1	- 0,09	0,0 3
4,5	5,5	0,021	0,99	900	279	405 1	140 0	0,4 5	17, 9	1,8	120 9	126	1,3 3	374	2,2 1	0,31	0,0 2
6	5,5	0,021	0,99	950	364	720 1	254 6	0,4 1	17, 9	1,9 2	120 9	188	1,3 3	442	2,2 1	0,59	0,0 1

4,5	5,5	0,021	0,99	100 0	325	568 7	197 3	0,4 4	17, 9	1,8 7	116 5	81	1,2 3	487	2,2 1	0,5	0,0 3
6	5,5	0,021	0,99	110 0	150	103 3	346	0,4 9	17, 9	1,5 4	108 7	107	1,2 3	209	2,2 1	- 0,08	0,0 2
7,5	5,5	0,021	0,99	120 0	150	103 4	346	0,4 9	17, 9	1,5 4	100 9	134	1,2 3	198	2,2 1	- 0,12	0,0 2
9	5,5	0,021	0,99	125 0	50	88	29	0,5	18	1,1 7	932	162	1,2 3	63	2,2 1	- 0,85	0,0 1
10,5	5,5	0,021	0,99	130 0	260	353 3	119 4	0,4 8	17, 9	1,7 7	857	188	1,2 3	315	2,2 1	0,18	0,0 1
12	5,5	0,021	0,99	132 0	240	295 9	998	0,4 8	17, 9	1,7 3	101 8	215	1,2 3	282	2,2 1	0,07	0,0 1
13,5	5,5	0,021	0,99	135 0	240	296 0	998	0,4 8	17, 9	1,7 3	120 6	242	1,2 3	273	2,2 1	0,02	0,0 1
1,5	5,5	0,021	0,99	500	80	250	84	0,4 9	17, 5	1,3 2	120 9	26	1,2 3	159	2,2 1	- 0,19	0,1
3	5,5	0,021	0,99	700	320	521 3	190 6	0,3 7	17, 5	1,8 6	120 9	53	1,2 3	534	2,2 1	0,5	0,0 5
4,5	5,5	0,021	0,99	800	150	102 7	346	0,4 8	18	1,5 4	120 7	81	1,2 3	225	2,2 1	- 0,05	0,0 3
6	5,5	0,021	0,99	850	110	514	172	0,4 9	17, 5	1,4 2	120 8	105	1,2 3	154	2,2 1	- 0,21	0,0 2
7,5	5,5	0,021	0,99	900	130	748	251	0,4 9	17, 5	1,4 9	120 5	131	1,2 3	172	2,2 1	- 0,18	0,0 2
9	5,5	0,021	0,99	950	180	154 7	522	0,4 8	17, 9	1,6 1	120 2	161	1,2 3	227	2,2 1	- 0,06	0,0 2
10,5	5,5	0,021	0,99	100 0	200	195 8	662	0,4 8	17, 9	1,6 5	120 2	188	1,2 3	243	2,2 1	- 0,03	0,0 1
12	5,5	0,021	0,99	105 0	170	136 5	459	0,4 9	17, 9	1,5 9	120 2	215	1,2 3	199	2,2 1	- 0,19	0,0 1
13,5	5,5	0,021	0,99	110 0	150	103 3	346	0,4 9	17, 9	1,5 4	120 2	242	1,2 3	171	2,2 1	- 0,36	0,0 1

Tablo 13. M=5.5 Gürcistan depremine ait jeofizik sınıvlaşma analiz verileri

Z	Mw	a _{max}	rd	Vp	Vs	E	G	PO	γ	ρ	σ	σ'	T	V _{sc}	MSF	KDO	KGO
1,5	5,5	0,03	0,99	350	17 8	135 0	509	0,3 3	17, 5	1,6 1	118 3	26	0,2 8	35 3	2,21	0,07	0,14
3	5,5	0,03	0,99	750	23 4	272 5	942	0,4 5	17, 5	1,7 2	118 3	79	0,2 8	35 3	2,21	0,19	0,05
4,5	5,5	0,03	0,99	100 0	17 3	141 8	478	0,4 8	17, 5	1,6	118 3	12 5	0,2 8	23 2	2,21	- 0,03	0,03
6	5,5	0,03	0,99	110 0	13 4	802	269	0,4 9	17, 8	1,5	118 3	18 6	0,2 8	16 3	2,21	- 0,27	0,02
7,5	5,5	0,03	0,99	120 0	16 3	124 5	418	0,4 9	17, 5	1,5 7	118 3	26 2	0,2 8	18 2	2,21	- 0,38	0,01
9	5,5	0,03	0,99	135 0	19 3	182 0	611	0,4 9	17, 5	1,6 4	118 3	35 4	0,2 8	20 0	2,21	- 1,14	0,01
10, 5	5,5	0,03	0,99	150 0	19 3	182 2	611	0,4 9	17, 5	1,6 4	118 3	46 1	0,2 8	18 7	2,21	1,64	0,01
12	5,5	0,03	0,99	165 0	20 0	197 6	662	0,4 9	17, 5	1,6 5	118 3	58 4	0,2 8	18 3	2,21	0,69	0,01
13,	5,5	0,03	0,99	170	20	199	669	0,4	17,	1,6	118	72	0,2	17	2,21	0,51	0

5				0	1	9		9	5	6	3	1	8	4			
1,5	5,5	0,03	0,99	500	100	412	139	0,48	17,6	1,39	121,6	26	1,41	198	2,21	-0,12	0,14
3	5,5	0,03	0,99	700	229	2585	898	0,44	17,6	1,71	121,6	79	1,41	345	2,21	0,17	0,05
4,5	5,5	0,03	0,99	1000	300	4781	1648	0,45	17,6	1,83	121,6	125	1,41	403	2,21	0,38	0,03
6	5,5	0,03	0,99	1100	236	2835	961	0,48	17,6	1,72	121,6	186	1,41	287	2,21	0,1	0,02
7,5	5,5	0,03	0,99	1200	60	132	44	0,5	17,7	1,22	121,6	263	1,41	67	2,21	-1,41	0,01
9	5,5	0,03	0,99	1300	128	725	242	0,5	17,6	1,48	121,6	355	1,41	132	2,21	-1,96	0,01
10,5	5,5	0,03	0,99	1400	262	3601	1215	0,48	17,6	1,77	121,6	462	1,41	254	2,21	1,43	0,01
12	5,5	0,03	0,99	1500	262	3607	1215	0,48	17,6	1,77	121,6	584	1,41	239	2,21	0,74	0,01
13,5	5,5	0,03	0,99	1600	234	2806	942	0,49	17,6	1,72	121,6	722	1,41	203	2,21	0,55	0,01
1,5	5,5	0,03	0,99	1600	165	1283	429	0,49	17,9	1,58	121,6	27	1,41	325	2,21	0,04	0,14
3	5,5	0,03	0,99	450	135	793	273	0,45	17,9	1,5	120,8	81	2,09	202	2,21	-0,1	0,04
4,5	5,5	0,03	0,99	550	339	5180	2170	0,19	17,8	1,89	120,8	126	2,09	454	2,21	0,53	0,03
6	5,5	0,03	0,99	650	300	4498	1648	0,36	17,9	1,83	120,8	188	2,09	364	2,21	0,33	0,02
7,5	5,5	0,03	0,99	750	159	1166	395	0,48	17,9	1,56	120,8	264	2,09	177	2,21	-0,4	0,01
9	5,5	0,03	0,99	850	91	336	113	0,49	17,9	1,36	120,8	356	2,09	94	2,21	-2,93	0,01
10,5	5,5	0,03	0,99	950	278	4036	1389	0,45	17,9	1,8	120,8	463	2,09	269	2,21	1,39	0,01
12	5,5	0,03	0,99	1000	278	4049	1389	0,46	17,9	1,8	120,8	585	2,09	254	2,21	0,76	0,01
13,5	5,5	0,03	0,99	1300	264	3655	1236	0,48	17,9	1,77	120,8	845	2,09	220	2,21	0,55	0
1,5	5,5	0,03	0,99	1400	193	1821	611	0,49	17,9	1,64	120,8	27	2,09	381	2,21	0,11	0,13
3	5,5	0,03	0,99	400	136	797	278	0,43	17,9	1,5	120,9	81	1,33	204	2,21	-0,09	0,05
4,5	5,5	0,03	0,99	900	279	4051	1400	0,45	17,9	1,8	120,9	126	1,33	374	2,21	0,31	0,03
6	5,5	0,03	0,99	950	364	7201	2546	0,41	17,9	1,92	120,9	188	1,33	442	2,21	0,59	0,02
7,5	5,5	0,03	0,99	1100	316	5391	1852	0,46	17,9	1,86	120,9	264	1,33	352	2,21	0,28	0,01
9	5,5	0,03	0,99	1200	196	1880	632	0,49	18	1,65	120,9	356	1,33	203	2,21	-1,17	0,01
10,5	5,5	0,03	0,99	1400	106	475	159	0,5	17,9	1,41	120,9	463	1,33	103	2,21	2,59	0,01
12	5,5	0,03	0,99	1700	106	475	159	0,5	17,9	1,41	120,9	585	1,33	97	2,21	0,94	0,01
13,5	5,5	0,03	0,99	1800	194	1847	618	0,49	17,9	1,64	120,9	723	1,33	168	2,21	0,5	0,01
1,5	5,5	0,03	0,99	190	34	678	228	0,4	17,	1,9	120	26	1,3	68	2,21	0,61	0,14

				0	7	1	7	8	5		9		3	8			
3	5,5	0,03	0,99	1900	202	2023	677	0,49	17,5	1,66	1125	79	1,23	304	2,21	0,1	0,04
4,5	5,5	0,03	0,99	1039	256	3386	1153	0,47	18	1,76	1125	125	1,23	344	2,21	0,23	0,03
6	5,5	0,03	0,99	1169	288	4413	1503	0,47	17,5	1,81	1125	186	1,23	350	2,21	0,29	0,02
7,5	5,5	0,03	0,99999	1161	286	4345	1480	0,47	17,5	1,81	1125	262	1,23	319	2,21	0,15	0,01
9	5,5	0,03	0,99	1124	277	4043	1377	0,47	17,5	1,8	1125	354	1,23	287	2,21	-0,52	0,01
10,5	5,5	0,03	0,99	564	139	857	292	0,47	17,5	1,51	1125	461	1,23	135	2,21	2,09	0,01
12	5,5	0,03	0,99	329	81	254	87	0,47	17,5	1,32	1125	584	1,23	74	2,21	1,19	0,01
13,5	5,5	0,03	0,99	365	90	322	110	0,47	17,5	1,36	1125	721	1,23	78	2,21	0,68	0
1,5	5,5	0,03	0,99	844	208	2122	723	0,47	17,6	1,67	1125	26	1,23	412	2,21	0,15	0,13
3	5,5	0,03	0,99	800	225	2514	863	0,46	17,6	1,7	1188	79	1,23	339	2,21	0,16	0,05
4,5	5,5	0,03	0,99	1100	226	2576	871	0,48	17,6	1,71	1188	125	1,23	303	2,21	0,13	0,03
6	5,5	0,03	0,99	1250	224	2534	854	0,48	17,6	1,7	1188	186	1,23	272	2,21	0,05	0,02
7,5	5,5	0,03	0,99	1400	204	2061	692	0,49	17,6	1,66	1188	263	1,23	228	2,21	-0,19	0,01
9	5,5	0,03	0,99	1500	189	1739	583	0,49	17,6	1,63	1188	355	1,23	196	2,21	-1,19	0,01
10,5	5,5	0,03	0,99	1600	188	1719	576	0,49	17,6	1,63	1188	462	1,23	182	2,21	1,65	0,01
12	5,5	0,03	0,99	1650	188	1720	576	0,49	17,6	1,63	1188	584	1,23	172	2,21	0,69	0,01
13,5	5,5	0,03	0,99	1700	195	1867	625	0,49	17,6	1,64	1188	722	1,23	169	2,21	0,5	0
1,5	5,5	0,03	0,99	1750	214	2300	771	0,49	17,7	1,68	1188	27	1,23	423	2,21	0,17	0,13
1,5	5,5	0,03	0,99	1750	214	2300	771	0,49	17,7	1,68	1188	27	1,23	423	2,21	0,17	0,13
13,5	5,5	0,03	0,99	1750	214	2300	771	0,49	17,7	1,68	1162	239	1,23	244	2,21	-0,08	0,01
1,5	5,5	0,03	0,99	500	120	616	210	0,47	17,9	1,46	1322	27	1,23	237	2,21	-0,07	0,15
3	5,5	0,03	0,99	800	300	4675	1648	0,42	17,9	1,83	1243	54	1,23	498	2,21	0,42	0,07
4,5	5,5	0,03	0,99	1000	325	5687	1973	0,44	17,9	1,87	1165	81	1,23	487	2,21	0,5	0,04
6	5,5	0,03	0,99	1100	150	1033	346	0,49	17,9	1,54	1087	107	1,23	209	2,21	-0,08	0,03
7,5	5,5	0,03	0,99	1200	150	1034	346	0,49	17,9	1,54	1009	134	1,23	198	2,21	-0,12	0,02
9	5,5	0,03	0,99	1250	50	88	29	0,5	18	1,17	932	162	1,23	63	2,21	-0,85	0,02
10,5	5,5	0,03	0,99	1300	260	3533	1194	0,48	17,9	1,77	857	188	1,23	315	2,21	0,18	0,01
12	5,5	0,03	0,99	132	24	295	998	0,4	17,	1,7	101	21	1,2	28	2,21	0,07	0,01

