T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜZEY DALGASININ TERS ÇÖZÜMÜ YÖNTEMİYLE İZMİR MENEMEN İLÇESİ YERLEŞİM ALANLARININ KAYMA DALGASI (V_{s30}) HARİTALAMASI

Bekir TÜZEL

Danışman: Prof. Dr. Ali BİLGİN

DOKTORA TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA–2009

TEZ ONAYI

Bekir TÜZEL tarafından hazırlanan **"Yüzey Dalgasının Ters Çözümü Yöntemiyle İzmir Menemen İlçesi Yerleşim Alanlarının Kayma Dalgası (V_{s30}) Haritalaması"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ali BİLGİN
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :
Prof. Dr. Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Tarık ÖZKAHRAMAN
Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Berkan ECEVİTOĞLU
Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. Veli KARA
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Mustafa KUŞCU

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER..... i
ÖZET..... iii
ABSTRACT..... iv
TEŞEKKÜR..... v
ŞEKİLLER DİZİNİ..... vii
ÇİZELGELER DİZİNİ..... ix
SİMGELER DİZİNİ……. xi
1. GİRİŞ..... 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ..... 6
2.1. Nakamura H/V Spektral Oranlar Yöntemi……. 6
2.2. Yüzey Dalgası Yöntemleri……. 10
2.2.1. Yüzey dalgaları……... 10
2.2.2. Faz hızı ve grup hızı…… 11
2.2.3. Yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW)……..... 13
2.2.4. MASW veri işlem aşamaları……... 16
2.2.5. Veri toplama…… 17
2.2.6. Dispersiyon……. 20
2.2.7. Dispersiyon analizi……. 21
2.3. Mikrotremör Dizin Ölçümleri ve Değerlendirmeleri (SPAC)…….. 26
2.4. Ters Çözüm…… 27
3. MATERYAL VE YÖNTEM…… 32
3.1. Jeoloji…… 32
3.1.1. Bölgenin aktif tektonizması…….. 32
3.1.2. Diri faylar…… 36
3.1.3. Tarihsel dönem deprem aktivitesi..... 47
3.1.4. Aletsel dönem deprem aktivitesi……. 50
3.1.5. Stratigrafi..... 54
3.1.6. Yapısal jeoloji……..... 71
3.1.6.1. Çizgisellik analizi……. 72
3.1.6.2. Faylar..... 72

3.1.6.3. Kıvrımlar..... 75
3.1.6.4. Diskordanslar……..... 75
3.2. Menemen ilçesinde mikrotremor ölçümlerinin alınması……... 76
3.3. Mikrotremör Ölçümleri ve Değerlendirmeleri…….. 79
3.3.1. Süzgeç Fonksiyonu……. 82
3.3.2. Verilerin Analizi……. 82
3.4. Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) Ölçümleri……. 88
3.4.1 MASW ölçümlerinin toplanması……. 91
3.4.2. Sismik veri işlem……..... 91
3.4.3. Yüzey dalgalarin analizi…….. 94
3.4.4. V_{s30} ve zemin büyütmeleri……..... 98
3.5. Sismik Kırılma Ölçümleri …… 99
3.6. Mikrotremör Dizin Ölçümleri ve Değerlendirmeleri (SPAC)…….. 103
3.6.1. S Dalgası hız profilleri……... 107
3.7. Özdirenç Yöntemi (Rezistivite)……. 110
3.8. Sondaj Çalışmaları……..... 113
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA……..... 117
5. SONUÇLAR..... 140
6. KAYNAKLAR..... 143
EKLER..... 153
ÖZGEÇMİŞ..... 232

ÖZET

Doktora Tezi

YÜZEY DALGASININ TERS ÇÖZÜMÜ YÖNTEMİYLE İZMİR MENEMEN İLÇESİ YERLEŞİM ALANLARININ KAYMA DALGASI (V_{s30}) HARİTALAMASI

Bekir TÜZEL

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali BİLGİN

Ülkemiz ve birçok ülkenin depreme dayanıklı yapı tasarım standartlarına göre, otuz metre derinlik için ortalama Kayma/Kesme hızı (V_{s30}), dinamik zemin davranışını anlaşılması için, belirlenmesi gereken en önemli bir parametredir. Yapılan çalışmalar bir boyutlu (1-D) ortamda Vs hızının en etkin parametre olduğunu göstermektedir. Bu parametreyi elde etmek için kullanılan klasik sondaj yöntemi, çevrede tahribat yapan maliyetli bir yöntemdir. Yüzeye yakın S dalgası yapısı Rayleigh dalgalarından türetilen dispersiyon eğrilerinden tahmin edilebilmektedir. Bu amaçla yüzey dalgasının ters çözümünün analizine dayanan birçok yöntem geliştirilmiştir. Geleneksel yöntemlerin aksine Yüzey dalgası analiz methodları tahribatsız, maliyet avantajlı ve çabuk uygulanabilir olmaları açısında önemlidir ve dünya çapında kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır.

Tez kapsamında, yüzey dalgası analiz yöntemlerinden Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) ve Uzaysal Özilişki (SPAC) methodları kullanılarak; İzmir ilinin ana gelişme ekseninde yer alan Menemen ilçesi'nin mevcut yerleşim ve yeni yerleşime açılacak alanlarının kayma dalgası hızları (V_{s30}) haritalandı. H/V (Nakamura) metodu ile zemin hâkim periyodu ve zemin büyütme değerleri yine aynı alanlar için haritalandı. Ayrıca Yüzey dalgası analiz yöntemi ile elden bilgi, sondaj bilgisi ile karşılaştırılarak; yüzey dalgası analiz yöntemi'nin, tabaka ayrımlılığı güvenirliliği ve nüfuz derinliği kabiliyeti analiz edildi. Yine tez kapsamında yüzey dalgası analiz yönteminden elde edilen bir boyutlu yer modeli ile mikrotremor ölçümlerinin frekans spektrumları karşılaştırılarak, bölge için Zemin hâkim periyodu Temel kaya derinliği için bağıntısı geliştirildi.

Anahtar Kelimeler: Yüzey dalgası analizi, kayma hızı (V_{s30}), zemin hâkim frekansı ve zemin büyütmesi

2009, 230 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

SHEAR WAVE VELOCITY (V_{s30}) MAPPING OF İZMİR-MENEMEN SETTLEMENT AREA BY USING SURFACE WAVE INVERSION

Bekir TÜZEL

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali BİLGİN

The average shear-wave velocity (V_{s30}) of the top 30 m of the Earth is specified as the most important parameter that needs to be determined for the evaluation of dynamic response of soil according to the earthquake resistant design codes of Turkey and other countries. Measurement or estimation of the shear-velocity profile of sediments overlying geological basement is a vital part of site zonation studies for earthquake hazard prediction, and more generally for geotechnical studies. Research studies reveal that Vs is the most effective parameter for one dimensional (1-D) space. Classical boring method to obtain this parameter is an expensive method that causes damage to the environment. Near surface S wave velocity structure can be estimated from the dispersion curves derived from the Rayleigh waves. For this aim, several methods based on surface waves inversion analysis have been developed. In spite of conventional methods, Surface waves analysis methods are important for being non-intrusive, cost effective and less time consuming. Their use is becoming more popular worldwide.

In the scope of this thesis study; by using the surface waves inversion analysis methods of Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) and Spatial Autocorrelation (SPAC), shear wave velocity (V_{s30}) maps of the existing settlement fields as well as the future settlement fields of Menemen district, which is in the main developing axis of İzmir province are developed. Soil predominant frequency and soil amplification values have been also mapped for the same region using H/V (Nakamura) method. Besides, by comparing the information obtained using surface waves analysis method with the boring information, reliability of the surface waves analysis method in its ability to resolve layering and the capability of penetration depth was analyzed. Moreover, in the scope of this study, by comparing the 1-D earth model obtained using surface waves analysis method and the frequency spectra of micro-tremor measurements, relationship between the fundamental soil frequency and the bedrock depth for the investigated region is developed.

Key Words: Surface waves analysis, shear-wave selocity (V_{s30}), soil predominant frequency and soil amplification

2009, 230 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez kapsamında kullanılan veriler "İzmir Metropolü İle Aliağa Ve Menemen İlçelerinde Güvenli Yapı Tasarımı için Zeminin Sismik Davranışlarının Modellenmesi" TUBİTAK 106G159 nolu proje kapsamında toplanmıştır. Verilerin toplanması sırasında birçok araştırmacı yer aldığından, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesinde ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi uzmanlarına ve personellerine kurumsal olarak teşekkürlerini sunarım.

Öncelikle ders aşamasında ve tez çalışmalarında bana göstermiş olduğu sabır ve yardımlarından dolayı değerli hocam, tez danışmanım Prof Dr. Ali BİLGİN'e, tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Muhittin Görmüş ve Tarık Özkahraman, arazi çalışmalarında ve verilerin yorumlanmasında katkı koyan Prof. Dr. Berkan ECEVİTOĞLU'na, Prof. Dr. Zafer AKÇIĞ'a, Yrd. Doç. Dr. Veli KARA'ya, Dr. Jeoloji Yüksek Mühendisi Murat NURLU'ya, Jeofizik Mühendisi Uğur KURAN'a, Jeofizik Mühendisi Yıldız IRAVUL'a, Jeofizik Mühendisi Akif ALKAN'a, Jeofizik Mühendisi Özgür Tuna ÖZMEN'e, CBS çalışmalarında destekleyen Jeoloji Mühendisi Bekir TEKİN'e ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Kerem KUTERDEM'e, çizimlere katkı veren Yüksek Mimar Ayşe AKTAN'a, manevi desteğinden dolayı sevgili eşim Gülay TÜZEL'e ayrıca teşekkür ederim.

Bekir TÜZEL
ISPARTA, 2009

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma sahası……... 2
Şekil 2.1. Tipik bir sedimanter havza yapısı……..... 8
Şekil 2.2. Rayleigh ve Love dalgaları partikül hareketleri ……..... 11
Şekil 2.3. Farklı frekans ve fazlı iki harmonic eğrinin toplamından oluşan dalga treni……..... 12
Şekil 2.4. Dalga boyu ……..... 12
Şekil 2.5. Dalga periyodu.…..... 13
Şekil 2.6. İlk yüzey dalgası çalışmaları ölçüm metodolojisi……. 15
Şekil 2.7. Sismik ve sondaj yöntem karşılaştırma…… 16
Şekil 2.8. Üç aşamalı MASW değerlendirme yöntemi……. 17
Şekil 2.9. MASW ölçüm düzeneği temel parametreleri……... 19
Şekil 2.10. MASW ölçümlerinde topografik değişim ve yüzey rölyefi etkileri... 20
Şekil 2.11. Tabakalı ortamda bir yüzey dalgasının yayılımı…….. 21
Şekil 2.12. Farklı modlarda dispersiyon görüntüsü……..... 22
Şekil 2.13. Normalize edilmis sinusoidal eğriler, ana lob ve kenar loblar…… 23
Şekil 2.14. Farklı modların ayrık ve birlikte analizleri……..... 25
Şekil 2.15. Tek ve çok modların enerji dağılımları……..... 25
Şekil 2.16. SPAC katsayıları faz hızı c(ω) dispersiyon eğrisi……. 27
Şekil 2.17. Bir boyutlu yer altı modeli……... 28
Şekil 2.18. Tabakalı yer modeli parametreleri……... 30
Şekil 3.1. Çalışma alanı Menemen ve Türkiye konumu…… 32
Şekil 3.2. Güncel tektoniği kontrol eden ana yapıları gösterir harita…… 34
Şekil 3.3. İzmir ve civarının diri fayları……. 37
Şekil 3.4. İzmir ve yakın çevresindeki tarihsel dönem depremlerinin dağılımı… 50
Şekil 3.5. 1900–2000 yılları arası M≥3.0 depremlerin dağılımı…… 51
Şekil 3.6. 01.01.2001–14.04.2009 yılları arası M≥2.0 depremlerin dağılımı..... 52
Şekil 3.7. İzmir ve yakın çevresinde 1900'den günümüze hasar yapıcı depremler…… 52
Şekil 3.8. 1900'den günümüze bölgede meydana gelmiş depremlere ait lokasyon ve odak mekanizması çözümleri……. 52
Şekil 3.9. İnceleme alanının stratigrafik birimleri……..... 56
Şekil 3.10. İnceleme alanının genelleştirilmiş jeoloji haritası……... 57
Şekil 3.11. Menemen ilçe merkezinin güneydoğusunda gözlenen mesozoyik yaşlı birimlerden Bornova karmaşığına ait kumtaşları, kiltaşları ve kireçtaşları…….. 58
Şekil 3.12. Menemen ilçe merkezinin kuzeyinde gözlenen Yeniköy çakıltaşları. 60
Şekil 3.13. Güzelhisar köyü civarında gözlenen Foça tüfleri…… 61
Şekil 3.14. Koyundere köyü civarında gözlenen Hasanlar volkanitleri……. 62
Şekil 3.15. Görece köyün güneydoğusundaki Haykıran volkanitleri……..... 64
Şekil 3.16. Faylanmaya maruz kalmış Çukurköy volkanitleri……... 67
Şekil 3.17. Menemen ilçe merkezinin kuzeyinde Aliağa formasyonuna ait kiltaşi-tüf-tüfit ve gölsel kireçtaşlarında gelişen kıvrımlı yapılar……. 68
Şekil 3.18. Maltepe köyünden Gediz nehrine bakış……... 69
Şekil 3.19. Menemen ilçe merkezinin doğusunda gözlenen taşkın ovası…….. 71

Şekil 3.20. İnceleme alanı ve çevresinin çizgisellik haritası…….. 73
Şekil 3.21. Menemen ilçe merkezinin doğu ve kuzeyinde gözlenen yerel ölçekteki faylanmalar……. 74
Şekil 3.22. Yanıkköy'ün kuzeyinde gözlenen fay morfolojisi……... 74
Şekil 3.23. Çalışma alanında gözlenen kıvrımlar……..... 75
Şekil 3.24. Menemen merkez ilçesi ve çevresi jeoloji haritası ve mikrotremor ölçü noktaları…… 77
Şekil 3.25. Arazi çalışmalarında kullanılan GURALP CMG-40T model sismometre görünüşü……. 79
Şekil 3.26. H/V oranının hesaplanmasında işlem aşamaları şematik gösterimi.... 80
Şekil 3.27. 82 noktasında 40 sn uzunlukta seçilen gürültüsüz kısımlar……. 83
Şekil 3.28. 82 nolu ölçü noktası için elde edilen yatay-düşey spektral oran eğrileri…… 83
Şekil 3.29. Zemin hâkim frekans-temel kaya derinlik ilişkisi……..... 85
Şekil 3.30. Arazide MASW ölçümü sistemi şeması ……..... 89
Şekil 3.31. MASW ölçüm noktaları……... 90
Şekil 3.32. Sismik kaynak sistemi…… 91
Şekil 3.33. 82 Nolu noktada sismik kayıtlardan tespit edilen ilk-varan sinyallere ait zamanlar…… 93
Şekil 3.34. 82 Nolu ölçüm noktasındaki P-dalga hız-derinlik modeli ……. 93
Şekil 3.35. 82 Nolu ölçüm noktasındaki yüzey dalgalarının tecrit edilmiş sismik kayıt…… 95
Şekil 3.36. 82 Nolu ölçüm noktasındaki düzlem-dalga bileşenlerine ayrılarak hesaplanan dispersiyon spektrumu……. 96
Şekil 3.37. 82 Nolu ölçüm noktasina ait S-dalga hız-derinlik profili ……..... 97
Şekil 3.38. Yatay N tabakalı bir ortamda hız, mesafe, kalınlık ve zaman arasındaki ilişkilerin şematik gösterimi…….. 101
Şekil 3.39. 25 nolu nokta için zaman-uzaklık grafiği……... 103
Şekil 3.40. Mikrotremor dizin ölçümlerinde kullanılan alıcı geometrisi……... 104
Şekil 3.41. B09 noktası için yüzey dalgası faz hızı dispersiyon eğrisi……..... 105
Şekil 3.42. SPAC ölçüm noktaları……..... 106
Şekil 3.43. M207-M301 noktalarına ait dispersiyon eğrisi ve S dalgası hız profili……..... 108
Şekil 3.44. M242-M307-M122 noktalarına ait dispersiyon eğrisi ve S dalgası hız profili…… 108
Şekil 3.45. MB09 noktasına ait dispersiyon eğrisi ve S dalgası hız profili…..... 109
Şekil 3.46. Rezistivite ölçüm noktaları……..... 112
Şekil 3.47. Sondaj nokta konumları…….. 116
Şekil 4.1. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın cıvarı zeminleri Vs30 değişimi haritası…… 118
Şekil 4.2. Farklı ölçüm noktalarindaki benzer dispersiyon eğrileri……... 119
Şekil 4.3 Alüvyon zeminler için karekteristik dispersiyon eğrisi……..... 120
Şekil 4.4. Ortalama dispersiyon eğrisi için Vs-derinlik değişimi…….. 120
Şekil 4.5. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin büyütme değişimi haritası …… 123
Şekil 4.6. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin hâkim frekansı değişimi haritası……... 125

Şekil 4.7. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin temel kaya derinlik değişimi……..... 127
Şekil 4.8. 40 nolu sondaj noktasındaki Rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri…… 129
Şekil 4.9. 82 nolu sondaj noktasındaki Rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri ……... 131
Şekil 4.10. 162 nolu sondaj noktasındaki Rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri …… 133
Şekil 4.11. 277 nolu sondaj noktasındaki Rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri …… 135
Şekil 4.12. 122 nolu sondaj noktasındaki SPAC ve MASW ölçümlerinden elde edilmiş Vs hızları ve jeolojik log……... 137
Şekil 4.13. 242 nolu sondaj noktasındaki SPAC ölçümlerinden elde edilmiş Vs hız-derinlik profili ve jeolojik log…….. 139

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Model paremetrede %25 lik değişim sonucu farklı modlardaki faz hızı artışları…… 29
Çizelge 3.1. İzmir ve yakın çevresinde tarihsel dönemde hasara yol açmış büyük depremler…… 48
Çizelge 3.2. İzmir ve yakın çevresinde 1900'den günümüze hasar yapıcı depremler…….. 53
Çizelge 3.3. 1900'den günümüze bölgede meydana gelmiş depremlere ait lokasyon ve odak mekanizması çözüm sonuçları……..... 54
Çizelge 3.4. Güvenli H/V elde etmek için parametreler ve tavsiyeler…….. 78
Çizelge 3.5. Zemin hâkim frekansları ile temel kaya derinlikleri……. 84
Çizelge 3.6. Mikrotremor ölçüm noktalarına ait zemin hâkim frekans, periyot, yatay-düşey spektral oran ve temel kaya derinliği değerleri……. 86
Çizelge 3.7. Sismik kayıt sisteminin bileşenleri..... 89
Çizelge 3.8. Sismik etüd saha parametreleri…… 89
Çizelge 3.9. Kırılan dalgaların analizi için iş-akışı……... 92
Çizelge 3.10. 82 nolu istasyon noktasına ait p-dalga hız-derinlik profili…….... 94
Çizelge 3.11. Rayleigh-türü yüzey dalgalarının analizi için iş-akışı……..... 94
Çizelge 3.12. S-Dalga hız-derinlik değerleri……..... 97
Çizelge 3.13. Derinliğe bağlı a, b ve standart sapma değerleri……..... 98
Çizelge 3.14. Çalışma alanı için elde edilen Vs30 ve büyütme değerleri……. 100
Çizelge 3.15. 25 nolu nokta için elde edilen sismik hızlar ve tabaka kalınlıkları…….. 102
Çizelge 3.16. Mikrotremor dizin ve H/V ölçümlerinin yapıldığı noktaların koordinat ve yükseklik bilgileri……. 110
Çizelge 3.17. SPAC noktalarındaki mikrotremor sonuçları…….. 110
Çizelge 3.18. Elektrik özdirenç ölçüm noktaları koordinatları……. 111
Çizelge 3.19. TS 5141' e göre zeminlerin korozif özelliği sınıflaması……. 111
Çizelge 3.20. Çalışma alanındaki sondajların coğrafi konumları…… 113
Çizelge 3.21. Menemen-Alaniçi DSİ sondajı derinlik-litoloji tanımı……... 114
Çizelge 3.22. Menemen-Çukurköy DSİ sondajı derinlik-litoloji tanımı……... 114
Çizelge 3.23. Çalışma sahasında yer alan bazı kayaçların nokta yükü indeksleri……... 115
Çizelge 4.1. Benzer dispersiyon eğrisine sahip ölçüm noktaları……. 119
Çizelge 4.2. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin büyütmeleri……..... 122
Çizelge 4.3. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin hakim frekansları……..... 124
Çizelge 4.4. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin temel kaya derinlik değerleri……... 126
Çizelge 4.5. SPAC Ölçümlerine ait S-dalgası hızı-derinlik profilleri……... 138

SİMGELER DİZİNİ

QTS	Quasi Transfer Spektrumu
MASW	Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi
SPAC	Uzaysal Özilişki
SASW	Yüzey Dalgalarının Spektral Analizi
H/V	Yatay/ Düşey Spektrumaların Oranı
Hf	Yüzeydeki Yatay Spektrumlar
Vf	Yüzeydeki Düşey Spektrumlar
Ah, Av	Dikey Gelen Cisim Dalgaları Yatay Ve Düşey Büyütme Faktörleri
Hb Vb	Taban Kayadaki Yatay Hareketlerin Spektrumları
Vb	Taban Kayadaki Düşey Hareketlerin Spektrumları
Hs	Rayleigh Dalgalarının Yatay Yöndeki Spektrumları
Vs	Rayleigh Dalgalarının Düşey Yöndeki Spektrumları
ω	Açısal Frekans
k	Dalga Sayısı
c	Faz Hızı
T	Periyot
λ	Dalga Boyu
F	Frekans
Zmax	İnceleme Derinliği
λ max	Dalga Boyu
dx	Jeofon Arası Mesafe
X1	Offset Mesafesi
$R_i(\omega)$	N Adet Alıcıdan Oluşan Dizilimin Frekans Ortamı Tanımı
$A_i(\omega)$	Genlik Spektrumu
$P_i(\omega)$	Faz Spektrumu
Jo	Bessel Fonksiyonunu
Scx	Çapraz Ilişki Spektrumu
J	Jacobian Matriksi
W	Ağırlık Matrisi
α	Sönümlenme Faktörü
I	Birim Matris
h	Tabaka Kalınlığı
ρ	Tabaka Yoğunluğu
N	Tabaka Sayısı
ω	Açısal Frekans
t	Zaman
x	Mesafe

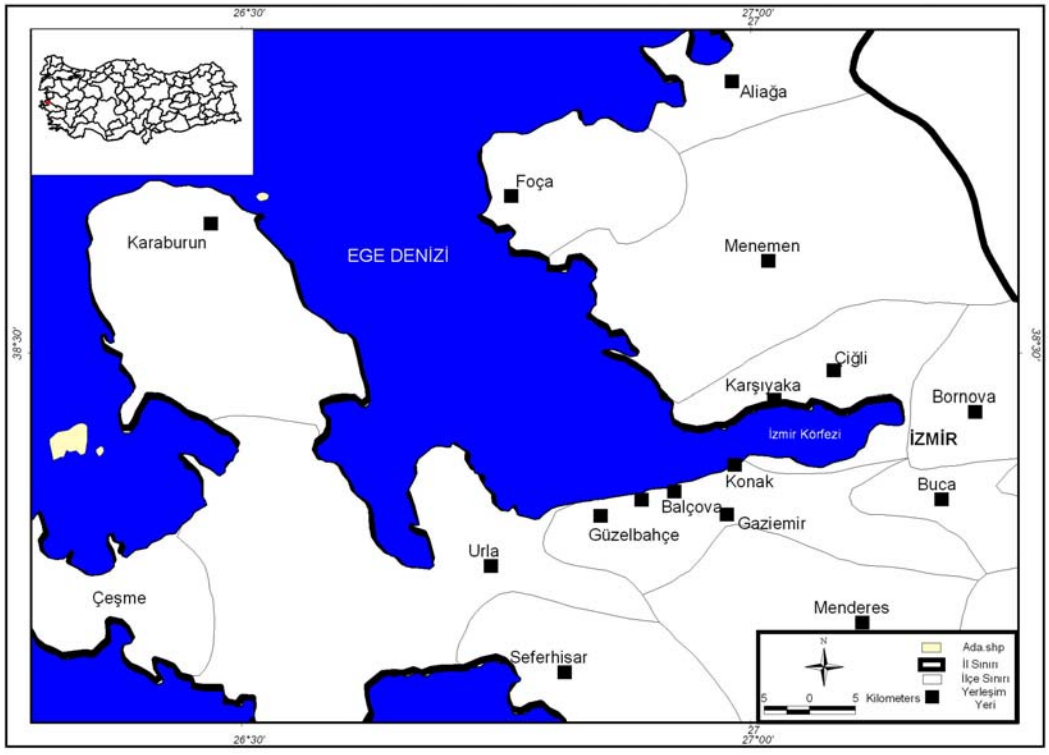
1. GİRİŞ

Geçen yirmi yıl boyunca ülkemizde ve dünyada meydana gelen birkaç büyük deprem (Mexico 1985, Loma Prieta 1989, Kobe 1995, Izmit 1999, El Salvador 2001, Bam 2003) birkaç onbin kişinin ölümünün ve yararlanmasının nedenidir. Depremlerin önceden belirlenmesi günümüzde mümkün olmamakla birlikte, deprem hasarlarına karşı alınacak tedbirlerle maddi hasar ve sosyo-ekonomik kayıpların makul seviyelere indirilmesi mümkündür.

İzmir ilinin gelişme ekseninde yer alan Menemen ilçesi gibi deprem tehlikesi altındaki büyük ilçelerin deprem riski, nüfus artışı, yanlış arazi kullanımı ve yapılaşma, yetersiz altyapı ve çevresel düzensizlikler nedeni ile günden güne artmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, bir deprem sonucunda oluşacak maddi ve sosyo-ekonomik kayıplar, yalnızca Menenem ilçesi ve yakın civarındaki yerleşim alanlarında değil, ülkemiz ekonomisinde de sıkıntılara yol açacaktır.

1996 yılı Bölgesel Gelişme İndeksi'nde alt sıralarda yer alan Menemen ilçesine de, günümüze değin önemli sayılabilecek sanayi ve turizm yatırımları yapılmıştır. 2004 yılı Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralamasında Menemen ilçesi 142. sırada (DPT Raporu, 2004) yer almakla birlikte, İzmir Büyükşehir Belediyesi Kent Meclisi'nin 2005 yılı ve öncesinde aldığı kararlarla kentin genişleyeceği alanlardan biri olarak seçilen Kuzeybatı Aksı'ndaki Menemen ilçesinin, İzmir Hafif Raylı Kent Ulaşım Sistemi'ne dâhil edilmesi kararlaştırılmıştır. Altyapı inşaat çalışmaları halen devam etmekte olan ve hızla bitirilmesi öngörülen bu proje ile Menemen ilçesi, çok yakın bir gelecekte ülkemizin ve özellikle İzmir Metropolü Yerleşim Alanının katma-değeri yüksek önemli bölgeleri arasında yerini alacaktır. İlçenin bu özellikleri dikkate alındığında konut ve mühendislik yapıların inşaları için planlanmalar yapılırken, yerel zemin koşullarının ayrıntılı incelenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca İzmir İli ve çevresinin deprem tehlikesi göz önünde bulundurulduğun da iyi bir Sakınım Planlaması yapabilmek için mevcut yerleşmelerin bulunduğu kısımların zemin koşullarının da ayrıntılı incelenmesi acil bir gerekliliktir.

Bu amaçla tez kapsamında, H/V Nakamura ve yeni Yüzey Dalgası analiz yöntemleri kullanılarak; Şekil 1.1.'de yer alan çalışma sahası olan İzmir ili Menemen ilçesi'nin mevcut yerleşim ve yeni yerleşime açılabilecek alanlarının, zemin davranışlarının modellenmesi için gerekli parametrelerden, Vp hız-derinlik profili, Kayma Dalgası (V_{s30}) hız-derinlik profili, Zemin hâkim Periyodu ve Zemin büyütme değerleri elde edilerek, CBS teknikleri ile sayısal ortamda haritalandı. Böylece Sakınım planlaması ve Risk yönetimi için gerekli altlık bilgileri sağlandı. Ayrıca Yüzey dalgası analiz yöntemi ile elde edilecek bilgi, sondaj bilgisi ile karşılaştırılarak; yüzey dalgası analiz yöntemi'nin, tabaka ayrımlılığı ve nüfuz derinliği başarısı analiz edildi. Yine tez kapsamında yüzey dalgası analiz yönteminden elde edilen bir boyutlu yer modeli ile mikrotremor ölçümlerinin frekans spektrumları karşılaştırılarak, aralarındaki parametresel ilişkiler modellendi. Çalışmalar ve sonuçlar rezistivite ve sismik kırılma ölçümleri ile sondaj bilgileriyle desteklendi.



Şekil 1.1. Çalışma sahası

Bilindiği üzere bir jeolojik yapıda sismik dalga yayınımı bu yapının özelliklerine bağlıdır. Bunlar tabakaların geometrisi, Vp, Vs hızları, yoğunluk ve soğurma

özellikleridir. Yeryüzünde deprem kökenli yer hareketini belirleyen bu unsurların anlaşılması deprem hasarlarını en aza indirgemeye yönelik planlama ve inşaat mühendisliği çalışmalarına önemli katkılar sağlar. V_{s30} ülkemizde ve birçok ülke depreme dayanıklı yapı standartlarında (Uniform Building Code (UBC), NEHRP, Eurocode 8 (EC8)) dinamik zemin davranışını değerlendirilmesinde elde edilmesi gereken en önemli bir parametre olarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar 1-D boyutlu bir ortamda Vs hızının en etkin parametre olduğunu göstermektedir. Bu parametreyi elde etmek için kullanılan klasik sondaj yöntemi, maliyetli ve çevre de tahribat yapan bir yöntemdir. Son 15 yıldır kullanılmaya başlayan ve yüzey dalgalarının analizine dayalı yüzey dalgaları ters çözümü yöntemi ülkemizde de yeni yeni uygulanmaya başlanmıştır. Yüzey dalgası yöntemlerinin gelişimi, kuramsal temelleri ve mühendislik problemlerine uygulanışı Socco ve Strobbia (2004) tarafından özetlenmiştir. Yüzey dalgaları sismolojide çok eskiden beri kabuk ve üst mantonun yapısının araştırılmasında kullanıla gelmekle birlikte, yapı-yeri incelemelerinde makaslama dalgası hızlarının saptanması gibi sığ amaçlar için kullanımı Yüzey Dalgalarının Spektral Analizi (Spectral Analysis of Surface Waves) (SASW) yönteminin geliştirilmesi ile başlamıştır (Nazarian and Stokoe, 1984; Stokoe and Nazarian, 1985; Gucunski and Woods, 1991; Tokimatsu et al., 1992). Daha sonra geliştirilen diğer bir aktif kaynaklı yöntem "Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi" (MASW) (Park et al., 1999) olmuştur. Bu yöntemlere alternatif olarak da, dairesel dizilimli mikrotremor aletleri kullanılarak yapılan pasif kaynaklı Uzaysal Özilişki Yöntemi (SPAC) ile veri toplama ve veri işleme kuramları geliştirilmiştir (Aki, 1957; Toksöz, 1964; Okada, 2003; Tokimatsu, 1997; Asten et al., 2003).

Yüzey dalgaları dikey heterojen bir ortamda dispersifdirler. Hızları frekansın fonksiyonu olarak değişir ve bu özellik penetrasyon derinliğini kontrol eder (Aki and Richards, 2002). Bu dispersiyon özelliği bir ters çözüm işlemi ile Vs'in derinliğe bağlı elde edilmesinde kullanılabilmektedir (Herrmann, 1994; Wathelet et al., 2004). Tez kapsamında MASW yöntemi ile Menemen ilçe merkezi ve gelişme alanları için

Vs hızı 30 metre derinlik için haritalanmıştır. SPAC yöntemi kullanılarak daha derin yapıların hızları ve kalınlıkları tespit edilmiştir.