				0	0	9		8	9	3	8	5	3	2			
13,5	5,5	0,03	0,99	1350	240	2960	998	0,48	17,9	1,73	1206	242	1,23	273	2,21	0,02	0,01
1,5	5,5	0,03	0,99	500	80	250	84	0,49	17,5	1,32	1209	26	1,23	159	2,21	-0,19	0,14
3	5,5	0,03	0,99	700	320	5213	1906	0,37	17,5	1,86	1209	53	1,23	534	2,21	0,5	0,07
4,5	5,5	0,03	0,99	800	150	1027	346	0,48	18	1,54	1207	81	1,23	225	2,21	-0,05	0,04
6	5,5	0,03	0,99	850	110	514	172	0,49	17,5	1,42	1208	105	1,23	154	2,21	-0,21	0,03
7,5	5,5	0,03	0,99	900	130	748	251	0,49	17,5	1,49	1205	131	1,23	172	2,21	-0,18	0,03
9	5,5	0,03	0,99	950	180	1547	522	0,48	17,9	1,61	1202	161	1,23	227	2,21	-0,06	0,02
10,5	5,5	0,03	0,99	1000	200	1958	662	0,48	17,9	1,65	1202	188	1,23	243	2,21	-0,03	0,02
12	5,5	0,03	0,99	1050	170	1365	459	0,49	17,9	1,59	1202	215	1,23	199	2,21	-0,19	0,02
13,5	5,5	0,03	0,99	1100	150	1033	346	0,49	17,9	1,54	1202	242	1,23	171	2,21	-0,36	0,01

Tablo 14. M=6.8 Erzincan depremine ait jeofizik sınıflama analiz verileri

Z	Mw	amax	rd	Vp	Vs	E	G	PO	ϕ	ρ	σ	σ'	T	V _{sc}	MSF	KDO	KGO
1,5	6,8	0,064	0,99	350	178	1350	509	0,33	17,5	1,61	1183	26	0,28	353	1,28	0,04	0,29
3	6,8	0,064	0,99	750	234	2725	942	0,45	17,5	1,72	1183	79	0,28	353	1,28	0,11	0,1
4,5	6,8	0,064	0,99	1000	173	1418	478	0,48	17,5	1,6	1183	125	0,28	232	1,28	-0,02	0,06
6	6,8	0,064	0,99	1100	134	802	269	0,49	17,8	1,5	1183	186	0,28	163	1,28	-0,16	0,04
7,5	6,8	0,064	0,99	1200	163	1245	418	0,49	17,5	1,57	1183	262	0,28	182	1,28	-0,22	0,03
9	6,8	0,064	0,99	1350	193	1820	611	0,49	17,5	1,64	1183	354	0,28	200	1,28	-0,67	0,02
10,5	6,8	0,064	0,99	1500	193	1822	611	0,49	17,5	1,64	1183	461	0,28	187	1,28	0,95	0,02
12	6,8	0,064	0,99	1650	200	1976	662	0,49	17,5	1,65	1183	584	0,28	183	1,28	0,4	0,01
13,5	6,8	0,064	0,99	1700	201	1999	669	0,49	17,5	1,66	1183	721	0,28	174	1,28	0,3	0,01
1,5	6,8	0,064	0,99	500	100	412	139	0,48	17,6	1,39	1216	26	1,41	198	1,28	-0,07	0,29
3	6,8	0,064	0,99	700	229	2585	898	0,44	17,6	1,71	1216	79	1,41	345	1,28	0,1	0,1
4,5	6,8	0,064	0,99	1000	300	4781	1648	0,45	17,6	1,83	1216	125	1,41	403	1,28	0,22	0,06
6	6,8	0,064	0,99	1100	236	2835	961	0,48	17,6	1,72	1216	186	1,41	287	1,28	0,06	0,04
7,5	6,8	0,064	0,99	1200	60	132	44	0,5	17,7	1,22	1216	263	1,41	67	1,28	-0,82	0,03

		2	9		5			5	9		8	9	9	0	8		
3	7,9	0,2 2	0,9 9	550	33 9	518 0	217 0	0,1 9	17, 8	1,8 9	120 8	29 9	2,0 9	36 6	0,8 8	0,11	0,09
4,5	7,9	0,2 2	0,9 9	650	30 0	449 8	164 8	0,3 6	17, 9	1,8 3	120 8	34 5	2,0 9	31 3	0,8 8	-0,09	0,08
6	7,9	0,2 2	0,9 9	750	15 9	116 6	395	0,4 8	17, 9	1,5 6	120 8	40 6	2,0 9	15 9	0,8 8	- 92,46	0,07
7,5	7,9	0,2 2	0,9 9	850	91	336	113	0,4 9	17, 9	1,3 6	120 8	48 3	2,0 9	87	0,8 8	0,9	0,06
9	7,9	0,2 2	0,9 9	950	27 8	403 6	138 9	0,4 5	17, 9	1,8	120 8	57 5	2,0 9	25 5	0,8 8	0,31	0,05
10, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	100 0	27 8	404 9	138 9	0,4 6	17, 9	1,8	120 8	68 2	2,0 9	24 4	0,8 8	0,26	0,04
12	7,9	0,2 2	0,9 9	130 0	26 4	365 5	123 6	0,4 8	17, 9	1,7 7	120 8	94 1	2,0 9	21 4	0,8 8	0,21	0,03
13, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	140 0	19 3	182 1	611	0,4 9	17, 9	1,6 4	120 8	24 2	2,0 9	22 0	0,8 8	-0,07	0,11
1,5	7,9	0,2 2	0,9 9	400	13 6	797	278	0,4 3	17, 9	1,5	120 4	26 9	1,3 3	15 1	0,8 8	-0,22	0,1
3	7,9	0,2 2	0,9 9	900	27 9	405 1	140 0	0,4 5	17, 9	1,8	120 4	29 9	1,3 3	30 1	0,8 8	0	0,09
4,5	7,9	0,2 2	0,9 9	950	36 4	720 1	254 6	0,4 1	17, 9	1,9 2	120 4	34 5	1,3 3	37 9	0,8 8	0,05	0,08
6	7,9	0,2 2	0,9 9	110 0	31 6	539 1	185 2	0,4 6	17, 9	1,8 6	120 4	40 6	1,3 3	31 6	0,8 8	- 46,33	0,07
7,5	7,9	0,2 2	0,9 9	120 0	19 6	188 0	632	0,4 9	18	1,6 5	120 4	48 3	1,3 3	18 8	0,8 8	0,49	0,05
9	7,9	0,2 2	0,9 9	140 0	10 6	475	159	0,5	17, 9	1,4 1	120 4	57 5	1,3 3	97	0,8 8	0,39	0,05
10, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	170 0	10 6	475	159	0,5	17, 9	1,4 1	120 4	68 2	1,3 3	93	0,8 8	0,26	0,04
12	7,9	0,2 2	0,9 9	180 0	19 4	184 7	618	0,4 9	17, 9	1,6 4	120 4	80 4	1,3 3	16 4	0,8 8	0,18	0,03
13, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	190 0	34 7	678 1	228 7	0,4 8	17, 5	1,9	120 4	23 6	1,3 3	39 7	0,8 8	0,18	0,11
1,5	7,9	0,2 2	0,9 9	190 0	20 2	202 3	677	0,4 9	17, 5	1,6 6	115 1	26 3	1,2 3	22 5	0,8 8	-0,08	0,1
3	7,9	0,2 2	0,9 9	103 9	25 6	338 6	115 3	0,4 7	18	1,7 6	115 1	29 3	1,2 3	27 8	0,8 8	-0,03	0,09
4,5	7,9	0,2 2	0,9 9	116 9	28 8	441 3	150 3	0,4 7	17, 5	1,8 1	115 1	33 9	1,2 3	30 1	0,8 8	-0,09	0,07
6	7,9	0,2 2	0,9 9	116 1	28 6	434 5	148 0	0,4 7	17, 5	1,8 1	115 1	40 0	1,2 3	28 7	0,8 8	-2,92	0,06
7,5	7,9	0,2 2	0,9 9	112 4	27 7	404 3	137 7	0,4 7	17, 5	1,8	115 1	47 7	1,2 3	26 6	0,8 8	0,48	0,05
9	7,9	0,2 2	0,9 9	564	13 9	857	292	0,4 7	17, 5	1,5 1	115 1	56 9	1,2 3	12 8	0,8 8	0,33	0,04
10, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	329	11 0	496	172	0,4 4	17, 5	1,4 2	115 1	67 6	1,2 3	97	0,8 8	0,26	0,04
12	7,9	0,2 2	0,9 9	365	14 0	839	297	0,4 1	17, 5	1,5 1	115 1	79 8	1,2 3	11 8	0,8 8	0,18	0,03
13, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	844	20 8	212 2	723	0,4 7	17, 6	1,6 7	115 1	23 8	1,2 3	23 8	0,8 8	-0,04	0,11
1,5	7,9	0,2 2	0,9 9	800	22 5	251 4	863	0,4 6	17, 6	1,7	118 9	26 4	1,2 5	25 1	0,8 8	-0,04	0,1
3	7,9	0,2	0,9	110	22	257	871	0,4	17,	1,7	118	29	1,2	24	0,8	-0,09	0,09

		2	9	0	6	6		8	6	1	8	5	5	5	8		
4,5	7,9	0,2 2	0,9 9	125 0	22 4	253 4	854	0,4 8	17, 6	1,7	118 8	34 1	1,2 5	23 4	0,8 8	-0,25	0,08
6	7,9	0,2 2	0,9 9	140 0	20 4	206 1	692	0,4 9	17, 6	1,6 6	118 8	40 2	1,2 5	20 5	0,8 8	-5,59	0,07
7,5	7,9	0,2 2	0,9 9	150 0	18 9	173 9	583	0,4 9	17, 6	1,6 3	118 8	47 8	1,2 5	18 1	0,8 8	0,53	0,05
9	7,9	0,2 2	0,9 9	160 0	18 8	171 9	576	0,4 9	17, 6	1,6 3	118 8	57 0	1,2 5	17 3	0,8 8	0,29	0,05
10, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	165 0	18 8	172 0	576	0,4 9	17, 6	1,6 3	118 8	67 7	1,2 5	16 5	0,8 8	0,21	0,04
12	7,9	0,2 2	0,9 9	170 0	19 5	186 7	625	0,4 9	17, 6	1,6 4	118 8	80 0	1,2 5	16 5	0,8 8	0,18	0,03
13, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	175 0	21 4	230 0	771	0,4 9	17, 7	1,6 8	118 8	23 9	1,2 5	24 4	0,8 8	-0,03	0,11
1,5	7,9	0,2 2	0,9 9	500	12 0	616	210	0,4 7	17, 9	1,4 6	118 9	27	1,2 5	23 7	0,8 8	-0,03	0,97
3	7,9	0,2 2	0,9 9	800	30 0	467 5	164 8	0,4 2	17, 9	1,8 3	119 0	54	1,2 5	49 8	0,8 8	0,17	0,49
4,5	7,9	0,2 2	0,9 9	100 0	32 5	568 7	197 3	0,4 4	17, 9	1,8 7	119 1	81	1,2 5	48 7	0,8 8	0,2	0,33
6	7,9	0,2 2	0,9 9	110 0	15 0	103 3	346	0,4 9	17, 9	1,5 4	119 2	10 7	1,2 5	20 9	0,8 8	-0,03	0,24
7,5	7,9	0,2 2	0,9 9	120 0	15 0	103 4	346	0,4 9	17, 9	1,5 4	119 4	13 4	1,2 5	19 8	0,8 8	-0,05	0,2
9	7,9	0,2 2	0,9 9	125 0	50	88	29	0,5	18	1,1 7	119 6	16 2	1,2 5	63	0,8 8	-0,34	0,16
10, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	130 0	26 0	353 3	119 4	0,4 8	17, 9	1,7 7	120 0	18 8	1,2 5	31 5	0,8 8	0,07	0,14
12	7,9	0,2 2	0,9 9	132 0	24 0	295 9	998	0,4 8	17, 9	1,7 3	120 3	21 5	1,2 5	28 2	0,8 8	0,03	0,12
13, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	135 0	24 0	296 0	998	0,4 8	17, 9	1,7 3	120 6	24 2	1,2 5	27 3	0,8 8	0,01	0,11
1,5	7,9	0,2 2	0,9 9	500	80	250	84	0,4 9	17, 5	1,3 2	120 9	26	1,2 5	15 9	0,8 8	-0,07	1,01
3	7,9	0,2 2	0,9 9	700	32 0	521 3	190 6	0,3 7	17, 5	1,8 6	120 9	53	1,2 5	53 4	0,8 8	0,2	0,51
4,5	7,9	0,2 2	0,9 9	800	15 0	102 7	346	0,4 8	18	1,5 4	120 7	81	1,2 5	22 5	0,8 8	-0,02	0,33
6	7,9	0,2 2	0,9 9	850	11 0	514	172	0,4 9	17, 5	1,4 2	120 8	10 5	1,2 5	15 4	0,8 8	-0,08	0,25
7,5	7,9	0,2 2	0,9 9	900	13 0	748	251	0,4 9	17, 5	1,4 9	120 5	13 1	1,2 5	17 2	0,8 8	-0,07	0,2
9	7,9	0,2 2	0,9 9	950	18 0	154 7	522	0,4 8	17, 9	1,6 1	120 2	16 1	1,2 5	22 7	0,8 8	-0,02	0,16
10, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	100 0	20 0	195 8	662	0,4 8	17, 9	1,6 5	120 2	18 8	1,2 5	24 3	0,8 8	-0,01	0,14
12	7,9	0,2 2	0,9 9	105 0	17 0	136 5	459	0,4 9	17, 9	1,5 9	120 2	21 5	1,2 5	19 9	0,8 8	-0,08	0,12
13, 5	7,9	0,2 2	0,9 9	110 0	15 0	103 3	346	0,4 9	17, 9	1,5 4	120 2	24 2	1,2 5	17 1	0,8 8	-0,14	0,11

EK - 3 : Jeoteknik verilerle sınılaşma analiz verileri

Tablo 16. M=5.2 Akçaabat – Trabzon depremine ait jeoteknik sınılaşma analiz verileri

Z	Mw	N	YASS	Y	Vs	σ	σ'	CV	amax	rd	DGO	DDO	MSF
1,5	5,2	10	3	17,5	189,3	1183,1	26,3	1,39	0,023	0,99	0,67	0,11	2,55
3	5,2	13	3	17,5	205,8	1183,1	78,8	1,06	0,023	0,99	0,22	0,14	2,55
4,5	5,2	15	3	17,5	215,4	1183,1	124,7	0,94	0,023	0,99	0,14	0,16	2,55
6	5,2	14	3	17,8	210,7	1183,1	185,9	0,85	0,023	0,99	0,09	0,15	2,55
7,5	5,2	19	3	17,5	232,3	1183,1	262,4	0,78	0,023	0,99	0,06	0,20	2,55
9	5,2	14	3	17,5	210,7	1183,1	354,2	0,72	0,023	0,99	0,04	0,15	2,55
10,5	5,2	19	3	17,5	232,3	1183,1	461,3	0,68	0,023	0,99	0,038	0,20	2,55
12	5,2	16	3	17,5	219,9	1183,1	583,7	0,64	0,023	0,99	0,03	0,17	2,55
13,5	5,2	21	3	17,5	239,8	1183,1	721,4	0,61	0,023	0,99	0,02	0,22	2,55
1,5	5,2	12	3	17,6	200,6	1188,8	26,4	1,39	0,023	0,99	0,67	0,13	2,55
3	5,2	12	3	17,6	200,6	1188,8	79,2	1,06	0,023	0,99	0,22	0,13	2,55
4,5	5,2	15	3	17,6	215,4	1188,8	125,1	0,94	0,023	0,99	0,14	0,16	2,55
6	5,2	16	3	17,6	219,9	1188,8	186,3	0,85	0,023	0,99	0,09	0,17	2,55
7,5	5,2	18	3	17,7	228,3	1188,8	262,8	0,78	0,023	0,99	0,06	0,19	2,55
9	5,2	15	3	17,6	215,4	1188,8	354,6	0,72	0,023	0,99	0,05	0,16	2,55
10,5	5,2	17	3	17,6	224,2	1188,8	461,7	0,68	0,023	0,99	0,03	0,18	2,55
12	5,2	15	3	17,6	215,4	1188,8	584,1	0,64	0,023	0,99	0,03	0,16	2,55
13,5	5,2	15	3	17,6	215,4	1188,8	721,8	0,61	0,023	0,99	0,02	0,16	2,55
1,5	5,2	10	3	17,9	189,3	1207,8	26,9	1,38	0,023	0,99	0,67	0,11	2,55
3	5,2	11	3	17,9	195,1	1207,8	80,6	1,05	0,023	0,9	0,22	0,12	2,55
4,5	5,2	16	3	17,8	219,9	1207,8	126,5	0,94	0,023	0,99	0,14	0,17	2,55
6	5,2	15	3	17,9	215,4	1207,8	187,7	0,85	0,023	0,99	0,09	0,16	2,55
7,5	5,2	21	3	17,9	239,8	1207,8	264,2	0,78	0,023	0,99	0,06	0,22	2,55
9	5,2	18	3	17,9	228,3	1207,8	356,0	0,72	0,023	0,99	0,05	0,19	2,55
10,5	5,2	21	3	17,9	239,8	1207,8	553,8	0,65	0,023	0,99	0,03	0,22	2,55
12	5,2	23	3	17,9	246,9	1207,8	585,5	0,64	0,023	0,99	0,03	0,25	2,55
13,5	5,2	16	3	17,9	219,9	1207,8	723,2	0,6	0,023	0,99	0,02	0,17	2,55
1,5	5,2	14	3	17,9	210,7	1209,2	26,9	1,38	0,023	0,99	0,67	0,15	2,55
3	5,2	17	3	17,9	224,2	1209,2	80,6	1,05	0,023	0,99	0,22	0,18	2,55
4,5	5,2	16	3	17,9	219,9	1209,2	126,5	0,94	0,023	0,99	0,14	0,17	2,55
6	5,2	18	3	17,9	228,3	1209,2	187,7	0,85	0,023	0,99	0,09	0,19	2,55
7,5	5,2	19	3	17,9	232,3	1209,2	310,1	0,75	0,023	0,99	0,05	0,20	2,55
9	5,2	16	3	18	219,9	1209,2	356,0	0,72	0,023	0,99	0,05	0,17	2,55
10,5	5,2	19	3	17,9	232,3	1209,2	463,1	0,68	0,023	0,99	0,03	0,20	2,55
12	5,2	23	3	17,9	246,9	1209,2	585,5	0,64	0,023	0,99	0,03	0,25	2,55
13,5	5,2	17	3	17,9	224,2	1209,2	723,2	0,6	0,023	0,99	0,02	0,18	2,55

1,5	5,2	17	3	17,5	224,2	1125,0	26,3	1,39	0,023	0,99	0,64	0,18	2,55
3	5,2	16	3	17,5	219,9	1125,0	78,8	1,06	0,023	0,99	0,21	0,17	2,55
4,5	5,2	18	3	18	228,3	1125,0	124,7	0,94	0,023	0,99	0,13	0,19	2,55
6	5,2	18	3	17,5	228,3	1125,0	185,9	0,85	0,023	0,99	0,09	0,19	2,55
7,5	5,2	19	3	17,5	232,3	1125,0	262,4	0,78	0,023	0,99	0,06	0,20	2,55
9	5,2	18	3	17,5	228,3	1125,0	354,2	0,72	0,023	0,99	0,04	0,19	2,55
10,5	5,2	20	3	17,5	236,1	1125,0	461,3	0,68	0,023	0,99	0,03	0,21	2,55
12	5,2	15	3	17,5	215,4	1125,0	583,7	0,64	0,023	0,99	0,02	0,16	2,55
13,5	5,2	19	3	17,5	232,3	1125,0	721,4	0,61	0,023	0,99	0,02	0,20	2,55
1,5	5,2	12	3	17,6	200,6	1188,0	26,4	1,39	0,023	0,99	0,67	0,13	2,55
3	5,2	11	3	17,6	195,1	1188,0	79,2	1,06	0,023	0,99	0,22	0,12	2,55
4,5	5,2	17	3	17,6	224,2	1188,0	125,1	0,94	0,023	0,99	0,14	0,18	2,55
6	5,2	18	3	17,6	228,3	1188,0	186,3	0,85	0,023	0,99	0,09	0,19	2,55
7,5	5,2	20	3	17,6	236,1	1188,0	262,8	0,78	0,023	0,99	0,06	0,21	2,55
9	5,2	17	3	17,6	224,2	1188,0	354,6	0,72	0,023	0,99	0,05	0,18	2,55
10,5	5,2	18	3	17,6	228,3	1188,0	461,7	0,68	0,023	0,99	0,03	0,19	2,55
12	5,2	24	3	17,6	250,3	1188,0	584,1	0,64	0,023	0,99	0,03	0,27	2,55
13,5	5,2	21	3	17,6	239,8	1188,0	721,8	0,61	0,023	0,99	0,02	0,22	2,552
1,5	5,2	14	3	17,7	210,7	1014,2	26,6	1,39	0,023	0,99	0,57	0,15	2,55
3	5,2	11	3	17,7	195,1	1014,2	79,7	1,05	0,023	0,99	0,19	0,12	2,55
4,5	5,2	19	3	17,7	232,3	1014,2	125,6	0,94	0,023	0,99	0,12	0,20	2,55
6	5,2	20	3	17,7	236,1	1014,2	186,8	0,85	0,023	0,99	0,08	0,21	2,55
7,5	5,2	21	3	17,7	239,8	1014,2	263,3	0,78	0,023	0,99	0,05	0,22	2,55
9	5,2	22	3	17,7	243,4	1014,2	355,1	0,72	0,023	0,99	0,04	0,24	2,55
10,5	5,2	24	3	17,9	250,3	1014,2	462,2	0,68	0,023	0,99	0,03	0,27	2,55
12	5,2	20	3	17,7	236,1	1014,2	584,6	0,64	0,023	0,99	0,02	0,21	2,55
13,5	5,2	20	3	17,7	236,1	1014,2	722,3	0,61	0,023	0,99	0,02	0,21	2,55
1,5	5,2	17	3	17,8	224,2	1202,7	26,7	1,39	0,023	0,99	0,67	0,18	2,55
3	5,2	22	3	17,8	243,4	1202,7	80,1	1,05	0,023	0,99	0,22	0,24	2,55
4,5	5,2	19	3	17,8	232,3	1202,7	126,0	0,94	0,023	0,99	0,14	0,20	2,55
6	5,2	22	3	17,8	243,4	1202,7	187,2	0,85	0,023	0,99	0,09	0,24	2,55
7,5	5,2	18	3	17,8	228,3	1202,7	263,7	0,78	0,023	0,99	0,06	0,19	2,55
9	5,2	17	3	17,8	224,2	1202,7	355,5	0,72	0,023	0,99	0,05	0,18	2,55
10,5	5,2	19	3	17,8	232,3	1202,7	462,6	0,68	0,023	0,99	0,03	0,20	2,55
12	5,2	19	3	17,9	232,3	1202,7	585,0	0,64	0,023	0,99	0,03	0,20	2,55
13,5	5,2	19	3	17,8	232,3	1202,7	722,7	0,609	0,023	0,99	0,02	0,20	2,55
1,5	5,2	15	3	17,6	215,4	1189,8	26,4	1,39	0,023	0,99	0,67	0,16	2,55
3	5,2	18	3	17,6	228,3	1189,8	79,2	1,06	0,023	0,99	0,22	0,19	2,55
4,5	5,2	19	3	17,6	232,3	1189,8	125,1	0,94	0,023	0,99	0,14	0,20	2,55
6	5,2	23	3	17,9	246,9	1189,8	186,3	0,85	0,023	0,99	0,09	0,25	2,55

7,5	5,2	20	3	17,6	236,1	1189,8	262,8	0,78	0,023	0,99	0,06	0,21	2,55
9	5,2	21	3	17,6	239,8	1189,8	354,6	0,72	0,023	0,99	0,05	0,22	2,55
10,5	5,2	19	3	17,6	232,3	1189,8	461,7	0,68	0,023	0,99	0,03	0,20	2,55
12	5,2	22	3	17,6	243,4	1189,8	584,1	0,64	0,023	0,99	0,03	0,24	2,55
13,5	5,2	21	3	17,6	239,8	1189,8	721,8	0,61	0,023	0,99	0,02	0,22	2,55
1,5	5,2	19	3	17,5	232,3	1180,8	26,3	1,39	0,023	0,99	0,67	0,20	2,55
3	5,2	19	3	17,5	232,3	1180,8	78,8	1,06	0,023	0,99	0,22	0,20	2,55
4,5	5,2	20	3	17,4	236,1	1180,8	124,7	0,94	0,023	0,99	0,14	0,21	2,55
6	5,2	19	3	17,5	232,3	1180,8	185,9	0,85	0,023	0,99	0,09	0,20	2,55
7,5	5,2	21	3	17,5	239,8	1180,8	262,4	0,78	0,023	0,99	0,06	0,22	2,55
9	5,2	21	3	17,5	239,8	1180,8	354,2	0,72	0,023	0,99	0,04	0,22	2,55
10,5	5,2	24	3	17,5	250,3	1180,8	461,3	0,68	0,023	0,99	0,03	0,27	2,55
12	5,2	25	3	17,5	253,5	1180,8	583,7	0,64	0,023	0,99	0,03	0,29	2,55
13,5	5,2	22	3	17,5	243,4	1180,8	721,4	0,61	0,023	0,99	0,02	0,24	2,55
1,5	5,2	21	3	17,6	239,8	1188,8	26,4	1,39	0,023	0,99	0,67	0,22	2,55
3	5,2	22	3	17,6	243,4	1188,8	79,2	1,06	0,023	0,99	0,22	0,24	2,55
4,5	5,2	21	3	17,6	239,8	1188,8	125,1	0,94	0,023	0,99	0,14	0,22	2,55
6	5,2	21	3	17,6	239,8	1188,8	186,3	0,85	0,023	0,99	0,09	0,22	2,55
7,5	5,2	22	3	17,7	243,4	1188,8	262,8	0,78	0,023	0,99	0,06	0,24	2,55
9	5,2	25	3	17,6	253,5	1188,8	364,5	0,72	0,023	0,99	0,04	0,29	2,55
10,5	5,2	21	3	17,6	239,8	1188,8	461,7	0,68	0,023	0,99	0,03	0,22	2,55
12	5,2	22	3	17,6	243,4	1188,8	584,1	0,64	0,023	0,99	0,03	0,24	2,55
13,5	5,2	22	3	17,6	243,4	1188,8	721,8	0,61	0,023	0,99	0,02	0,24	2,55
1,5	5,2	15	3	17,4	215,4	1175,3	26,1	1,39	0,023	0,99	0,67	0,16	2,55
3	5,2	18	3	17,4	228,3	1175,3	78,3	1,06	0,023	0,99	0,22	0,19	2,55
4,5	5,2	17	3	17,4	224,2	1175,3	124,2	0,94	0,023	0,99	0,14	0,18	2,55
6	5,2	17	3	17,4	224,2	1175,3	185,4	0,85	0,023	0,99	0,09	0,18	2,55
7,5	5,2	17	3	17,5	224,2	1175,3	261,9	0,78	0,023	0,99	0,06	0,18	2,55
9	5,2	16	3	17,4	219,9	1175,3	353,7	0,72	0,023	0,99	0,04	0,17	2,55
10,5	5,2	21	3	17,4	239,8	1175,3	460,8	0,68	0,023	0,99	0,03	0,22	2,55
12	5,2	21	3	17,4	239,8	1175,3	583,2	0,64	0,023	0,99	0,03	0,22	2,55
13,5	5,2	21	3	17,4	239,8	1175,3	720,9	0,61	0,023	0,99	0,02	0,22	2,55
1,5	5,2	17	3	17,7	224,2	1194,3	26,6	1,39	0,023	0,99	0,67	0,18	2,55
3	5,2	20	3	17,7	236,1	1194,3	79,7	1,05	0,023	0,99	0,22	0,21	2,55
4,5	5,2	20	3	17,6	236,1	1194,3	125,6	0,94	0,023	0,99	0,14	0,21	2,55
6	5,2	21	3	17,7	239,8	1194,3	186,8	0,85	0,023	0,99	0,09	0,22	2,55
7,5	5,2	22	3	17,7	243,4	1194,3	263,3	0,78	0,023	0,99	0,06	0,24	2,55
9	5,2	19	3	17,7	232,3	1194,3	355,1	0,72	0,023	0,99	0,05	0,20	2,55
10,5	5,2	23	3	17,7	246,9	1194,3	462,2	0,68	0,023	0,99	0,03	0,25	2,55
12	5,2	27	3	17,7	259,8	1194,3	584,6	0,64	0,023	0,99	0,03	0,33	2,55