Yapılan birçok araştırma zemin tabakalarının, yer içinden gelen sismik dalga genliklerini büyül ölçüde değiştirdiğini ve bunun sonucunda yeryüzünde oluşan hasarlarda önemli rol oynadığını göstermektedir. Yüksek nüfusa sahip birçok şehir ve gelişim alanları yumuşak sedimanların üzerine kurulmuştur ki bu tür yapılar sismik dalgaları büyütme eğilimlidir (Murphy and Shah, 1988; Bard, 1994). Yeryüzüne yakın zemin tabakalarının derindekilere göre daha düşük hız ve yoğunluğa sahip olması, sismik dalga genliklerinin yüzeye yaklaştıkça büyümesine neden olmaktadır. Bu etki genellikle "yer etkisi" veya "yer büyütmesi" olarak bilinir ve hareketin genliği zeminin yerel özelliklerine bağlıdır. Yerin fiziksel ve jeolojik yapısı, yer salınımını önemli ölçüde etkilediği için mühendislik yapılarının tasarım ve inşaa aşamalarında yerin bu özellikleri iyi incelenmelidir.

Zemin etkilerini, mikrotremor ölçümleri alarak ve H/V Nakamura tekniğini kullanarak analiz etmek son zamanlarda bütün dünyada tercih edilen bir yöntem olmuştur.

Yer etkisinin belirlenmesi çalışmalarında yeni bir yaklaşım yöntemi de 1989 yılında Nakamura tarafından belirtilmiş ve yöntemin geçerliliği ile ilgili sayısal modellemeler 1994 yılında Lermo ve Chavez- Garcia tarafından yapılmıştır (Lermo and Garcia, 1994).

Yer büyültmesi çalışmalarına özellikle Japonyalı ve Amerikalı bilim adamları katkı sağlamış ve genellikle birbirleri ile tutarlı ve paralel sonuçlar elde etmişlerdir. Japonya'da Kanai, Kurubayashi, Kawashima, Amerika'da Mohraz, Seed, Trifunac, Boore ve Aki bu çalışmalara genişlik katmışlardır (Aki, 1993).

Bilindiği üzere yerin çok küçük genlikli doğal salınımları incelenerek yerin etkin salınım periyotları saptanabilir ve bu şekilde yerin davranış özellikleri belirlenebilir. Bu durumda yerin bu doğal titreşimlerinden yararlanılarak elde edilecek

parametrelere göre bölgesel olarak yer sınıflamaları yapılabilir. Bu görüşü ilk savunan ve uygulamasını yapan, yeri dört ana gruba ayırarak bu sınıflamanın Japon bina yönetmeliğinde kullanılmasını sağlayan araştırmacılar Kanai ve arkadaşları olmuştur (Kanai, 1961).

Mikrotremor ve kuvvetli yer hareketi verilerinden elde edilen genlik spektrumlarına bakıldığı zaman spektrumların benzerlik gösterdiği görülür. Görülen farklılıklar ise genellikle genlik değerlerinde gözlenirken, etkin frekansların çok fazla farklılık göstermediği görülmektedir (Kanai and Tanaka, 1965).

Bu sonuçtan yola çıkılarak basit homojen yatay tabakalı ortam kabulü yapılarak; yer etkin periyodunun, doğrudan mikrotremor ölçümleri ile belirlenerek bölgede kuvvetli yer hareketi verisi olmaması durumunda da saptanması olanaklı olmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde Nakamura H/V spektral oranlar ve yüzey dalgası yöntemlerine ait kuramsal temeller verilmiştir.

2.1. Nakamura H/V Spektral Oranlar Yöntemi

Mikrotremor, farklı kaynaklardan yayılan yeryüzündeki sürekli titreşimlerdir. Bu mikro sarsıntıların kaynağı da çeşitlilik gösterir. Yerkürenin belli bir eksende dönmesi, gelgit etkisi, jeotermal aktiviteler, yeraltındaki sismik aktiviteler, atmosfer etkileri, rüzgâr ve kültürel gürültüler (trafik, endüstriyel aktiviteler ve diğer bazı insan kaynaklı etkiler). Bütün bu etkenler yeryüzünde titreşim olarak algılanabilir. Bu titreşimlerin genlikleri 0.1 mikron ile 1 mikron, periyotları ise 0.05 saniye ve 2 saniye arasında değişir (Kanai and Tanaka, 1954; 1961). Frekans ve genlik içeriklerine göre bu sürekli titreşimler sismik gürültüler olarak da adlandırılabilir. Düşük periyotlu gürültülerin kaynağı rüzgâr, trafik ve diğer endüstriyel aktivitelerken, daha uzun periyotlu hareketlerin kaynağı ise alçak basınç ve okyanus etkileşimi, okyanusların oluşturduğu etkiler ve gelgit gibi etkenlerdir.

Mikrotremor çalışmaları ile yerin dinamik özelliklerinin incelenmesine Kanai ve arkadaşları öncülük etmişlerdir. Kanai'ye göre farklı yer yapılı bölgelerde, yerin doğal salınım özellikleri de kesinlikle farklı olmaktadır. Yerin çok küçük genlikli doğal salınımları incelenerek yerin etkin salınım periyotları saptanabilir ve bu şekilde yerin davranış özellikleri belirlenebilir. Bu durumda yerin bu doğal titreşimlerinden yararlanılarak elde edilecek parametrelere göre bölgesel olarak yer sınıflamaları yapılabilir. Bu görüşü ilk savunan ve uygulamasını yapan, yeri dört ana gruba ayırarak bu sınıflamanın Japon bina yönetmeliğinde kullanılmasını sağlayan araştırmacılar Kanai ve arkadaşları olmuştur (Kanai, 1961).

Mikrotremor verilerinden ve kuvvetli yer hareketi verilerinden elde edilen genlik spektrumlarına bakıldığı zaman spektrumların benzerlik gösterdiği görülür. Deprem kayıtlarına ve mikrotremor kayıtlarına bakıldığında görülen farklılık ise genellikle

genlik değerlerinde gözlenirken, etkin frekansların çok fazla farklılık göstermediği görülmektedir (Kanai and Tanaka, 1965).Bu kavramdan yola çıkılarak basit homojen yatay tabakalı ortam kabulü yapılarak; yer etkin periyodunun, doğrudan mikrotremor ölçümleri ile belirlenerek bölgede kuvvetli yer hareketi verisi olmaması durumunda da saptanması olanaklı olmaktadır.

Mikrotremor aygıtı ile çeşitli bölgelerde ölçümler yapılarak yer etkin periyotu ve bir yaklaşım olarak etkin periyotdaki büyütme katsayısı gibi parametreler bulunabilir ve bu veriler ışığında bölgesel olarak parametrelerin değişimi saptanarak pratik sınıflandırmalar yapılabilir (Tokgöz, 2002).

Yer büyütme katsayısı hesaplamalarında, spektral genlikler (Kobayashi et al., 1986), referans noktasına göre göreceli spektral oranlar (Kagami et al., 1986) veya yatay bileşen spektrum değerlerinin düşey bileşen spektrum değerlerine oranı (Nakamura) yöntemleri uygulanabilir.

Yer etkisinin belirlenmesi çalışmalarında yeni bir yaklaşım yöntemi de 1989 yılında Nakamura tarafından belirtilmiş ve yöntemin geçerliliği ile ilgili sayısal modellemeler 1994 yılında yapılmıştır (Lermo and Garcia, 1994).

Yatay (Horizantal) ve düşey (Vertical) kayıtların spektrumlarının birbirine oranlanması esasına dayanan teknik H/V ya da Quasi Transfer Spektrumu olarak bilinir (Nakamura, 1989

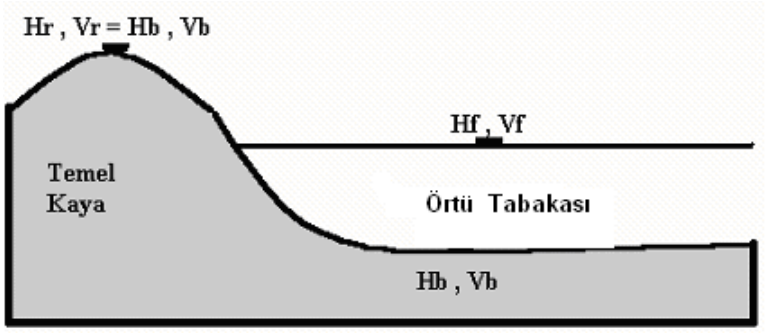
Diğer taraftan bir gurup araştırmacı H/V deki pikleri Rayleigh dalgalarının piklerinin varlığı ile açıklamaya çalışmıştır. Yapay titreşim kaynakları çoğunlukla düşey hareketlerde hâkimdirler ve Rayleigh dalgalarına sebeb olurlar. Düşey bileşende Rayleigh dalgalarının etkisi açıkca görülür. Bu yüzden Rayleigh dalgaları mikrotremorların gürültüsü olarak varsayılır ve etkileri elimine edililmeye çalışılır. Nakamura (2000)'da Rayleigh dalgalarının etkisi ve elimine edilmesi ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Birçok gözlem ve deneyim mikrotremor kayıtlarında cisim ve yüzey dalgalarının varlığını göstermiştir. Nakamura bu tekniği zemin büyütme faktörünün

hesaplanmasında kullanmıştır. Kullanılan bu teknikle gürültü olarak kabul edilen Rayleigh dalgaları elimine edilmektedir. Ayrıca temel kaya ve üzerindeki formasyonlarda yapılan sürekli ölçümlerde H/V oranları farklılık göstermektedir.

Nakamura mikrotremorların derinden değil, yüzeyden ve yüzeye yakın yersel, sismometreye yakın noktalardan gelen titreşimlerden (trafik, şehir gürültüleri vb.) oluştuğunu varsaymakta ve derinden kaynaklanan katkıları ihmal etmektedir. Aynı zamanda düşey yöndeki hareketlerin yatay tabaka tarafından büyütülmediği ve tabandaki harekete yüzeydeki bölgesel titreşimlerin etkisinin olmadığı kabulünü yapmaktadır (Lermo and Garcia, 1994).

Nakamura modelinde Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi sedimanter bir yapıyı model olarak kullanmıştır (Nakamura, 2000). Genel olarak böyle bir yapıda P dalga hızı S dalga hızından üç-dört kat fazladır. Fourier frekans bölgesinde dört adet genlik spektrumu tanımlanmaktadır. Bunlar Yüzeydeki hareketin yatay ve düşey doğrultudaki bileşenlerine ait genlik spektrumları (Hf,Vf) ve üstteki yüzey tabakasının tabanındaki hareketin yatay ve düşey doğrultudaki bileşenlerine ait genlik spektrumlarıdır (Hb,Vb). Böyle bir yapıda yatay bileşenlerin maximum büyütme verdikleri frekans çevresinde dikey bileşende bir büyütme olmaz (Av=1). Eğer Rayleigh dalgalarının etkisi yoksa $Vf \cong Vb$ olur. Diğer taraftan Vf, Vb den büyük ise bu yüzey dalgalarının etkisi olarak düşünülebilinir. Bu da bize bu yolla yüzey katmanlarının büyütmelerinin elde edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 2.1. Tipik bir sedimanter havza yapısı Nakamura (2000)'dan değiştirilerek alınmıştır.

Burada;

Ah ve Av; Dikey gelen cisim dalgalarının sırasıyla yatay ve düşey bileşenlerinin büyütme faktörleri

Hb ve Vb: Taban kayadaki yatay ve düşey hareketlerin spektrumları

Hs ve Vs: Rayleigh dalgalarının yatay ve düşey yöndeki spektrumları olmak üzere,

Hf = Ah * Hb + Hs, Vf = Av * Vb + Vs; Sedimanter havzaya ait yüzeydeki yatay ve düşey spektrumlar elde edilir.

Yüzeydeki sediman zemine ait yatay ve düşey büyütme faktörleri; Th = Hf / Hb, Tv = Tf / Vb ile verilir

Rayleigh dalgalarının etkisi Vf/Vb (=Tv) den tahmin edilir. Bunun sebebi Rayleigh dalgaları düşey bileşende hâkimdirler. Temel kaya da bu dalgalar oluşmayacağına göre yüzeydeki (Vf) spektrum (Vb) ye bölünürse bu etki hesaplanabilinir. Böylece yatay büyütme şöyle ifade edilebilir;

$$Th^{*} = \frac{Th}{Tv} = \frac{\frac{Hf}{Vf}}{\frac{Hb}{Vb}} = \frac{QTS}{\frac{Hb}{Vb}} = \frac{\left[Ah + \frac{Hs}{Vb}\right]}{\left[Av + \frac{Vs}{Vb}\right]} \tag{2.1}$$

$$QTS = \frac{Hf}{Vf} = \frac{Ah * Hb + Hs}{Av * Vb + Vs} = \frac{Hb}{Vb} \cdot \frac{\left[Ah + \frac{Hs}{Vb}\right]}{\left[Av + \frac{Vs}{Vb}\right]} \tag{2.2}$$

$$QTS = \frac{Hs}{Vs} \tag{2.3}$$

2.1'deki eşitlikte $\frac{Hb}{Vb} \cong 1$ $\frac{Hs}{Vb}$ ve $\frac{Vs}{Vb}$ Rayleigh dalgalarının enerjisinin yayınımı ile ilgilidir. Eğer Rayleigh dalgalarının etkisi yoksa $QTS = \frac{Ah}{Av}$ dir. Eğer Rayleigh dalgalarının miktarı fazla ise, 2.2.'deki ifadenin ikinci kısmı baskın hale gelir. $QTS = \frac{Ah}{Av}$ ve Hs/Vs'nin en düşük pik frekansı Ah'ın en düşük uygun frekansına (Fo) eşit olur. Fo sırası içinde Av=1 dir. QTS fo da durağan bir pik gösterir.

Rayleigh dalgalarının etkisi fazla olsa bile Vs küçülür. Eğer temel kaya'daki titreşimler Rayleigh dalgalarına göre büyük olursa $QTS = Ah$ olur. Sonuçta kısaca QTS SH dalgalarının yüzey tabakaları içindeki çoklu yansımaları ile büyütme faktörüne ait birinci sıradaki uygun frekansı simgeler (Nakamura, 2000).

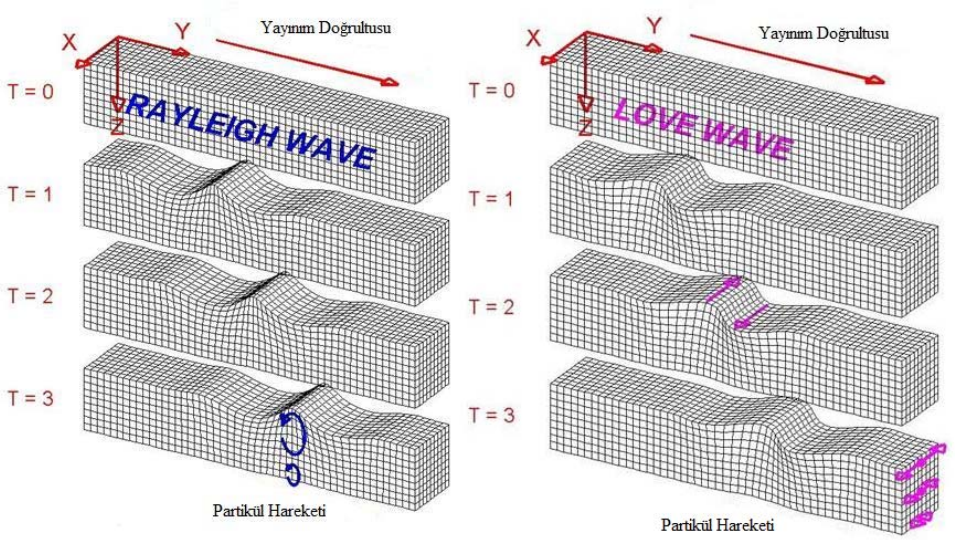
Yukarıdaki tüm tanımlar Lermo ve Garcia (1994)'da açıklanmış ve Meksika'da üç bölgede uygulanarak sayısal olarak doğrulanmıştır. Kayalık yerler üzerinde alınan deprem kayıtlarının yatay ve düşey bileşenlerinin oranlarının (H/V=1) farklılık göstermediği elde edilen çeşitli verilerden anlaşılmıştır (Nakamura, 2000). Yumuşak zeminlerde ise yatay ve düşey bileşenlerin oranlarının birden büyük olması bu tekniğin kullanılabilirliğini gösteren nedenlerden biridir.

2.2. Yüzey Dalgası Yöntemleri

Kullanılan kaynağın türüne göre yüzey dalgaları yöntemleri aktif ve pasif yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1. Yüzey dalgaları

Yüzey dalgaları, P ve S dalgalarının serbest yüzeye ulaşmaları ve bu yüzeye paralel yayılmaları sonucunda oluşur. Yüzey dalgalarının genlikleri artan derinlik ve yanal değişimlerin etkisiyle sönümlenir. İki tür yüzey dalgası vardır. Serbest yüzeydeki SH dalgalarının yapıcı çoklu yansımaları sonucunda Love dalgaları oluşur. Love dalgaları Rayleigh dalgalarından daha hızlıdır ve bu yüzden sismogramlarda daha önce görünür. Love dalgaları yalnızca özel bir stratigrafik durumda yüzeyde oluşur. Üstteki katmanın makaslama hızı, altındaki katmandan daha düşük olmalıdır. Bu nedenle homojen ortamda oluşmazlar ve dispersif özellik gösterirler. Dalga yayınımı sırasındaki parçacık hareketi dalga yayınım yönüne dik ama yüzeye paraleldir (Şekil 2.2.). "Ground-roll" olarak da bilinen Rayleigh dalgası, P ve SV düzlem dalgalarının serbest yüzeyde etkileşmesi ve yüzeye parelel yayılması sonucunda oluşur. Rayleigh dalgalarının hızı homojen ortamda S dalga hızından küçüktür. Derinlikle birlikte elastik özelliklerdeki değişimler dispersiyona neden olur. Parçacık hareketi dalga yayınım doğrultusunun tersi yönde ve eliptik bir yörünge üzerindedir.



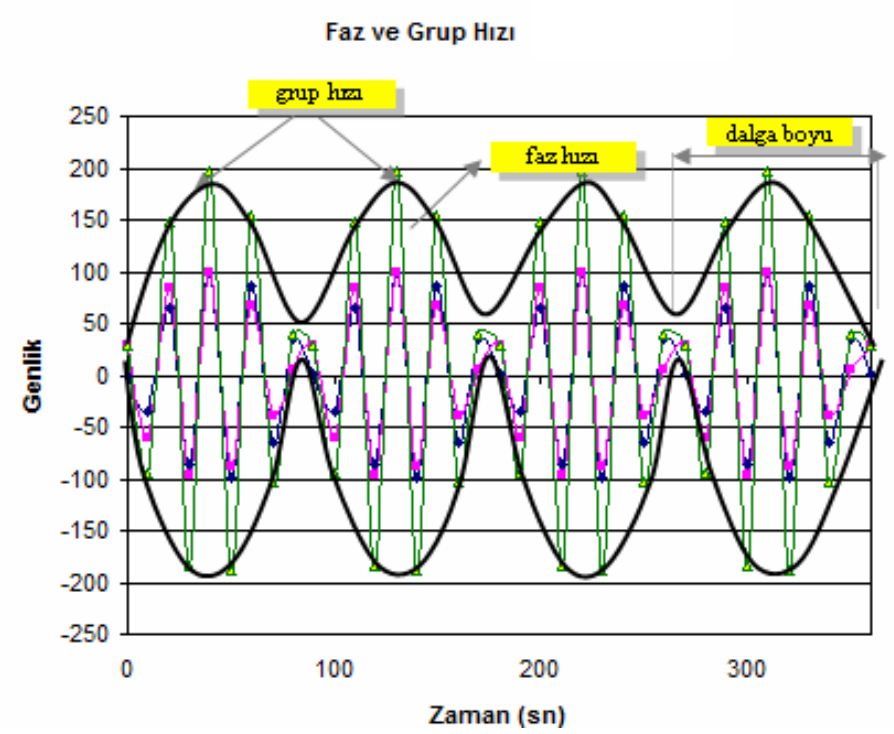
Şekil 2.2. Rayleigh ve Love dalgaları parçacık hareketleri

Gerçek zemin koşullarında (çok tabakalı zeminlerde veya zeminin özelliklerinin derinlikle değiştiği durumlarda) yüzey dalgasının hızı dalga boyuna (veya frekansa) bağlıdır. Dalgaların göstermiş olduğu bu olaya dispersiyon ve bu dalgalara da dispersif dalgalar adı verilir. Bu temel özellik derinlik-hız profilleri'nin çıkarılmasında kullanılır. Rayleigh dalgalarının ikinci ilginç özelliği, (Poisson oranına bağlı olarak V_R=0.87*V_S ile 0.96*V_S arasında değişir) V_R dalga yayınım hızının V_S kesme dalgası hızına çok yakın olmasıdır (Puech et al., 2004).

2.2.2. Faz hızı ve grup hızı

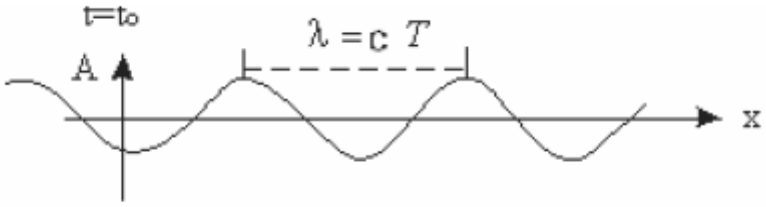
Yüzey dalgalarının en önemli fiziksel özelliği dispersiyon göstermeleridir. Dispersiyon, hızların genellikle derinlikle arttığı yerkürenin üst kısımlarındaki tabakalanmaya dayanmaktadır. Hızın sürekli olarak derinlikle arttığı kabul edilirse, daha uzun dalga boyuna sahip dalgalar daha hızlı yayınmaktadır. Bu olay normal dispersiyon olarak adlandırılır. Tersi durumda yani kısa dalga boylu dalgaların daha önce ulaşması durumuna ise ters dispersiyon adı verilmektedir. Yüzey dalgalarında dispersiyona bağlı *Faz Hızı* ve *Grup Hızı* olmak üzere iki tür hız bilgisi ortaya çıkar. Farklı fazlarda ilerleyen farklı frekanstaki dalgalar birbiri üzerine binerek dalga trenlerini oluştururlar. Bu dalga treni üzerinde yer alan herhangi bir fazdaki noktanın

ilerleme hızına *Faz Hızı* denir (Şekil 2.3.). Tüm dalga treninin ilerleme hızı ise *Grup Hızı* olarak adlandırılır (Yanık, 2006) .



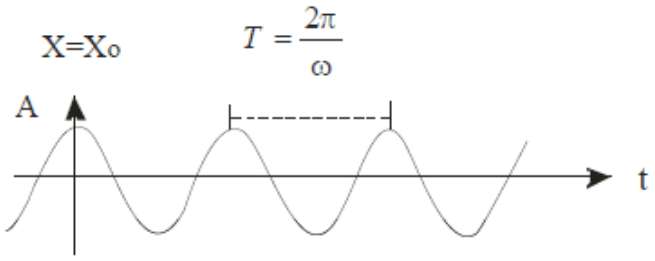
Şekil 2.3. Farklı frekans ve fazlı iki harmonic eğrinin (mavi ve pembe renkli) toplamından oluşan dalga treni (yeşil renkli) (Yanık, 2006)

Periyot, frekans, dalga boyu, dalga sayısı ve faz hızının birbirleriyle ilişkileri aşağıda verilmiştir. Faz hızıyla periyot'un çarpımı bize dalga boyunu vermektedir (Şekil 2.4.)



Şekil 2.4. Dalga boyu (Lay and Wallece, 1995)

Dalganın periyodu açısal frekans (ω) bağlıdır (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Dalga periyodu (Lay and Wallece, 1995)

Periyot, frekans, dalga boyu, dalga sayısı ve faz hızının birbirleriyle ilişkileri aşağıda verilmiştir.

$$T = 1/f = 2\pi/\omega \quad (2.4)$$
$$f = \omega/2\pi = c/\lambda \quad (2.5)$$
$$\lambda = cT = 2\pi/k \quad (2.6)$$
$$k = 2\pi/\lambda = \omega/c \quad (2.7)$$
$$c = \omega/k = f\ \lambda \quad (2.8)$$

Burada; ω : açısal frekans, k : dalga sayısı, c : faz hızı, T : peryot, λ : dalga boyu f : frekans'dır (Lay and Wallece, 1995)

2.2.3. Yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW)

Yüzey dalgası yöntemleri kullanılan kaynak tipine bağlı olarak pasif ve aktif olmak üzere iki ana kategoriden oluşur. Aktif yöntemde analizde kullanılacak titreşimler suni bir kaynaktan üretiler ve frekans bandları genellikle 2 Hz'in üzerindedir (Tokimatsu, 1997). Aktif yöntemin inceleme derinliği birkaç on metredir (Jongmans and Demanet, 1993). Pasif yöntemler kaynak olarak çevre gürültülerini kullanmaları nedeniyle daha geniş bir spektrumda çalışır ve daha derin jeolojik yapıların incelenmesinde kullanılırlar (Nguyen et al., 2004).

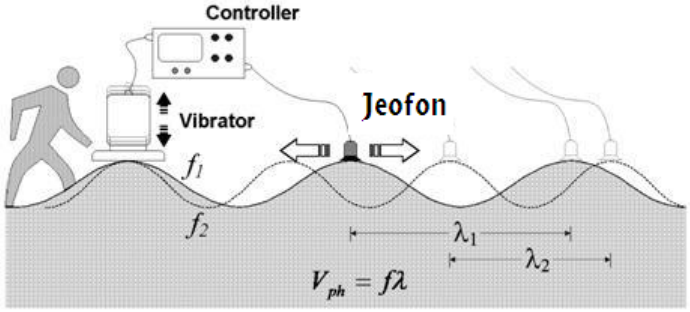
Bunlardan en çok bilinenleri "frequency-wavenumber" (f-k) (Lacoss et al., 1969; Kvaerna and Ringdahl, 1986), "high resolution frequency wavenumber" (Capon,

1969; Horike, 1985) ve “spatial auto-correlation” (SPAC) (Aki, 1957; Roberts and Asten, 2004) yöntemidir.

Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) metodu çeşitli geoteknik mühendisliği projeleri için zeminin katılığı/sertliğini 1, 2 veya 3 boyutlu formatlarda değerlendiren bir sismik araştırma yöntemidir. İlk kullanımı 1990’ların sonları olmakla birlikte dünya ölçeğinde giderek artan sayıda araştırmacı tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. MASW yöntemi aktif bir kaynak aracılığıyla üretilen yüzey dalgalarının ölçülmesi, yüzey dalgalarının ilerleme hızlarının analiz edilmesi ve Vs hızının araştırılan alan için düşey yönde değişiminin elde edilmesi aşamalarından oluşur. Vs hızı elastik sabitlerden biridir ve Young modülü ile yakından ilişkilidir.

MASW ölçümlerinin temelini oluşturan ilk yüzey dalgası çalışmaları 1950 ve 1960’ lar da Şekil 2.6.’daki gibi uygulanmaktaydı. Bu sistemde tekdüze frekans üreten bir vibratörle dalgalar üretilmekte, üretilen frekansın oluşturduğu ardışık iki maksimum genlik arası mesafe bir sensör yardımıyla ölçülmekteydi. Frekansla bu mesafenin çarpımı ile faz hızı hesap edilirdi. Farklı frekanslar için aynı işlemin tekrarı ile dispersiyon eğrileri elde edilmekteydi.

1980’ler de SASW adı verilen yöntem ile bu teknik biraz daha geliştirildi (Heisey et al., 1982). Bu yöntemin özü direkt dalga uzunluğunu ölçülmesi yerine, mesafeleri bilinen iki alıcı arasındaki faz farkını ölçülmesi esasına dayanmaktaydı. SASW metodunun temel sıkıntısı Rayleigh dalgalarının daha yüksek modlarının ayrılmaması yani diğer modların dispersiyon eğrilerinin içinde karışmalarıydı.



Şekil 2.6. İlk yüzey dalgası çalışmaları ölçüm metodolojisi

Bir sismik dalga üretildiğinde; serbest yer yüzeyi boyunca ilerleyen özel dalgalara yüzey dalgaları denir. İki tür yüzey dalgası vardır. Bunlar Rayleigh ve Love'dır. Bu dalgaların dispersif özellikleri yüzeye yakın elastik özelliklerin belirlenmesinde kullanılabilir (Nazarian et al., 1983; Stokoe et al., 1994; Park et al., 1998; Kanlı vd., 2006). Bu dalgaların nüfuz derinliği dalga boyuna bağlıdır. Uzun dalga boyları yer içine daha fazla nüfuz ederler. Bu nedenle yüzey dalgaları dispersifdirler. Bunun anlamı farklı frekansların farklı ilerleme hızlarına sahip olmasıdır. Teorik olarak yüzey dalgalarının dispersif karakterleri elastik özellikler belirler ki bunlar; yoğunluk, Vp ve Vs hızlarının derinlikle değişimidir. Bunlar içinde en etkili faktör Vs hızının derinlikle değişimidir. Bu özellik kullanılarak yüzeye yakın tabakaların Vs hızları hesaplanabilmektedir. Bütün sismik dalgalar içerisinde, yüzey dalgaları en fazla enerjiye ve en yüksek sinyal/gürültü (S/N) oranına sahiptir. Bu özellikleri ile yüzeye yakın yapıların belirlenmesinde güçlü bir araçtır (Park et al., 2002; Kanlı vd., 2006). Tabakalı ortamda, yüzey dalgalarının yayınma hızı dispersiyon nedeni ile dalganın frekansına veya dalga boyuna bağlıdır. Kesme dalgası hızı, yüzey dalgalarının hızlarının dönüştürülmesi ile bulunabilir (Dorman and Ewing, 1962: Aki and Richards, 1980; Kanlı vd., 2006).

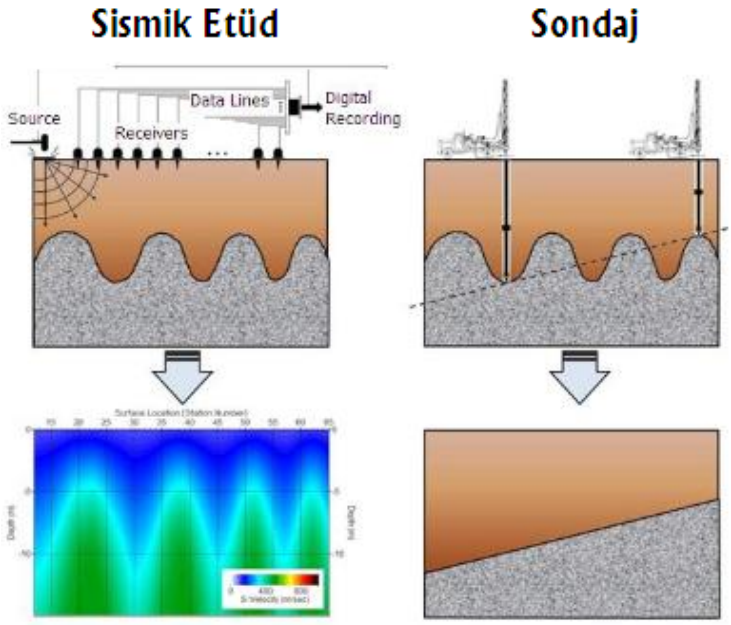
Vs'yi direk ölçmeyi hedefleyen klasik sismik yöntemler veri toplanması ve analizi sırasında sinyal gürültü oranı sorunu ile karşı karşıyadır. MASW ise veri toplanırken; yüksek sinyal gürültü oranını elde edilebilmesi için parametre seçiminde daha toleranslı bir yöntemdir. Bunun sebebi üretilen güçlü yüzey dalgalarının cisim dalgalarına oranla gürültü kirliliğine daha az maruz kalarak daha uzun mesafelere seyahat edebilmeleridir. MASW yöntemi geleneksel sondaj yöntemine göre daha az maliyetli, hızlı, tahribatsız ve ayrıca bir georadar uygulaması gibi zemin hakkında daha kapsamlı ve sürekli bir bilgi sağlamaktadır (Şekil 2.7.).