13,5	5,2	25	3	17,7	253,5	1194,3	722,3	0,61	0,023	0,99	0,02	0,29	2,55
1,5	5,2	18	3	17,5	228,3	1180,7	26,3	1,39	0,023	0,99	0,67	0,19	2,55
3	5,2	19	3	17,5	232,3	1180,7	78,8	1,06	0,023	0,99	0,22	0,20	2,55
4,5	5,2	20	3	17,5	236,1	1180,7	124,7	0,94	0,023	0,99	0,14	0,21	2,55
6	5,2	22	3	17,4	243,4	1180,7	185,9	0,85	0,023	0,99	0,09	0,24	2,55
7,5	5,2	19	3	17,5	232,3	1180,7	262,4	0,78	0,023	0,99	0,07	0,20	2,55
9	5,2	22	3	17,5	243,4	1180,7	354,2	0,72	0,023	0,99	0,04	0,24	2,55
10,5	5,2	19	3	17,5	232,3	1180,7	461,3	0,68	0,023	0,99	0,03	0,20	2,55
12	5,2	27	3	17,5	259,8	1180,7	583,7	0,64	0,023	0,99	0,03	0,33	2,55
13,5	5,2	25	3	17,5	253,5	1180,7	721,4	0,61	0,023	0,99	0,02	0,29	2,55
1,5	5,2	18	3	17,7	228,3	1193,9	26,6	1,39	0,023	0,99	0,67	0,19	2,55
3	5,2	23	3	17,7	246,9	1193,9	79,7	1,05	0,023	0,99	0,22	0,25	2,55
4,5	5,2	23	3	17,7	246,9	1193,9	125,6	0,94	0,023	0,99	0,14	0,25	2,55
6	5,2	18	3	17,7	228,3	1193,9	186,8	0,85	0,023	0,99	0,09	0,19	2,55
7,5	5,2	17	3	17,7	224,2	1193,9	263,3	0,78	0,023	0,99	0,07	0,18	2,55
9	5,2	19	3	17,6	232,3	1193,9	355,1	0,72	0,023	0,99	0,05	0,20	2,55
10,5	5,2	25	3	17,7	253,5	1193,9	462,2	0,68	0,023	0,99	0,03	0,29	2,55
12	5,2	23	3	17,7	246,9	1193,9	584,6	0,64	0,023	0,99	0,03	0,25	2,55
13,5	5,2	23	3	17,7	246,9	1193,9	722,3	0,61	0,023	0,99	0,02	0,25	2,55

Tablo 17. M=5.5 Eynesil – Giresun depremine ait jeoteknik sınıvlaşma analiz verileri

Z	Mw	N	YASS	Y	Vs	σ	σ'	CV	amax	rd	DGO	DDO	MSF
1,5	5,5	10	3	17,5	189,31	1183,05	26,25	1,40	0,021	0,99	0,62	0,11	2,21
3	5,5	13	3	17,5	205,84	1183,05	78,75	1,06	0,021	0,99	0,21	0,14	2,21
4,5	5,5	15	3	17,5	215,45	1183,05	124,65	0,95	0,021	0,99	0,13	0,16	2,21
6	5,5	14	3	17,8	210,76	1183,05	185,85	0,86	0,021	0,99	0,09	0,15	2,21
7,5	5,5	19	3	17,5	232,33	1183,05	262,35	0,79	0,021	0,99	0,06	0,2	2,21
9	5,5	14	3	17,5	210,76	1183,05	354,15	0,73	0,021	0,99	0,05	0,15	2,21
10,5	5,5	19	3	17,5	232,33	1183,05	461,25	0,68	0,021	0,99	0,04	0,2	2,21
12	5,5	16	3	17,5	219,94	1183,05	583,65	0,64	0,021	0,99	0,03	0,17	2,21
13,5	5,5	21	3	17,5	239,87	1183,05	721,35	0,61	0,021	0,99	0,02	0,23	2,21
1,5	5,5	12	3	17,6	200,65	1188,75	26,4	1,40	0,021	0,99	0,61	0,13	2,21
3	5,5	12	3	17,6	200,65	1188,75	79,2	1,06	0,021	0,99	0,2	0,13	2,21
4,5	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	125,1	0,95	0,021	0,99	0,13	0,16	2,21
6	5,5	16	3	17,6	219,94	1188,75	186,3	0,86	0,021	0,99	0,09	0,17	2,21
7,5	5,5	18	3	17,7	228,36	1188,75	262,8	0,79	0,021	0,99	0,06	0,19	2,21
9	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	354,6	0,73	0,021	0,99	0,05	0,16	2,21
10,5	5,5	17	3	17,6	224,23	1188,75	461,7	0,68	0,021	0,99	0,04	0,18	2,21
12	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	584,1	0,64	0,021	0,99	0,03	0,16	2,21

13,5	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	721,8	0,61	0,021	0,99	0,02	0,16	2,21
1,5	5,5	10	3	17,9	189,31	1207,8	26,85	1,39	0,021	0,99	0,61	0,11	2,21
3	5,5	11	3	17,9	195,16	1207,8	80,55	1,06	0,021	0,99	0,2	0,12	2,21
4,5	5,5	16	3	17,8	219,94	1207,8	126,45	0,94	0,021	0,99	0,13	0,17	2,21
6	5,5	15	3	17,9	215,45	1207,8	187,65	0,85	0,021	0,99	0,09	0,16	2,21
7,5	5,5	21	3	17,9	239,87	1207,8	264,15	0,78	0,021	0,99	0,06	0,23	2,21
9	5,5	18	3	17,9	228,36	1207,8	355,95	0,73	0,021	0,99	0,05	0,19	2,21
10,5	5,5	21	3	17,9	239,87	1207,8	553,83	0,65	0,021	0,99	0,03	0,23	2,21
12	5,5	23	3	17,9	246,93	1207,8	585,45	0,64	0,021	0,99	0,03	0,26	2,21
13,5	5,5	16	3	17,9	219,94	1207,8	723,15	0,61	0,021	0,99	0,02	0,17	2,21
1,5	5,5	14	3	17,9	210,76	1209,15	26,85	1,39	0,021	0,99	0,61	0,15	2,21
3	5,5	17	3	17,9	224,23	1209,15	80,55	1,06	0,021	0,99	0,2	0,18	2,21
4,5	5,5	16	3	17,9	219,94	1209,15	126,45	0,94	0,021	0,99	0,13	0,17	2,21
6	5,5	18	3	17,9	228,36	1209,15	187,65	0,85	0,021	0,99	0,09	0,19	2,21
7,5	5,5	19	3	17,9	232,33	1209,15	310,05	0,75	0,021	0,99	0,05	0,2	2,21
9	5,5	16	3	18	219,94	1209,15	355,95	0,73	0,021	0,99	0,05	0,17	2,21
10,5	5,5	19	3	17,9	232,33	1209,15	463,05	0,68	0,021	0,99	0,04	0,2	2,21
12	5,5	23	3	17,9	246,93	1209,15	585,45	0,64	0,021	0,99	0,03	0,26	2,21
13,5	5,5	17	3	17,9	224,23	1209,15	723,15	0,61	0,021	0,99	0,02	0,18	2,21
1,5	5,5	17	3	17,5	224,23	1125	26,25	1,40	0,021	0,99	0,59	0,18	2,21
3	5,5	16	3	17,5	219,94	1125	78,75	1,06	0,021	0,99	0,2	0,17	2,21
4,5	5,5	18	3	18	228,36	1125	124,65	0,95	0,021	0,99	0,12	0,19	2,21
6	5,5	18	3	17,5	228,36	1125	185,85	0,86	0,021	0,99	0,08	0,19	2,21
7,5	5,5	19	3	17,5	232,33	1125	262,35	0,79	0,021	0,99	0,06	0,2	2,21
9	5,5	18	3	17,5	228,36	1125	354,15	0,73	0,021	0,99	0,04	0,19	2,21
10,5	5,5	20	3	17,5	236,16	1125	461,25	0,68	0,021	0,99	0,03	0,22	2,21
12	5,5	15	3	17,5	215,45	1125	583,65	0,64	0,021	0,99	0,03	0,16	2,21
13,5	5,5	19	3	17,5	232,33	1125	721,35	0,61	0,021	0,99	0,02	0,2	2,21
1,5	5,5	12	3	17,6	200,65	1188	26,4	1,40	0,021	0,99	0,61	0,13	2,21
3	5,5	11	3	17,6	195,16	1188	79,2	1,06	0,021	0,99	0,2	0,12	2,21
4,5	5,5	17	3	17,6	224,23	1188	125,1	0,95	0,021	0,99	0,13	0,18	2,21
6	5,5	18	3	17,6	228,36	1188	186,3	0,86	0,021	0,99	0,09	0,19	2,21
7,5	5,5	20	3	17,6	236,16	1188	262,8	0,79	0,021	0,99	0,06	0,22	2,21
9	5,5	17	3	17,6	224,23	1188	354,6	0,73	0,021	0,99	0,05	0,18	2,21
10,5	5,5	18	3	17,6	228,36	1188	461,7	0,68	0,021	0,99	0,04	0,19	2,21
12	5,5	24	3	17,6	250,3	1188	584,1	0,64	0,021	0,99	0,03	0,27	2,21
13,5	5,5	21	3	17,6	239,87	1188	721,8	0,61	0,021	0,99	0,02	0,23	2,21
1,5	5,5	14	3	17,7	210,76	1014,15	26,55	1,39	0,021	0,99	0,52	0,15	2,21
3	5,5	11	3	17,7	195,16	1014,15	79,65	1,06	0,021	0,99	0,17	0,12	2,21

4,5	5,5	19	3	17,7	232,33	1014,15	125,55	0,94	0,021	0,99	0,11	0,2	2,21
6	5,5	20	3	17,7	236,16	1014,15	186,75	0,86	0,021	0,99	0,07	0,22	2,21
7,5	5,5	21	3	17,7	239,87	1014,15	263,25	0,79	0,021	0,99	0,05	0,23	2,21
9	5,5	22	3	17,7	243,45	1014,15	355,05	0,73	0,021	0,99	0,04	0,24	2,21
10,5	5,5	24	3	17,9	250,3	1014,15	462,15	0,68	0,021	0,99	0,03	0,27	2,21
12	5,5	20	3	17,7	236,16	1014,15	584,55	0,64	0,021	0,99	0,02	0,22	2,21
13,5	5,5	20	3	17,7	236,16	1014,15	722,25	0,61	0,021	0,99	0,02	0,22	2,21
1,5	5,5	17	3	17,8	224,23	1202,7	26,7	1,39	0,021	0,99	0,61	0,18	2,21
3	5,5	22	3	17,8	243,45	1202,7	80,1	1,06	0,021	0,99	0,2	0,24	2,21
4,5	5,5	19	3	17,8	232,33	1202,7	126	0,94	0,021	0,99	0,13	0,2	2,21
6	5,5	22	3	17,8	243,45	1202,7	187,2	0,85	0,021	0,99	0,09	0,24	2,21
7,5	5,5	18	3	17,8	228,36	1202,7	263,7	0,78	0,021	0,99	0,06	0,19	2,21
9	5,5	17	3	17,8	224,23	1202,7	355,5	0,73	0,021	0,99	0,05	0,18	2,21
10,5	5,5	19	3	17,8	232,33	1202,7	462,6	0,68	0,021	0,99	0,04	0,2	2,21
12	5,5	19	3	17,9	232,33	1202,7	585	0,64	0,021	0,99	0,03	0,2	2,21
13,5	5,5	19	3	17,8	232,33	1202,7	722,7	0,61	0,021	0,99	0,02	0,2	2,21
1,5	5,5	15	3	17,6	215,45	1189,8	26,4	1,40	0,021	0,99	0,62	0,16	2,21
3	5,5	18	3	17,6	228,36	1189,8	79,2	1,06	0,021	0,99	0,21	0,19	2,21
4,5	5,5	19	3	17,6	232,33	1189,8	125,1	0,95	0,021	0,99	0,13	0,2	2,21
6	5,5	23	3	17,9	246,93	1189,8	186,3	0,86	0,021	0,99	0,09	0,26	2,21
7,5	5,5	20	3	17,6	236,16	1189,8	262,8	0,79	0,021	0,99	0,06	0,22	2,21
9	5,5	21	3	17,6	239,87	1189,8	354,6	0,73	0,021	0,99	0,05	0,23	2,21
10,5	5,5	19	3	17,6	232,33	1189,8	461,7	0,68	0,021	0,99	0,04	0,2	2,21
12	5,5	22	3	17,6	243,45	1189,8	584,1	0,64	0,021	0,99	0,03	0,24	2,21
13,5	5,5	21	3	17,6	239,87	1189,8	721,8	0,61	0,021	0,99	0,02	0,23	2,21
1,5	5,5	19	3	17,5	232,33	1180,8	26,25	1,40	0,021	0,99	0,61	0,2	2,21
3	5,5	19	3	17,5	232,33	1180,8	78,75	1,06	0,021	0,99	0,2	0,2	2,21
4,5	5,5	20	3	17,4	236,16	1180,8	124,65	0,95	0,021	0,99	0,13	0,22	2,21
6	5,5	19	3	17,5	232,33	1180,8	185,85	0,86	0,021	0,99	0,09	0,2	2,21
7,5	5,5	21	3	17,5	239,87	1180,8	262,35	0,79	0,021	0,99	0,06	0,23	2,21
9	5,5	21	3	17,5	239,87	1180,8	354,15	0,73	0,021	0,99	0,05	0,23	2,21
10,5	5,5	24	3	17,5	250,3	1180,8	461,25	0,68	0,021	0,99	0,03	0,27	2,21
12	5,5	25	3	17,5	253,59	1180,8	583,65	0,64	0,021	0,99	0,03	0,29	2,21
13,5	5,5	22	3	17,5	243,45	1180,8	721,35	0,61	0,021	0,99	0,02	0,24	2,21
1,5	5,5	21	3	17,6	239,87	1188,75	26,4	1,40	0,021	0,99	0,61	0,23	2,21
3	5,5	22	3	17,6	243,45	1188,75	79,2	1,06	0,021	0,99	0,2	0,24	2,21
4,5	5,5	21	3	17,6	239,87	1188,75	125,1	0,95	0,021	0,99	0,13	0,23	2,21
6	5,5	21	3	17,6	239,87	1188,75	186,3	0,86	0,021	0,99	0,09	0,23	2,21
7,5	5,5	22	3	17,7	243,45	1188,75	262,8	0,79	0,021	0,99	0,06	0,24	2,21

13,5	5,5	23	3	17,7	246,929	1193,85	722,25	0,61	0,021	0,99	0,02	0,26	2,21
------	-----	----	---	------	---------	---------	--------	------	-------	------	------	------	------

Tablo 18. M=5.5 Gürcistan depremine ait jeoteknik sınıflama analiz verileri

Z	M _w	N	YAS S	Y	V _s	σ	σ'	CV	ama x	rd	DG O	DD O	MS F
1,5	5,5	10	3	17,5	189,31	1183,05	26,25	1,39707	0,03	0,99	0,88	0,11	2,21
3	5,5	13	3	17,5	205,84	1183,05	78,75	1,06154	0,03	0,99	0,29	0,14	2,21
4,5	5,5	15	3	17,5	215,45	1183,05	124,65	0,9464	0,03	0,99	0,19	0,16	2,21
6	5,5	14	3	17,8	210,76	1183,05	185,85	0,85646	0,03	0,99	0,12	0,15	2,21
7,5	5,5	19	3	17,5	232,33	1183,05	262,35	0,78574	0,03	0,99	0,09	0,20	2,21
9	5,5	14	3	17,5	210,76	1183,05	354,15	0,72896	0,03	0,99	0,07	0,15	2,21
10,5	5,5	19	3	17,5	232,33	1183,05	461,25	0,68236	0,03	0,99	0,05	0,20	2,21
12	5,5	16	3	17,5	219,94	1183,05	583,65	0,64337	0,03	0,99	0,04	0,17	2,21
13,5	5,5	21	3	17,5	239,87	1183,05	721,35	0,61019	0,03	0,99	0,03	0,23	2,21
1,5	5,5	12	3	17,6	200,65	1188,75	26,4	1,39508	0,03	0,99	0,88	0,13	2,21
3	5,5	12	3	17,6	200,65	1188,75	79,2	1,06003	0,03	0,99	0,29	0,13	2,21
4,5	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	125,1	0,94555	0,03	0,99	0,19	0,16	2,21
6	5,5	16	3	17,6	219,94	1188,75	186,3	0,85595	0,03	0,99	0,12	0,17	2,21
7,5	5,5	18	3	17,7	228,36	1188,75	262,8	0,7854	0,03	0,99	0,09	0,19	2,21
9	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	354,6	0,72873	0,03	0,99	0,07	0,16	2,21
10,5	5,5	17	3	17,6	224,23	1188,75	461,7	0,6822	0,03	0,99	0,05	0,18	2,21
12	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	584,1	0,64325	0,03	0,99	0,04	0,16	2,21
13,5	5,5	15	3	17,6	215,45	1188,75	721,8	0,61009	0,03	0,99	0,03	0,16	2,21
1,5	5,5	10	3	17,9	189,31	1207,8	26,85	1,3892	0,03	0,99	0,88	0,11	2,21
3	5,5	11	3	17,9	195,16	1207,8	80,55	1,05556	0,03	0,99	0,29	0,12	2,21

4,5	5,5	1 6	3	17, 8	219,9 4	1207,8	126,4 5	0,9430 2	0,03	0,9 9	0,19	0,17	2,21
6	5,5	1 5	3	17, 9	215,4 5	1207,8	187,6 5	0,8544	0,03	0,9 9	0,13	0,16	2,21
7,5	5,5	2 1	3	17, 9	239,8 7	1207,8	264,1 5	0,7844	0,03	0,9 9	0,09	0,23	2,21
9	5,5	1 8	3	17, 9	228,3 6	1207,8	355,9 5	0,7280 4	0,03	0,9 9	0,07	0,19	2,21
10, 5	5,5	2 1	3	17, 9	239,8 7	1207,8	553,8 3	0,6518 6	0,03	0,9 9	0,04	0,23	2,21
12	5,5	2 3	3	17, 9	246,9 3	1207,8	585,4 5	0,6428 8	0,03	0,9 9	0,04	0,26	2,21
13, 5	5,5	1 6	3	17, 9	219,9 4	1207,8	723,1 5	0,6098 1	0,03	0,9 9	0,03	0,17	2,21
1,5	5,5	1 4	3	17, 9	210,7 6	1209,1 5	26,85	1,3892	0,03	0,9 9	0,88	0,15	2,21
3	5,5	1 7	3	17, 9	224,2 3	1209,1 5	80,55	1,0555 6	0,03	0,9 9	0,29	0,18	2,21
4,5	5,5	1 6	3	17, 9	219,9 4	1209,1 5	126,4 5	0,9430 2	0,03	0,9 9	0,19	0,17	2,21
6	5,5	1 8	3	17, 9	228,3 6	1209,1 5	187,6 5	0,8544	0,03	0,9 9	0,13	0,19	2,21
7,5	5,5	1 9	3	17, 9	232,3 3	1209,1 5	310,0 5	0,7536	0,03	0,9 9	0,08	0,20	2,21
9	5,5	1 6	3	18	219,9 4	1209,1 5	355,9 5	0,7280 4	0,03	0,9 9	0,07	0,17	2,21
10, 5	5,5	1 9	3	17, 9	232,3 3	1209,1 5	463,0 5	0,6817	0,03	0,9 9	0,05	0,20	2,21
12	5,5	2 3	3	17, 9	246,9 3	1209,1 5	585,4 5	0,6428 8	0,03	0,9 9	0,04	0,26	2,21
13, 5	5,5	1 7	3	17, 9	224,2 3	1209,1 5	723,1 5	0,6098 1	0,03	0,9 9	0,03	0,18	2,21
1,5	5,5	1 7	3	17, 5	224,2 3	1125	26,25	1,3970 7	0,03	0,9 9	0,84	0,18	2,21
3	5,5	1 6	3	17, 5	219,9 4	1125	78,75	1,0615 4	0,03	0,9 9	0,28	0,17	2,21
4,5	5,5	1 8	3	18	228,3 6	1125	124,6 5	0,9464	0,03	0,9 9	0,18	0,19	2,21
6	5,5	1 8	3	17, 5	228,3 6	1125	185,8 5	0,8564 6	0,03	0,9 9	0,12	0,19	2,21
7,5	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1125	262,3 5	0,7857 4	0,03	0,9 9	0,08	0,20	2,21
9	5,5	1 8	3	17, 5	228,3 6	1125	354,1 5	0,7289 6	0,03	0,9 9	0,06	0,19	2,21
10, 5	5,5	2 0	3	17, 5	236,1 6	1125	461,2 5	0,6823 6	0,03	0,9 9	0,05	0,22	2,21
12	5,5	1	3	17,	215,4	1125	583,6	0,6433	0,03	0,9	0,04	0,16	2,21

		5		5	5		5	7		9			
13, 5	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1125	721,3 5	0,6101 9	0,03	0,9 9	0,03	0,20	2,21
1,5	5,5	1 2	3	17, 6	200,6 5	1188	26,4	1,3950 8	0,03	0,9 9	0,88	0,13	2,21
3	5,5	1 1	3	17, 6	195,1 6	1188	79,2	1,0600 3	0,03	0,9 9	0,29	0,12	2,21
4,5	5,5	1 7	3	17, 6	224,2 3	1188	125,1	0,9455 5	0,03	0,9 9	0,19	0,18	2,21
6	5,5	1 8	3	17, 6	228,3 6	1188	186,3	0,8559 5	0,03	0,9 9	0,12	0,19	2,21
7,5	5,5	2 0	3	17, 6	236,1 6	1188	262,8	0,7854	0,03	0,9 9	0,09	0,22	2,21
9	5,5	1 7	3	17, 6	224,2 3	1188	354,6	0,7287 3	0,03	0,9 9	0,07	0,18	2,21
10, 5	5,5	1 8	3	17, 6	228,3 6	1188	461,7	0,6822	0,03	0,9 9	0,05	0,19	2,21
12	5,5	2 4	3	17, 6	250,3 0	1188	584,1	0,6432 5	0,03	0,9 9	0,04	0,27	2,21
13, 5	5,5	2 1	3	17, 6	239,8 7	1188	721,8	0,6100 9	0,03	0,9 9	0,03	0,23	2,21
1,5	5,5	1 4	3	17, 7	210,7 6	1014,1 5	26,55	1,3931 1	0,03	0,9 9	0,74	0,15	2,21
3	5,5	1 1	3	17, 7	195,1 6	1014,1 5	79,65	1,0585 3	0,03	0,9 9	0,25	0,12	2,21
4,5	5,5	1 9	3	17, 7	232,3 3	1014,1 5	125,5 5	0,9447	0,03	0,9 9	0,16	0,20	2,21
6	5,5	2 0	3	17, 7	236,1 6	1014,1 5	186,7 5	0,8554 3	0,03	0,9 9	0,11	0,22	2,21
7,5	5,5	2 1	3	17, 7	239,8 7	1014,1 5	263,2 5	0,7850 7	0,03	0,9 9	0,08	0,23	2,21
9	5,5	2 2	3	17, 7	243,4 5	1014,1 5	355,0 5	0,7285	0,03	0,9 9	0,06	0,24	2,21
10, 5	5,5	2 4	3	17, 9	250,3 0	1014,1 5	462,1 5	0,6820 3	0,03	0,9 9	0,04	0,27	2,21
12	5,5	2 0	3	17, 7	236,1 6	1014,1 5	584,5 5	0,6431 2	0,03	0,9 9	0,03	0,22	2,21
13, 5	5,5	2 0	3	17, 7	236,1 6	1014,1 5	722,2 5	0,61	0,03	0,9 9	0,03	0,22	2,21
1,5	5,5	1 7	3	17, 8	224,2 3	1202,7	26,7	1,3911 4	0,03	0,9 9	0,88	0,18	2,21
3	5,5	2 2	3	17, 8	243,4 5	1202,7	80,1	1,0570 4	0,03	0,9 9	0,29	0,24	2,21
4,5	5,5	1 9	3	17, 8	232,3 3	1202,7	126	0,9438 6	0,03	0,9 9	0,19	0,20	2,21
6	5,5	2 2	3	17, 8	243,4 5	1202,7	187,2	0,8549 2	0,03	0,9 9	0,13	0,24	2,21

7,5	5,5	1 8	3	17, 8	228,3 6	1202,7	263,7	0,7847 3	0,03	0,9 9	0,09	0,19	2,21
9	5,5	1 7	3	17, 8	224,2 3	1202,7	355,5	0,7282 7	0,03	0,9 9	0,07	0,18	2,21
10, 5	5,5	1 9	3	17, 8	232,3 3	1202,7	462,6	0,6818 7	0,03	0,9 9	0,05	0,20	2,21
12	5,5	1 9	3	17, 9	232,3 3	1202,7	585	0,643	0,03	0,9 9	0,04	0,20	2,21
13, 5	5,5	1 9	3	17, 8	232,3 3	1202,7	722,7	0,6099	0,03	0,9 9	0,03	0,20	2,21
1,5	5,5	1 5	3	17, 6	215,4 5	1189,8	26,4	1,3950 8	0,03	0,9 9	0,88	0,16	2,21
3	5,5	1 8	3	17, 6	228,3 6	1189,8	79,2	1,0600 3	0,03	0,9 9	0,29	0,19	2,21
4,5	5,5	1 9	3	17, 6	232,3 3	1189,8	125,1	0,9455 5	0,03	0,9 9	0,19	0,20	2,21
6	5,5	2 3	3	17, 9	246,9 3	1189,8	186,3	0,8559 5	0,03	0,9 9	0,12	0,26	2,21
7,5	5,5	2 0	3	17, 6	236,1 6	1189,8	262,8	0,7854	0,03	0,9 9	0,09	0,22	2,21
9	5,5	2 1	3	17, 6	239,8 7	1189,8	354,6	0,7287 3	0,03	0,9 9	0,07	0,23	2,21
10, 5	5,5	1 9	3	17, 6	232,3 3	1189,8	461,7	0,6822	0,03	0,9 9	0,05	0,20	2,21
12	5,5	2 2	3	17, 6	243,4 5	1189,8	584,1	0,6432 5	0,03	0,9 9	0,04	0,24	2,21
13, 5	5,5	2 1	3	17, 6	239,8 7	1189,8	721,8	0,6100 9	0,03	0,9 9	0,03	0,23	2,21
1,5	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1180,8	26,25	1,3970 7	0,03	0,9 9	0,88	0,20	2,21
3	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1180,8	78,75	1,0615 4	0,03	0,9 9	0,29	0,20	2,21
4,5	5,5	2 0	3	17, 4	236,1 6	1180,8	124,6 5	0,9464	0,03	0,9 9	0,18	0,22	2,21
6	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1180,8	185,8 5	0,8564 6	0,03	0,9 9	0,12	0,20	2,21
7,5	5,5	2 1	3	17, 5	239,8 7	1180,8	262,3 5	0,7857 4	0,03	0,9 9	0,09	0,23	2,21
9	5,5	2 1	3	17, 5	239,8 7	1180,8	354,1 5	0,7289 6	0,03	0,9 9	0,07	0,23	2,21
10, 5	5,5	2 4	3	17, 5	250,3 0	1180,8	461,2 5	0,6823 6	0,03	0,9 9	0,05	0,27	2,21
12	5,5	2 5	3	17, 5	253,5 9	1180,8	583,6 5	0,6433 7	0,03	0,9 9	0,04	0,29	2,21
13, 5	5,5	2 2	3	17, 5	243,4 5	1180,8	721,3 5	0,6101 9	0,03	0,9 9	0,03	0,24	2,21
1,5	5,5	2	3	17,	239,8	1188,7	26,4	1,3950	0,03	0,9	0,88	0,23	2,21