2.2.4. MASW veri işlem aşamaları

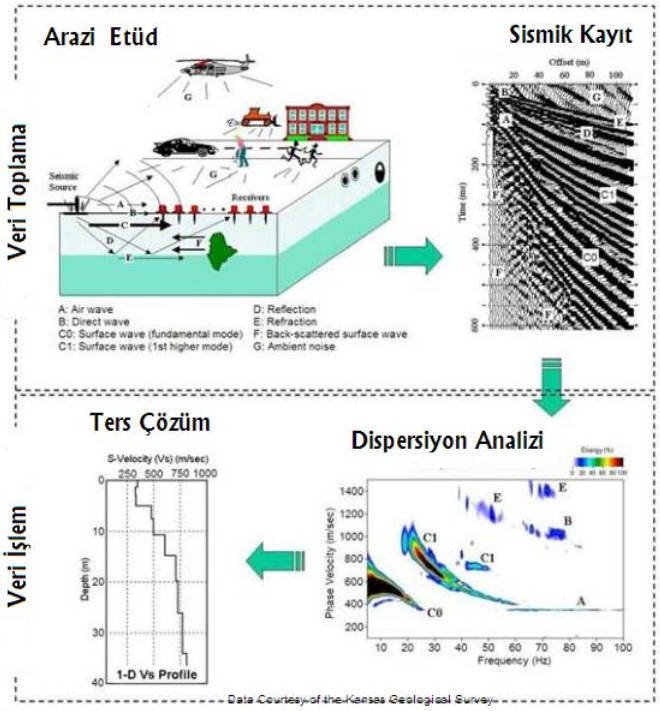
MASW'ın en yaygın kullanılan üç aşamalı bir değerlendirme yöntemi vardır (Şekil 2.8.). Bunlar;

- ✓ Çok kanallı arazi verisi toplama
- ✓ Her bir kayıttan dispersiyon eğrilerinin elde edilmesi

✓ Ters çözümle dispersiyon eğrilerini sağlayan en iyi derinlik hız modelini hesaplanmasıdır.



Şekil 2.7. Sismik ve sondaj yöntem karşılaştırma (http://www.masw.com)



Şekil 2.8. Üç aşamalı MASW değerlendirme yöntemi (http://www.masw.com)

2.2.5. Veri toplama

MASW da maksimum inceleme derinliği genellikle Z_{max} = 10–30 metre'dir. Bu değer zemine ve kullanılan kaynağa bağlı olarak değişmektedir. Kaynağın gücü dalga boyunu (λ_{max}) belirlemektedir. Dalga boyu ise araştırma derinliğini belirlemektedir. Dalga boyu ile araştırma derinliği arasında 2.9'daki gibi bir ilişki vardır.

$$Z_{max} \cong 0.5\,\lambda_{max} \tag{2.9}$$

Uygulamada 4.5 Hz'lik jeofonlar'ın yüzey dalgaları analizinde yeterli olduğu belirtilmiştir. (Miller et al., 2000). Yapılan çalışmalar, serim uzunluğunun Z_{max}'a eşit veya büyük olduğunu göstermektedir.

$$D = m * Z_{max} \qquad (1 \le m \le 3) \tag{2.10}$$

Diğer taraftan jeofonlar arası mesafe dx minimum Dalga uzunluğu ile orantılıdır ki bu da çözümlenebilecek en küçük tabaka kalınlığını göstermektedir.

$$Z_{min} = k * dx \qquad (0.3 \le k \le 1.0) \tag{2.11}$$

Hala tartışmalı bir konu olmakla birlikte ofset (X_1) mesafesinin (shotla ilk alıcı arası mesafe) serim uzunluğunun yüzde yirmisinden küçük olmaması önerilmektedir. Bir çok durumda yüzey dalgalarının bir düzlemde yayılması, yakın offset uzaklığı (X_1) istenen max dalga uzunluğunun (λ_{max}) yarısından büyük oluncaya kadar oluşmamaktadır (Stokoe et al., 1994; Park et al., 1999):

$$X_1 \ge 0.5\,\lambda_{max} \tag{2.12}$$

Farklı araştırmacılar yakın ofset uzaklığı (X_1) ve istenen max dalga uzunluğu (λ_{max}) arasında farklı oranlar tanımlamışlardır (Gucunski and Woods, 1991; Stokoe et al.,1994). Genelde kabul edilen ise yüzey dalgasının nüfuz derinliği ($Z\lambda$) yaklaşık olarak kendisinin dalga boyuna eşit olduğudur (Richart et al., 1970; Park et al.,1999). Bu durumda Vs hızının hesaplanabileceği max derinlik yaklaşık olarak ölçülen en uzun dalga boyunun yarısı kadardır (Rix and Leipski, 1991; Park et al., 1999).

Yer içinde hareket eden tüm elastik enerjiler gibi, yüksek frekanslı (kısa dalga boylu) yüzey dalgaları kaynaktan uzaklaştıkça hızla sönümlenmektedir (Bullen, 1963; Park vd., 1999). Eğer en büyük alıcı offseti çok geniş ise; yüzey dalgası enerjisinin yüksek frekanslı bileşenleri, spektrumun yüksek frekanslı bileşenleri (özellikle cisim dalgaları) üzerinde baskın değildir. Büyük ofset uzaklıklarında yüksek frekanslı yüzey dalgalarının sönümlenmesi sonucu cisim dalgalarıyla üst üste binmesi burada uzak offset (S) etkisi olarak bilinmektedir.

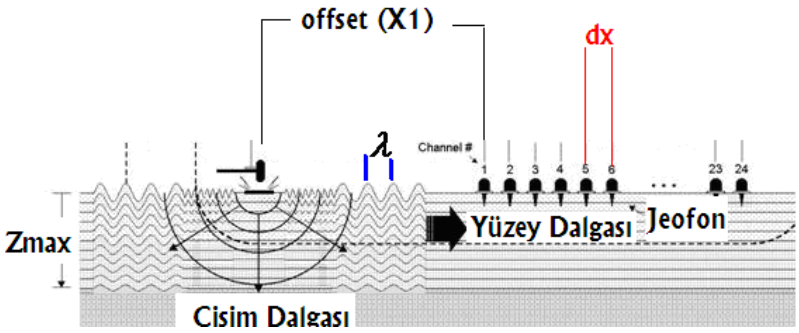
Uzak offset etkileri yüzey dalgalarının eğiminde bir azalma (görünür faz hızında yükselme) veya yüksek hızlı cisim dalgaları ve düşük hızlı yüzey dalgaları arasındaki etkileşim nedeniyle varış zamanındaki lineer uyumda azalma olarak görülmektedir. Uzak offset etkileri ilk olarak artan frekanslarda, içeriye doğru yayılan izler olarak belirlenir. Bu etki faz hızının ölçülebileceği max frekansı sınırlandırır.

Yarı uzunluktaki dalga boyu kriterine göre ilk tabaka modeli oluşturulduğunda, f_{max} genellikle belirli bir faz hızı için belirlenen en büyük derinliği belirlemektedir (Stokoe et al., 1994; Park et al., 1999).

$$H_1 \geq \lambda_{min} = c_{min}/f_{max} \qquad (2.13)$$

Bu bağıntıda c_{min} ve λ_{min} belirli bir f_{max} için sırasıyla faz hızı ve dalga boyudur. Her ne kadar sonuçta elde edilen ters çözümlenmiş V_s profili H_1 den daha ince tabakalar olduğunu gösterse de bu tabakaların varlığına güvenilmemelidir (Rix and Leipski, 1991; Park vd., 1999). 2.2.5.5. denklemi en sığ tabakanın kalınlığının kaba bir tahmini olarak gösterilmektedir.

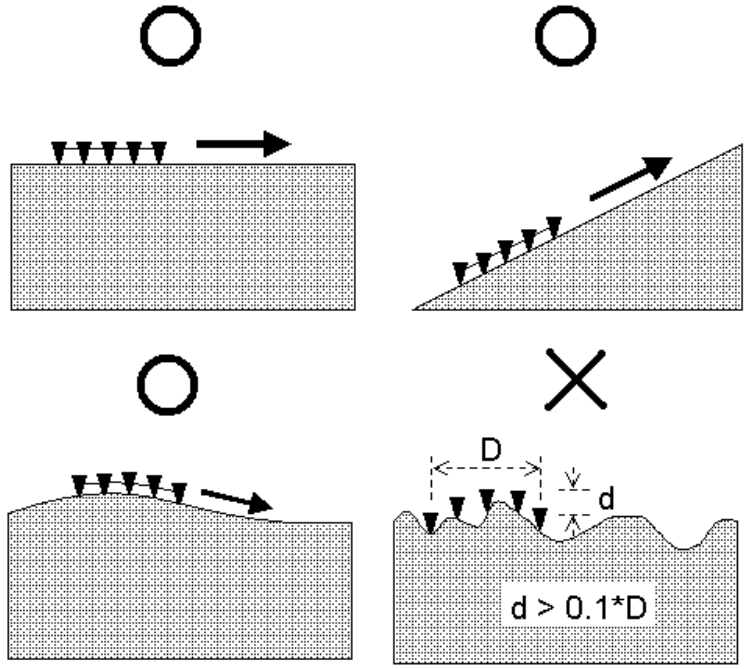
Frekans katlanmasını (aliasing) önlemek için dx alıcı aralığı ölçülen en kısa dalga boyunun yarısından daha büyük olmamalıdır (Şekil 2.9.). Düşük frekanslarda yüksek modların temel moddan ayırt edilebilmesi, dizilimin uzunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Bu durumda, aktif kaynaklarla çalışırken, kullanılan kaynağın enerjisi de önem kazanmaktadır. Düşük frekansların çözünürlüğünü arttırmak, kaynağın enerjisini arttırmayı da gerektirebilir. Kaynağın enerjisini arttırmak, çalışmanın maliyetini de arttıracaktır (Park et al., 1999)



Şekil 2.9. MASW ölçüm düzeneği temel parametreleri

Genellikle veriler 1 milisaniye örnekleme aralığı ve 1 saniyelik kayıt uzunluğu ile toplanmaktadır. Eğer sismik kırılma ya da yansıma verisi de toplanacaksa örnekleme aralığı'nın 0.5 milisaniye olması önerilmektedir. Eğer çok düşük Vs hızları (Vs<100 m/sn) söz konusu ise kayıt süresinin 2 saniye alınması önerilmektedir.

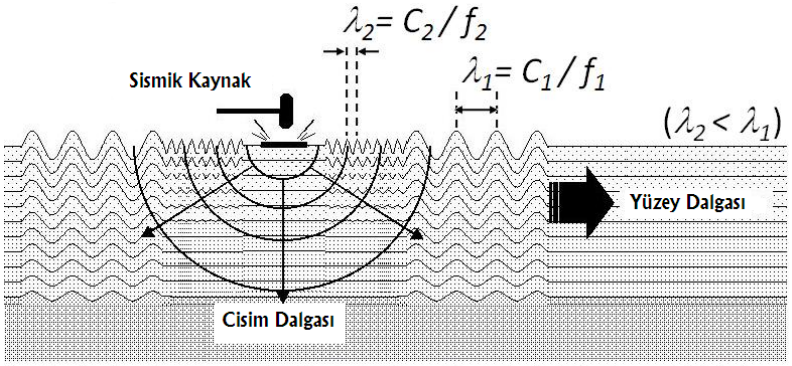
Yüzey dalgaları en iyi düz bir zeminde üretilebilir. Topografik değişim tüm inceleme hattı boyunca aynı ise ölçüleri çok etkilememektedir. Fakat yüzey rölyefi serim boyunun yüzde onundan fazla ise yüzey dalgası üretimine manidir (Şekil 2.10.).



Şekil 2.10. MASW ölçümlerinde topografik değişim ve yüzey rölyefi etkileri (http://www.masw.com)

2.2.6. Dispersiyon

Tabakalı ortamda bir yüzey dalgasının yayılım hızı, dalganın frekansına veya dalga boyuna bağlıdır. Tabakalı ortamların farklı bölümlerinde, farklı hızlardan dolayı dalga boyu değişimleri görülmektedir (Stokoe et al., 1994). Uzun dalga boyuna sahip yüzey dalgaları, daha kısa dalga boylu olanlara göre yer içinde daha fazla derinliğe nüfuz etmektedir (Şekil 2.11.). Genellikle faz hızları daha yüksektir ve derin tabakaların elastik parametrelerine karsı daha hassastır (Babuska and Cara 1991; Xia et al., 2002). Diğer yandan, kısa dalga boyuna sahip yüzey dalgaları, yayındıkları yüzeye yakın ortamın fiziksel özelliklerine karsı daha duyarlıdır. Bu nedenle, her bir yüzey dalgası modu, tek bir dalga boyu için tek bir faz hızı gösterir. Bu faz hızı-frekans ilişkisi yüzey dalgalarının dispersif yapısının asıl nedenidir (Xia et al., 2002).



Şekil 2.11. Tabakalı ortamda bir yüzey dalgasının yayılımı

2.2.7. Dispersiyon analizi

Günümüzdeki MASW analizlerinde en önemli yenilik, tek bir faz hızının hesaplanmaya kalkışmak değil, bir görüntü/resim uzayı oluşturarak bu uzayda enerjinin toplandığı şablonlar/kalıplar'dan dispersiyon gidihşatlarını/eğilimlerini ortaya çıkarmaktır (Şekil 2.12.). Bu görüntüleme işleminde çok kanallı kayıt, zaman (t) - uzay (x) ortamından, frekans (f) - dalga sayısı (k) veya frekans (f) - Faz Hızı (C_f) ortamına dönüştürülür. Bu işlem geleneksel olarak "frequency-wavenumber (f-k)" metodu ile başlayıp daha sonra "slowness-frequency (p-ω)" dönüşümü (McMechan

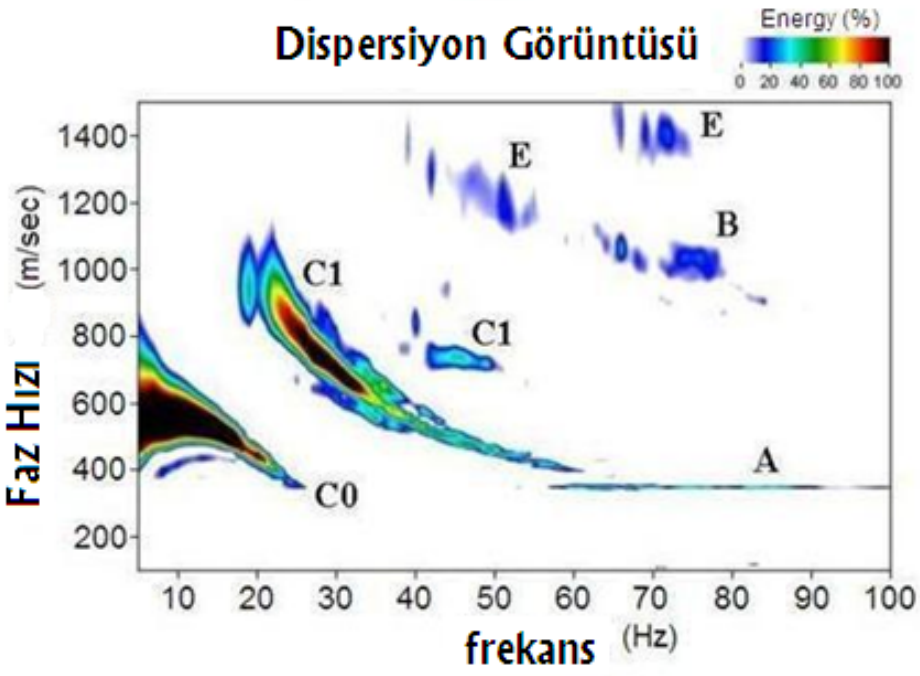
and Yedlin, 1981) ve "phase-shift" (Park et al., 1998) halini aldı. "f-k" metodu en düşük ayırt edebilme gücüne sahipken "phase-shift" metodu "p-ω" metodunda daha fazla ayırt etme gücüne sahiptir (Park et al., 1998; More et al., 2003).

"phase-shift" temeli ilk defa Ryden vd. (2004)'leri tanımlanmış grafiksel ilerlemesi ise Park vd. (1998; 2001) ile gerçekleşmiştir.

Bir N adet alıcıdan oluşan dizilimin frekans ortamı tanımı $MR_N(\omega) = R_i(\omega) = FFT\left[r_i\right]$ $(i = 1, 2,....N)$; $R_i(\omega)$'e genlik $A_i(\omega)$ ve faz $P_i(\omega)$ cinsinden ifadesi : $R_i(\omega) = A_i(\omega)\ P_i(\omega)$ ' dir. $A_i(\omega)$ offset (i) ve açısal frekans (ω) ile değişir. Bunun nedenleri küresel açılma, soğrulma ve kaynak spektrumu özellikleridir. $P_i(\omega)$ terimi her bir frekans için faz hızını belirler:

$$P_i(\omega) = e^{-j\Phi_i(\omega)} \tag{2.14}$$

$$\Phi(\omega) = \omega x_i / c = \omega\left\{x_1 + (i-1)dx\right\} / c \tag{2.15}$$



Şekil 2.12. Farklı modlarda dispersiyon görüntüsü (Co,C1,E,B,A farklı modlar ve dalgalar)

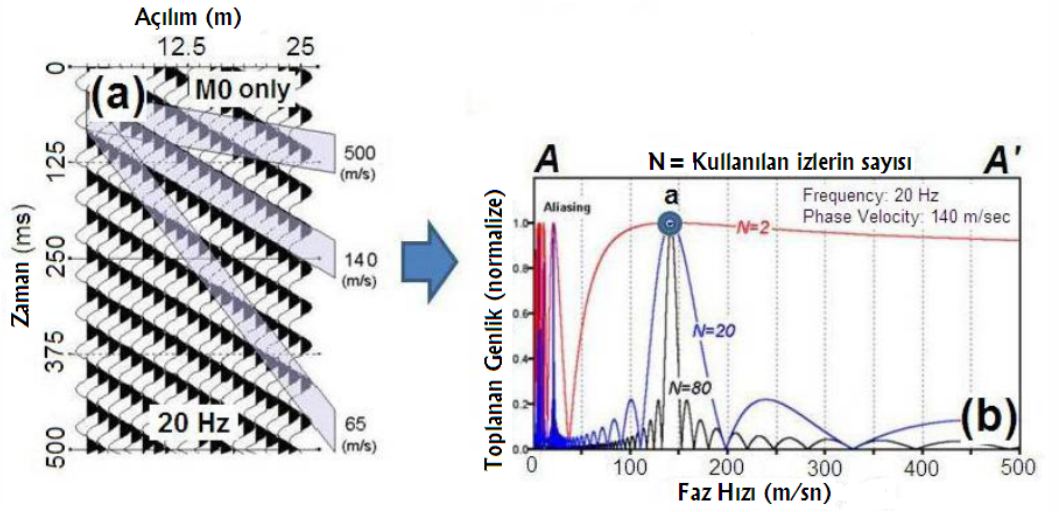
$R_i(\omega)$'nin belirli bir frekanstaki zaman alanı tanımı; aynı açısal frekans fakat farklı genlik ve fazlardaki sinusodial eğrilerin dizilimi ile ifade edilir. Genlik, fazla ilgili bir bilgi içermediğinden, $R_i(\omega)$ herhangi bir veri kaybı olmadan mutlak değerine bülünerek normalize edilebilinir.

$$R_{i,norm}(\omega) = R_i(\omega) \,/\!/\, |R_i(\omega)| = P_i(\omega) \qquad (2.16)$$

Şekil 2.13.'de rastgele seçilen bir frekans (20 Hz) ve 140m/sn faz hızında ilerleyen normalize edilmiş sinusoidal eğrilerden oluşan bir dizilimi göstermektedir. Şekil 2.13. (a)'da görüleceği üzere aynı eğim boyunca aynı fazlar olduğu gibi farklı faz hızlardaki eğimler boyunca farklı fazlarda vardır. Bu yüzden eğriler sonlu bir zaman uzunluğu için eğim boyunca toplanırlarsa; ortaya genliği (As) N olan bu sonlu zaman uzunluğu için farklı bir sinusodial eğri ortaya çıkar. Bu toplam diğer eğimler içinde gerçekleştirilirse As N den küçük olur. Bu prensip MASW metodunun anahtar elementidir.

Pratikte bu toplama işlemi farklı eğimler (farklı hızlar) boyunca küçük artışlarla (5 m/sn) belirlenen belirli bir aralıktaki (10–500 m/sn) farklı faz hızları (test faz hızı) için bir tarama mantığı ile gerçekleştirir. Her tarama işleminin sonuçları toplanan sinusodial eğrilerin genlikleri ile tanımlanır ve 2 boyutlu (faz hızı-A_s) görüntülenir. Bu iki boyutlu taranmış eğride maksimum genliği ($A_{s,\ max}$) veren faz hızının doğru olduğu kabul edilir.

Şekil 2.13. (b)'de pik genliğe sahip bir ana lob' un iki yanında birçok kenar loblar görülmektedir. Ana lobun keskinliği analiz edilen dispersiyon ilişkisinin doğruluğunu ve çözünürlüğünü etkiler. Park vd., (2001)'de çözünürlüğü etkileyen N, c, dx gibi parametreler irdelenmiştir. Genellikle pik'in keskinliği N yani iz sayısının artımı ile artmaktadır.



Şekil 2.13. Normalize edilmiş sinusoidal eğriler (a), ana lob ve kenar loblar (b)

Yukarda bahis edilen toplama işlemi frekans ortamında ifadesi:

$$A_s(c_T) = e^{-j\delta_{1,T}} R_{1,norm}(\omega) + e^{-j\delta_{2,T}} R_{2,norm}(\omega) + ... + e^{-j\delta_{1N,T}} R_{N,norm}(\omega) \qquad (2.17)$$

Burada

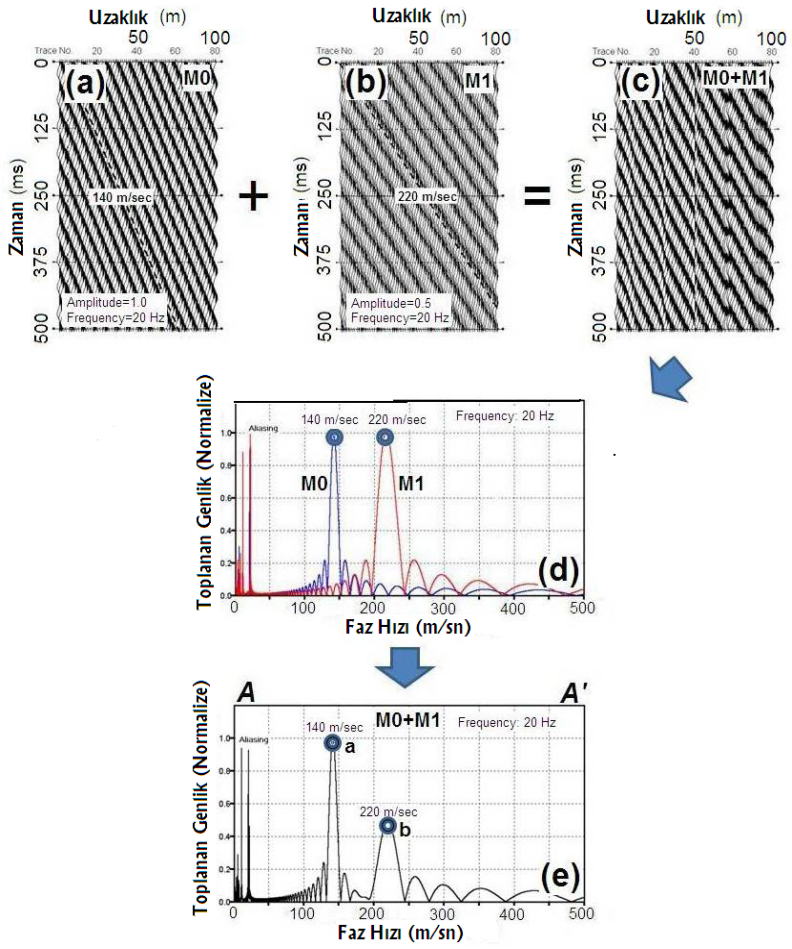
$$\delta_{i,T} = \omega[\{x_1 + (i-1)dx\}/c_t] \qquad (2.18)$$

Bu faz terimi açılım mesafesi (offset) ve test fazı (c_t) (belirli bir aralıktaki 10–500 m/sn farklı faz hızları) hızı ile artmaktadır. $A_S(c_T)$ bir karmaşık sayı olup mutlak değeri $|A_S(c_T)|$ daha önceki kısımda açıklanan zaman ortamında gerçekleştirilen sinusoidal dalgaların toplam genliği (A_S) ile aynıdır.

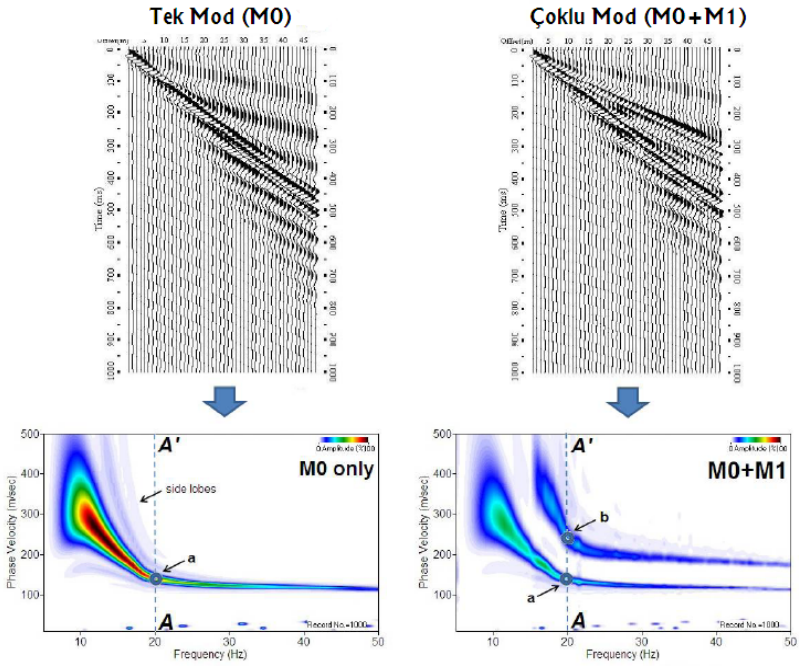
İlerleyen bir sismik dalga farklı modlar ve farklı dalgalar (cisim ve yüzey) içerir. Bu yüzden aynı frekans için birçok farklı faz hızı oluşabilir. Bu durum bireysel faz-frekans durumlarının doğrusal olarak üst üste koyulması ile düzeltilebilir. Şekil 2.14.

(a)'da M0 temel mod M1 ise ilk yüksek moddur (Şekil 2.14. (b)). Şekil 2.14. (c)'de ise bunların ayrı ayrı analiz edildiğindeki durumu göstermektedir.

Oysaki Şekil 2.14. (d)'deki toplam kayda önceki kısımda anlatılan faz-hız taraması gerçekleştirildiğinde Şekil 2.14. (e) oluşur. Bunun anlamı çok modlu bir kayda faz-hız taraması yapılırsa Şekil 2.14. (e)'deki durum ortaya çıkar. Dispersiyon eğrilerini tanımlamak için farklı frekanstaki tüm iki boyutlu eğriler üç boyutlu enerji dağılımını faz hızı ve frekansın fonksiyonu olarak göstermek için bir araya toplanır. Böylece farklı modlar farklı genlikler olarak görünür. Bu fazladan bilgi inceleme hattı boyunca farklı dalgalar ve farklı modların enerjisini göstermesi açısından önemlidir (Şekil 2.15.) .



Şekil 2.14. Farklı modların ayrık ve birlikte analizleri



2.15. Tek ve çok modların enerji dağılımları

2.3. Mikrotremör Dizin Ölçümleri ve Değerlendirmeleri (SPAC)

Mikrotremor Dizin yöntemi, son yıllarda zemin yapısının ortaya çıkartılması amaçlı jeofizik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde en az 4 istasyon ilgilenilen alanın büyüklüğü ve yapısına bağlı olarak 75–200 metreye ulaşan çaplarda daireler oluşturacak biçimde yerleştirilerek, ortamdaki mevcut arka plan sismik titreşimler kaydedilmektedir. Bu kayıtların analizi ve değerlendirilmesi sonucunda ilgili alana ait yüzey dalgası faz hızı eğrileri hesaplanarak, bu eğrilerden zeminin S-dalga hız profilini elde etmek mümkün olmaktadır.

Uzaysal Özilişki Yöntemi (SPAC) yöntemi ile S dalga yapısını elde edebilmek için dizini oluşturan kayıtçıların alıcılar vasıtası ile aynı zaman aralığında sürekli olarak mikrotremorları kaydetmesi zorunludur. Aki (1957) mikrotremor gözlemlerini dairesel bir dizin üzerinden düşünüp tanımlamıştır. Yöntem uzaysal özilişki fonksiyonlarının merkez istasyon $\Phi(\omega;0,0)$ ile 0'dan 2π'ye r yarıçaplı daireyi oluşturan istasyonlar ($\Phi(\omega,r,\theta)$) arasında elde edilmesi ve onların açısal olarak integarasyonu esasına dayanır.

$$\rho(\omega, r) = \frac{1}{2\pi\,\phi(\omega,0,0)} \int_0^{2\pi} \phi(\omega, r, \theta)\, d\theta \qquad (2.19)$$

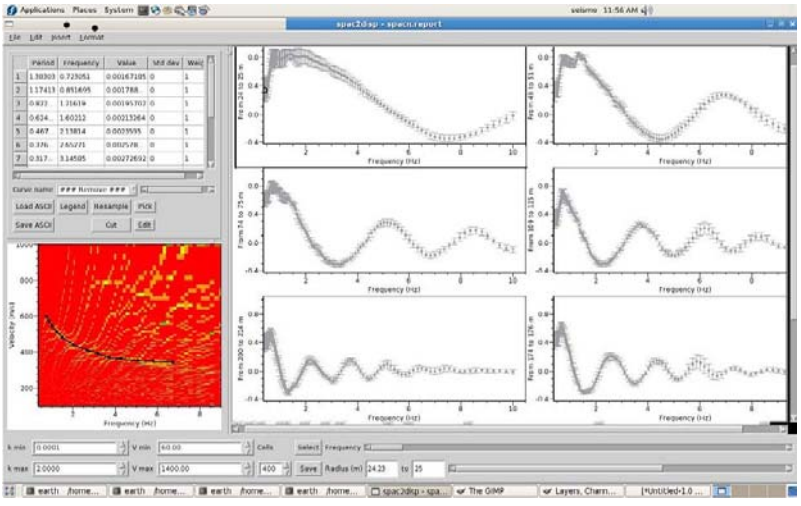
2.19. denklemi sonucunda tanımlı her bir r yarıçapı için elde edilen SPAC katsayı fonksiyonları ile faz hızı arasındaki ilişki sıfırıncı dereceden birinci tür Bessel fonksiyonu ile tanımlıdır. Burada Jo Bessel fonksiyonunu, c(ω) faz hızını, r çapraz-ilişki fonksiyonlarının hesaplandığı yarıçap uzaklığını ve ρ (ωr) SPAC katsayılarını gösterir. Şekil 2.16.'da hesaplanmış SPAC katsayıları ve bu katsayılarından elde edilmiş faz hızı c(ω) dispersiyon eğrisi görülmektedir.

$$\rho(\omega, r) = Jo\left(\frac{\omega r}{c(\omega)}\right) \qquad (2.20)$$

c(ω) herbir ω frekansındaki faz hızını gösterir. SPAC katsayıları gözlenen mikrotremorlerden frekans ortamında aşağıdaki gibi elde edilebilir:

$$\rho(r, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\mathrm{Re}\left[S_{cx}(\omega, r, \theta)\right]}{\sqrt{S_c(\omega, r\theta).S_x(\omega, r, \theta)}}\, d\theta \qquad (2.21)$$

$S_c(\omega)$ ve $S_x(\omega)$ C (merkez) ve x istasyonlarındaki mikrotremorların güç spektrumu yoğunluklarını temsil ederken, $S_{cx}(\omega,r,\theta)$ iki istasyondaki mikrotremorların çapraz ilişki spekturumudur. SPAC katsayıları ρ(r,ω) elde edildikten sonra, frekansın fonksiyonu olarak faz hızı dispersiyon eğrisi denklem 2.20'deki Bessel fonksiyonunun değişkeninden elde edilebilir (Zor vd., 2007).

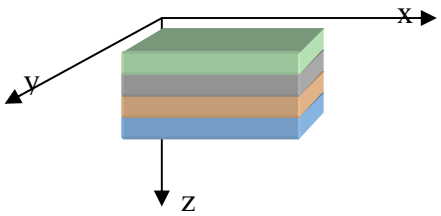


Şekil 2.16. SPAC katsayıları faz hızı c(ω) dispersiyon eğrisi

2.4. Ters Çözüm

Ölçülen bir veri kümesinden parametre değerlerinin hesaplanması ters çözüm olarak adlandırılır. Veri ile parametreler arasındaki ilişkilere bağlı olarak problemler doğrusal olmayan ve doğrusal olmak üzere ikiye ayrılır. Yüzey dalgası kayıtlarından elde edilen dispersiyon eğrisinden katman parametrelerinin bulunması doğrusal olmayan bir ters çözüm işlemidir. Bu ters çözüm işleminde model parametrelerinden kuramsal veri elde edilir. Kuramsal ile ölçülen veri arasındaki farkın en az olması sağlanmaya çalışılır. Bu ölçüt gerçekleşmez ise model parametreleri belirli yöntemlere göre değiştirilerek tekrar kuramsal veri hesaplanır. Bu işlemler kuramsal ile ölçülen veri arasındaki uyumun istenen ölçütlere uygunluğu sağlanana kadar devam eder. İşlem sonunda elde edilen model parametrelerinin yeraltını temsil ettiği varsayılır.

Bir-boyutlu modellemede yeraltının birbirine paralel kendi içinde homojen ve izotrop katmanlardan oluştuğu varsayılır. En basit modellemedir. Tortul alanlarda bu tür stratigrafik yapıya rastlamak mümkündür (Şekil 2.17.) .



Şekil 2.17. Bir boyutlu yeraltı modeli (Yanık, 2006)

Vs'in dispersif yüzey dalgalarının faz hızından elde edilebileceği birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir (Dorman and Ewing, 1962; Aki and Richards, 1980; Mari, 1984). Katı ve homojen bir temel kaya üzerinde başka bir tabaka olduğunda Rayleigh dalgası dispersiftir ve dalga boyları tabaka kalınlığının 1-30 katı arasında değişir (Stokoe et al., 1994). Rayleigh dalgasının dalga boyunun ilerlediği tabakanın kalınlığından az olduğunda; faz hızının ilerlediği tabakanın Vs hızının 0.9194*Vs katı ile seyahat ettiğini belirtmişlerdir. Dalga boyunun Tabaka kalınlığının 30

katından fazla olduğu dalgaların faz hızı ise ana kayanın Vs hızının 0.9194*Vs katı olmaktadır (Stokoe vd., 1994).

S dalgalarının derinlikle değişen hızını dispersiyon eğrilerden ters çözümle elde etmek için ilk çalışmalar Dorman ve Ewing (1962) başlamıştır. Turner (1990) yüzey dalgalarından S ve P hızlarının elde edilebilmesinin yapılabilirliğini incelemiştir. SASW yönteminde; en küçük kareler tekniği kullanılarak dispersiyon eğrilerinin ters çözümü gerçekleştirilmiştir (Nazarian et al., 1983; Stokoe and Nazarian, 1983).

Tabakalı bir ortamda Rayleigh dalgası faz hızı frekans ve dört zemin özelliğinin (P-S dalgası hızları, yoğunluk ve tabaka kalınlığı) fonksiyonudur. Bu özelliklerin Dispersiyon eğrisi üzerindeki etkileri "Jacobian" matrisi ile incelendiğinde 2 Hz den büyük S dalgalarının en baskın olduğu görülmüştür. Bu yüzden ters çözümde S dalgası hızı bilinmeyen olarak kabul edilir (Xia et al., 2004) . Çizelge 2.1'de model parametrede % 25 lik bir değişim yapıldığında temel, birinci ve ikinci mod'ların faz hızlarındaki değişim görülmekte (Xia et al., 2003).

Çizelge 2.1. Model paremetrede %25 lik değişim sonucu farklı modlardaki faz hızı artışları

Paremetre	Model (%)	Temel Mod (%)	İkinci Mod (%)	Üçüncü Mod (%)
P-Hızı	25	3	1	1
Yoğunluk	25	10	8	1
S-Hızı	25	39	40	36
Kalınlık	25	16	11	14

Şekil 2.18.'deki gibi tabakalı bir model için dispersiyon eğrileri "Knopoff" yöntemi ile hesaplanabilinir (Schwab and Knopoff, 1972). Rayleigh dalgası faz hızı ($c_{R,j}$) F gibi karakteristik bir denklemle belirlenir.

$$F((f_j, c_{R,j}, V_s, V_p, \rho, h) = 0 \qquad (j = 1,2,.....m) \tag{2.22}$$

Burada f_j: frekans (Hz); $c_{R,j}$: f_j frekansı için Rayleigh dalgası faz hızı; $V_s = (v_{s1}, v_{s2}, ...v_{sn})^T$: S dalgası hız vektörü v_{si}: i nci tabakanın kesme dalga hızı n: tabaka sayısı, $V_p = (v_{p1}, v_{p2}, ...v_{pn})^T$: P dalgası hız vektörü, $\rho = (\rho_1, \rho_2, ..., \rho_n)^T$: yoğunluk vektörü, $h = (h_1, h_2, ..., h_{n-1})^T$: kalınlık vektörü'dür.

v_{s1}	v_{p1}	ρ_1	h_1
v_{s2}	v_{p2}	ρ_2	h_2
.			
.			
.			
v_{si}	v_{pi}	ρ_i	h_i

Şekil 2.18. Tabakalı yer modeli parametreleri

Verilen bir set model parametresi (V_s, V_p, ρ, h) ve belirli bir frekans (f_j) için 2.22.'deki eşitliğin kökleri faz hızlarıdır. Eğer dispersiyon eğrisi m noktadan oluşuyorsa 2.22'deki eşitliğin m adet versiyonu f_j frekansındaki faz hızları için "bisection" yöntemi ile hesaplanabilinir (Press et al., 1992).

Her bir tabakanın S- dalgası hızlarını x vektörü ile ölçülen Rayleigh dalgası faz hızlarını da b vektörü ile ifade edersek; 2.22'deki doğrusal olmayan denklem Taylor serisine açılarak doğrusal hale getirilerek matris düzenine aşağıdaki gibi getirilir.

$J\Delta x = \Delta b$ Burada $\Delta b = b - c_R(x_0)$'dir ve ölçülen ile model arasındaki farkı ifade eder. "Jacobian" matriks (J) m adet satır ve n adet sütundan oluşur. Jacobian matris'indeki C_R'nin birinci derecen türevleri S-dalgasını temsil eder.

Dispersiyon eğrisini oluşturan noktaların sayısı genellikle tabaka sayısından fazla olduğundan çözüm optimizasyon teknikleri ile elde edilebilir. Amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır. Bu ağırlıklı en küçük kareler problemidir.

$$\Phi = \| J\Delta x - \Delta d \|_2 W \| J\Delta x - \Delta b \|_2 + \alpha \| \Delta x \|_2^2 \qquad (2.23)$$

Burada W: ağırlık matrisi, α : sönümlenme faktörü

Model parametreleri küçük miktarlarda değiştirilerek çözüm aranır. Birçok yinelemeden sonra değişikliklerin toplamı ilk modele eklenerek sonuç modele ulaşılır. Ağırlık matrisi farklı frekanslar için Rayleigh dalgası faz hızlarının farklarına dayanır. Marquart (1963) de sönüm faktörünün Δx yönünü ve yakınsamanın hızını kontrol ettiğini belirtilmiştir. Sönümlenme faktörü ayarlayarak; çözüm hızını iyileştirmek ve kararlı/durağan bir garantili yakınsama sağlanabilir. Tekil değer ayrıştırma (singular-value decomposition) yöntemini hedef fonksiyonunu küçültmek için kullanmak; sönümlenme faktörünü ($A^T A + \alpha I$) matrisinin tersini tekrar hesaplamadan değiştirme imkânı sağlar ki $A = LJ$ dir. Çözüm ise aşağıdaki gibidir.

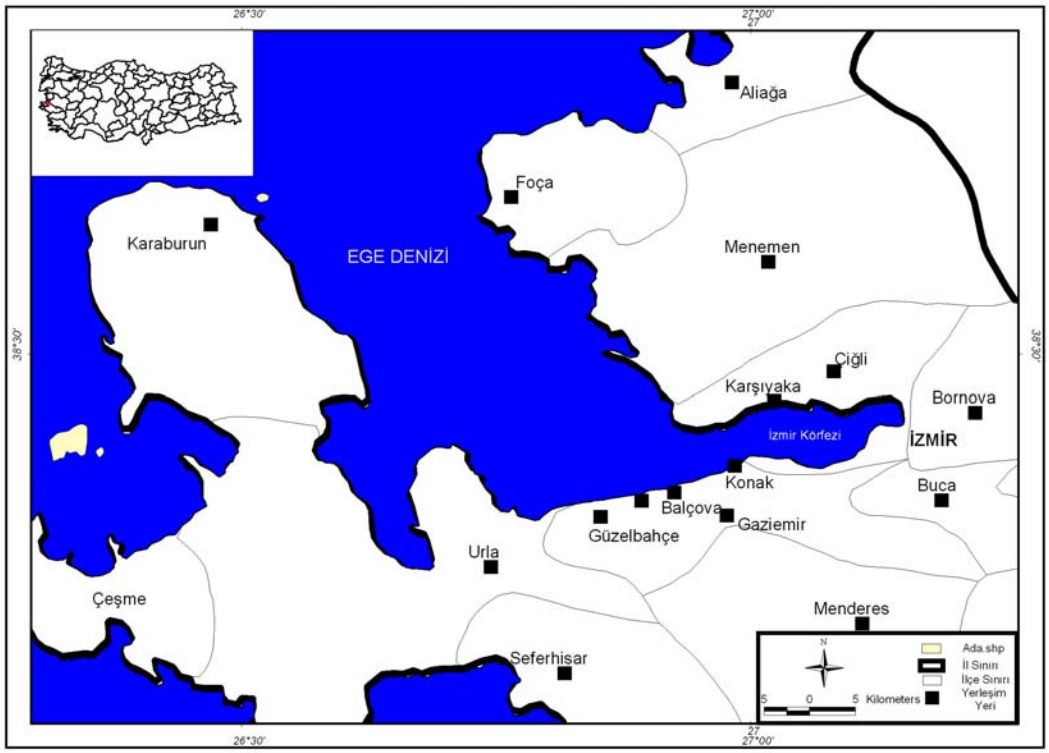
$$\Delta x = V(\Lambda^2 + \alpha I)^{-1} \Lambda U^T d \qquad (2.24)$$

Burada $A = U\Lambda V^T$ d= Lb'dir. I ise birim matris'tir.

Denklem 2.24'de elde edilen çözüm'ün başarısını belirlemek; $V(\Lambda^2 + \alpha I)^{-1} \Lambda U^T$ matrisinin sönümlenme faktörünün bir fonksiyonu olması sebebiyle zordur. Model parametreleri ancak sönümlenme faktörünün sıfıra eşit olduğunda çözümlenebilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı İzmir-Menemen ilçesi merkez ve gelişme alanlarıdır (Şekil 3.1.). Menemen; doğusunda Manisa, batısında Foça ve Ege Denizi, kuzeyinde Aliağa ilçesi, güneyinde Çiğli ilçesi ile çevrili olup yüzölçümü 665 km^2'dir. İlçe Manisa Spil dağının devamı olan Dumanlı ve Yamanlar Dağı ile doğudan, Şaphane dağı ile kuzeyden kuşatılmıştır. Gediz nehri Manisa ovasından sonra Muradiye ve Emirâlem'i geçip, 18 km yol aldıktan sonra Maltepe Beldesinden Ege denizine dökülmektedir. Menemen İlçesi İzmir- Afyon - Bandırma demiryolu, Menemen - Manisa karayolu ile İzmir - Bergama - Çanakkale karayolunun üzerinde olup İzmir merkezine 33 km. mesafede önemli bir yerleşim alanıdır. İlçe merkezinin denizden yüksekliği 20 metredir. Akdeniz ikliminin Ege bölgesi için gösterdiği karakterleri aynen taşımaktadır. Kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı Menemen ve Türkiye konumu

İzmir-Menemen ilçesi merkez ve gelişim alanları için otuz metre derinlik için ortalama Vs haritası üretmek üzere Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) ölçümleri gerçekleştirildi. Zemin hâkim frekansı ve zemin büyütmesi

haritalarını üretmek için ise mikrotremor ölçümleri toplandı. Bu temel ölçümleri desteklemek ve alanı daha iyi tanımlamak için altı adet Uzaysal Özilişki (SPAC) yöntemi, oniki adet rezistivite ölçümü ile oniki adet sondaj da değerlendirmelerde kullanıldı. Çalışmalarda ölçüm konumları seçilirken çalışma alanında yer alan Jeolojik birimleri ve yerleşmelerin temsil edilmesine dikkat edildi.

3.1. Jeoloji

3.1.1. Bölgenin aktif tektonizması

Batı Anadolu'nun neotektonizması açılmalı tektonik rejimle temsil edilir (Şengör, 1979; 1980) (Şekil 3.2.). Sismik ve jeodetik veriler Ege Denizi ve Batı Anadolu'nun dünyadaki en aktif genişlemeli rejimlerden biri olduğunu göstermektedir (Le Pichon and Angelier, 1979; Eyidoğan, 1988; Jackson, 1994; Lenk et al., 2003; Beccaletto and Steiner, 2005). 3. zamanın sonundan günümüze kadar geçen süre bu rejimin grabenler ve bunlarla ilişkili tortul havzalar gibi tipik genişleme yapılarını geliştirmesine yeterli olmuştur (Bozkurt ve Park, 1994; Gürer ve Yılmaz, 2002; Beccaletto and Steiner, 2005). Bu yapılar Anadoludaki en önemli neotektonik yapılardan olup gerek açılmanın nedenleri gerekse grabenlerin oluşum yaşı konusunda henüz bir fikir birliği yoktur (Seyitoğlu ve Scott, 1996; Koçyiğit vd., 1999; Yılmaz vd., 2000) Grabenlerin neotektonik gelişimleri farklı jeodinamik evrim modelleriyle açıklanmaya çalışılmıştır. Bunlar:

a) Yay ardı yayılma modeli (slab-roll back model)

Le Pichon ve Angelier (1979) tarafından ilk defa öne sürülen bu modele göre, Helenik Yay boyunca kuzeye doğru dalan Afrika levhasının dönme noktasının geriye hareketi (roll back) Helenik trenchin güneye göçüne neden olmuştur. Bunların sonucunda Geç Serravaliyen- Tortoniyen'de, Ege Bölgesinde üst levhada bir genişleme meydana gelmiştir (Le Pichon and Angelier, 1979; Meulenkemp et al., 1988; Jolivet and Patriat, 1999 ; Beccaletto and Steiner, 2005.).



Şekil 3.2. Güncel Tektoniği Kontrol Eden Ana Yapıları Gösterir Harita (Bozkurt and Mittwede, 2005)

b) Orojenik çökme modeli

Bu modelde, Paleosen'deki çarpışma sonucu İzmir-Ankara-Erzincan-Neotetis Keneti boyunca kalınlaşan kabuğun yayılması ve incelmesi sonucu genişlemeli tektonik rejimin Geç Oligosen-Erken Miyosen'de başladığı kabul edilir (Dewey, 1988; Seyitoğu ve Scott, 1996).

Bu iki model geç orojenik veya orojen sonrası genişleme prosesleri ile ilişkilidir (Malavieille, 1997; Jolivet and Goffé, 2000).

c) Tektonik kaçma modeli

Dewey ve Şengör (1979)'e göre Anadolu levhası'nın Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Transform Fayları boyunca batıya kaçışı Geç Serravaliyen'den (12 my) beri devam etmektedir. Bu modele göre Arabistan Plakası'nın Avrasya Levhası'yla Doğu Anadolu'da kıta kıta yakınlaşmasından sonra Anadolu Levhası önce kalınlaşmış daha sonra da Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Sistemleri boyunca batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Bu hareketin sonucu olarak da Batı Anadolu'da D-B

yönlü bir sıkışma ve buna karşılık K-G yönlü bir genişleme meydana gelmiştir (Şengör ve Kidd 1979; Şengör ve Yılmaz 1981; Şengör vd., 1984).

Değişik araştırmacılar tarafından, yukarıda anlatılan üç modeldeki bilgiler temel alınarak aşağıdaki iki model ortaya konulmuştur.

d) İki safhalı grabenleşme modeli

Yukarıdaki iki veya daha fazla mekanizmanın kombinasyonu olan bu modelde grabenleşmenin Batı Anadolu'da iki evreli olarak meydana geldiği öne sürülmüştür (Koçyiğit vd., 1999; Koçyiğit, 2000; Seyitoğlu vd., 1999).

Anadolu Bloğu'nun batıya kaçışı ile ilgi olarak Pliyosen-Kuvaterner'de gerçekleşen K-G genişlemeli son faz Geç Oligosen-Orta Miyosen boyunca devam eden "orojenik çökme" fazını izlemiştir (Koçyiğit vd., 1999; Koçyiğit, 2000; Seyitoğlu vd., 1999). Bu iki genişleme fazı kısa bir dönem etkin olan K-G sıkışma evresiyle ayrılırlar (Seyitoğlu vd., 1999; Bozkurt, 2003; Bozkurt ve Sözbilir, 2004).

e) Çekirdek kompleksi modeli

Metamorfik çekirdek kompleksleri, düşük açılı sıyrılma (detachment) fayları ile 20 km derinlikte sünümlü ortamdaki kayaların kırılgan ortama ulaşmalarını açıklar. Batı Anadolu'da Menderes Masifi'nin bir çekirdek kompleksi olduğu Bozkurt ve Park (1994) ile Verge (1993) tarafından belirtilmiş olsa da ancak 2003 yılında Ring vd., (2003) tarafından kapsamlı bir model sunulabilmiştir.

Ring vd., (2003) Menderes Masifi'ni güneye eğimli Likya Sıyrılma Fayı ve kuzeye eğimli Simav Sıyrılma Fayı ile Oligosen'de simetrik çekirdek kompleksi olarak tanımlar. Orta Menderes Masifi ise kuzey ve güney Sıyrılma Fayları ile yine simetrik olarak yüzeyler (Ring vd., 2003). Buna karşın Seyitoğlu vd., (2004) Menderes Masifi'ni Oligosen'de bir asimetrik çekirdek kompleksi olarak görür. Ana ayrılma fayı kuzeye eğimli Datça-Kale Fayı'dır ve bu fayın bükülerek yükselmesi sonucu

Erken Miyosen'de Menderes Masifi yüzeyler. Daha sonra bu termal domlaşma Erken Miyosen'de kuzeye eğimli Alaşehir Fayı ve güneye eğimli Büyük Menderes Fayı ile parçalanarak simetrik çekirdek kompleksi şeklinde orta Menderes Masifi yüzeyler (Seyitoğlu vd., 2004).

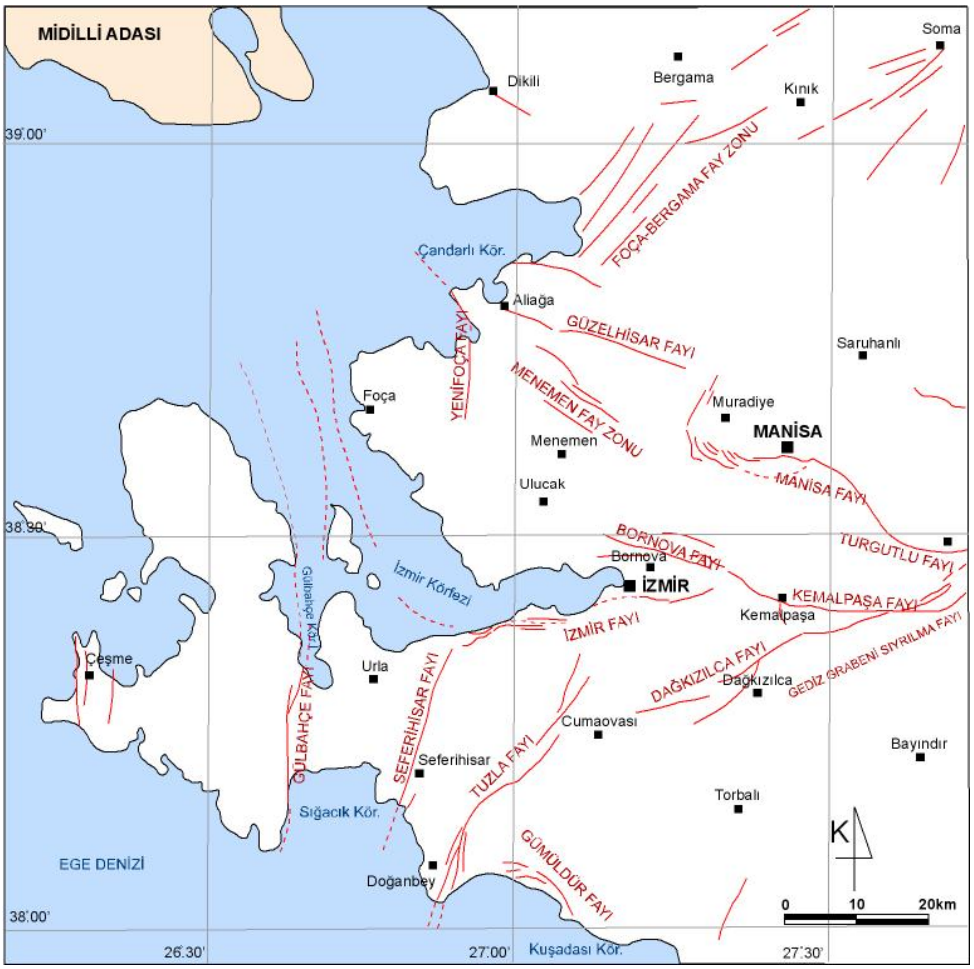
Bunun yanında değişik jeolojik dönemler süresince modellerin farklı kombinasyonlarının çalışması, Batı Anadolu Graben Sistemi'nin genişleme hikayesinin en olası açıklamasıdır (Rojay vd., 2005).

Batı Anadolu'nun gelişiminde en dikkat çekici özellik yaklaşık 10 adet olan BKB-DGD gidişli neojen grabenleridir. Bu grabenler içinde D-B genel uzanımlı Büyükmenderes ve Gediz grabenleri, neotektonik rejim içerisinde Batı Anadolu'da gelişen en büyük morfotektonik tektonik yapılardır. Menderes masifi çekirdeğinin yükselmesine bağlı olarak şekillenmiş bu sistemler birbirine simetrik iki tektonik koridoru meydana getirir. Bu iki graben arasında Menderes masifi çekirdeğinin oluşturduğu yükselim (Aydın ve Bozdağ Horstları) yine D-B genel gidişli Küçükmenderes ovası tarafından morfolojik olarak ikiye bölünmüştür. Büyük Menderes Grabeni batı ucundan Ege Denizi'ne açılırken, Gediz Grabeni'nin Ege Denizi ile yapısal ve morfolojik bağlantısı bulunmamaktadır (Emre vd., 2005).

3.1.2. Diri faylar

Çalışma bölgesinin yakın çevresinde Gediz graben sistemi dışındaki neotektonik dönem yapıları KD ve KB uzanımlıdır ve doğrultu atım egemendir (Emre ve Barka, 2000; Barka vd., 2000; Emre vd., 2005; Ocakoğlu vd., 2005) (Şekil 3.3.). Bu yapılardan Foça-Bergama Fay Zonu gibi KD uzanımlı olanlar daha baskın ve uzundurlar. Buna karşın, bu faylara çapraz uzanan Güzelhisar Fayı ve Menemen Fay Zonu gibi Gediz grabeni-Aliağa arasında KB uzanımlı doğrultu atımlı fay sistemleri de neotektonik dönemde bölgenin şekillenmesinde aktif rol oynamışlardır (Şaroğlu vd., 1987; Genç ve Yılmaz, 2000; Emre vd., 2005). KD-GB uzanımlı fayların Miyosen'de doğrultu atımlı fay sistemleri şeklinde mi ortaya çıktıkları (Kaya, 1979; 1982) yoksa İzmir-Ankara Kenet Zonu içerisindeki eski bir transform fay yapısına

karşılık geldikleri ve Miyosen'de reaktive olarak günümüze kadar diriliklerini korudukları mı (Sözbilir vd., 2003; İnci vd., 2003) konusu üzerinde görüş birliği yoktur (Emre vd., 2005). Buna karşın bölgedeki güncel deformasyon ve buna bağlı sismisite bu diri faylar tarafından denetlenmektedir.



Şekil 3.3. İzmir ve civarının diri fayları (Şaroğlu vd., 1992; Emre vd., 2005)

Foça-Bergama fay zonu

Birbirine paralel faylardan oluşan KKD genel uzanımlı bu fay zonu Bergama kuzeyinden başlayarak Foça'ya kadar 60 km devam eder (Şekil 3.3.). Bu sistem özellikle Kütahya, Simav ve Gediz grabenlerinin batı uçlarını sınırlarken, güneybatıda fayın ucu İzmir körfezine kadar uzanmaktadır. Bu fay zonu Kuzey Egenin KB Anadolu'dan daha hızlı GB'ya hareket ettigini göstermektedir. GPS verileri ile bazı morfolojik belirteçler Foça-Bergama Fay Zonu'nun sol yanal

doğrultu atımlı olabileceğini göstermektedir. Bununla beraber henüz çok detay çalışılmış bir fay zonu değildir.

Güzelhisar fayı

İzmir'in kuzeyinde Aliağa ilçesi ile Manisa'nın Osmancalı beldesi arasında uzanır (Şekil 3.3.). Güzelhisar fayı yaklaşık 25 km uzunluğunda ve K70B genel doğrultuludur (Emre vd., 2005). Fayın ana gövdesini oluşturan 20 km'lik doğu bölmünün genel morfolojisi doğrultu atımlı faylara özgü topoğrafik bir yapı sunar. Güney blok morfolojik olarak yukarıdadır (Emre vd., 2005). Bölgesel aktif tektonik çatı içerisinde değerlendirildiğinde, eğim atım bileşeni olan sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak yorumlanmıştır (Şaroğlu vd., 1992). Miyosen yaşlı volkanitler ve çökel kayalar Güzelhisar fayının kestiği en genç jeolojik birim olup fayın holosen aktivitesi net değildir (Akyürek ve Soysal, 1983; Kaya, 1981; Eşder vd., 1991; Genç ve Yılmaz, 2000). Emre vd., (2005) taafından elde edilen jeomorfolojik bulgular ise fayın Kuvaterner'de etkin olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle Güzelhisar fayı olasılı diri fay olarak kabul edilmiştir.

Menemen fay zonu

Menemen kuzeyindeki Dumanlıdağ volkan kompleksi ile Gediz nehri taşkın ovası arasında yer alan ve ilk kez Şaroğlu vd., (1987; 1992) tarafından Dumanlıdağ Fay Zonu olarak tanımlanan, bu faylar Emre vd., (2005) tarafından Menemen Fay Zonu olarak adlandırılmıştır. Kabaca birbirine paralel uzanan K60B genel doğrultulu dört fay parçasından meydana gelen bu fay zonunun toplam uzunluğu 15 km'dir ve genişliği 5 km'yi bulur. Fay zonunun kuzeybatı bölümünü oluşturan fay 8 km uzunluğundadır. Bu parça zonun genel doğrultusundan farklı olarak K50B uzanımlıdır. Zonun ortasında yer alan en uzun fay ise 12 km uzunluğundadır. Dumanlıdağın zirvesinde Miyosen yaşlı kaya birimlerini kesen bu fayların niteliği ve Kuvaterner aktivitesi net değildir (Emre vd., 2005). Menemen fay zonunu meydana getiren faylardan en güneydeki ise Menemen kuzeyindeki Gediz nehri taşkın ovası ile Dumanlıdağ yükselimi arasında morfolojik diskordans oluşturmaktadır. K55B doğrultulu bu çizgisellik 8 km uzunluğundadır (Emre vd., 2005).

Menemen fay zonu içerisinde, Dumanlıdağın zirve kesimlerinde uzanan fayların Kuvaterner aktivitesine ilişkin verilerin sınırlı olmasından Emre vd., (2005) zon içerisindeki bu fayların bölgesel fay paterni içindeki konumlarını da dikkate alarak deprem üretme potansiyeli en düşük olan neotektonik dönem çizgisellikleri olarak değerlendirmişlerdir. Buna karşın Buruncuk-Gediz nehri arasında izlenen fay segmenti üzerindeki bulgulardan bu parçanın Holosen'de etkin olduğunu yorumlamışlardır. Ancak, bu çizgisellik boyunca izlenen morfolojik anomalilerin erozyonal süreçlerle ilintili olma ihtimali de vardır (Erinç, 1955). Bu olasılık nedeniyle adı geçen fay Emre vd., (2005) tarafından olasılı diri olarak kabul edilmiştir.

Yenifoça fayı

Yenifoça doğusunda Nemrut limanı ile güneydeki Gerenköy arasında K-G genel doğrultusunda uzanan yaklaşık 20km uzunluğundaki bir faydır (Şekil 3.3.). Fayın karadaki bölümü Neojen yaşlı volkanitler içerisinde izlenir (Altunkaynak ve Yılmaz, 2000). Bu kesiminde fay çizgisel gidişlidir. Fay zonu üzerine çizgisel vadiler yerleşmiştir (Emre vd., 2005). Yenifoça fayı sol yanal doğrultu atımlıdır (Altunkaynak ve Yılmaz, 2000). Fayın karada kalan kesimleri boyunca oluşturduğu çizgisel morfolojinin dışında Kuvaterner ve Holosen aktivitesi net değildir. Bu çizgisel morfoloji fay zonunda yüzeyleyen Neojen birimlerinin tabaka doğrultularına da uygun olduğundan doğrudan fayla ilişkilendirilememektedir (Emre vd., 2005). Bu nedenle Emre vd., (2005) fayı, kara verilerine göre neotektonik dönem yapısı olarak değerlendirmiş ve çizgisellik olarak haritalamıştır. Her ne kadar korelasyon yapmaya yetecek veri yoksa da Çandarlı körfezinde bu çizgiselliğin devamında yer alan ve Kuvaterner'i kesen fayların (Aksu vd., 1987) bu sistemle bağlantılı olması durumunda fay olasılı diri olarak kabul edilebilir.

İzmir fayı

Eğim atımlı normal fay karakterinde olan İzmir Fayı Güzelbahçe ile Pınarbaşı arasında toplam 35 km uzunluğundadır ve körfezin doğusunu güneyden morfolojik olarak sınırlandırır (Emre ve Barka, 2000; Emre vd., 2005) (Şekil 3.3.). Fay batı ucunda ikiye çatallanır. Güney kolu KD-GB doğrultulu ve sağ yönlü doğrultu atımlı

Seferihisar fayının doğrultusunda sonlanır. KB'ya yönelen kuzey kol ise olasılıkla İzmir körfezi tabanında Çiçekadaları ile Uzunada doğusunda yer alan KKB-GGD doğrultulu fay zonuyla bağlantılıdır (Emre vd., 2005). Fay İzmir kent yerleşmesini D-B yönünde boydan boya kateder ve Balçova ve Pınarbaşı olmak üzere iki geometrik segmente ayrılmıştır. Balçova segmenti İzmir fayının batı bölümünü oluşturur. Güzelbahçe kuzeyindeki Yalı Mahallesi ile Göztepe arasında segment K82D genel doğrultulu olup, 15 km uzunluğundadır. Kabaca birbirine paralel faylardan meydana gelen zonal bir yapı sunar. En güneydeki fay ana fay niteliğindedir. Segment en batıda iki alt bölümden oluşur. Güneydeki parça Narlıdere-İstihkâm Okulu arasında temel kayalar içerisinde uzanan fayın batıya doğru devamı niteliğindedir.