		1		6	7	5		8		9			
3	5,5	2 2	3	17, 6	243,4 5	1188,7 5	79,2	1,0600 3	0,03	0,9 9	0,29	0,24	2,21
4,5	5,5	2 1	3	17, 6	239,8 7	1188,7 5	125,1	0,9455 5	0,03	0,9 9	0,19	0,23	2,21
6	5,5	2 1	3	17, 6	239,8 7	1188,7 5	186,3	0,8559 5	0,03	0,9 9	0,12	0,23	2,21
7,5	5,5	2 2	3	17, 7	243,4 5	1188,7 5	262,8	0,7854	0,03	0,9 9	0,09	0,24	2,21
9	5,5	2 5	3	17, 6	253,5 9	1188,7 5	364,5	0,7237 3	0,03	0,9 9	0,06	0,29	2,21
10, 5	5,5	2 1	3	17, 6	239,8 7	1188,7 5	461,7	0,6822	0,03	0,9 9	0,05	0,23	2,21
12	5,5	2 2	3	17, 6	243,4 5	1188,7 5	584,1	0,6432 5	0,03	0,9 9	0,04	0,24	2,21
13, 5	5,5	2 2	3	17, 6	243,4 5	1188,7 5	721,8	0,6100 9	0,03	0,9 9	0,03	0,24	2,21
1,5	5,5	1 5	3	17, 4	215,4 5	1175,2 5	26,1	1,3990 7	0,03	0,9 9	0,88	0,16	2,21
3	5,5	1 8	3	17, 4	228,3 6	1175,2 5	78,3	1,0630 6	0,03	0,9 9	0,29	0,19	2,21
4,5	5,5	1 7	3	17, 4	224,2 3	1175,2 5	124,2	0,9472 6	0,03	0,9 9	0,18	0,18	2,21
6	5,5	1 7	3	17, 4	224,2 3	1175,2 5	185,4	0,8569 8	0,03	0,9 9	0,12	0,18	2,21
7,5	5,5	1 7	3	17, 5	224,2 3	1175,2 5	261,9	0,7860 8	0,03	0,9 9	0,09	0,18	2,21
9	5,5	1 6	3	17, 4	219,9 4	1175,2 5	353,7	0,7291 9	0,03	0,9 9	0,06	0,17	2,21
10, 5	5,5	2 1	3	17, 4	239,8 7	1175,2 5	460,8	0,6825 3	0,03	0,9 9	0,05	0,23	2,21
12	5,5	2 1	3	17, 4	239,8 7	1175,2 5	583,2	0,6435	0,03	0,9 9	0,04	0,23	2,21
13, 5	5,5	2 1	3	17, 4	239,8 7	1175,2 5	720,9	0,6102 8	0,03	0,9 9	0,03	0,23	2,21
1,5	5,5	1 7	3	17, 7	224,2 3	1194,3	26,55	1,3931 1	0,03	0,9 9	0,88	0,18	2,21
3	5,5	2 0	3	17, 7	236,1 6	1194,3	79,65	1,0585 3	0,03	0,9 9	0,29	0,22	2,21
4,5	5,5	2 0	3	17, 6	236,1 6	1194,3	125,5 5	0,9447	0,03	0,9 9	0,19	0,22	2,21
6	5,5	2 1	3	17, 7	239,8 7	1194,3	186,7 5	0,8554 3	0,03	0,9 9	0,12	0,23	2,21
7,5	5,5	2 2	3	17, 7	243,4 5	1194,3	263,2 5	0,7850 7	0,03	0,9 9	0,09	0,24	2,21
9	5,5	1 9	3	17, 7	232,3 3	1194,3	355,0 5	0,7285	0,03	0,9 9	0,07	0,20	2,21

10, 5	5,5	2 3	3	17, 7	246,9 3	1194,3	462,1 5	0,6820 3	0,03	0,9 9	0,05	0,26	2,21
12	5,5	2 7	3	17, 7	259,8 9	1194,3	584,5 5	0,6431 2	0,03	0,9 9	0,04	0,34	2,21
13, 5	5,5	2 5	3	17, 7	253,5 9	1194,3	722,2 5	0,61	0,03	0,9 9	0,03	0,29	2,21
1,5	5,5	1 8	3	17, 5	228,3 6	1180,6 5	26,25	1,3970 7	0,03	0,9 9	0,88	0,19	2,21
3	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1180,6 5	78,75	1,0615 4	0,03	0,9 9	0,29	0,20	2,21
4,5	5,5	2 0	3	17, 5	236,1 6	1180,6 5	124,6 5	0,9464	0,03	0,9 9	0,18	0,22	2,21
6	5,5	2 2	3	17, 4	243,4 5	1180,6 5	185,8 5	0,8564 6	0,03	0,9 9	0,12	0,24	2,21
7,5	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1180,6 5	262,3 5	0,7857 4	0,03	0,9 9	0,09	0,20	2,21
9	5,5	2 2	3	17, 5	243,4 5	1180,6 5	354,1 5	0,7289 6	0,03	0,9 9	0,07	0,24	2,21
10, 5	5,5	1 9	3	17, 5	232,3 3	1180,6 5	461,2 5	0,6823 6	0,03	0,9 9	0,05	0,20	2,21
12	5,5	2 7	3	17, 5	259,8 9	1180,6 5	583,6 5	0,6433 7	0,03	0,9 9	0,04	0,34	2,21
13, 5	5,5	2 5	3	17, 5	253,5 9	1180,6 5	721,3 5	0,6101 9	0,03	0,9 9	0,03	0,29	2,21
1,5	5,5	1 8	3	17, 7	228,3 6	1193,8 5	26,55	1,3931 1	0,03	0,9 9	0,88	0,19	2,21
3	5,5	2 3	3	17, 7	246,9 3	1193,8 5	79,65	1,0585 3	0,03	0,9 9	0,29	0,26	2,21
4,5	5,5	2 3	3	17, 7	246,9 3	1193,8 5	125,5 5	0,9447	0,03	0,9 9	0,19	0,26	2,21
6	5,5	1 8	3	17, 7	228,3 6	1193,8 5	186,7 5	0,8554 3	0,03	0,9 9	0,12	0,19	2,21
7,5	5,5	1 7	3	17, 7	224,2 3	1193,8 5	263,2 5	0,7850 7	0,03	0,9 9	0,09	0,18	2,21
9	5,5	1 9	3	17, 6	232,3 3	1193,8 5	355,0 5	0,7285	0,03	0,9 9	0,07	0,20	2,21
10, 5	5,5	2 5	3	17, 7	253,5 9	1193,8 5	462,1 5	0,6820 3	0,03	0,9 9	0,05	0,29	2,21
12	5,5	2 3	3	17, 7	246,9 3	1193,8 5	584,5 5	0,6431 2	0,03	0,9 9	0,04	0,26	2,21
13, 5	5,5	2 3	3	17, 7	246,9 3	1193,8 5	722,2 5	0,61	0,03	0,9 9	0,03	0,26	2,21

Tablo 19. M=6.8 Erzincan depremine ait jeoteknik sınıvlaşma analiz verileri

Z	N	M _w	YAS S	V _s	Υ	σ	σ'	CV	amax	rd	DG O	DD O	MS F
1,5	1 0	6,8	3	189,3 1	17, 5	1183,0 5	26,25	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,11	1,28
3	1 3	6,8	3	205,8 4	17, 5	1183,0 5	78,75	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,14	1,28
4,5	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 5	1183,0 5	124,6 5	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,39	0,16	1,28
6	1 4	6,8	3	210,7 6	17, 8	1183,0 5	185,8 5	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,26	0,15	1,28
7,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1183,0 5	262,3 5	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,20	1,28
9	1 4	6,8	3	210,7 6	17, 5	1183,0 5	354,1 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,15	1,28
10, 5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1183,0 5	461,2 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,20	1,28
12	1 6	6,8	3	219,9 4	17, 5	1183,0 5	583,6 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,17	1,28
13, 5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 5	1183,0 5	721,3 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,23	1,28
1,5	1 2	6,8	3	200,6 5	17, 6	1188,7 5	26,4	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,13	1,28
3	1 2	6,8	3	200,6 5	17, 6	1188,7 5	79,2	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,13	1,28
4,5	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 6	1188,7 5	125,1	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,40	0,16	1,28
6	1 6	6,8	3	219,9 4	17, 6	1188,7 5	186,3	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,27	0,17	1,28
7,5	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 7	1188,7 5	262,8	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,19	1,28
9	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 6	1188,7 5	354,6	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,16	1,28
10, 5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 6	1188,7 5	461,7	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,18	1,28
12	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 6	1188,7 5	584,1	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,16	1,28
13, 5	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 6	1188,7 5	721,8	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,16	1,28
1,5	1 0	6,8	3	189,3 1	17, 9	1207,8	26,85	1,3 9	0,06 4	0,9 9	1,87	0,11	1,28
3	1 1	6,8	3	195,1 6	17, 9	1207,8	80,55	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,12	1,28
4,5	1 6	6,8	3	219,9 4	17, 8	1207,8	126,4 5	0,9 4	0,06 4	0,9 9	0,40	0,17	1,28
6	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 9	1207,8	187,6 5	0,8 5	0,06 4	0,9 9	0,27	0,16	1,28
7,5	2	6,8	3	239,8	17,	1207,8	264,1	0,7	0,06	0,9	0,19	0,23	1,28

	1			7	9		5	8	4	9			
9	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 9	1207,8	355,9 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,19	1,28
10, 5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 9	1207,8	553,8 3	0,6 5	0,06 4	0,9 9	0,09	0,23	1,28
12	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 9	1207,8	585,4 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,09	0,26	1,28
13, 5	1 6	6,8	3	219,9 4	17, 9	1207,8	723,1 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,17	1,28
1,5	1 4	6,8	3	210,7 6	17, 9	1209,1 5	26,85	1,3 9	0,06 4	0,9 9	1,87	0,15	1,28
3	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 9	1209,1 5	80,55	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,18	1,28
4,5	1 6	6,8	3	219,9 4	17, 9	1209,1 5	126,4 5	0,9 4	0,06 4	0,9 9	0,40	0,17	1,28
6	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 9	1209,1 5	187,6 5	0,8 5	0,06 4	0,9 9	0,27	0,19	1,28
7,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 9	1209,1 5	310,0 5	0,7 5	0,06 4	0,9 9	0,16	0,20	1,28
9	1 6	6,8	3	219,9 4	18	1209,1 5	355,9 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,17	1,28
10, 5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 9	1209,1 5	463,0 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,20	1,28
12	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 9	1209,1 5	585,4 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,09	0,26	1,28
13, 5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 9	1209,1 5	723,1 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,18	1,28
1,5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 5	1125	26,25	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,78	0,18	1,28
3	1 6	6,8	3	219,9 4	17, 5	1125	78,75	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,59	0,17	1,28
4,5	1 8	6,8	3	228,3 6	18	1125	124,6 5	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,38	0,19	1,28
6	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 5	1125	185,8 5	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,25	0,19	1,28
7,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1125	262,3 5	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,18	0,20	1,28
9	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 5	1125	354,1 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,13	0,19	1,28
10, 5	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 5	1125	461,2 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,10	0,22	1,28
12	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 5	1125	583,6 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,16	1,28
13, 5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1125	721,3 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,06	0,20	1,28
1,5	1 2	6,8	3	200,6 5	17, 6	1188	26,4	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,13	1,28

3	1 1	6,8	3	195,1 6	17, 6	1188	79,2	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,12	1,28
4,5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 6	1188	125,1	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,40	0,18	1,28
6	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 6	1188	186,3	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,27	0,19	1,28
7,5	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 6	1188	262,8	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,22	1,28
9	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 6	1188	354,6	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,18	1,28
10, 5	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 6	1188	461,7	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,19	1,28
12	2 4	6,8	3	250,3 0	17, 6	1188	584,1	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,27	1,28
13, 5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 6	1188	721,8	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,23	1,28
1,5	1 4	6,8	3	210,7 6	17, 7	1014,1 5	26,55	1,3 9	0,06 4	0,9 9	1,59	0,15	1,28
3	1 1	6,8	3	195,1 6	17, 7	1014,1 5	79,65	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,53	0,12	1,28
4,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 7	1014,1 5	125,5 5	0,9 4	0,06 4	0,9 9	0,34	0,20	1,28
6	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 7	1014,1 5	186,7 5	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,23	0,22	1,28
7,5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 7	1014,1 5	263,2 5	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,16	0,23	1,28
9	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 7	1014,1 5	355,0 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,12	0,24	1,28
10, 5	2 4	6,8	3	250,3 0	17, 9	1014,1 5	462,1 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,09	0,27	1,28
12	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 7	1014,1 5	584,5 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,07	0,22	1,28
13, 5	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 7	1014,1 5	722,2 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,06	0,22	1,28
1,5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 8	1202,7	26,7	1,3 9	0,06 4	0,9 9	1,87	0,18	1,28
3	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 8	1202,7	80,1	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,24	1,28
4,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 8	1202,7	126	0,9 4	0,06 4	0,9 9	0,40	0,20	1,28
6	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 8	1202,7	187,2	0,8 5	0,06 4	0,9 9	0,27	0,24	1,28
7,5	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 8	1202,7	263,7	0,7 8	0,06 4	0,9 9	0,19	0,19	1,28
9	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 8	1202,7	355,5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,18	1,28
10,	1	6,8	3	232,3	17,	1202,7	462,6	0,6	0,06	0,9	0,11	0,20	1,28

5	9			3	8			8	4	9			
12	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 9	1202,7	585	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,09	0,20	1,28
13, 5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 8	1202,7	722,7	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,20	1,28
1,5	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 6	1189,8	26,4	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,16	1,28
3	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 6	1189,8	79,2	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,19	1,28
4,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 6	1189,8	125,1	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,40	0,20	1,28
6	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 9	1189,8	186,3	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,27	0,26	1,28
7,5	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 6	1189,8	262,8	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,22	1,28
9	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 6	1189,8	354,6	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,23	1,28
10, 5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 6	1189,8	461,7	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,20	1,28
12	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 6	1189,8	584,1	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,24	1,28
13, 5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 6	1189,8	721,8	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,23	1,28
1,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1180,8	26,25	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,20	1,28
3	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1180,8	78,75	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,20	1,28
4,5	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 4	1180,8	124,6 5	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,39	0,22	1,28
6	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1180,8	185,8 5	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,26	0,20	1,28
7,5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 5	1180,8	262,3 5	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,23	1,28
9	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 5	1180,8	354,1 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,23	1,28
10, 5	2 4	6,8	3	250,3 0	17, 5	1180,8	461,2 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,27	1,28
12	2 5	6,8	3	253,5 9	17, 5	1180,8	583,6 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,29	1,28
13, 5	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 5	1180,8	721,3 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,24	1,28
1,5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 6	1188,7 5	26,4	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,23	1,28
3	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 6	1188,7 5	79,2	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,24	1,28
4,5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 6	1188,7 5	125,1	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,40	0,23	1,28