Temel kayalar içerisinde kavisli bir gidiş sunan bu fay KD-GB genel doğrultuludur. Limanreis güneyinde D-B doğrultulu fay parçası ise 4 km uzunluğundadır ve fay doğu bölümünde temel kayalar içerisinde izlenir. Batısındaki yaklaşık 1.5 km'lik bölümünde ise Holosen yelpaze deltası çökellerini keser. Narlıdere batısında birbirine paralel iki fay yer alır. Kuzeydeki fayın Holosen aktivitesi net bilinmemektedir. Güneydeki fay ise İstihkâm Okulu ile Balçova'daki Agememnon kaplıcaları arasında 8 km uzunluğunda kesintisiz bir çizgisellik oluşturur. K80-85D genel gidişli olan bu parça güneye içbükey bir yay şeklindedir. Balçova segmenti İzmir fayının jeolojik ve jeomorfolojik olarak en iyi izlenebildiği bölümüdür. Segmentin tavan bloğuna İzmir körfezi yerleşmiştir ve körfezin taban topografyası segmentin doğrultusuna uyumludur. Göztepe ile Halkapınar arasında kalan kent yerleşimi içerisinde ise İzmir fayı için veri bulunmamaktadır. Konak-Göztepe arasında fay olasılıkla Balçova segmentinin doğrultusunda yüksek yalıyar şeklinde izlenen kıyı çizgisine karşık gelir veya deniz tabanındadır. Fayın doğu bölümünü oluşturan Pınarbaşı segmenti ise Halkapınar ile Belkahve arasında uzanır ve yaklaşık 15 km uzunluğundadır. Bu segment iki alt bölümden oluşur. Batıdaki bölümü D-B genel doğrultulu olup segmentin Pınarbaşı yöresine rastlayan doğu bölümü ise K65D doğrultuludur. Pınarbaşı bölümünde fay Miyosen öncesi temel kayalar ile alüvyon dokanağında izlenir ve keskin bir morfolojik uyumsuzluğa karşılık gelir. Pınarbaşı doğusuna doğru ise fay temel kayalar içerisinde çizgiselliğe dönüşerek son bulur.

Holosen'de yüzey kırığı oluşturmuş büyük depremlere kaynaklık etmiş olan İzmir fayının jeolojik verilere göre Geç Pliyosen- Erken Kuvaterner'de ortaya çıktığı söylenebilmektedir (Emre vd., 2005). Balçova segmenti faydaki normal eğim atımın en fazla izlenebildiği bölüm olup Emre vd., (2005) bu segment boyunca 500-600 m'lik görünür atım hesaplamışlardır.

Bornova fayı

Karşıyaka ile Ulucak arasında KB-GD genel doğrultusunda birbirine paralel uzanan faylar Bornova fayı olarak adlanmıştır (Emre vd., 2005) (Şekil 3.3.). Miyosen yaşlı Yamanlar dağı volkanitleri üzerinde doğrusal uzanımlı iki çizgisellikten oluşan Fayın Bornova batısındaki kesiminin kuvaterner aktivitesi net değildir. Fayın, Bornova-Ulucak arasında yine birbirine paralel uzanan iki faydan oluşan doğu kesimi ise Miyosen çökel kayalar ile Mezozoyik yaşlı temel kayaları keser. Güneydeki fay boyunca akarsu vadileri ile sırtlarda sağ yönlü çarpılmalar gelişmiştir. Emre vd., (2005) bu vadilerde 300 m'yi aşan ötelenmeler ölçmüşlerdir. Kuzeydeki fay normal fay karakterindedir. Bu kol Emre vd., (2005) tarafından neotektonik dönem çizgiselliği olarak değerlendirilirken Kuvaterner drenajını etkileyen güney kol ise sağ yanal doğrultu atımlı olası diri fay olarak değerlendirilmiştir.

Tuzla fayı

Tuzla Fayı Cumaovası ile Doğanbey Burnu arasında KD-GB doğrultusunda uzanır ve karadaki uzunluğu 42km'dir (Emre ve Barka, 2000) (Şekil 3.3.). Ocakoğlu vd., (2004–2005) yaptıkları çalışmalar fayın GB'da Ege Denizi tabanında devam ettiğini göstermektedir. Denizaltındaki devamı ile fayın uzunluğu 50 km'yi aşar. Tuzla fayı birbirinden belirgin sıçrama veya büklümlerle ayrılan ve farklı doğrultularda uzanan Çatalca, Orhanlı ve Cumalı olarak üç alt bölümden oluşur. Fayın kuzeydoğu ucunu oluşturan Çatalca bölümü 15 km uzunluğunda olup K35D doğrultuludur. Batı ucunda 750 m'lik sağ yönde bir sıçrama ile Orhanlı bölümünden ayrılır. Bu parçanın holosen aktivitesi hakkında kesin veriler bulunmamaktadır (Emre vd., 2005). Tuzla fayı genelinde batı blok yüksekken Çatalca parçasında genel morfolojinin tersine güney bloktaki bazı sırtlar kuzeye oranla daha yüksek topografya oluşturur. Çatalca

segmenti Emre vd., (2005) tarafından sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olarak tanımlanmıştır. Tuzla fayının Orhanlı bölümü K50D genel doğrultulu olup 16 km uzunluğundadır. Bu parçasında Tuzla fayının niteliği ve Kuvaterner aktivitesine ilişkin yeterli veri bulunmamaktadır. Cumalı bölümü ise KKD-GGB uzanımında birbirine paralel faylardan oluşur. Cumalı kaplıcası ile Doğanbey Burnu arasında karada 15 km uzunluğunda olan bu fay zonunun denizaltı kesimi ile birlikte uzunluğu 25 km'yi aşmaktadır (Ocakoğlu vd., 2004; 2005). Zondaki faylar boyunca çok sayıda sıcak su çıkışı ve traverten oluşumları gelişmiştir. Emre vd., (2005) tarafından zon içerisindeki faylardan en batıda olanı inaktif neotektonik dönem yapısı olarak değerlendirilirken K20D doğrultusundaki diğer faylarda çok sayıda sıcak su çıkışları ve bunlara bağlı traverten oluşumları yeralmaktadır. Fay, batı devamında, deniz tabanında karadakine benzer bir geniş deformasyon zonu oluşturur ve deniz dibindeki en genç çökelleri keser (Ocakoğlu vd., 2004; 2005). Aynı çalışmadaki bulgular fayın doğrultu atımlı olduğunu ve bu zondaki bazı fayların ters fay bileşeni taşıdığını göstermektedir. Denizaltı bölümüyle birlikte uzunluğu 50 km'yi aşan sağ yönlü doğrultu atımlı Tuzla fayı, İzmir yakın çevresinin en önemli aktif tektonik yapılarından biridir. Bölgesel güncel kinematik içerisinde ise fay Gediz graben sisteminin batı ucunda, bu grabendeki KD-GB yönlü açılmayı sönümleyen sağ yönlü doğrultu atımlı transfer faylardan biri olarak çalışmaktadır (Emre vd., 2005).

Seferihisar fayı

Sığacık Körfezi ile Güzelbahçe arsında K20D genel doğrultusunda uzanır (Şekil 3.3.). Karadaki uzunluğu 23 km olup, sualtı bölümüyle birlikte fayın toplam 30 km'lik bir uzunluğa ulaştığı sanılmaktadır (Ocakoğlu vd., 2004; 2005; Emre vd., 2005). Çamlıköy-Güzelbahçe arasındaki kuzey bölümü ana doğrultudan doğuya saparak İzmir fayından ayrılan bir kola uyumlu bir gidiş kazanır. Jeomorfolojik verilerden Seferihisar fayının Holosen'de aktif bir fay olduğu yorumlanır. Güney ucundaki sualtı verileri de deniz tabanında fayın en genç çökelleri etkilediğini göstermektedir (Ocakoğlu vd., 2004; 2005). Nitekim 10 Nisan 2003 tarihinde bölgede meydana gelen deprem (Mw:5.7) bu fayla ilişkilidir. Emre vd., (2005) bölgesel kinematik içerisinde Seferihisar fayının D-B uzanımlı İzmir fayıyla

bağlantılı bir yapı olduğunu ve dolayısıyla bu fayın da Tuzla fayı gibi Gediz grabeni batısındaki transfer fay demeti içerisinde değerlendirilmesi gerektiğini öne sürmektedirler.

Gülbahçe fayı

Bazı çalışmalarda Karaburun Fayı olarak adlandırılan (Erdoğan, 1990) Gülbahçe Fayı'nın karadaki bölümü aynı adlı körfez ile güneydeki Sığacık körfezi arasında 15 km uzunluğundadır (Emre vd., 2005) (Şekil 3.3.). K-G doğrultulu bu fayın her iki ucu da sualtındadır. Sualtı bölümleriyle birlikte değerlendirildiğinde fayın toplam uzunluğu 70 km'yi bulmaktadır (Ocakoğlu vd., 2004; 2005). Fayın karadaki bölümünün Kuvaterner morfolojisini denetlediği netse de Holosen aktivitesi hakkında kesin veriler bulunmamaktadır (Emre vd., 2005). Kara bulgularının sınırlı olmasına rağmen İzmir Körfezi çıkışında elde edilen sismik kayıtlara göre Gülbahçe fayının deniz tabanını ve en genç çökelleri kestiği ve fay sarplıkları oluşturduğunu kesindir (Ocakoğlu vd., 2005). Bu bulgular fayın Holosen aktivitesini açıklar ki Fay zonu boyunca özellikle Karaburun-Foça arası çok sık depremlerin oluştuğu bir bölgedir. Dolayısıyla 70 km'yi bulan uzunluğuyla Gülbahçe fayı, İzmir yöresinin önemli deprem kaynaklarından biri olarak değerlendirilir.

Sığacık Körfezi'nde Gülbahçe fayının devamlılığı ve diğer faylarla olan geometrik ilişkisi net olarak yorumlanamadığından Sığacık Körfezi batısındakli Teke Burnu Gülbahçe Fayı'nın güney ucu olarak kabullenilmiştir (Emre vd., 2005). Kuzeyde ise Gülbahçe körfezini K-G doğrultusunda kateden fay Mordoğon'dan kuzeye doğru KKB-GGD uzanıma döner. Karaburun açıklarında bu faya paralel çok sayıda başka faylar da haritalanmıştır. Çoğunluğu Miyosen ve Kuvaterner yaşlı sualtı çökellerini kesen bu faylar doğrultu atımlı bir zon oluşturur. Sismik kesitlerden bu fayların çoğunluğunun ters eğim atım bileşene sahip oldukları yorumlanmıştır (Ocakoğlu vd., 2005). Bulgular Gülbahçe fayında doğrultu atımın baskın olduğunu gösterir. Ancak fayın Holosen'deki atım yönüne ilişkin yorum yapılamamaktadır. Bölgesel morfotektonik yapı ve fayın genel geometrisi içerisinde fayın kuzey segmenti boyunca izlenen sıkışmalı bileşen, fayın sağ yönlü doğrultu atımlı olabileceğini düşündürmektedir (Emre vd., 2005).

Gediz graben sistemi fayları

Gediz grabeni doğuda Sarıgöl ile batıda Manisa ve Kemalpaşa arasında D-B genel uzanımında yaklaşık 150 km uzunluğundaki normal fay sistemine bağlı olarak şekillenmiştir (Emre vd., 2005). Doğudan batıya doğru genişleyen graben tabanı Neojen ve Kuvaterner yaşlı çökellerle kaplıdır. Grabenin güney kenarını boydan boya sınırlandıran düşük açılı sıyrılma (detachment) fayı sistemin ana yapısal unsurudur. Grabenin güney kenarında ana sıyrılma fayına kabaca paralel uzanan bir seri sintetik ve antitetik fay bulunur. Sıyrılma fayının antitetik yapıları ise grabenin kuzey kenarını sınırlandırır. Salihli doğusunda BKB-DGD uzanımlı olan graben Salihli'den batıya doğru genişler ve çatallanarak kollara ayrılır (Şekil 3.3.). Anadolu'nun en önemli sismojenik zonlarından olan Gediz grabeninin batısındaki faylardan kaynaklanabilecek depremler İzmir ve çevresindeki yerleşmeleri etkileyecek konumdadır. Gediz grabeni batı ucunda yer alan faylar grabenin Kemalpaşa ve Manisa kollarını oluşturur. Manisa kolu, doğu ucunda Turgutlu fayının KB devamlılığı şeklinde izlenen Manisa fayına bağlı olarak şekillemiştir. Kemalpaşa kolundaki aktif yapıların başlıcaları ise Graben Ana Sıyrılma Fayı, Kemalpaşa Fayı ve bir transfer yapısı olan Dağkızılca faylarından oluşur (Emre vd., 2005) (Şekil 3.3.).

Gediz grabeni ana sıyrılma fayı

Gediz grabenin güney kenarı düşük açılı bir sıyrılma (detachment) fayı tarafından sınırlandırılmıştır (Emre, 1992; Hetzel et al., 1995). Bu fay Gediz graben sisteminin ana yapısal elemanı olup ikincil sintetik ve antitetik yapılar fayın tavan bloğu üzerinde gelişmiştir (Şengör, 1987). Gediz grabeni sıyrılma fayı düşük açılı bir normal fay olup kuzeye eğimlidir. D-B genel uzanımında fay kendi içerisinde büklümlü bir gidiş sunar. Alaşehir bölümünde KB-GD uzanımlı fay Salihli-Turgutlu arasında D-B gidişlidir. Turgutlu batısında ise BKB-DKD doğrultusuna dönen fay en batı ucunda sağ yönlü doğrultu atımlı bir transfer yapısı olan KD-GB uzanımlı Dağkızılca fayına bağlanır (Emre vd., 2005) (Şekil 3.3.). Genel doğrultusundaki değişimlere göre fay doğu, orta ve batı olmak üç ana geometrik bölüme ayrılabilir. Burada yalnızca D-B genel uzanımından BGB-DKD doğrultusuna 30°'lik yön

değiştirmenin gerçekleştiği, orta ve batı bölüm arasındaki sınır kabul edilen Turgutlu yöresi'nin batısından bahsedilecektir. Bu sınır aynı zamanda grabenin Manisa ve Kemalpaşa kollarına ayrıldığı bir alandır. Turgutlu batısında Gediz sıyrılma fayı Çatalköprü-Kurudere köyleri arasında 27 km uzunluğunda ve K70D genel doğrultuludur. Fay en batı ucunda Dağkızılca transfer fayına bağlanır (Emre vd., 2005). Bu sıyrılma fayı Gediz grabeninin ana yapısı olup grabendeki güncel açılma bunun üzerinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bölgenin en önemli sismojenik unsurunu oluşturur.

Kemalpaşa fayı

Gediz grabeninin batısında Bağyurdu ile Ulucak arasında uzanan diri fay Kemalpaşa fayı olarak adlanmıştır (Emre ve Barka, 2000) (Şekil 3.3.). Doğu ucundan Gediz Grabeni Sıyrılma Fayı'ndan normal fay şeklinde ayrılan Kemalpaşa Fayı'nın genel doğrultusu K75D olup uzunlupu 24 kmdir (Emre vd., 2005). Fay boyunca Holosen yelpazeleri kesilmiş ve tepe kesimleri güney blokta askıda kalmıştır. Taban blokta bu yelpazeleri oluşturan akarsu yataklarında tektonik kökenli taraçalar gelişmiştir. Armutlu-Kemalpaşa arasındaki çok taze fay sarplıkları, tarihsel dönemlerde gelişmiş depremlerle ilgili mikro-morfolojik yapılar olarak tanınır (Emre vd., 2005). Batı ucunda fay Kemalpaşa kent yerleşmesini KB-GD yönünde boydan boya kateder ve Ulucak yöresindeki iki küçük fay parçası ile sonlanır.

Manisa fayı

Manisa Fayı Gediz grabeninin kuzeybatı kolunda yer alan normal bir faydır (Şekil 3.3.). Turgutlu ile Manisa batısındaki Muradiye arasında yaklaşık 40 km uzunluğundadır. K65B genel gidişli olup geniş büklümlerden oluşan kavisli bir uzanım sunar (Emre vd., 2005). Turgutlu-Manisa arasında fay K45 genel doğrultusunda uzanan tek bir çizgisellikten oluşturur. D-B doğrultusunu kazandığı Manisa batısında ise bir seri normal faydan oluşan zonal yapı kazanır. Manisa fayı Gediz Grabeninin orta kesiminde graben tabanındaki Holosen dolguları ile güneydeki Pliyo-Kuvaterner çökelleri arasında yer alan Turgutlu fayının batı devamını oluşturur. Turgutlu fayı, batı ucunda D-B genel doğrultusundan saparak Manisa fayının doğrultusuna döner. Kemalpaşa çayı bölümünde 45°'lik bir büklüm

bu iki fayı ayıran geometrik sınır kabul edilmiştir (Emre vd., 2005). Manisa fayı keskin bir büklümle birbirinden ayrılabilen doğu ve ve batı olmak üzere iki segmentten oluşur. Doğu segmenti Kemalpaşa çayı ile Manisa kenti arasında uzanır. Bu segment 15 km uzunluğunda ve K45B doğrultuludur. Manisa fayının batı segmenti kentin doğusu ile batıda Gediz nehri arasında yaklaşık 20 km uzunluğundadır. Bu segment 3 km genişliğe ulaşan bir zon içerisinde birbirine paralel fay parçalarından oluşur. Doğu kesimindeki faylar D-B genel doğrultusunda kuzeye bakan geniş yay geometrisi sunar. Batı bölümdeki fayların genel doğrultuları ise K55B'dır. Segmentin en batısını oluşturan parça ise K-G doğrultusunu kazanır. Holosen'de aktif tektonik bir yapı olan Manisa fayı boyunca düşey doğrultuda önemli ölçüde yerdeğiştirmeler gerçekleşmiştir (Emre vd., 2005). Tarihsel ve aletsel dönem kayıtlarına göre Manisa kenti ve yakın çevresi ağır hasarlara yol açan çok sayıdaki büyük depremden etkilenmiştir. Ancak bu depremlerden hangisinin Manisa fayından kaynaklandığı, fay üzerinde depremlerin oluş sıklığı ve fay üzerinde meydana gelmiş en son büyük depremin hangi tarihte gerçekleştiği konusunda bilgi bulunmamaktadır.

3.1.3. Tarihsel dönem deprem aktivitesi

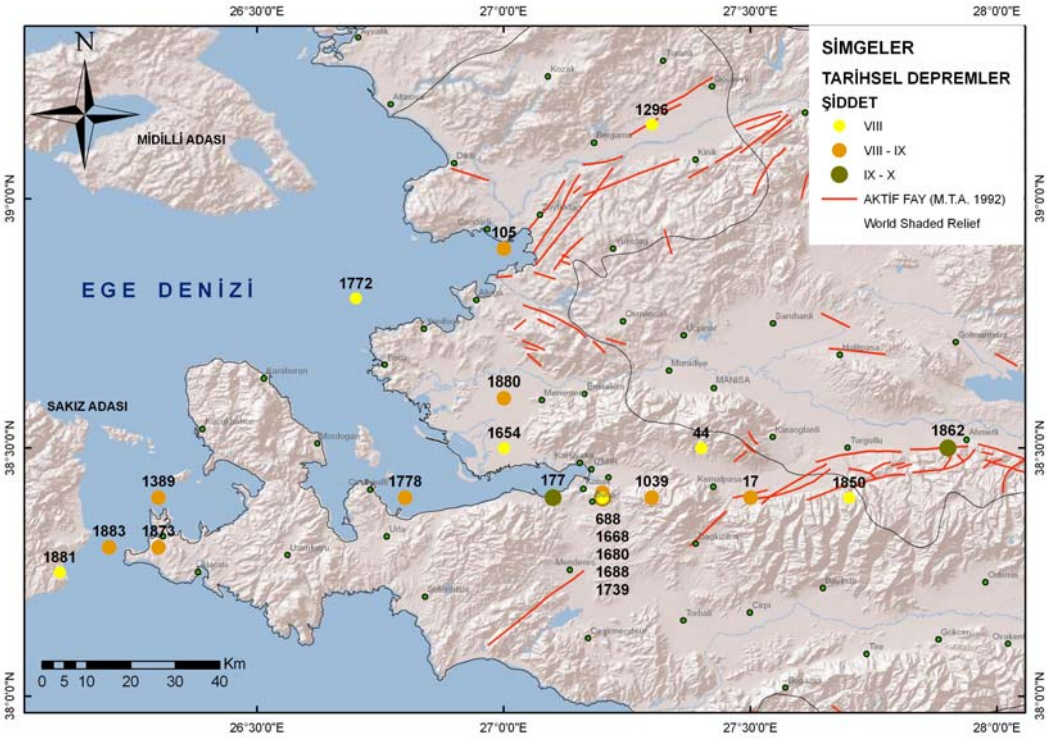
İzmir ve yakın çevresi, tarihsel çağlarda pek çok uygarlığın hüküm sürdüğü bir bölge olması nedeniyle tarihsel dönem deprem kayıtlarının en fazla olduğu bölgelerimizden biridir. Kayıtlar, İzmir ve yakın çevresindeki çoğu yerleşim yerinin tarihsel dönemde çok sayıda depremden etkilendiğini ortaya koyar. Son iki bin yılda bölgede meydana gelen yıkıcı ve hasar yapıcı depremler Çizelge 3.1. ve Şekil 3.4.'de sunulmuştur (Calvi, 1941; Pınar ve Lahn, 1952; Comninakis and Papazachos, 1982; Ambraseys and Finkel, 1995; Emre vd., 2005). İzmir kentinin çoğu depremden etkilenmiş olmasına rağmen özellikle bazı depremlerde çok büyük hasarların meydana geldiğini görülmektedir. Tarihsel depremlerden M.S. 17, 177, 1688, 1778 ve 1862 depremleri İzmir ve civarında büyük ölçüde hasara ve can kaybına neden olmuşlardır (Ambraseys and Finkel, 1995).

Çizelge 3.1. İzmir ve yakın çevresinde tarihsel dönemde hasara yol açmış büyük depremler (Calvi, 1941; Pınar ve Lahn, 1952; Comninakis and Papazachos, 1982; Giodobani et al., 1994; Ambraseys and Finkel, 1995; Emre vd., 2005)

TARİH	ENLEM	BOYLAM	ŞİDDET	AÇIKLAMA
17	38.40	27.50	IX	İzmir, Efes, Aydın, Manisa, Alaşehir ve Sart şehirlerinde, Gediz ve Büyük Menderes nehirlerinin vadilerinde tahribat yapmıştır. Ege bölgesindeki büyük felaketlerden biri olduğu söylenir. Batı Anadolu'da Efes'le birlikte 13 önemli İyon şehri tamamen yıkılmıştır.
44	38.50	27.40	VIII	Manisa ve Efes tahrip oldu, toprakta yarıklar oluştu.
105-106	38.90	27.00	IX	Batı Anadolu'da şiddetli ve geniş bir alanı etkileyen bu depremde Çandarlı körfezinde bulunan Elaea, Myrrhina, Pitane ve Kyme yıkılmıştır.
177	38.40	27.Eki	X	Bu depremde izmir tamamen tahrip olmuş, pek çok yangın çıkmış, zeminde çatlaklar açılmış ve küçük iç liman kapanmıştır.. Milet'te de hasar yapan deprem Sakız ve Sisam adalarında da kuvvetli issedildi.
688	38.41	27.20	IX	İzmir'de şiddetli ve tahripkar bir deprem, 20.000 ölüden bahsedilmektedir.
1039	38.40	27.30	IX	Birçok bölge ve şehir bu deprem dolayısıyla hasar görmüştür. İzmir dehşetli bir manzaraya bürünmüştür, çünkü en güzel binalar çökmüş ve birçok insan ölmüştür.
1296	39.15	27.30	VIII	Bergama ve çevresinde ağır deprem. Dikili'de duyuldu.
20.03.1389	38.40	26.30	IX	Castro'nun büyük bölümünün harap olduğu ve bu depremin birçok binayı çatlatıp kırdığı belirtilir. Bu depremden oluşan denizdeki dalga ticaret merkezinin ortasına kadar gelmiş ve insanları orayı terk etmeye zorlamıştır. İzmir, Foça kulesi ve Ikaria Adası da harap olmuştur.
20.05.1654	38.50	27.Eki	VIII	Deprem İzmir'de, birçok kule ve caminin yıkılmasına, evlerin çökmesine ve can kaybına neden olmuştur.
1668	38.41	27.20	IX	İzmir'de tahribat yapmış, yangınlar çıkmıştır. Toprakta çatlaklar açılmıştır. 2000 kişinin öldüğünden bahsedilir.
14.02.1680	38.40	27.20	VIII	İzmir'e 15km uzaklıktaki 3 kasaba yerle bir olmuştur. İzmir'den 1.5 saat uzaklıktaki bir köyde heyelan meydana gelmiştir.
10.07.1688	38.40	27.20	X	İzmir'de büyük tahribat olmuş; İstanbul, Santorini ve Sakız'ı da kapsayan büyük bir alanda hissedilmiştir. Zemin göçmeleri nedeni ile sahil hattı ve topoğrafya değişmiştir.15.-20.000 kişinin öldüğünden bahsedilir. Tsunami oluşmuştur.

Çizelge 3.1. (devam)

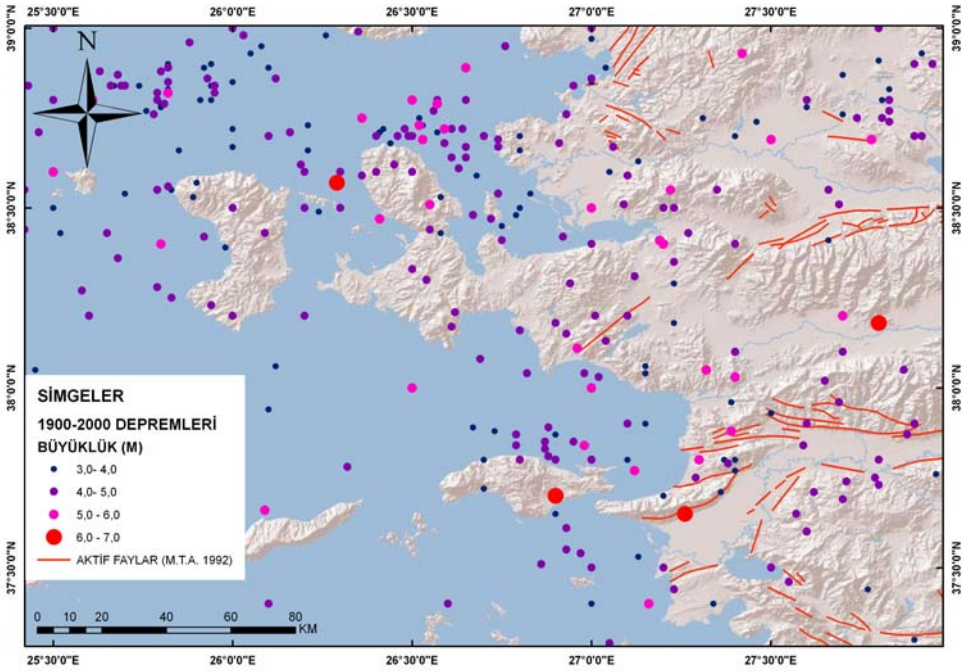
24.03.1739	38.40	27.20	IX	Eski ve Yeni Foça'da da hasar büyüktür. İzmir'de ölenlerin sayısı 80'i geçmemiştir. Sarsıntı eski Foça'nın dörtte üçünü tamamen yıkmış Deltanın Gediz Nehri'nin ağzındaki kısmı depremde çökmüş ve depremden sonra sular altında kalmıştır. Chios'ta (Sakız) birçok ev harap olmuş; bir kısım insan ölmüştür.
24.11.1772	38.80	26.70	VIII	Deprem ve deprem etkisiyle oluşan dalgalar Foça kalesinin 5 kapısını ve camisini tamamen yıktı. Lesbos'ta(Midilli) birkaç ev yıkıldı. Sakız Adası adasında deprem hissedildi, ama bir hasar meydana getirmedi.
03-05.07.1778	38.40	26.80	IX	15 saniye sürmüş ve hemen hemen İzmir'i tamamıyla harap etmiştir. Bazı yerlerde zemin açılmıştır. İki kaptan İzmir'e 18 mil uzaklıktaki Urla'da toprağın yarılıp açıldığını rapor etmişlerdir. Efes'in yakınlarında adı verilmeyen bir dağdan zemin çatlakları rapor edilmiştir. Hasar Seydiköy ve daha batıya doğru yaılmıştır. Toplamda bu depremlerdeki can kaybı 200 kişiden fazladır. 16 Haziran'da İzmir'de hasara yolaçan ön sarsıntıdan sonra en büyüğüdür. Art sarsıntılar ilave zararlar vererek aylarca sürmüştür. Birçoğu İzmir'in güneybatısında daha kuvvetli hissedilmiştir.
18.10.1850	38.40	27.20	VIII	İzmir, Kemalpaşa, Turgutlu, Bayındır, Ödemiş ve Tire'de çok şiddetli bir şekilde hissedilmiştir. Gelibolu ve Balıkesir'de algılanmıştır. Kemalpaşa'da yarıklar açılmış, kaya düşmeleri meydana gelmiştir.. Bölgede çeşitli hasarlar olmuştur.
03.11.1862	38.50	27.90	X	Deprem Turgutlu Kasabası'ndaki tüm evleri yerle bir etmiş; 280 kişinin ölümüne sebep olmuştur. Çevredeki diğer yerleşim yerlerinde daha az zarar olmuştur. Afyonkarahisar'da, Isparta bölgesinde ve maksimum 300km uzaklığa kadar hissedilmiştir. 13 Kasım'da meydana gelen art sarsıntıda Afyonkarahisar'daki evlerde çatlaklar oluşmuş; İzmir, Aydın, Nazilli, Denizli ve Sakız Adası ve Midilli adalarında hissedilmiştir.
01.02.1873	38.30	26.30	IX	Sisam ve Batı Anadolu'da hasar. Birçok ölü var. Özellikle adanın doğusunda Vathy ve Chora'da ağır yapı hasarları. Batıdaki Karlovassi daha az etkilenirken İzmir ve Afyon'da kuvvetli hissedilmiştir.
29.07.1880	38.60	27.Eki	IX	Büyük Menemen Depremi. En büyük hasar Menemen'de oluştu. Alaşehir'de de hasar meydana gelen depremde, İzmri-Turgutlu demiryolunda yarıklar meydana gelmiştir. Alaşehir dışında Manisa, İzmir ve Gediz çukurluklarında, Bornova, Karşıyaka'da fazla miktarda hasar yapmıştır.
03.04.1881	38.25	26.Eki	VIII	Sakız'da ağır can ve mal kaybına neden olan bir deprem. Ada'da ve karşısındaki Çeşme yarımadasında birçok yerleşim yeri hasar gördü. Depremde kaya düşmeleri ve heyelanlar meydana geldi. Adanın güney doğusu en çok hasar gören bölgedir. 80'i Çeşme bölgesinde olacak şekilde 4181 kişinin hayatını kaybettiğinden bahsedilir.



Şekil 3.4. İzmir ve yakın çevresindeki tarihsel dönem depremlerinin dağılımı (Diri faylar; Şaroğlu vd., 1992'den alınmıştır)

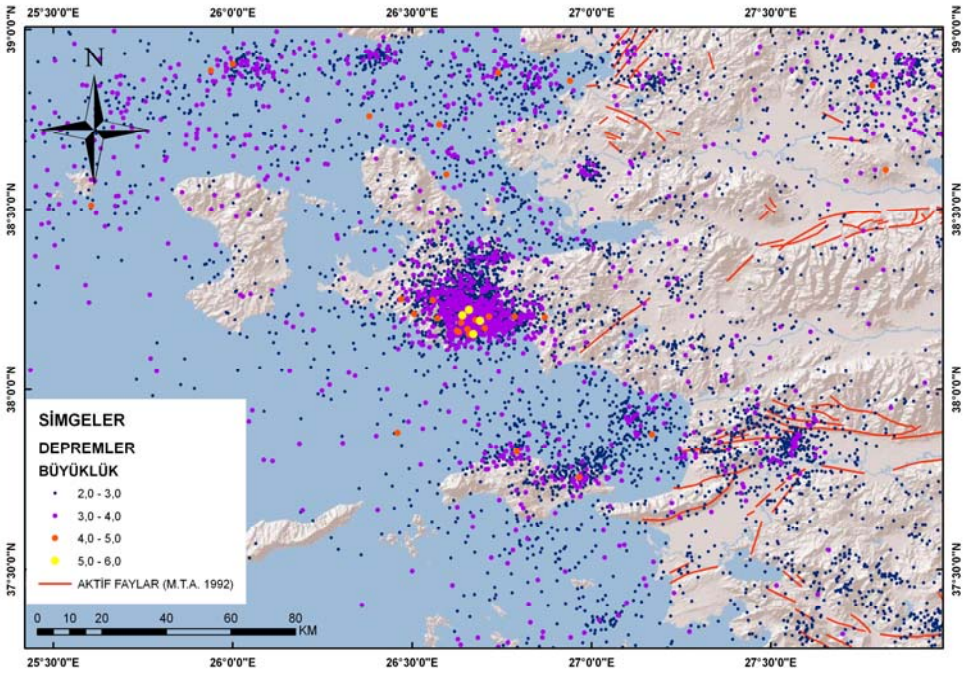
3.1.4. Aletsel dönem deprem aktivitesi

Tarihsel dönemde olduğu gibi 1900 yılından günümüze olan dönemi kapsayan aletsel periyotda da İzmir ve civarında yoğun deprem aktivitesi devam etmiştir (Şekil 3.5.). Bölgedeki depremlerin dışmerkez dağılımları; haritalanmış diri fay zonları ile uyumlu olup son 10 yıllık mikro aktiviteye bakıldığında; Sakız Adası ve Karaburun Yarımadası'nın kuzeyi, Çandarlı Körfezi, Bergama, Menemen, Sisam Adası, Kuşadası Körfezi ve Büyük Menderes Grabeni batısı ile 2005 yılı deprem aktivitesine bağlı olarak Karaburun yarımadasında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 3.6.).

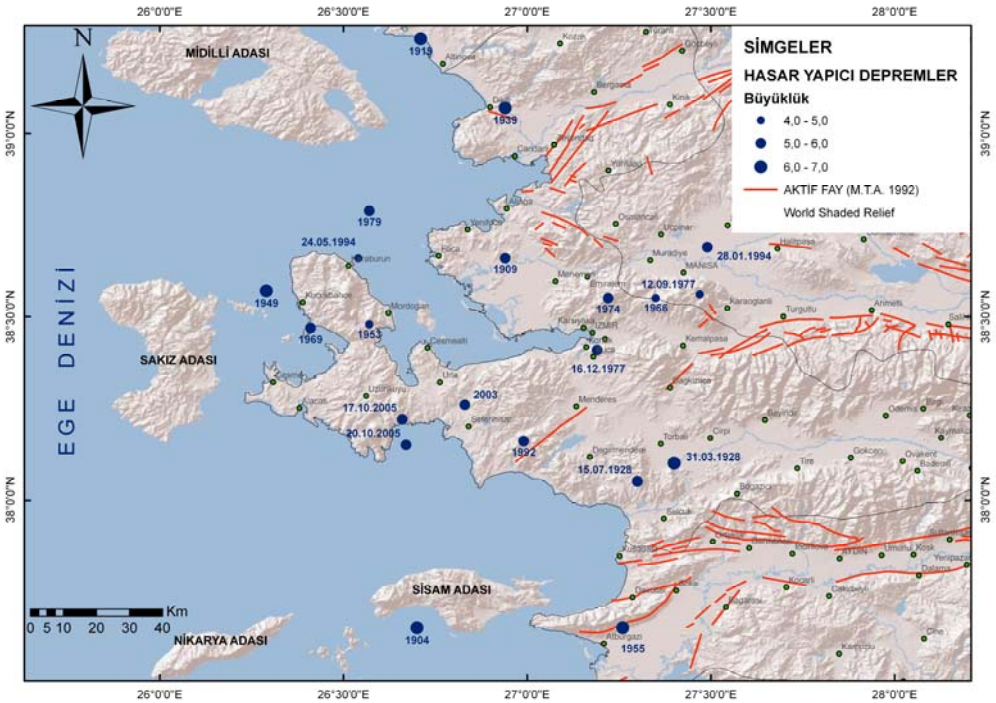


Şekil 3.5. 1900–2000 yılları arası M≥3.0 depremlerin dağılımı deprem dışmerkezleri ISC ve DAD verilerinden derlenmiştir). (Diri faylar; Şaroğlu vd., 1992'den alınmıştır)

Son yüzyılda orta büyüklükteki 1909 M=5.8 Foça, 1919 M=6.9, 1928 M=6.5, 1939 M=6.6 Dikili, 1949 M=6.6 Karaburun, 1953 M=5.0 Karaburun, 1969 M=5.6 Karaburun, 1974 M=5.3 ve 1977 M=5.5 İzmir, 1979 M=5.7 Karaburun, 2003 M=5.6 Urla, 2005 M=5.8 Urla ve 2005 M=5.9 Seferihisar depremleri İzmir ilçelerinde hasara neden olurken 1928 M=6.5 Torbalı, 1939 M= 6.6 Dikili ve 1949 M=6.6 Karaburun Depremleri bu depremler içerisinde en büyük ve en tahripkar olanlarıdır. 1900 yılından günümüze İzmir ve çevresinde hasar yapmış depremler Çizelge 3.2. ve Şekil 3.7.'de verilmiştir. İzmir ve civarındaki aktif faylarla bölgenin depremselliği ilişkilendirildiğinde, deprem aktivitesinden sadece normal fayların sorumlu olmadığı görülmektedir. 1900'den günümüze bölgede meydana gelmiş depremlerin odak mekanizması çözümleri, bölgedeki doğrultu atımlı faylanmaya bağlı tektonik hareketlerin varlığını ve aktivitesini desteklemektedir (Şekil 3.8. Çizelge 3.3.). Ayrıca, bölgede mikrodeprem aktivitesinin en yoğun olarak KD-GB ve K-G doğrultularda uzanan Gülbahçe ve Seferihisar fayları üzerinde yoğunlaşmış olması bahsi geçen bu fayların bölgenin sismik aktivitesi üzerindeki etkisinin yüksek olduğu düşüncesini desteklemektedir.



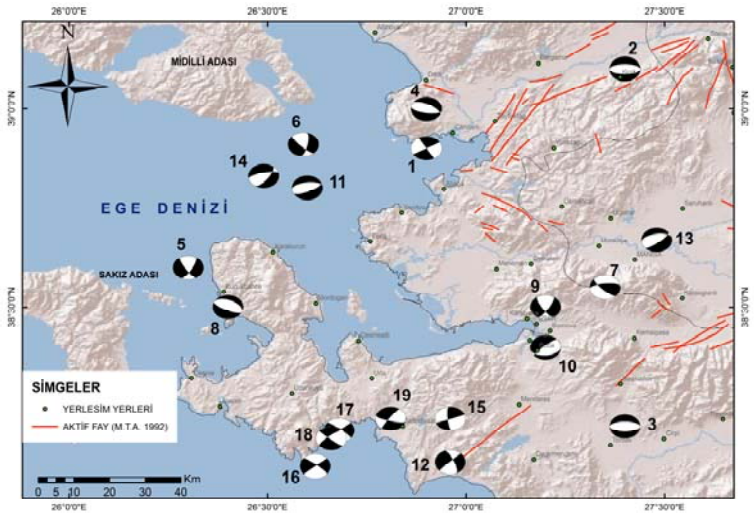
Şekil 3.6. 01.01.2001–14.04.2009 yılları arası M≥2.0 depremlerin dağılımı (deprem dışmerkezleri DAD verilerinden derlenmiştir. Diri Faylar; Şaroğlu vd., 1992'den alınmıştır)



Şekil 3.7. İzmir ve yakın çevresinde 1900'den günümüze hasar yapıcı depremler (Diri faylar; Şaroğlu vd., 1992'den alınmıştır)

Çizelge 3.2. İzmir ve yakın çevresinde 1900'den günümüze hasar yapıcı depremler (Pınar ve Lahn, 1952; Ambraseys, 1988; Eyidoğan vd., 1991; Emre vd., 2005; Erkmen ve Eravcı, 2008)

Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Derinlik	M
11.08.1904	05:56	37.65	26.70	10	6.2
09.01.1909	04:56	38.66	26.94		5.8
18.11.1919	21:54:50	39.26	26.71	10	6.9
31.03.1928	00:29:45	38.10	27.40	16	6.5
15.07.1928	09:33:24	38.05	27.30	16	5.5
22.09.1939	00:36	39.07	26.94	10	6.6
23.07.1949	15:03	38.57	26.29	10	6.6
02.05.1953	05:41	38.48	26.57	40	5.0
16.07.1955	07:07	37.65	27.26	40	6.8
19.06.1966	17:55	38.55	27.35	9	4.8
06.04.1969	03:49	38.47	26.41	16	5.9
01.02.1974	00:01	38.55	27.22	24	5.3
16.12.1977	07:37	38.41	27.19	24	5.5
14.06.1979	11:44	38.79	26.57	15	5.7
06.11.1992	22:08	38.16	26.99	17	5.7
28.01.1994	18:45	38.69	27.49	5	5.2
24.05.1994	05:05	38.66	26.54	17	5.0
10.04.2003	03:40	38.26	26.83	16	5.6
17.10.2005	09:46:57	38.22	26.66	19	5.8
20.10.2005	21:40:03	38.15	26.67	15	5.9



Şekil 3.8. 1900'de günümüze bölgede meydana gelmiş depremlere ait lokasyon ve odak mekanizması çözümleri (Eyidoğan, 1988; Taymaz vd., 1991; Zanchi and Angelier, 1993; Kiratzi and Louvari, 2003; Tan ve Taymaz, 2003; Baykal, 2006)

Çizelge 3.3. 1900'den günümüze bölgede meydana gelmiş depremlere ait lokasyon ve odak mekanizması çözüm sonuçları (Eyidoğan,1988; Aymaz vd., 1991; Zanchi and Angelier, 1993; Kiratzi and Louvari, 2003; Tan ve Taymaz, 2003; Baykal, 2006)

NO	TARİH	ENLEM	BOYLAM	DOĞRULTU (1. DÜZLEM)	EĞİM (1. DÜZLEM)	KAYMA AÇISI (1.DÜZLEM)	(Mw)
1	19/01/1909	38,9	26,9	60	90	180	6
2	18/11/1919	39,1	27,4	270	45	-90	6,8
3	31/03/1928	38,2	27,4	90	45	-90	6,4
4	22/09/1939	39	26,9	100	51	-70	6,5
5	23/07/1949	38,6	26,3	148	68	-29	6,5
6	19/11/1959	38,91	26,59	135	66	-34	5,4
7	19/06/1966	38,55	27,35	135	65	141	4,8
8	06/04/1969	38,5	26,4	116	60	-90	5,9
9	01/02/1974	38,5	27,2	148	65	-27	5,6
10	16/12/1977	38,4	27,2	85	24	-127	5,6
11	14/06/1979	38,8	26,6	262	41	-108	5,8
12	06/11/1992	38,11	26,96	225	85	-158	6
13	28/01/1994	38,67	27,48	259	35	-120	5,3
14	24/05/1994	38,83	26,49	256	60	-131	5,5
15	10/04/2003	38,22	26,96	70	85	165	5,7
16	17/10/2005	38,1	26,62	50	90	10	5,6
17	17/10/2005	38,19	26,68	50	90	10	5,9
18	17/10/2005	38,17	26,66	230	65	-10	5,6
19	20/10/2005	38,22	26,81	215	80	-20	5,9

3.1.5. Stratigrafi

Çalışma alanının Genel Jeolojisi Dönmez vd., 1998'den derlenmiş olup, arazi ve büro çalışmaları sonucunda elde edilen bulgularla tektonik bölümü hazırlanmıştır.

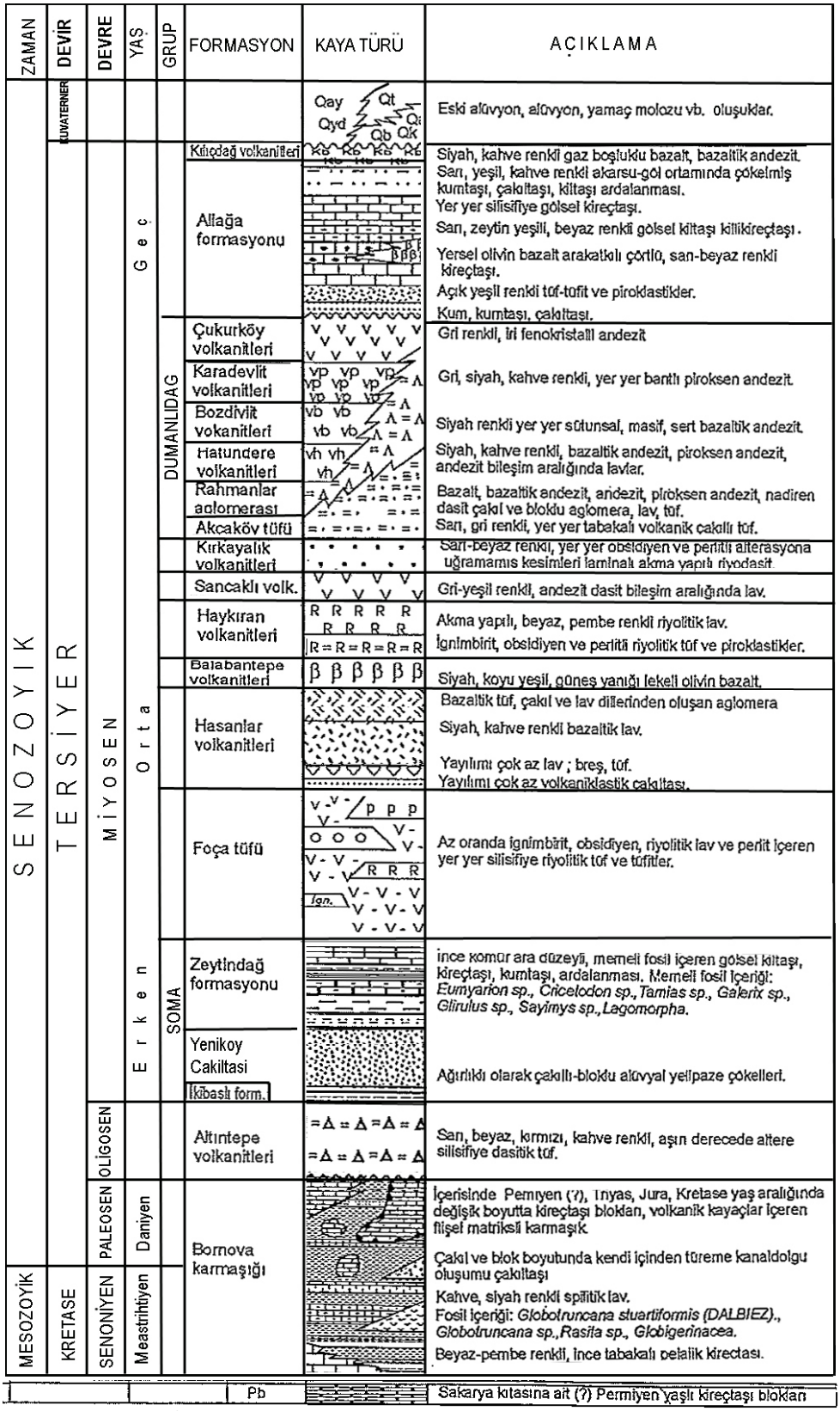
İnceleme alanında Mesozoyik yaşlı birimlerden, Kuvaterner yaşlı alüvyonlara kadar bir zaman aralığında stratigrafik dizilim gözlenmiştir (Şekil 3.9.). İnceleme alanının genelleştirilmiş jeoloji haritasında (Şekil 3.10.) Stratigrafik birimlerin dağılımına bakıldığında; inceleme alanının büyük bir bölümünün alüvyonla kaplı olduğu,

Menemen ilçe merkezinin doğusu ile Gediz nehrinin kuzey bölümlerinin farklı litolojileri barındırdığı görülmektedir.

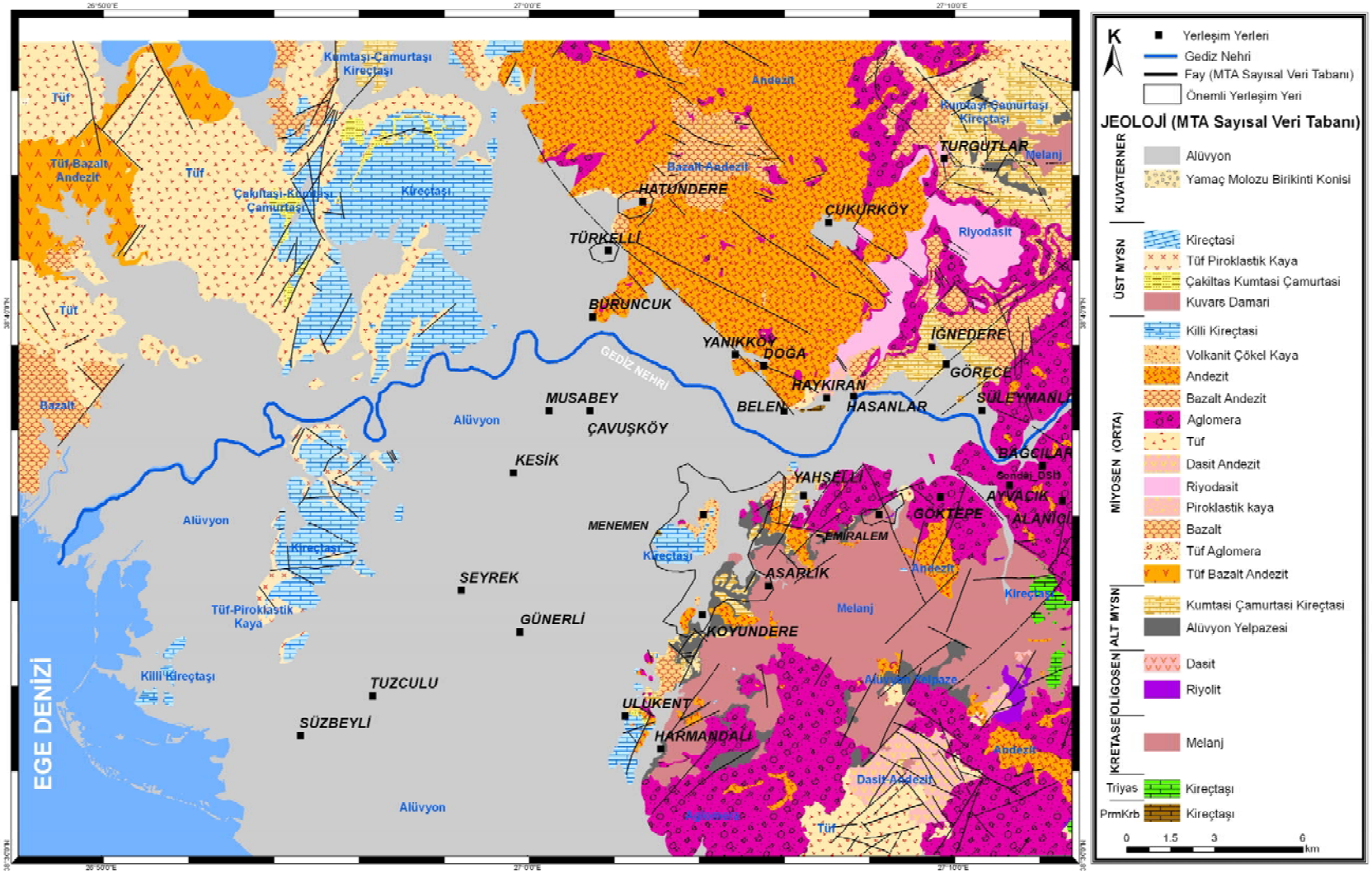
Mezozoyik: İnceleme alanında Mezozoyik Maestirihtiyen-Daniyen yaşlı Bornova karmaşığı ile temsil edilir. Filişel ortamda çökelmiş kumtaşı, çamurtaşı matriksli ve bu matriksle yanal ve düşey olarak geçişli mikritik kireçtaşları, volkanikler içeren ve içerisinde kireçtaşı blok ve blokları gözlenen birim Bornova karmaşığı olarak haritalanmıştır (Şekil 3.11.).

Karmaşığın matriksi başlıca kumtaşları ve çamurtaşlarından oluşur. Bunlar ileri derecede deformasyona uğramıştır. Bornova karmaşığının alt dokanağı gözlenememiştir. Ancak Menderes masifinin üzerinde allokton olarak yer aldığı eski çalışmalardan bilinmektedir. Birimin üst dokanağında ise Bornova kuzeyi Altıntepe civarında geç Oligosen-Erken Miyosen yaşında olduğu düşünülen Altıntepe volkanitleri gözlenir. Çalışma alanının diğer tüm kesimlerinde Bornova karmaşığı erken Miyosen yaşlı akarsu-gölsel çökeller ve volkanik ürünler tarafından açısal uyumsuzlukla örtülürler. Bornova karmaşığının bölgesel çalışmalarda kalınlığı 750 m. Civarında bulunmuştur (Eşder, 1988).

Erdoğan (1990), Bornova karmaşığının İzmir-Ankara Zonu'nun, Batı Anadoluda açılımı sonucu Maestrihtiyen-Daniyen aralığında oluştuğu ve içerdiği kireçtaşı bloklarının Karaburun kuşağına ait olduğunu belirtmektedir. Bunların havzaya önce bloklar şeklinde yerleştiğini ve en sonunda naplar şeklinde yürüdüğünü söyler. Ayrıca karmaşık matriksi içerisinde gözlenen volkanik ürünlerden de havzada zaman zaman denizaltı volkanizmasının etkin olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.9.. İnceleme alanının stratigrafik birimleri (MTA 2006'dan basitleştirilmiştir)



Şekil 3.10. İnceleme alanının genelleştirilmiş jeoloji haritası (1/25000 ölçekli MTA sayısal jeoloji haritasından değiştirilmiştir)

Senozoyik: İnceleme alanında Oligosen, Miyosen ve Kuvaterner yaşlı volkanik ve çökel kaya birimleri gözlenmektedir.

Altıntepe Volkanitleri: Sarı, beyaz, kahve, kırmızı bozunma renginde egemen olarak bozunmuş dasitik tüflerde daha az oranda kuvars, andezit, dasit, piritli dasitve riyolit bileşim aralığında değişen lavlardan oluşan bu volkanizma Altıntepe volkanitleri adı altında toplanmıştır. Volkanizma üç üyeye ayrılarak incelenmiştir. Çalışma sahası içinde sadece Yamanlar tüfü gözlenmiştir.

1 Yamanlar Tüfü

2 Kabakyatağı riyoliti

3 Sandıklıkayası dasiti



Şekil 3.11. Menemen ilçe merkezinin güneydoğusunda gözlenen mesozoyik yaşlı birimlerden bornova karmaşığına ait kumtaşları, kiltaşları ve kireçtaşları (bakış güneydoğudan kuzeybatıya, İncirlipınar dere güneyi)

Yamanlar Tüfü: İleri derecede hidrotermal alterasyona uğramış sarı, beyaz, kahve ve kırmızı renkli dasitik tüflerden oluşmaktadır. En iyi gözlendiği yer Bornova Kuzeyi, Yamanlar Köyü civarı ve Altıntepedir. Alacalı alterasyon rengiyle arazide kolay ayırt edilir. Bol kırıklı ve çatlaklıdır. Bu kırık ve çatlaklar daha sonraki çözeltilerce özellikle silisce zengin sular tarafından doldurulmuş ve diğer kesimlere göre zor olduğundan arazide kıvrımlı bir görüntünün oluşmasını sağlamıştır. Birimin altında Bornova karmaşığı gözlenmekte olup, ilişki uyumsuzdur. Üstünde ise Sancaklı Köyü civarında dasitler, Büyük Göl Dağı güneyinde Dumandağ grubu volkanitlerinin andezitik lav ve aglomeraları yer alır. Yaş olarak Oligosen-Erkan Miyosen yaşı verilmektedir.

Soma Grubu: Soma grubu içinde formasyonlar sırasıyla Yeniköy çakıltaşı ve Zeytindağı formasyonu birbirleriyle yanal ve düşey geçişli gölsel çökellerdir. Bunlardan Yeniköy çakıltaşları ağırlık olarak alüvyal yelpaze çökellerini ve çakıltaşı, kumtaşlarını; Zeytindağ formasyonu ise kıyı ve kıyı ötesi göl çökellerinin egemen olduğu kaya türlerini içerir.

Yeniköy Çakıltaşı: Egemen kaya türü kırmızı renkli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ve kumtaşından oluşmakta olup çalışma alanında oldukça geniş alanlar kapsamaktadır ve Koyundere Köyü güneyi Kızılcaköy Dere de kırmızı-kahve renkli meta kayaç çakıllı-bloklu (Bornova karmaşığına ait) alüvyon yelpazesi çökelleri şeklindedir. Birimin yelpaze kesimleri, kırmızı renkli, gevşek, kötü boylanmalı, çakıl blok boyutunda parçaların yer aldığı, çakıltaşı, kırmızı gri kumtaşı, killi kumtaşı, tutturulmamış killi seviyeler, karbonat çimentonun arttığı çakıltaşı seviyeleri ve konglomeratik görünümlü kireçtaşı ara düzeyleri içermektedir (Şekil 3.12.). Yelpaze dışı çökelimlerin asıl bileşenini ise iyi pekişmiş, sert-sarı-gri renkli düzgün tabakalanmalı kumtaşı ve konglomeratik kumtaşları oluşturmaktadır. Konglomeratik düzeylerin başlıcaları çakılları kuvarsit, şistik kayaç parçaları ve kristalize kireçtaşlarıdır. Yeniköy çakıltaşının alt dokanağında çoğu yerde Bornova karmaşığı gözlenir. Birim Bornova karmaşığı açısal diskordansla örter. Birimin üst dokanağında ise çoğu yerde Zeytindağ formasyonu gözlenir. İlişki geçişli ve uyumludur. Kalınlığı 60–74 m. Olarak verilir (Kaya, 1978).



Şekil 3.12. Menemen ilçe merkezinin kuzeyinde gözlenen Yeniköy çakıltaşları (bakış doğudan batıya)

Zeytindağ formasyonu: Tabanda kırmızı renkli çakıltaşı-kumtaşı ile başlayıp kumtaşı, kiltaşı, marn, şeyl, killi kireçtaşı, kireçtaşı, tüf, tüfit ardalanması ve kömür-turba ara seviyeler ile devam eden birim Zeytindağ formasyonu olarak adlandırılmıştır. Tabandaki çakıltaşının malzemesi, üzerine çökeldiği Bornova karmaşığının şist, kireçtaşı ve kuvarsit bloklarına aittir. Bozalan Köyü, Beydere Köyü, Koyundere Köyü, Bornova kuzeyi, Eğridere Köyü belli başlı tip lokaliteleridir. Bunların yanısıra Menemen Harmandalı Köyü, Asarlık Köyü, Yahşelli Köyü, Gürece Köylerinde Zeytindağ ilçesinde ve Çandarlı girişinde, Aliağa civarında geniş yayılıma sahiptir. Tabanda kırmızı – kahve renkli bir çakıltaşı düzeyi ile başlar. Çakıllar Bornova karmaşığının çakıl ve bloklarından oluşur. Bu seviyeler çoğu yerde iyi tutturulmamış gevşek konumdadırlar. Formasyonun diğer kayaç grupları ise kumtaşı, kiltaşıi marn, şeyl, killi kireçtaşı, kireçtaşı-tüf-tüfit ve kömür-turba ara seviyeleridir. Kumtaşlarında tanelerin iri kum, küçük çakıl ve iri mil boyutunda olduğu; bileşenlerin kuvars, kuvarsit, çört, granit, feldispat parçaları,

metamorfik kayaç parçaları olduğu görülmüştür. Çimentoları genelde karbonattır. Birçok yerde Zeytindağ formasyonu'nun tabanında Yeniköy çakıltaşı veya Bornova Karmaşığı gözlenir. Yeniköy çakıltaşı ile geçişli olmasına karşın Bornova karmaşığı üzerine açısal diskordansla gelir. Birimin üst dokanağında ise Samurlu volkanitlerinin lavları yer alır. Lavların görülmediği kesimlerde ise formasyonu Foça tüfü veya Dumanlıdağ grubu volkanitleri tarafından örtülür.

Foça Tüfü: Beyaz, sarı, pembe renkli mostra verdiği çoğu bölgelerde düzgün tabakalanmalı, riyolit, perlit, obsidiyen çakılları ignimbiritik akıntılar ve yer yer ara düzeyli, ince seviyeler halinde kiltaşı-marn içerikli riyolit tüflerden oluşan birim Foça tüfü olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.13.). Adını geniş yüzeylenmelere sunduğu ve tip lokalitesini oluşturduğu eski Foça ilçesinden almıştır. Eski Foça, Yeni Foça, Çandarlı, Aliağa'da çok geniş alanlar kaplar. Ayrıca Güzelhisar Köyü, Balaban Deresi vadisi boyunca gözlenir. Birimi oluşturan egemen kayaç türü çoğunlukla gölsel ortamda çökelmiş riyolitik tüf – tüfitlerdir. Foça tüfü, Samurlu volkanitlerini ani bir dokanakla üzerler. Foça tüfü geniş alanlarda ise Dumanlıdağ grubu volkanitlerine ait bu tüf ve aglomeralarla örtülmektedir. Foça tüfünün orta Miyosen yaşlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.13. Güzelhisar köyü civarında gözlenen Foça tüfleri (bakış güneybatıdan kuzeydoğuya)

Hasanlar Volkanitleri: Az oranda volkanik çakıltaşı, volkanik blok, lav breşi, tüf, merceksel kireçtaşı ve egemen olarak bazaltik ve piroksen andezitik lav ile aglomera ve tüflerden oluşmuştur. Hasanlar volkanitlerinin tip lokalitesi Eski Hasanlar ve İğdere Köyleri civarıdır. Ayrıca Hasanlar, Gerece, Bozalan Köyü batısı, Çiçekçam Tepe, Turgutlar Köyü arasında geniş mostralar verir. Menemen-Manisa yolu üzerinde Işık Tepede, Çardak Tepede, Koyundere Köyü güneyi, Karacaağıl Tepede yaygın olarak rastlanır (Şekil 3.14.). Birimin Eski Hasanlar Köyü çevresinde hesaplanmış kalınlığı 110m.' Den fazladır. Mostra verdiği birçok alanda lav-tüf ve aglomeralar birbirlerine yanal ve düşey geçiş gösterirler. Erken – Orta Miyosen yaş düşünülmektedir.

Balaban Tepe Volkanitleri: Siyah, zaman zaman koyu yeşil renkli güneş yanığı görünümündeki lekeleri ile çok belirgin bazik lavlar Balaban Tepe volkanitlerini oluşturur. Burak Tepe, Mula Tepe, Hacılar Köyü, Karasivri Tepe ve Balaban Tepelerde, Hayırsızada, Orakada, İncir ada, İsmetpaşa Mahallesi, Foça şehir merkezi güneyi, Yassı Tepe, Kaya Tepe civarında geniş yayılım gösterirler. Balaban Tepe civarındaki kayaçlar Olivin, bazalt olarak tanımlanmıştır. Ancak değişik yerlerden alınan örnekler andezit, latit, kuvars andezit, bazalt olarakta tanımlanmaktadır. Bazalt lavların altına her yerde Foça tüfü gelmektedir. Birimin yaşı Orta Miyosendir.



Şekil 3.14. Koyundere köyü civarında gözlenen Hasanlar volkanitleri

Haykıran Volkanitleri: Pembe, kırmızı, kiremit renkli, yer yer beyaz, akma yapılı riyolitik lav ve tüf, ignimbirit, obsidiyen ve perlitten oluşan birim Haykıran volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Haykıran köyünün yanı sıra eski ve yeni Hasanlar Köyü kuzeybatısı boyunca Küçükyellice, Sivilcekayası Tepe ve Domuzkaya Tepelerde, Görece Köyü civarında mostra verir (Şekil 3.15.). Riyolitler bol çatlaklıdır. İgnimbiritler fazla yayılıma sahip değildir. Birim mostra verdiği alanlarda Hasanlar volkanitlerini üzerler konumdadır. Riyolitler Dumanlıdağ grubu volkanitlerine ait lav tüf ve aglomeralarca örtülürler. Stratigrafik konumu gereğince Orta-Miyosen yaşlı olmalıdır.