6	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 6	1188,7 5	186,3	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,27	0,23	1,28
7,5	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 7	1188,7 5	262,8	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,24	1,28
9	2 5	6,8	3	253,5 9	17, 6	1188,7 5	364,5	0,7 2	0,06 4	0,9 9	0,14	0,29	1,28
10, 5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 6	1188,7 5	461,7	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,23	1,28
12	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 6	1188,7 5	584,1	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,24	1,28
13, 5	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 6	1188,7 5	721,8	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,24	1,28
1,5	1 5	6,8	3	215,4 5	17, 4	1175,2 5	26,1	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,16	1,28
3	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 4	1175,2 5	78,3	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,19	1,28
4,5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 4	1175,2 5	124,2	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,39	0,18	1,28
6	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 4	1175,2 5	185,4	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,26	0,18	1,28
7,5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 5	1175,2 5	261,9	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,18	1,28
9	1 6	6,8	3	219,9 4	17, 4	1175,2 5	353,7	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,17	1,28
10, 5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 4	1175,2 5	460,8	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,23	1,28
12	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 4	1175,2 5	583,2	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,23	1,28
13, 5	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 4	1175,2 5	720,9	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,23	1,28
1,5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 7	1194,3	26,55	1,3 9	0,06 4	0,9 9	1,87	0,18	1,28
3	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 7	1194,3	79,65	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,22	1,28
4,5	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 6	1194,3	125,5 5	0,9 4	0,06 4	0,9 9	0,40	0,22	1,28
6	2 1	6,8	3	239,8 7	17, 7	1194,3	186,7 5	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,27	0,23	1,28
7,5	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 7	1194,3	263,2 5	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,24	1,28
9	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 7	1194,3	355,0 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,20	1,28
10, 5	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 7	1194,3	462,1 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,26	1,28
12	2 7	6,8	3	259,8 9	17, 7	1194,3	584,5 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,34	1,28
13, 5	2	6,8	3	253,5	17,	1194,3	722,2	0,6	0,06	0,9	0,07	0,29	1,28

5	5			9	7		5	1	4	9			
1,5	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 5	1180,6 5	26,25	1,4 0	0,06 4	0,9 9	1,87	0,19	1,28
3	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1180,6 5	78,75	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,20	1,28
4,5	2 0	6,8	3	236,1 6	17, 5	1180,6 5	124,6 5	0,9 5	0,06 4	0,9 9	0,39	0,22	1,28
6	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 4	1180,6 5	185,8 5	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,26	0,24	1,28
7,5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1180,6 5	262,3 5	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,20	1,28
9	2 2	6,8	3	243,4 5	17, 5	1180,6 5	354,1 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,24	1,28
10, 5	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 5	1180,6 5	461,2 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,20	1,28
12	2 7	6,8	3	259,8 9	17, 5	1180,6 5	583,6 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,34	1,28
13, 5	2 5	6,8	3	253,5 9	17, 5	1180,6 5	721,3 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,29	1,28
1,5	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 7	1193,8 5	26,55	1,3 9	0,06 4	0,9 9	1,87	0,19	1,28
3	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 7	1193,8 5	79,65	1,0 6	0,06 4	0,9 9	0,62	0,26	1,28
4,5	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 7	1193,8 5	125,5 5	0,9 4	0,06 4	0,9 9	0,40	0,26	1,28
6	1 8	6,8	3	228,3 6	17, 7	1193,8 5	186,7 5	0,8 6	0,06 4	0,9 9	0,27	0,19	1,28
7,5	1 7	6,8	3	224,2 3	17, 7	1193,8 5	263,2 5	0,7 9	0,06 4	0,9 9	0,19	0,18	1,28
9	1 9	6,8	3	232,3 3	17, 6	1193,8 5	355,0 5	0,7 3	0,06 4	0,9 9	0,14	0,20	1,28
10, 5	2 5	6,8	3	253,5 9	17, 7	1193,8 5	462,1 5	0,6 8	0,06 4	0,9 9	0,11	0,29	1,28
12	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 7	1193,8 5	584,5 5	0,6 4	0,06 4	0,9 9	0,08	0,26	1,28
13, 5	2 3	6,8	3	246,9 3	17, 7	1193,8 5	722,2 5	0,6 1	0,06 4	0,9 9	0,07	0,26	1,28

Tablo 20. M=7.9 Erzincan depremine ait jeoteknik sıvılaşıma analiz verileri

Z	Mw	N	YASS	Y	Vs	σ	σ'	CV	amax	rd	DGO	DDO	MSF
1,5	7,9	10	3	17,5	189,31	1183,05	26,25	1,40	0,22	0,99	6,44	0,11	0,88
3	7,9	13	3	17,5	205,84	1183,05	78,75	1,06	0,22	0,99	2,15	0,14	0,88
4,5	7,9	15	3	17,5	215,45	1183,05	124,65	0,95	0,22	0,99	1,36	0,16	0,88
6	7,9	14	3	17,8	210,76	1183,05	185,85	0,86	0,22	0,99	0,91	0,15	0,88

7,5	7,9	19	3	17,5	232,33	1183,05	262,35	0,79	0,22	0,99	0,64	0,20	0,88
9	7,9	14	3	17,5	210,76	1183,05	354,15	0,73	0,22	0,99	0,48	0,15	0,88
10,5	7,9	19	3	17,5	232,33	1183,05	461,25	0,68	0,22	0,99	0,37	0,20	0,88
12	7,9	16	3	17,5	219,94	1183,05	583,65	0,64	0,22	0,99	0,29	0,17	0,88
13,5	7,9	21	3	17,5	239,87	1183,05	721,35	0,61	0,22	0,99	0,23	0,23	0,88
1,5	7,9	12	3	17,6	200,65	1188,75	26,40	1,40	0,22	0,99	6,44	0,13	0,88
3	7,9	12	3	17,6	200,65	1188,75	79,20	1,06	0,22	0,99	2,15	0,13	0,88
4,5	7,9	15	3	17,6	215,45	1188,75	125,10	0,95	0,22	0,99	1,36	0,16	0,88
6	7,9	16	3	17,6	219,94	1188,75	186,30	0,86	0,22	0,99	0,91	0,17	0,88
7,5	7,9	18	3	17,7	228,36	1188,75	262,80	0,79	0,22	0,99	0,65	0,19	0,88
9	7,9	15	3	17,6	215,45	1188,75	354,60	0,73	0,22	0,99	0,48	0,16	0,88
10,5	7,9	17	3	17,6	224,23	1188,75	461,70	0,68	0,22	0,99	0,37	0,18	0,88
12	7,9	15	3	17,6	215,45	1188,75	584,10	0,64	0,22	0,99	0,29	0,16	0,88
13,5	7,9	15	3	17,6	215,45	1188,75	721,80	0,61	0,22	0,99	0,24	0,16	0,88
1,5	7,9	10	3	17,9	189,31	1207,80	26,85	1,39	0,22	0,99	6,43	0,11	0,88
3	7,9	11	3	17,9	195,16	1207,80	80,55	1,06	0,22	0,99	2,14	0,12	0,88
4,5	7,9	16	3	17,8	219,94	1207,80	126,45	0,94	0,22	0,99	1,37	0,17	0,88
6	7,9	15	3	17,9	215,45	1207,80	187,65	0,85	0,22	0,99	0,92	0,16	0,88
7,5	7,9	21	3	17,9	239,87	1207,80	264,15	0,78	0,22	0,99	0,65	0,23	0,88
9	7,9	18	3	17,9	228,36	1207,80	355,95	0,73	0,22	0,99	0,49	0,19	0,88
10,5	7,9	21	3	17,9	239,87	1207,80	553,83	0,65	0,22	0,99	0,31	0,23	0,88
12	7,9	23	3	17,9	246,93	1207,80	585,45	0,64	0,22	0,99	0,30	0,26	0,88
13,5	7,9	16	3	17,9	219,94	1207,80	723,15	0,61	0,22	0,99	0,24	0,17	0,88
1,5	7,9	14	3	17,9	210,76	1209,15	26,85	1,39	0,22	0,99	6,44	0,15	0,88
3	7,9	17	3	17,9	224,23	1209,15	80,55	1,06	0,22	0,99	2,15	0,18	0,88
4,5	7,9	16	3	17,9	219,94	1209,15	126,45	0,94	0,22	0,99	1,37	0,17	0,88
6	7,9	18	3	17,9	228,36	1209,15	187,65	0,85	0,22	0,99	0,92	0,19	0,88
7,5	7,9	19	3	17,9	232,33	1209,15	310,05	0,75	0,22	0,99	0,56	0,20	0,88
9	7,9	16	3	18	219,94	1209,15	355,95	0,73	0,22	0,99	0,49	0,17	0,88
10,5	7,9	19	3	17,9	232,33	1209,15	463,05	0,68	0,22	0,99	0,37	0,20	0,88
12	7,9	23	3	17,9	246,93	1209,15	585,45	0,64	0,22	0,99	0,30	0,26	0,88
13,5	7,9	17	3	17,9	224,23	1209,15	723,15	0,61	0,22	0,99	0,24	0,18	0,88
1,5	7,9	17	3	17,5	224,23	1125,00	26,25	1,40	0,22	0,99	6,13	0,18	0,88
3	7,9	16	3	17,5	219,94	1125,00	78,75	1,06	0,22	0,99	2,04	0,17	0,88
4,5	7,9	18	3	18	228,36	1125,00	124,65	0,95	0,22	0,99	1,29	0,19	0,88
6	7,9	18	3	17,5	228,36	1125,00	185,85	0,86	0,22	0,99	0,87	0,19	0,88
7,5	7,9	19	3	17,5	232,33	1125,00	262,35	0,79	0,22	0,99	0,61	0,20	0,88
9	7,9	18	3	17,5	228,36	1125,00	354,15	0,73	0,22	0,99	0,45	0,19	0,88
10,5	7,9	20	3	17,5	236,16	1125,00	461,25	0,68	0,22	0,99	0,35	0,22	0,88
12	7,9	15	3	17,5	215,45	1125,00	583,65	0,64	0,22	0,99	0,28	0,16	0,88

13,5	7,9	19	3	17,5	232,33	1125,00	721,35	0,61	0,22	0,99	0,22	0,20	0,88
1,5	7,9	12	3	17,6	200,65	1188,00	26,40	1,40	0,22	0,99	6,43	0,13	0,88
3	7,9	11	3	17,6	195,16	1188,00	79,20	1,06	0,22	0,99	2,14	0,12	0,88
4,5	7,9	17	3	17,6	224,23	1188,00	125,10	0,95	0,22	0,99	1,36	0,18	0,88
6	7,9	18	3	17,6	228,36	1188,00	186,30	0,86	0,22	0,99	0,91	0,19	0,88
7,5	7,9	20	3	17,6	236,16	1188,00	262,80	0,79	0,22	0,99	0,65	0,22	0,88
9	7,9	17	3	17,6	224,23	1188,00	354,60	0,73	0,22	0,99	0,48	0,18	0,88
10,5	7,9	18	3	17,6	228,36	1188,00	461,70	0,68	0,22	0,99	0,37	0,19	0,88
12	7,9	24	3	17,6	250,30	1188,00	584,10	0,64	0,22	0,99	0,29	0,27	0,88
13,5	7,9	21	3	17,6	239,87	1188,00	721,80	0,61	0,22	0,99	0,24	0,23	0,88
1,5	7,9	14	3	17,7	210,76	1014,15	26,55	1,39	0,22	0,99	5,46	0,15	0,88
3	7,9	11	3	17,7	195,16	1014,15	79,65	1,06	0,22	0,99	1,82	0,12	0,88
4,5	7,9	19	3	17,7	232,33	1014,15	125,55	0,94	0,22	0,99	1,16	0,20	0,88
6	7,9	20	3	17,7	236,16	1014,15	186,75	0,86	0,22	0,99	0,78	0,22	0,88
7,5	7,9	21	3	17,7	239,87	1014,15	263,25	0,79	0,22	0,99	0,55	0,23	0,88
9	7,9	22	3	17,7	243,45	1014,15	355,05	0,73	0,22	0,99	0,41	0,24	0,88
10,5	7,9	24	3	17,9	250,30	1014,15	462,15	0,68	0,22	0,99	0,31	0,27	0,88
12	7,9	20	3	17,7	236,16	1014,15	584,55	0,64	0,22	0,99	0,25	0,22	0,88
13,5	7,9	20	3	17,7	236,16	1014,15	722,25	0,61	0,22	0,99	0,20	0,22	0,88
1,5	7,9	17	3	17,8	224,23	1202,70	26,70	1,39	0,22	0,99	6,44	0,18	0,88
3	7,9	22	3	17,8	243,45	1202,70	80,10	1,06	0,22	0,99	2,15	0,24	0,88
4,5	7,9	19	3	17,8	232,33	1202,70	126,00	0,94	0,22	0,99	1,36	0,20	0,88
6	7,9	22	3	17,8	243,45	1202,70	187,20	0,85	0,22	0,99	0,92	0,24	0,88
7,5	7,9	18	3	17,8	228,36	1202,70	263,70	0,78	0,22	0,99	0,65	0,19	0,88
9	7,9	17	3	17,8	224,23	1202,70	355,50	0,73	0,22	0,99	0,48	0,18	0,88
10,5	7,9	19	3	17,8	232,33	1202,70	462,60	0,68	0,22	0,99	0,37	0,20	0,88
12	7,9	19	3	17,9	232,33	1202,70	585,00	0,64	0,22	0,99	0,29	0,20	0,88
13,5	7,9	19	3	17,8	232,33	1202,70	722,70	0,61	0,22	0,99	0,24	0,20	0,88
1,5	7,9	15	3	17,6	215,45	1189,80	26,40	1,40	0,22	0,99	6,44	0,16	0,88
3	7,9	18	3	17,6	228,36	1189,80	79,20	1,06	0,22	0,99	2,15	0,19	0,88
4,5	7,9	19	3	17,6	232,33	1189,80	125,10	0,95	0,22	0,99	1,36	0,20	0,88
6	7,9	23	3	17,9	246,93	1189,80	186,30	0,86	0,22	0,99	0,91	0,26	0,88
7,5	7,9	20	3	17,6	236,16	1189,80	262,80	0,79	0,22	0,99	0,65	0,22	0,88
9	7,9	21	3	17,6	239,87	1189,80	354,60	0,73	0,22	0,99	0,48	0,23	0,88
10,5	7,9	19	3	17,6	232,33	1189,80	461,70	0,68	0,22	0,99	0,37	0,20	0,88
12	7,9	22	3	17,6	243,45	1189,80	584,10	0,64	0,22	0,99	0,29	0,24	0,88
13,5	7,9	21	3	17,6	239,87	1189,80	721,80	0,61	0,22	0,99	0,24	0,23	0,88
1,5	7,9	19	3	17,5	232,33	1180,80	26,25	1,40	0,22	0,99	6,43	0,20	0,88
3	7,9	19	3	17,5	232,33	1180,80	78,75	1,06	0,22	0,99	2,14	0,20	0,88
4,5	7,9	20	3	17,4	236,16	1180,80	124,65	0,95	0,22	0,99	1,35	0,22	0,88