Sancaklı Volkanitleri: Gri, beyaz, açık yeşil, iri fenokristalli, makro görülebilen kuvars taneli, dasitik, andezitik, kuvars andezitik, latit andezitik lavlar Sancaklı volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Birim yaygın olarak Sancak Köyü kale arkası ve çevresinde, Ada Tepe, Kızbaşı Tepe, Bayraklı Tepe, Kocakaya Sırtı ve Yamalı Ova vadisi, Taşbaşı Tepede yüzeylenir. Birim andezit, dasit ve latit andezitlerden oluşmaktadır. Bornova Karmaşığı ve Altıntepe Volkanitlerini üzerlerler. Bu volkanizmanın birçok dokanağı faylıdır. Sancaklı volkanitlerinin üst kısımlarında ise Dumanlıdağ grubu volkanitlerinin andezit, tüf, aglomera ve lavlarına rastlanır. Sancaklı volkanitleri Orta Miyosende oluşmuştur.

Kırkayak Volkanitleri: Beyaz renkli, altere bir hamur içerisinde küçük ve bol miktarda kuvars taneleri ile belirgin, zaman zaman perlitimsi görünümde, riyolit, riyodasit ve daha az oranda dasit bileşim aralığında değişen lavlar Kıkayalık volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Volkanizmanın çıkış merkezi Kırkayalık tepe olup, Dededağ, Üç tepeler, Kuçu Tepeleri ve ayrıca Eğridere Köyü ile Yamanlar Köyü batısı ana yol üzerinde yayılımı gözlenmektedir. Birim Dumanlıdağ grubu volkanitlerinin bu tüf ve aglomeraları üzerler. Birim Kırayalık tepe civarında 70 m'nin üzerinde görünür kalınlığa sahiptir. Orta Miyosen yaşlıdır.



Şekil 3.15. Görece köyün güneydoğusundaki Haykıran volkanitleri (bakış güneydoğudan kuzeybatıya)

Dumanlıdağ Grubu Volkanitleri: Çalışma alanında çok geniş alanlar kaplayan bazalt, bazaltik andezit, piroksen andezit, andezit ve az oranda kuvars andezit-dasit bileşim aralığında değişen lavlarla, bunların tüf, aglomera, breş ve dayklarından oluşan birim Dumanlıdağ Grubu Volkanitleri adı altında toplanmıştır. Kendinden önceki bütün birimleri örterek, örtü volkanitleri konumunda olan birim, bölgedeki en büyük volkanik faliyeti oluşturur. Volkanizma petrografik ve kimyasal farklılıklarından dolayı beş ayrı birim olarak tanımlanmıştır.

1.Akçaköy Tüfü

2.Rahmanlar Aglomerası

3.Hatundere Volkanitleri

4.Boz Volkanitleri

5.Kara Volkanitler

6.Çukurköy Volkanitleri

1. Akçaköy Tüfü: Beyaz, gri, boz renkli içerisinde serbest volkanik çakıllar ve parçaların gözlendiği tüflere bu isim verilmiştir. Tüflerin içindeki çakılların çoğunluğu andezitlerden oluşmaktadır. Birim Akçaköy, Hatipler Köyü kuzeyi, İlyascılar, Davutlar köyleri, Çoraklar, Çaltı Dere, Karakuyu damları köyleri civarında gözlenir. Birimin tip kaya türü yer yer tabakalı, beyaz – açık sarı, gri renkli andezit çakıllı tüflerdir. Bunlar arasında zaman zaman aglomeratik düzeylerinde oluştuğu gözlenmektedir. Yanal ve düşey yönde aglomeralara geçiş gösterirler.

2. Rahmanlar Aglomerası: İçerisinde bazalt, bazaltik andezit, andezit ve yer yer dasitik çakıl ve bloklarının gözlendiği, çok geniş alanlar kaplayan aglomeralar Rahmanlar aglomeraları olarak tanımlanmıştır. Gediz Nehri güneyinde Büyük – küçük Çiğli, Doğançay, Yamanlar, Emiralem, Çamiçi, Uzunburun, Çaltıköy, Doğanköy, Çukurköy, Dumanlıdağ, Kışlaköy, siyekli, Kalabak, Yuntdağ, İzmir kuzeyi, Bornova ve Çandarlı civarında, Üçpınar, Davutlar, Pelitalan, Sakallı, Hatipler, Şatırlar köyleri ve civar köylerinde çok geniş mostralar verirler. Birimin alt dokanağında ise yine geçişli olarak Akçaköy Tüfü, Üst dokanağında ise yine geçişli olarak Çukurköy volkanitlerinin andezitik lavları gözlenir. Çalışma alanının birçok yerinde ise Foça tüfü ve Soma grubuna ait çökelleri üzerlemektedir.

3. Hatundere volkanitleri: Doğaköy-Yanık köy civarında yeşil renkli, tabakalı ve altere olarak gözlenen lavlar ile Hatundere köyü civarında gözlenen siyah masif sert lavlar Hatundere volkaniti olarak adlandırılmıştır. Genel olarak andezit, bazaltik andezit, piroksen andezit, hornblend andezit, andezit ve altere andezit bileşim aralığında yer alan bir volkanizmadır. Birimin alt dokanağında tüf ve aglomeralar gözlenir. Zaman zaman bunlarla yanal geçişlidir. Üst dokanağında ise yer yer Bozdivlit volkanitleri yer yer ise Çukurköy volkanitleri gelir.

4. Bozdivlit volkanitleri: Siyah-gri renkli, çıkış merkezinde soğuma sutunlu bazaltik andezit bileşimli lavlar Bozdivlit volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Bozdivlit dağları lavların ana çıkış merkezlerinden biridir. Lavlar KD-GB gidişli tektonik hatlara bağımlılık gösterir. Lavlar ayrıca Çıtakköyü, Gökkuyu Tepe, Akçaliman Tepe, Hatundere Köyü kuzey kesimlerinde yayılım gösterir. Oldukça sert masif bir görünümündedir. Lavların kalınlığının 125–150 m Dolayında olduğu tahmin edilmektedir.

5. Karadevlit volkanitleri: Siyah-kahve renkli, gri renkli, zaman zaman bandlı ve tabakalı görünümlü, bazı yerlerde iri fenokristalli bazı yerlerde makro olarak hiç fenokristal gözlenmeyen lavlar Karadevlit volkanitleri olarak tanımlanmıştır. Birime ismi çok belirgin çıkış merkezinden biri olan Karadevlit dağından verilmiştir. Çoğunlukla piroksen andezit olarak tanımlanmıştır. Piroksen andezitler Dumanlıdağ grubu volkanitlerinin diğer lav türlerinde olduğu gibi tüf – aglomeralarla geçişlidir. Üst dokanakta ise Çukurköy volkanitlerinin andezitik lavları gözlenir.

6. Çukurköy volkanitleri: Gri, siyah, kahve renkli çoğu zaman iri fenokristalli andezitik lavlar Çukurköy volkanitleri olarak tanımlanmıştır. Lavlar çok geniş bir alanda yayılım göstermekte olup piroksen andezit, latit andezit, hatta bazaltik andezitler olarakta tanımlanmıştır (Şekil 3.16.). Çukurköy andezitlerinin makro olarak en belirgin özelliklerinden biri iri fenokristalli (feldispat) oluşudur. Ayrıca çoğu örneklerde amfibol ve piroksenleri gözle ayırt etmek mümkündür. Çukurköy volkanitleri ve daha genel olarak Dumanlıdağ grubu volkanitleri kendisinden önceki bütün birimleri örten örtü volkanikleri şeklindedir. Birimin üst sınırında ise ana yükseltilerin dışında kenarların faylarla çöktüğü ve topoğrafyanın alçaldığı kesimlerde egemen kaya türü gölsel kireçtaşlarının oluşturduğu çökeller gözlenir (Aliağa formasyonu). Dokanak uyumsuzdur.



Şekil 3.16. Faylanmaya maruz kalmış Çukurköy volkanitleri (bakış kuzeyden güneye)

Aliağa Formasyonu: Alttan üste doğru sırasıyla çakıltaşı-kumtaşı, kiltaşı-tüf-tüfit ve piroklastik kayaçlar; gölsel kireçtaşı; bu kireçtaşları içerisinde ara seviyeli bazaltik lavlar ile kiltaşı çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşan birim Aliağa formasyonu olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.17.). Birim özellikle Dumanlıdağ volkanit yükseltisinin doğu ve batı kesiminde kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı koridorlar oluşturacak şekilde çökelmiştir. Menemen şehir merkezinde, Değirmen Tepede, Ulucak Köyü civarında, Kalemli Belenyenice Köyleri civarında, Üçpınarlar, Çamköy, Tekeliler, Çınarkuyu, Karayenice Köyleri civarında geniş yayılım sunarlar.

Çakıltaşı-kumtaşı birimi: Bloklu çakıltaşı ara düzeyli, çoğu yerde pekişmemiş kumtaşlarının simgelendiği akarsu çökellerinden oluşur. Dumanlıdağ volkanitlerinin üzerine uyumsuz olarak gelirler.

Tüf-tüfit birimi; Sarı-beyaz-yeşil renkli tüf-tüfit, piroklastikler ve yer yer bunlarla ara seviyeli kiltaşlarından oluşur.



Şekil 3.17. Menemen ilçe merkezinin kuzeyinde Aliağa formasyonuna ait kiltaşı-tüf-tüfit ve gölsel kireçtaşlarında gelişen kıvrımlı yapılar (bakış kuzeyden güneye)

Kireçtaşı birimi; yer yer tüf arakatkılı, kiltaşı-silttaşı ara düzeyli, zaman zaman çörtlü, beyaz sarı renkli gölsel kireçtaşlarından oluşur. Kireçtaşları orta-iyi derecede pekişmiş ince ile kalın arası düzgün katmanlıdır. Bozköyde kireçtaşları ile ara düzey oluşturacak şekilde eş zamanlı az miktarda bazik tüf ve bazaltik lavlar gözlenmekte olup bu bazaltlara Ilıpınar volkanitleri denmiştir. Ilıpınar volkanitleri çok ince bir tüf seviyesi üzerinde siyah renkli, sert yapılı, kırmızı kahve alterasyon rengidir.

Kumtaşı-çakıltaşı birimi; ağırlıklı olarak kiltaşı, çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşur. Sarı-kahve yeşilimsi renktedir. Hemen kireçtaşı biriminin üzerinde çökelmiş zaman zamanda onlarla geçişlidir. Temel kayaları ve Dumanlıdağ grubu volkanitlerini uyumsuz olarak üzerlemektedir. Formasyon akarsu ve göl çökellerinin tipik kaya türlerinden oluşur. Birim bölgedeki önemli bir yükseltiyi oluşturan kuzeydoğu-güneybatı gidişli Dumanlıdağ grubu volkanitlerinin temel

eşiklerinde çökelmiştir. Yükseltinin batısında Dikili, Çandarlı, Aliağa, Foça Menemen yönünde Ege Denizine eğimli olarak gözlenir.

Kuvaterner: Çalışma alanında Kuvaternerin yalnızca son evresine (Holosen) ilişkin birimler yüzeylenmektedir. En belilgin morfolojik dolgu birimi Gediz Nehri deltasıdır. Bunun dışında iki küçük delta Çandarlı Körfezi'ne kuzeyden ve güneydoğudan açılır. İzmir Körfezinin doğu kesimindeki fluviyal ovadaki küçük akarsular körfeze girişte delta oluşturamamışlardır. Kumsallar, dar şeritler halinde körfez içlerinde ve deltaların terk edilmiş kesimlerinde gelişmişlerdir. İnceleme alanı içinde Gediz Nehri havzasının Menemen boğazı doğusunda kalan bölümünün en batı parçası da yer almaktadır (Şekil 3.18.).



Şekil 3.18. Maltepe köyünden Gediz nehrine bakış (kuzeybatıdan güneydoğuya bakış)

Alüvyon yelpazesi çökelleri (Qay):

Çandarlı Körfezi'nin kuzeyindeki fluviyal boğazının kuzeyindeki Bakırçay Vadisi'nin batı ve doğusunda, Aliağa'nın güney-doğusundaki Çıtak Köyü civarında, Dumanlıdağ batısında Menemen güneydoğusunda, Çiğli kuzeyinde, Bornova

dolayında İzmir doğu kesimindeki Işıkkent çevresinde, Manisa güneyi ve batısında ve Muradiye güneyi ve kuzeyinde gelişmiş olan alüvyon yelpazeleri genellikle kötü ve çok kötü boylanmalı, çakıl/blok egemen ve hemen tümüyle volkanik ve piroklastiklerden türemiş gereçten oluşmuştur.

Yelpaze deltası çökelleri (Qyd):

Bakıçay Nehri deltası doğusunda ve İzmir Körfezin'de Karşıyaka, İnciraltı ve Alsancak'ta gelişmiş olan yelpaze deltalarının çökel nitelikleri alüvyon yelpazelerininkiyle benzerdir. Bunların açıldığı kıyı kesimlerinde, doğal kıyının korunduğu yerlerde dalga süreçlerinin etkisiyle yeniden-işlenme, morfoloji, yapı ve dolgusu izlenebilmekte ve yer yer bataklık ve kumsal gelişimleri görülmektedir.

İkicil Akarsu / Yankol Çökelleri (Qaly):

Bölgede derin yarılmış dar vadilerin taban dolguları genellikle kaba taneli örgülü akarsu çökelleri ile karakterize olur. Bunlar orta-kötü boylanmış çakıllar ve yerel kaba kum merceklerinden oluşur.

Akarsu Kanalı Çökelleri (Qa):

Çandarlı doğu ve kuzeydoğusundaki Bakırçay, Aliağa kuzeyindeki Güzelhisar Çayı ve Menemen Boğazının her iki tarafında Gediz Nehri'nin kanallarının yanal göçü ile biçimlenmiş kumlu alanları oluştururlar. Akarsu kanalı çökelleri az çakıllı siltli kumlardır ve menderesli tipte akarsulara aittir. Gediz Nehri boyunca ve deltası üzerinde en geniş alanları kaplarlar

Taşkın Ovası Çökelleri (Qt):

En yaygın olarak Gediz Nehri deltası üzerinde ve Menemen Boğazı doğusunda, Manisa kuzeyinde Gediz Nehri boyunca izlenen taşkın ovası alanlarının çökelleri, ince kum arakatkılı siltlerden oluşur. Bu çökeller bol mika kırıntısı içerikleriyle karakteristiktir (Şekil 3.19.).



Şekil 3.19. Menemen ilçe merkezinin doğusunda gözlenen taşkın ovası (bakış batıdan doğuya)

Bataklık / Lagün Çökelleri (Qb):

Yerel olarak akarsu çevresi taşkın alanlarında gelişmiş olan bataklık alanları, asıl olarak eski lagün kalıntılarıdır. Bunların en eskisi Gediz Nehri deltası üzerindeki Taşlı Tepe'nin (Organize Deri Sanayi Bölgesi) doğusunda yer alır ve tümüyle kurutulmuştur. Yapay drenaj kanallarında ve kuzey kesiminde yapılan arkeolojik kazılarda gözlenebilen çökelleri, çok az ince kum katmanı içeren koyu renkli, iyi boylanmış ince-orta kumlardan meydana gelmektedir.

3.1.6. Yapısal jeoloji

Yapısal Jeoloji konusu; çizgisellik analizi, faylar, kıvrımlar ve diskordanslar olmak üzere 4 alt başlık halinde incelenmiştir. Çalışma alanı Menderes Masifinin kuzeyinde, İzmir-Ankara kenet kuşağının kuzey-kuzeybatısında yer alır. Bu alanı kuzeyden Sakarya kıtasına ait kayaçlar, doğu-güneydoğudan Menderes Masifi, batı-güneybatıdan Karaburun kuşağına ait kayaç grupları çevreler. Bölge yine kuzeyden Bergama, güney-güneydoğudan ise Gediz grabeni ile çevrelenmiştir. Bölgesel jeoloji

açısından çalışma alanını da içinde bulunduran bölge Ege graben sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemi oluşturan ana faylar genellikle Doğu Batı yönelimli normal faylar olup, kuvvet sistemi Kuzey Güney yönlü çekme kuvvetleri olarak tanımlanmaktadır.

3.1.6.1 Çizgisellik analizi

İnceleme alanına ait Spot birleştirilmiş uydu görüntüsünden çizgisellik analizi yapılmıştır (Şekil 3.20.). Öncelikle Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak mevcut 1/25000 ölçekli raster topoğrafik haritalardan su kaynakları işaretlenmiştir. Bilindiği gibi su kaynakları genellikle tektonik hatlar çevresinde yoğunlaşmaktadır. Elde edilen su kaynakları uydu görüntüsüyle çakıştırılarak çizgiselliklerin belirlenmesine destek olarak kullanılmıştır. Renk farkı, düzensizlik gibi faktörlerin belirlenerek oluşturulan çizgisellik haritasına bakıldığında çalışma alanımızın sınırları dışında kuzey bölgeler ile İzmir kent merkezinin güney alanlarında çizgiselliklerin yoğun olduğu buna karşın çalışma alanımız içinde özellikle Menemen ilçe merkezinin doğu ve kuzeydoğusunda bir yoğunlaşmanın olduğu saptanmıştır.

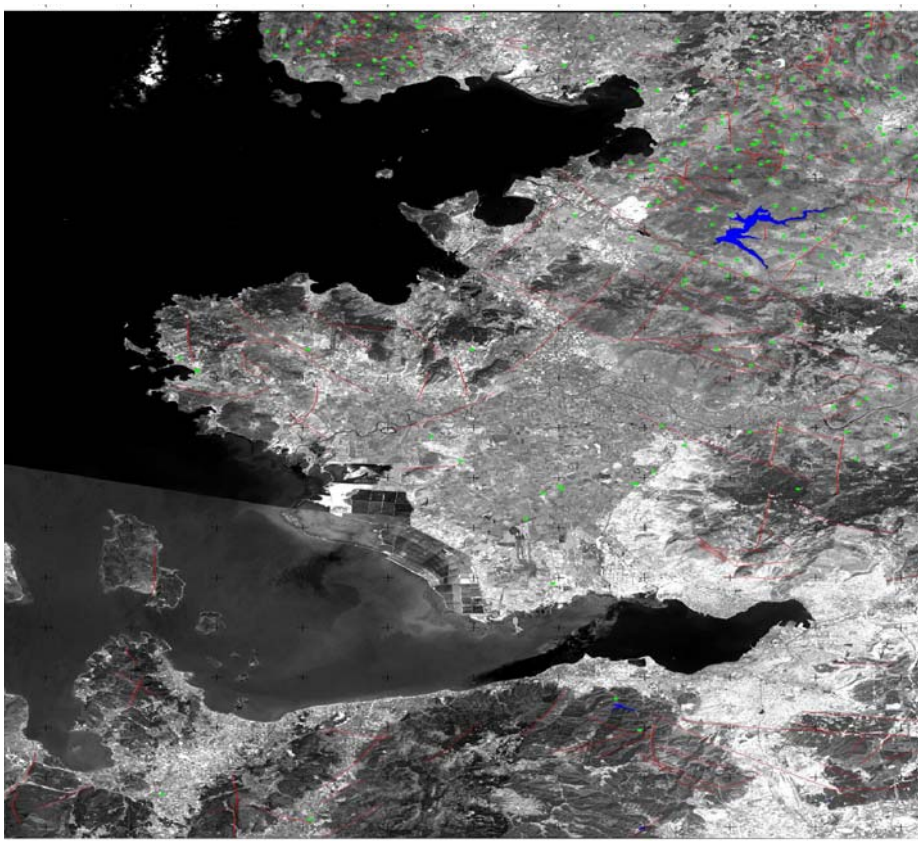
Uydu görüntüsünden elde edilen çizgiselliklerin çalışma alanımız için dağılımına bakıldığında; çizgiselliklerin genellikle Kuzeybatı Güneydoğu yönelimli oldukları bunları kesen diğer çizgiselliklerinde Kuzey-Kuzeydoğu Güney-Güneybatı yönelimli oldukları saptanmıştır. Bölgesel jeoloji açısından Ege graben sistemini oluşturan Doğu Batı yönlü ana faylar dikkate alındığında bu çizgisellik sistemlerinin Ege graben sistemini oluşturan ana kuvvetlerden farklı daha genç oluşumlar olduğu düşünülmektedir.

3.1.6.2. Faylar

Bölgede ana tektonik hatları kuzeydoğu-güneybatı ve güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu yönlü faylar oluşmuştur. Çalışma alanını ikiye bölen Gediz Nehri'de bu KD-GB yönlü fayların kontrolü altında akmaktadır. Tektonizmanın yoğun olduğu bölgeler aynı zamanda volkanizmanında çeşitlendiği yerlerdir. Ağırlıklı olarak uzay

fotoğraflarından olmak üzere, hava fotoğrafları, arazi gözlemleri ve yapılan jeolojik haritaların değerlendirilmesinde bazı büyük hatların olduğu ve volkanizmanın bu hatlara uygun faaliyet gösterdiği gözlenmiştir. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda; özellikle Menemen ilçe merkezinin doğu ve kuzeyinde volkanik kayaçlarda tektonizma etkisi ile bol kırıklı, çatlıklı yapıların gözlendiği yer yer faylanmanın genç birimleri de etkilediği aktif bir tektonizmanın varlığını gösterdiği düşünülmektedir (Şekil 3.21.)

Aynı zamanda çalışma alanı içinde önemli sayılabilecek ve arazi gözlemleri sonucunda da topoğrafik özelliklerinden saptanan Belen Köyünden başlayarak Yanıkköy üzerinden Türkeli köyünün kuzeybatısına uzanan normal bileşenli bir fayda saptanmıştır. Bu fayın gerek uydu görüntüsünden gerekse topoğrafik özelliklerinden çalışma alanındaki ovanın kuzeydoğu sınırlarını oluşturduğu söylenebilir. Çalışma alanı içindeki uzunluğunun yaklaşık 12 km. olduğu saptanmıştır (Şekil 3.21.). Menemen Fay Zonu olarak adlandırılan (Emre vd., 2005) bu sistem çalışma alanı içindeki en önemli tektonik yapıdır.



Şekil 3.20. İnceleme alanı ve çevresinin çizgisellik haritası



Şekil 3.21. Menemen ilçe merkezinin doğu ve kuzeyinde gözlenen yerel ölçekteki faylanmalar



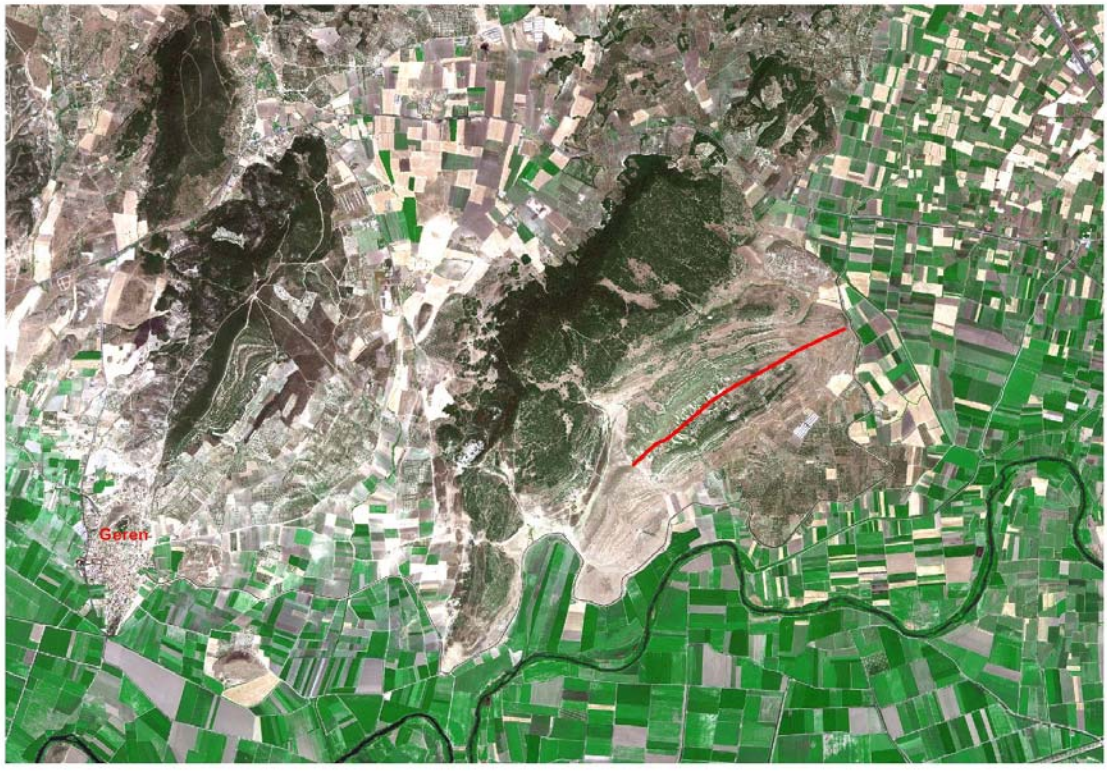
Şekil 3.22. Yanıkköyün kuzeyinde gözlenen fay morfolojisi (bakış güneydoğu-kuzeybatı)

3.1.6.3. Kıvrımlar

İnceleme alanı içinde en belirgin kıvrım çalışma alanının kuzeyinde Geren köyünün 4 km. doğusunda, Gediz nehrinin 1.5 km. kuzeyinde bulunan Kartaltepe Yapalak sırtları arasında yüzeylenen killi kireçtaşlarında gözlenen kıvrımdır. Kıvrım ekseninin doğrultusu yaklaşık K50E olup uzunluğu 1.5 km. olarak saptanmıştır (Şekil 3.23.). Ayrıca Menemen ilçe merkezinin doğusu ve kuzeyinde yer alan volkanitler içinde tektonizma etkisiyle yer yer kıvrımlara da rastlanmaktadır.

3.1.6.4. Diskordanslar

Çalışma alanı içerisinde en belirgin diskordans geç Oligo-Erken Miyosen tabanında gözlenmektedir. Erken Miyosen kayaçları belirgin bir açısal diskordansla kendinden önceki bütün birimleri üzerlemektedir. İkinci bir diskordans yüzeyi ise orta Miyosen'de olup Aliağa formasyonuna ait kayaçlar diskordansla diğer birimler üzerine oturmaktadır.



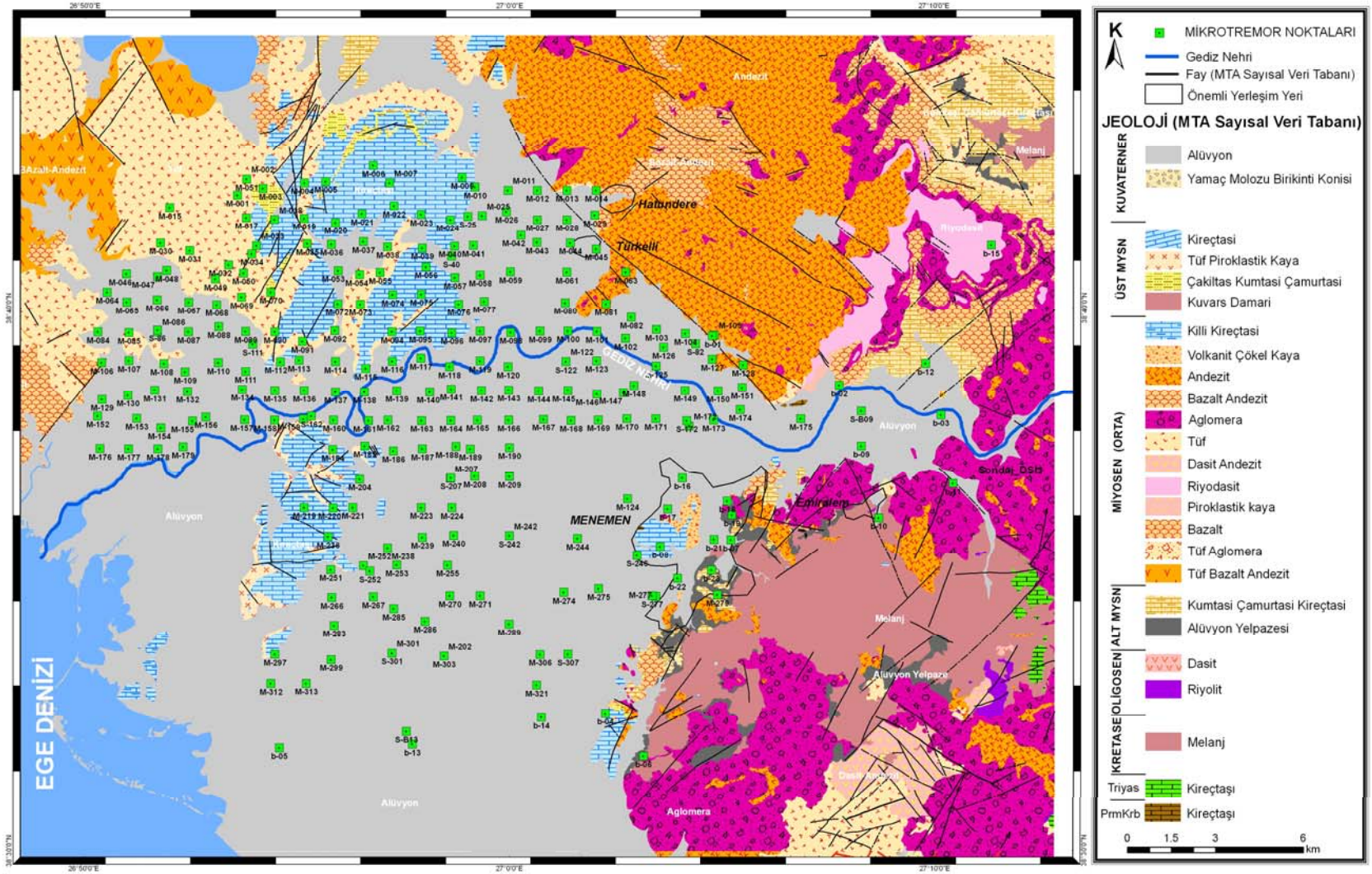
Şekil 3.23. Çalışma alanında gözlenen kıvrımlar

3.2. Menemen İlçesinde Mikrotremor Ölçümlerinin Alınması

Çalışma yapılacak bölgede verimli bir çalışma ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için; temin edilen 1/25000 ölçekli MTA'nın sayısal Jeoloji haritası kullanılarak temel jeolojik birimleri temsil edebilecek ölçüm noktaları belirlenmiştir. Özellikle yapılaşma ve yerleşimin yoğun olduğu yerlerde ölçüm noktaları sayısı arttırılmıştır. Ofis ortamında belirlenen ölçüm noktaları'nın arazideki yerleri 1/25000'lik haritalar ve GPS aleti ile tespit edilmiştir. Mikrotremor ölçümü alınan 147 noktanın koordinatları ve çalışılan bölgenin jeoloji haritası üzerindeki yerleri CBS teknikleri kullanılarak Şekil 3.24.'de gösterilmiştir. Bu veriler "İzmir Metropolü İle Aliağa ve Menemen İlçelerinde Güvenli Yapı Tasarımı İçin Zeminin Sismik Davranışlarının Modellenmesi", 106G159 nolu proje kapsamında toplanmıştır.

Arazi ölçümlerinde SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitation) projesi önerilen ölçüm standartları, süreleri ve veri değerlendirme kriterleri kullanılmıştır (Anonymous, 2004). Çalışma sahasında kalın alüvyon çökellerin olması nedeniyle yüksek hâkim periyotlar beklendiğinden kayıt süresi 30 dakika olan veriler üç bileşende 0.01 saniye (100 Hz) örnekleme aralığı ile toplandı. SESAME projesi bulgularına göre bu kayıt süresine göre güvenli olarak elde edilebilecek minimum hâkim frekans değeri 0.5 Hz başka bir deyişle 2 sn olacaktır. Yine Çizelge 3.4.'de verilen diğer parametreler de verilerin toplanmasında göz önünde bulunduruldu.