6	7,9	19	3	17,5	232,33	1180,80	185,85	0,86	0,22	0,99	0,91	0,20	0,88
7,5	7,9	21	3	17,5	239,87	1180,80	262,35	0,79	0,22	0,99	0,64	0,23	0,88
9	7,9	21	3	17,5	239,87	1180,80	354,15	0,73	0,22	0,99	0,48	0,23	0,88
10,5	7,9	24	3	17,5	250,30	1180,80	461,25	0,68	0,22	0,99	0,37	0,27	0,88
12	7,9	25	3	17,5	253,59	1180,80	583,65	0,64	0,22	0,99	0,29	0,29	0,88
13,5	7,9	22	3	17,5	243,45	1180,80	721,35	0,61	0,22	0,99	0,23	0,24	0,88
1,5	7,9	21	3	17,6	239,87	1188,75	26,40	1,40	0,22	0,99	6,44	0,23	0,88
3	7,9	22	3	17,6	243,45	1188,75	79,20	1,06	0,22	0,99	2,15	0,24	0,88
4,5	7,9	21	3	17,6	239,87	1188,75	125,10	0,95	0,22	0,99	1,36	0,23	0,88
6	7,9	21	3	17,6	239,87	1188,75	186,30	0,86	0,22	0,99	0,91	0,23	0,88
7,5	7,9	22	3	17,7	243,45	1188,75	262,80	0,79	0,22	0,99	0,65	0,24	0,88
9	7,9	25	3	17,6	253,59	1188,75	364,50	0,72	0,22	0,99	0,47	0,29	0,88
10,5	7,9	21	3	17,6	239,87	1188,75	461,70	0,68	0,22	0,99	0,37	0,23	0,88
12	7,9	22	3	17,6	243,45	1188,75	584,10	0,64	0,22	0,99	0,29	0,24	0,88
13,5	7,9	22	3	17,6	243,45	1188,75	721,80	0,61	0,22	0,99	0,24	0,24	0,88
1,5	7,9	15	3	17,4	215,45	1175,25	26,10	1,40	0,22	0,99	6,44	0,16	0,88
3	7,9	18	3	17,4	228,36	1175,25	78,30	1,06	0,22	0,99	2,15	0,19	0,88
4,5	7,9	17	3	17,4	224,23	1175,25	124,20	0,95	0,22	0,99	1,35	0,18	0,88
6	7,9	17	3	17,4	224,23	1175,25	185,40	0,86	0,22	0,99	0,91	0,18	0,88
7,5	7,9	17	3	17,5	224,23	1175,25	261,90	0,79	0,22	0,99	0,64	0,18	0,88
9	7,9	16	3	17,4	219,94	1175,25	353,70	0,73	0,22	0,99	0,48	0,17	0,88
10,5	7,9	21	3	17,4	239,87	1175,25	460,80	0,68	0,22	0,99	0,36	0,23	0,88
12	7,9	21	3	17,4	239,87	1175,25	583,20	0,64	0,22	0,99	0,29	0,23	0,88
13,5	7,9	21	3	17,4	239,87	1175,25	720,90	0,61	0,22	0,99	0,23	0,23	0,88
1,5	7,9	17	3	17,7	224,23	1194,30	26,55	1,39	0,22	0,99	6,43	0,18	0,88
3	7,9	20	3	17,7	236,16	1194,30	79,65	1,06	0,22	0,99	2,14	0,22	0,88
4,5	7,9	20	3	17,6	236,16	1194,30	125,55	0,94	0,22	0,99	1,36	0,22	0,88
6	7,9	21	3	17,7	239,87	1194,30	186,75	0,86	0,22	0,99	0,91	0,23	0,88
7,5	7,9	22	3	17,7	243,45	1194,30	263,25	0,79	0,22	0,99	0,65	0,24	0,88
9	7,9	19	3	17,7	232,33	1194,30	355,05	0,73	0,22	0,99	0,48	0,20	0,88
10,5	7,9	23	3	17,7	246,93	1194,30	462,15	0,68	0,22	0,99	0,37	0,26	0,88
12	7,9	27	3	17,7	259,89	1194,30	584,55	0,64	0,22	0,99	0,29	0,34	0,88
13,5	7,9	25	3	17,7	253,59	1194,30	722,25	0,61	0,22	0,99	0,24	0,29	0,88
1,5	7,9	18	3	17,5	228,36	1180,65	26,25	1,40	0,22	0,99	6,43	0,19	0,88
3	7,9	19	3	17,5	232,33	1180,65	78,75	1,06	0,22	0,99	2,14	0,20	0,88
4,5	7,9	20	3	17,5	236,16	1180,65	124,65	0,95	0,22	0,99	1,35	0,22	0,88
6	7,9	22	3	17,4	243,45	1180,65	185,85	0,86	0,22	0,99	0,91	0,24	0,88
7,5	7,9	19	3	17,5	232,33	1180,65	262,35	0,79	0,22	0,99	0,64	0,20	0,88
9	7,9	22	3	17,5	243,45	1180,65	354,15	0,73	0,22	0,99	0,48	0,24	0,88
10,5	7,9	19	3	17,5	232,33	1180,65	461,25	0,68	0,22	0,99	0,37	0,20	0,88

12	7,9	27	3	17,5	259,89	1180,65	583,65	0,64	0,22	0,99	0,29	0,34	0,88
13,5	7,9	25	3	17,5	253,59	1180,65	721,35	0,61	0,22	0,99	0,23	0,29	0,88
1,5	7,9	18	3	17,7	228,36	1193,85	26,55	1,39	0,22	0,99	6,43	0,19	0,88
3	7,9	23	3	17,7	246,93	1193,85	79,65	1,06	0,22	0,99	2,14	0,26	0,88
4,5	7,9	23	3	17,7	246,93	1193,85	125,55	0,94	0,22	0,99	1,36	0,26	0,88
6	7,9	18	3	17,7	228,36	1193,85	186,75	0,86	0,22	0,99	0,91	0,19	0,88
7,5	7,9	17	3	17,7	224,23	1193,85	263,25	0,79	0,22	0,99	0,65	0,18	0,88
9	7,9	19	3	17,6	232,33	1193,85	355,05	0,73	0,22	0,99	0,48	0,20	0,88
10,5	7,9	25	3	17,7	253,59	1193,85	462,15	0,68	0,22	0,99	0,37	0,29	0,88
12	7,9	23	3	17,7	246,93	1193,85	584,55	0,64	0,22	0,99	0,29	0,26	0,88
13,5	7,9	23	3	17,7	246,93	1193,85	722,25	0,61	0,22	0,99	0,24	0,26	0,88



EK – 4 : YSA’da kullanılan girdi verileri

Tablo 21. YSA’da kullanılan girdi verileri

Z	Mw	a _{max}	Rd	Vp	Vs	EM	KM	PO	EF
1,5	7,9	0,22	0,99	350	178	1349,98	509,21	0,33	0,04
3	7,9	0,22	0,99	750	234	2725,28	942,30	0,45	0,13
4,5	7,9	0,22	0,99	1000	173	1418,04	477,59	0,48	0,20
6	7,9	0,22	0,99	1100	134	802,37	268,81	0,49	0,33
7,5	7,9	0,22	0,99	1200	163	1245,28	417,71	0,49	0,57
9	7,9	0,22	0,99	1350	193	1819,90	610,88	0,49	0,55
10,5	7,9	0,22	0,99	1500	193	1822,36	610,88	0,49	0,86
12	7,9	0,22	0,99	1650	200	1975,73	661,87	0,49	1,37
13,5	7,9	0,22	0,99	1700	201	1998,52	669,34	0,49	1,19
3	7,9	0,22	0,99	1000	300	4781,21	1648,07	0,45	0,11
4,5	7,9	0,22	0,99	1100	236	2835,20	960,52	0,48	0,28
6	7,9	0,22	0,99	1200	60	132,15	44,09	0,50	0,44
7,5	7,9	0,22	0,99	1300	128	725,06	242,48	0,50	0,65
9	7,9	0,22	0,99	1400	262	3601,35	1215,15	0,48	0,93
10,5	7,9	0,22	0,99	1500	262	3607,22	1215,15	0,48	1,37
12	7,9	0,22	0,99	1600	234	2806,30	942,30	0,49	1,36
13,5	7,9	0,22	0,99	1600	165	1283,38	429,33	0,49	1,69
1,5	7,9	0,22	0,99	450	135	792,99	273,34	0,45	0,02
3	7,9	0,22	0,99	550	339	5179,85	2169,71	0,19	0,06
6	7,9	0,22	0,99	750	159	1166,41	395,00	0,48	0,24
7,5	7,9	0,22	0,99	850	91	336,31	112,54	0,49	0,36
9	7,9	0,22	0,99	950	278	4035,53	1388,52	0,45	0,52
10,5	7,9	0,22	0,99	1000	278	4049,27	1388,52	0,46	0,76
12	7,9	0,22	0,99	1300	264	3655,20	1236,12	0,48	0,76
13,5	7,9	0,22	0,99	1400	193	1820,81	610,88	0,49	0,94
1,5	7,9	0,22	0,99	400	136	797,42	277,92	0,43	0,02
4,5	7,9	0,22	0,99	950	364	7201,11	2546,42	0,41	0,13
6	7,9	0,22	0,99	1100	316	5390,75	1852,46	0,46	0,25
7,5	7,9	0,22	0,99	1200	196	1880,03	632,45	0,49	0,29
9	7,9	0,22	0,99	1400	106	474,98	158,63	0,50	0,42
10,5	7,9	0,22	0,99	1700	106	475,28	158,63	0,50	0,48
12	7,9	0,22	0,99	1800	194	1846,81	618,03	0,49	0,73
13,5	7,9	0,22	0,99	1900	347	6780,96	2286,62	0,48	0,85
1,5	7,9	0,22	0,99	1900	202	2022,82	676,85	0,49	0,02

3	7,9	0,22	0,99	1039	256	3385,75	1153,43	0,47	0,10
4,5	7,9	0,22	0,99	1169	288	4413,17	1503,44	0,47	0,13
6	7,9	0,22	0,99	1161	286	4344,53	1480,05	0,47	0,23
7,5	7,9	0,22	0,99	1124	277	4042,88	1377,31	0,47	0,26
9	7,9	0,22	0,99	564	139	856,83	291,90	0,47	0,33
10,5	7,9	0,22	0,99	329	110	495,56	172,42	0,44	0,48
12	7,9	0,22	0,99	365	140	838,77	296,65	0,41	0,61
13,5	7,9	0,22	0,99	844	208	2122,04	722,93	0,47	0,75
1,5	7,9	0,22	0,99	800	225	2514,02	862,71	0,46	0,02
3	7,9	0,22	0,99	1100	226	2575,67	871,36	0,48	0,05
4,5	7,9	0,22	0,99	1250	224	2533,97	854,10	0,48	0,12
6	7,9	0,22	0,99	1400	204	2061,06	692,02	0,49	0,18
7,5	7,9	0,22	0,99	1500	189	1738,89	582,76	0,49	0,29
9	7,9	0,22	0,99	1600	188	1719,48	575,85	0,49	0,33
10,5	7,9	0,22	0,99	1650	188	1719,97	575,85	0,49	0,46
12	7,9	0,22	0,99	1700	195	1867,31	625,22	0,49	0,82
13,5	7,9	0,22	0,99	1750	214	2300,39	770,70	0,49	0,85
1,5	7,5	0,14	0,99	500	120	616,30	209,71	0,47	0,04
3	7,5	0,14	0,99	800	300	4674,52	1648,07	0,42	0,11
4,5	7,5	0,14	0,99	1000	325	5686,82	1973,29	0,44	0,28
7,5	7,5	0,14	0,99	1200	150	1033,89	346,46	0,49	0,65
9	7,5	0,14	0,99	1250	50	87,71	29,25	0,50	0,93
10,5	7,5	0,14	0,99	1300	260	3533,38	1194,38	0,48	1,37
12	7,5	0,14	0,99	1320	240	2958,50	997,53	0,48	1,36
13,5	7,5	0,14	0,99	1350	240	2960,05	997,53	0,48	1,69
1,5	7,5	0,14	0,99	500	80	250,44	84,22	0,49	0,04
3	7,5	0,14	0,99	700	320	5213,46	1905,64	0,37	0,18
4,5	7,5	0,14	0,99	800	150	1026,77	346,46	0,48	0,23
6	7,5	0,14	0,99	850	110	514,32	172,42	0,49	0,41
9	7,5	0,14	0,99	950	180	1547,08	522,17	0,48	0,59
10,5	7,5	0,14	0,99	1000	200	1958,02	661,87	0,48	0,86
12	7,5	0,14	0,99	1050	170	1365,12	459,16	0,49	1,09

ÖZGEÇMİŞ

26.10.1992'de İstanbul'da doğdu. İlköğretimini Siyavuşpaşa İlköğretim Okulu'nda, liseyi Bakırköy Lisesi'nde bitirdi. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği'ni kazandı ve 2015 yılında aynı üniversite ve bölümde Uygulamalı Jeofizik Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

e-mail : sinemceylann@hotmail.com

Sinem CEYLAN