Çalışmalarda CMG-40T modelinde üç bileşenli Hız tipi sismometre ve güç kaynağı olarak 12 voltluk bir akü kullanılmıştır (Şekil 3.25.). Bu sismometre SESAME projesi aletler çalıştay raporunda yapılan arazi ve laboratuar çalışmaları sonucu güvenli H/V oranının elde edilmesi için tavsiye edildiğinden seçilmiştir (Anonymous, 2002). Her bir ölçüm noktasında yerin üç bileşendeki titreşimlerinin parçacık hızları zamanın fonksiyonu olarak kaydedilmiştir. Sismometrelerin doğrultuları pusula kullanılarak ayarlanmış ve ölçüm noktasında yer ile açı yapmayacak şekilde düz olarak konumlandırılmıştır.



Şekil 3.24. Menemen merkez ilçesi ve çevresi jeoloji haritası (MTA) ve mikrotremor ölçü noktaları (147 adet)

Çizelge 3.4. Güvenli H/V elde etmek için parametreler ve tavsiyeler

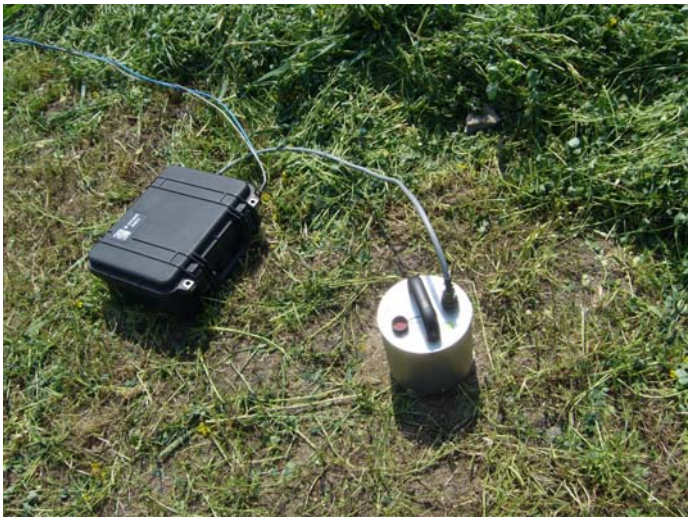
<table>
<tr><th>Parametre</th><th colspan="2">Tavsiyeler</th></tr>
<tr><td>Kayıt Süresi</td><td>Min. aranan hakim frekans fo (Hz)</td><td>Tavsiye edilen min.kayıt uzunluğu (dak)</td></tr>
<tr><td></td><td>0.2
0.5</td><td>30’
20’</td></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>10’</td></tr>
<tr><td></td><td>2
5</td><td>5’
3’</td></tr>
<tr><td></td><td>10</td><td>2’</td></tr>
<tr><td>Ölçüm aralığı</td><td colspan="2">✓ <u>Mikrozonlama:</u> Geniş aralıkla başla (500×500 m). Sonuçlarda yanal değişmeler varsa (250×250 m) de bir al.
✓ <u>Tek Mevki İncelmesi:</u> Hakim frekansı elde etmek için asla tek kayıt alma. En az 3 kayıt al.</td></tr>
<tr><td>Kayıt parametreleri</td><td colspan="2">✓ Sensörleri üreticisinin tavsiyeleri doğrultusunda düzeyle
✓ Kazançları sinyali satüre etmeyen maksimuma getir.</td></tr>
<tr><td>Zemin-Sensör birleşimi

Suni zemin-sensör birleşimi</td><td colspan="2">✓ Mümkün olan her yerde sensörü zemine koy.
✓ Sensörü yumuşak zeminlere koyma (çamur, sürülmüş zemin, uzun çimler), ya da yağmurda doymuş zeminler.
✓ Yumuşak materyalden levhalar kullanma
✓ Sensörün düzeçlenmesine imkân vermeyen dik eğimlerde kum dolu kapların içinde ölçü al.
✓ Kar ya da buzda, metalik ya da tahta bir levha üzerinde ölçü al. Erime dolayısıyla meydana gelecek olan düzeç bozulmalarından sakın.</td></tr>
<tr><td>Çok yakın yapılar

Hava koşulları</td><td colspan="2">✓ Rüzgârın 5m/sn daha hızlı estiği durumlarda binalar, ağaçlar vb. yanında ölçü almaktan sakın.
✓ Araba parkları, boru hatları, lağım kapakları vb. üzerinde ölçü almaktan sakın.
✓ <u>Rüzgâr:</u> 5m/sn den hızlı esen rüzgârda sensörleri koru.
✓ <u>Yağmur:</u> Ağır yağmurda ölçü alma.
✓ <u>Sıcaklık:</u> Sensör ve kayıtçının üreticisinin çalışma sıcaklığı talimatlarına uy.
✓ <u>Meterolojik bozukluk:</u> Düşük basınç altında yapılan ölçümleri not al.</td></tr>
<tr><td>Uyumsuzluklar</td><td colspan="2">✓ <u>Tekdüze kaynak:</u> İnşaat, endüstri makineleri, jeneratörler vb. yakınında ölçü almaktan sakın.
✓ <u>Süreksiz:</u> Geçici gürültülerin olduğu ortamlarda (araç, yaya ..) ölçü süresini artır.</td></tr>
</table>

Veriler kullanılan dizüstü bilgisayara aktarılarak saklanmıştır. Ölçümler sırasında aşırı gürültülü yerlerden (fabrika vb.) ve bina, ağaç, elektrik direği ve benzer yapıların yakınında ölçü alınmamaya çalışılmıştır. Zira bu ve benzeri yapıların titreşim hareketlerinin ölçümlere etkiyerek yanıltıcı sonuçlara yol açmasının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ölçümler açık arazide alındığı için aşırı rüzgârlı veya yağışlı havalarda ölçüm alınmamaya çalışılmıştır. Her ölçüm noktasında veri alım süresi,

aletin sisteminin kurulması, veri alınması ve sistemlerin tekrar toplanması yaklaşık yarım saat sürmektedir.



Şekil 3.25. Arazi çalışmalarında kullanılan GURALP CMG-40T model sismometre görünüşü

3.3. Mikrotremör Ölçümleri ve Değerlendirmeleri

Tek istasyon Mikrotremor yöntemi (H/V) ekonomik ve uygulamada hızlı bir teknik olması nedeniyle zemin büyütme ve hakim titreşim (rezonans) frekansı belirleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı noktada 3-bileşen sismometreler ile toplanan mikrotremor verilerinin yatay-düşey spektral oranı (H/V) analizi ile ölçüm alınan noktadaki zeminin 1-boyutlu yatay-düşey genlik oranı eğrileri frekansın fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Bu analiz ile elde edilen spektral oran eğrilerinin değerlendirilmesi ile zemin hâkim titreşim frekansı ve bu frekansa karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranı saptanmaktadır.

H/V oranının hesaplanmasında farklı işlem aşamaları Şekil 3.26.'da verilmiştir.

- Çevre gürültülerinin kayıt edilmesi
- Sakin (geçici gürültülerin olmadığı) kısımların seçilmesi
- Her bir zaman penceresinin FFT hesaplanması ve yuvarlatılması
- İki yatay bileşenin ortalamasının hesaplanması

- Her bir pencere için H/V oranlarının hesaplanması
- Tüm pencerelerden ortalama bir H/V oranı hesaplanması

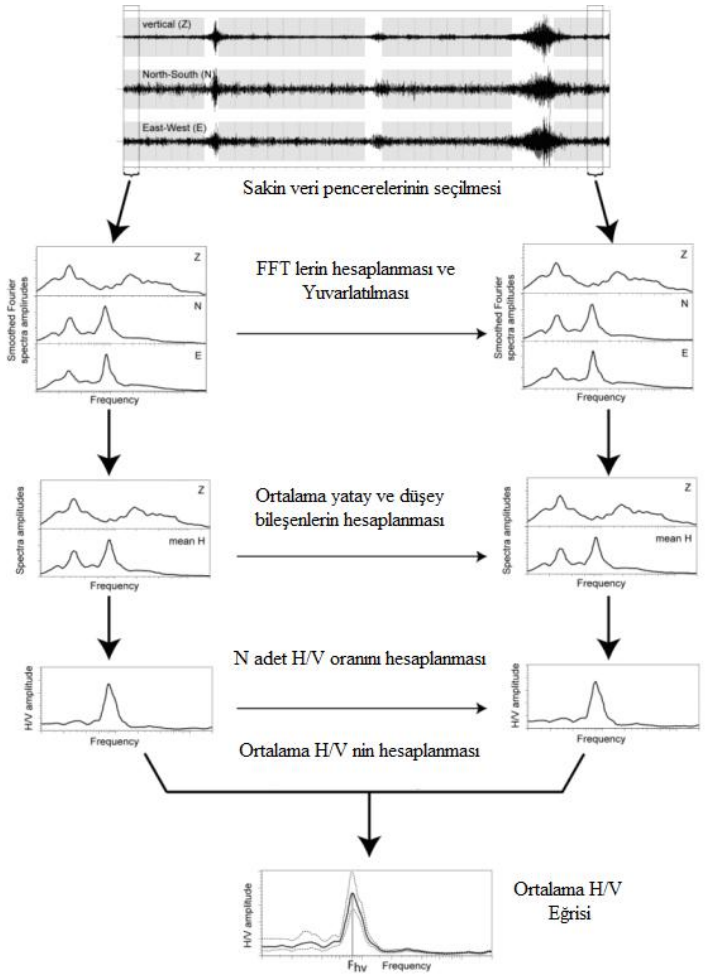
SESAME projesinde güvenilir bir H/V eğrisi için üç ana şart aşağıda sıralanmıştır.

- $fo > 10/Iw$ fo : H/V pik frekans; Iw : Pencere genişliği
- $n_c(fo) > 200$ $n_c = Iw.nw.fo$ n_c : Belirgin döngü sayısı

nw : Seçilen pencere sayısı

- $\sigma_A(f) < 2 \rightarrow 0.5 < f < 2fo \rightarrow fo > 0.5Hz$
  $\sigma_A(f) < 3 \rightarrow 0.5 < f < 2fo \rightarrow fo < 0.5Hz$ $\sigma_A(f)$: standart sapma

Analizde bu şartların sağlandığı veriler kullanılmıştır



Şekil 3.26. H/V oranının hesaplanmasında işlem aşamaları şematik gösterimi

Elde edilen verilerin işlenmesinde Avrupa'daki yerbilimciler tarafından, SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitation) adlı proje kapsamında, geliştirilmiş ve literatürde yaygın olarak kullanılan, GEOPSY (http://www.geopsy.org) adlı yazılım kullanılmıştır.

Mikrotremor ölçümlerinde verilerin gürültüsüz kısımlarının kullanılması tercih edilmekte geçici gürültülerin (yakın trafik, yayalar. Endüstiriyel v.b.) sakınılması gerekmektedir. Bu seçme işleminin manüel olarak yapılması tercih edilmekle birlikte, çok miktarda verinin olduğu durumlarda çok zaman kaybettirici bir işlemdir. Programın özelliklerinden biride verideki gürültüsüz kısımların seçiminin verilen parametreler doğrultusunda her üç bileşen için otomatik yapılabilmesidir.

Geopsy programında bu işlemi sismolojide geçici değişimlerin yakalanmasında kullanılan tetikleme işleminin tersine işletilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Tetikleme işlemi sismolojide gelen sinyalden kısa dönem ortalama (STA) ve uzun dönem ortalama (LTA) denen sinyallerin genliklerin ortalamalarının alınması ve bu genliklerinin birbirine oranlanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. STA/LTA oranı 3 ila 5 arasında ise bu sinyal olarak algılanmaktadır. GEOPSY programında ise mikrotremor verilerinden sakin kısımlar seçilmek istendiğinden bu oran max STA/LTA 1.5-2 arasında seçilerek işlem gerçekleştirilmektedir. GEOPSY programı bir pencereyi seçtikten sonra seçilen parametrelere uygun bitişik diğer pencereyi tüm sinyal bitene kadar otomatik aramaya devam etmektedir.

Verilerin analizinde kullanılan diğer önemli bir parametre ise seçilen pencere genişliğidir. SESAME projesinde güvenli bir zemin hâkim frekansı bulmak için bu değerin 10/f den büyük seçilmesi önerilmektedir. Burada f sahada beklenen H/V frekansıdır. Bu şekilde seçilen her pencerede ilgilenen frekansın en az 10 defa tekrar edilmesi sağlanmaktadır. Örnek verilecek olunursa eğer sahada 0.4 Hz'lik bir hâkim frekans bekleniyorsa seçilecek pencerelerin genişliği 10/0.4 yani en az 25 sn olmalıdır.

3.3.1. Süzgeç fonksiyonu

Bilindiği üzere ham spektrum birçok frekans bileşeni içermektedir. Bu sebeple birçok dar salınım ve spike içerir. Bunlar verinin okunmasını güçleştirir. Bu etkiler yanlış H/V oranları hesaplanmasına sebep olabilir. Bu sebeple H/V oranı hesaplanmadan önce Fourier spektrumları süzgeçlenir. Bu işlem şart olmamakla birlikte analizlerde kullanılması mutlaka önerilmektedir. Verilerin süzgeçlenmesi sırasında "Konno-Ohmachi" fonsiyonu kullanılmıştır (Anonymous, 2004).

$$W_B(f,f_c) = \frac{\sin\left((\log_{10}(\frac{f}{f_c}))^b\right)}{\left((\log_{10}(\frac{f}{f_c}))^b\right)^4} \qquad (3.1)$$

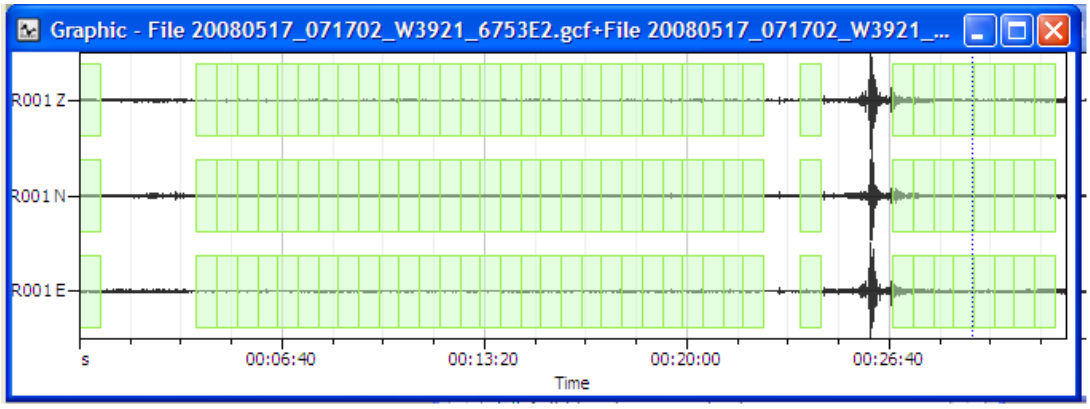
Burada f: frekans fc: süzgeçlemenin yapılacağı merkez frekans b: bant genişliği katsayısıdır.

3.3.2. Verilerin analizi

Ölçüm noktalarında alınan veriler, her ölçüm noktası bir istasyon sayılarak tüm istasyonlar birbirlerinden bağımsız olarak analiz edilmiştir. Veri sunumunda kullanılan kontur haritalarında, alınan ölçüm noktalarından belirgin pik veren 131 tanesi kullanılarak elde edilen fiziksel parametreler grafiklenmiştir.

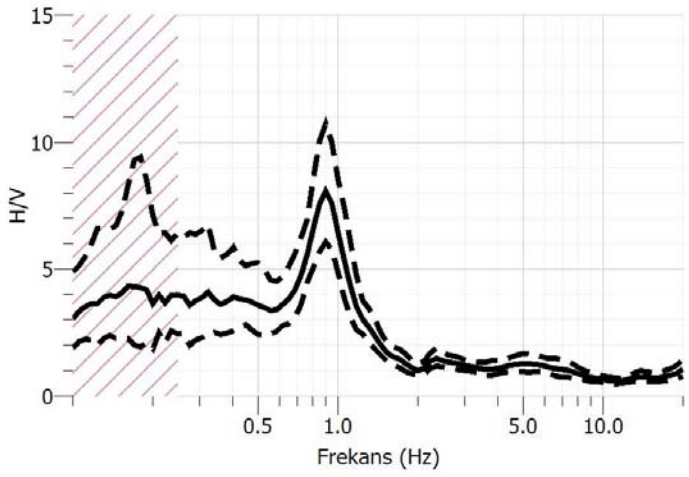
Yatay-düşey spektral oran eğrilerinin hesaplanması için, her bir bileşenden elde edilen veri 20 sn ile 50 sn arasında değişen uzunlukta pencerelenip, her bir pencereye ait verinin spektrumları 0.1–20 Hz frekans bandında hesaplanmıştır. Yatay-Düşey spektral oran eğrileri her bir pencere için hesaplanmış, hesaplanan eğrilerin ortalaması alınarak ölçüm noktasını temsil eden spektral oran eğrisi ve standart sapması belirlenmiştir. Geçici gürültülerin baskın olduğu zaman pencerelerinden hesaplanan spektral oran eğrileri, ortalama spektral eğri ve standart sapma hesaplama işleminin dışında bırakılmıştır. Bu işlem GEOPSY yazılımı içerisindeki yinelemeli otomatik ters tetikleme algoritması kullanılarak yapılmıştır. Bu analize örnek olarak,

82 nolu noktada alınan tremor kaydı ve kayıt üzerinde yapılan pencereleme işlemi Şekil 3.27.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.27. 82 noktasında 40 sn uzunlukta seçilen gürültüsüz kısımlar

82 noktasındaki mikrotremor kaydından Yatay-Düşey spektral oran yöntemi (H/V) ile elde edilen yatay-düşey spektral oran eğrileri her bir pencere için, yatay bileşenlerin ortalamalarının düşey bileşene oranı şeklinde Şekil 3.28'de verilmiştir. Yatay ve düşey bileşenlerin spektrumlarına bakılarak, spektrumda genliklerin hangi frekanslarda belirgin doruklar oluşturduğu saptanmıştır. Zemin hâkim frekans olarak, her ölçüm noktasında yatay/düşey genlik oranının en büyük olduğu frekans hâkim frekans olarak alınmıştır.



Şekil 3.28. 82 nolu ölçü noktası için elde edilen yatay-düşey spektral oran eğrileri (siyah eğri ortalamalarını, kesikli eğriler ise ortalama eğrinin standart sapmasını göstermektedir)

Çalışma sahasında gerçekleştirilmiş olan sondaj, MASW ve "Düşey Elektrik Sondaj" (DES) ölçümleri bilgileri kullanılarak temel kaya'nın derinlikleri saptanmıştır. Sondaj, MASW ve DES noktalarına en fazla 500 metre uzaklıkta yer alan mikrotremor ölçümleri CBS teknikleri ile tespit edilmiştir. MASW ölçümlerinde verilen temel kaya derinliği olarak Vp hızının 2000 m/sn ulaştığı (çimentolaşmanın başladığı) derinlik değeri alınmıştır. Bu mikrotremor noktalarından elde edilmiş olan zemin hâkim frekansları ile temel kaya derinlikleri Çizelge 3.5ç'de verilmektedir. Tüm noktalar için hesaplana spektrumlar EK-1'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Zemin hâkim frekansları ile temel kaya derinlikleri

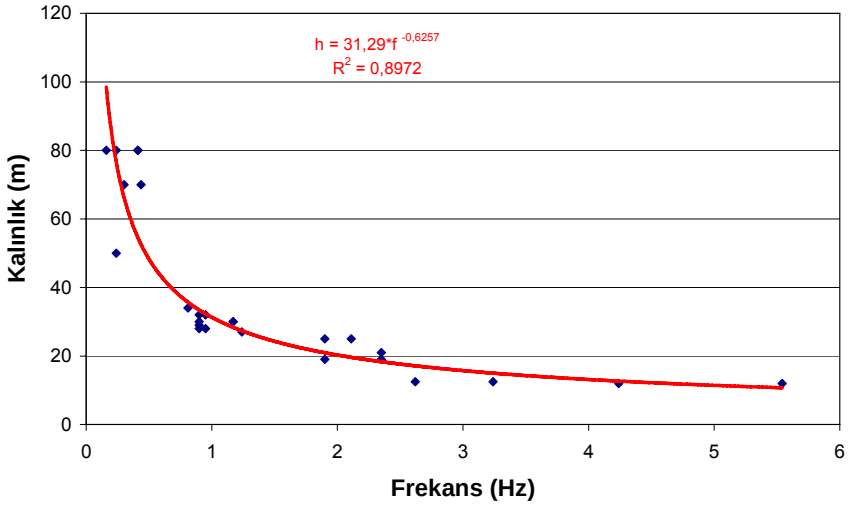
No	DERİNLİK REFERANS	FREKANS	DERİNLİK	MİKROTREMOR REFERANS
1	REZ-1-ULUYOL	0,95	28	MCR-172
2	REZ-1-ULUYOL	0,90	28	SS-172
3	MASW-172	0,95	32	SS-172
4	MASW-172	0,90	32	MCR-172
5	MASW-40	2,35	19	SS-40
6	MASW-80	1,24	27	MCR_80
7	MASW-82	0,90	29	MCR-82
8	SONDAJ-111	3,24	13	SS-111
9	SONDAJ-111	2,62	13	MCR-111
10	SONDAJ-162	1,90	19	MCR-158
11	SONDAJ-242	0,24	50	SPAC-242
12	SONDAJ-25	1,17	30	SS-25
13	SONDAJ-25	1,17	30	MCR-25
14	SONDAJ-277	2,11	25	SS-277
15	SONDAJ-277	1,9	25	MCR-277
16	SONDAJ-40	2,35	21	SS-40
17	SONDAJ-82	0,90	30	MCR-82
18	SONDAJ-86	5,54	12	MCR-86
19	SONDAJ-86	4,24	12	SS-86
20	SONDAJ-B09	0,81	34	B-09
21	SPAC-122	0,411	80	SPAC-122
22	SPAC-207	0,437	70	SPAC-207
23	SPAC-242	0,239	80	SPAC-242
24	SPAC-242	0,16	80	MCR-242
25	SPAC-301	0,301	70	SPAC-301
26	SPAC-307	0,411	80	SPAC-307

Ibs-Von Seht ve Wohlenberg (1999)'de Temel kayası üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı (h) ile Zemin hâkim frekansı (f) arasında 3.2'deki gibi bir bağıntı olduğunu gösterilmiştir. Burada a ve b enküçük kareler yöntemi (EKK)'dan elde edilen katsayılar.

$$h = a * f^{-b} \tag{3.2}$$

Çizelge 3.3.2.1'de yer alan zemin hâkim frekans-temel kaya derinliği değerleri grafiklenmiştir (Şekil 3.29.). Çizelge 3.3.2.1'deki zemin hâkim frekansı-temel kaya derinliği değerleri arasındaki ilişki, EKK yöntemi kullanılarak bağıntı 3.3' deki gibi hesaplanmıştır.

$$h = 31.29 * f^{-0.6257} \tag{3.3}$$



Şekil 3.29. Zemin hâkim frekans-temel kaya derinlik ilişkisi

Mikrotremor ölçüm noktalarına ait baskın frekans, periyod, yatay-düşey spektral oran ve 3.3 bağıntısından hesaplanan temel kaya derinliği değerleri Çizelge 3.6.'da görülmektedir. Örneğin b–04 noktasında elde edilmiş olan zemin hâkim frekans değeri (f=0.81) 3.6 bağıntısında yerine konursa temel kaya derinliği 36 metre bulunur.

Çizelge 3.6. Mikrotremor ölçüm noktalarına ait zemin hâkim frekans, periyot, yatay-düşey spektral oran ve temel kaya derinliği değerleri

No	NOKTA	BOYLAM	ENLEM	PERIYOD	FREKANS	BÜYÜTME	KALINLIK
1	b-04	503272	4265971	1.23	0.81	3.14	36
2	b-06	504576	4264522	0.15	6.86	3.09	10
3	b-07	507567	4271898	1.23	0.81	9.98	36
4	b-09	512004	4275102	1.23	0.81	2.05	36
5	b-13	496693	4264922	7.14	0.14	23.77	107
6	b-14	501096	4265841	6.67	0.15	15.83	102
7	b-17	505399	4272946	0.34	2.91	6.72	16
8	M-009	498391	4284246	0.34	2.91	4.46	16
9	M-010	498823	4283923	0.38	2.62	4.39	17
10	M-012	500958	4283812	0.43	2.35	2.17	19
11	M-014	502958	4283812	0.79	1.27	1.84	27
12	M-025	499069	4282944	0.85	1.17	3.80	29
13	M-027	500958	4282812	0.91	1.10	1.88	30
14	M-030	488101	4282023	0.76	1.31	3.35	27
15	M-031	489090	4281762	0.40	2.48	3.31	18
16	M-041	498765	4281937	1.45	0.69	4.82	40
17	M-043	500942	4282041	0.58	1.71	2.87	23
18	M-047	487988	4280886	0.22	4.47	5.46	12
19	M-048	488310	4281086	0.17	5.88	2.16	10
20	M-059	500038	4281045	0.77	1.30	2.97	27
21	M-061	501961	4281031	1.05	0.95	3.90	32
22	M-063	503969	4281032	0.27	3.70	1.49	14
23	M-065	486950	4280006	0.49	2.04	1.91	20
24	M-077	499142	4280036	1.32	0.76	3.45	37
25	M-080	501907	4279990	0.81	1.24	5.13	28
26	M-082	504157	4279493	1.11	0.90	8.06	34
27	M-086	487986	4279001	0.18	5.54	2.50	11
28	M-087	489045	4278998	0.45	2.22	4.23	19
29	M-094	495999	4278999	0.17	5.84	2.66	11
30	M-096	498033	4278970	2.22	0.45	2.80	52
31	M-097	498999	4279017	0.58	1.71	5.11	23
32	M-098	500049	4278979	1.61	0.62	2.79	42
33	M-099	501042	4279022	1.32	0.76	4.11	37
34	M-100	501997	4279027	1.45	0.69	3.42	40
35	M-101	502990	4279008	1.54	0.65	3.85	41
36	M-102	503966	4278780	1.54	0.65	4.68	41
37	M-103	505021	4279082	1.61	0.62	5.42	42
38	M-104	506003	4278940	1.00	1.00	4.69	31
39	M-105	506986	4278884	0.27	3.70	1.25	14
40	M-107	487012	4278020	0.58	1.71	7.88	23
41	M-109	488932	4277640	0.56	1.80	4.67	22
42	M-110	490070	4277955	0.50	2.00	6.18	20
43	M-111	491000	4277657	0.38	2.62	6.35	17
44	M-115	495102	4277755	0.32	3.13	2.05	15
45	M-117	496985	4278104	0.69	1.45	4.06	25
46	M-118	497958	4277812	0.26	3.81	5.47	14

Çizelge 3.6. (devam)

47	M-119	498999	4278007	1.00	1.00	4.91	31
48	M-120	499958	4277812	0.81	1.24	3.47	28
49	M-126	505257	4278475	1.39	0.72	5.13	39
50	M-129	486101	4276697	1.18	0.85	5.04	35
51	M-130	486981	4276842	1.11	0.90	5.21	34
52	M-131	487900	4277012	1.05	0.95	4.70	32
53	M-132	489018	4276972	1.00	1.00	4.04	31
54	M-134	490887	4277039	1.00	1.00	5.81	31
55	M-135	492000	4277000	0.90	1.11	5.63	29
56	M-136	493000	4277000	0.58	1.71	4.03	23
57	M-137	494066	4276953	0.65	1.53	3.03	24
58	M-139	496161	4276995	1.89	0.53	4.95	47
59	M-140	497282	4276958	2.00	0.50	4.63	48
60	M-141	498019	4277051	1.06	0.94	4.05	33
61	M-142	499050	4276999	1.23	0.81	5.16	36
62	M-143	499978	4277016	1.32	0.76	5.06	37
63	M-144	501004	4276988	3.57	0.28	2.77	69
64	M-145	501996	4277003	4.17	0.24	3.12	76
65	M-146	502986	4276886	5.00	0.20	3.36	85
66	M-147	503891	4276929	4.00	0.25	2.88	74
67	M-149	505997	4277005	2.38	0.42	3.73	54
68	M-150	507118	4276991	1.54	0.65	4.34	41
69	M-151	507940	4277106	1.05	0.95	4.85	32
70	M-152	485946	4276131	1.32	0.76	5.05	37
71	M-153	487282	4276049	1.72	0.58	3.74	44
72	M-154	488103	4275722	1.89	0.53	3.85	47
73	M-155	489190	4275956	2.78	0.36	3.62	59
74	M-156	489645	4276100	2.00	0.50	3.55	48
75	M-157	490960	4275999	3.23	0.31	7.70	65
76	M-158	491987	4275991	0.53	1.90	2.93	21
77	M-161	495191	4275967	0.85	1.17	7.06	29
78	M-163	497001	4275972	2.38	0.42	4.37	54
79	M-164	497998	4275974	1.89	0.53	4.17	47
80	M-165	498913	4275995	1.32	0.76	4.00	37
81	M-166	499973	4275988	2.78	0.36	9.00	59
82	M-167	501165	4276018	5.00	0.20	2.76	85
83	M-168	502106	4275979	5.00	0.20	4.17	85
84	M-169	503030	4275997	4.76	0.21	2.96	83
85	M-170	504006	4276036	1.54	0.65	4.03	41
86	M-171	504993	4276038	1.39	0.72	4.10	39
87	M-172	506136	4275787	1.11	0.90	4.10	34
88	M-173	506964	4275990	1.18	0.85	4.13	35
89	M-175	509945	4276038	0.85	1.17	3.96	29
90	M-176	486028	4275015	1.82	0.55	4.28	46
91	M-177	487001	4275000	1.89	0.53	4.11	47
92	M-178	488000	4275003	2.13	0.47	3.80	50
93	M-179	488867	4275075	1.32	0.76	3.38	37
94	M-184	493971	4274977	0.90	1.11	2.11	29
95	M-186	496036	4274933	1.39	0.72	4.43	39

Çizelge 3.6. (devam)

96	M-187	497026	4275002	2.78	0.36	3.57	59
97	M-188	498173	4275081	2.22	0.45	4.84	52
98	M-189	498662	4274995	2.78	0.36	8.12	59
99	M-190	500006	4275041	2.50	0.40	3.28	56
100	M-207	497975	4273992	1.11	0.90	2.66	34
101	M-208	498816	4274062	2.38	0.42	7.03	54
102	M-209	499996	4274049	1.00	1.00	2.96	31
103	M-219	492999	4272998	1.86	0.65	1.83	41
104	M-220	493989	4272986	0.90	1.11	2.89	29
105	M-221	494654	4272998	0.50	2.00	5.70	20
106	M-238	495843	4271625	1.11	0.90	3.95	34
107	M-240	498097	4272058	3.57	0.28	7.01	69
108	M-242	500001	4272039	6.25	0.16	7.35	98
109	M-251	493898	4270883	0.58	1.71	4.31	23
110	M-252	495017	4271019	0.58	1.71	3.78	23
111	M-253	496159	4271040	0.85	1.17	3.90	29
112	M-255	497888	4271035	1.72	0.58	3.65	44
113	M-266	493943	4269935	1.32	0.76	5.85	37
114	M-285	496052	4269555	3.13	0.32	3.88	64
115	M-286	497119	4269131	1.23	0.30	5.00	66
116	M-289	499986	4269031	4.55	0.22	3.89	81
117	M-301	495994	4268038	3.00	0.29	2.42	68
118	M-321	500933	4266943	4.17	0.24	4.39	76
119	M-162	495858	4275994	1.11	0.90	4.71	34
120	SPAC-122	501754	4277984	2.44	0.41	4.04	55
121	SPAC-242	500130	4271920	4.17	0.24	3.12	76
122	SPAC-301	495250	4268356	3.32	0.30	4.56	66
123	SPAC-307	502244	4268036	2.44	0.41	4.66	55
124	SS-111	491240	4278576	0.31	3.24	5.29	15
125	SS-172	506056	4275968	1.05	0.95	4.71	32
126	SS-25	498584	4282923	0.85	1.17	3.60	29
127	SS-277	504868	4269998	0.47	2.11	4.32	20
128	SS-40	498021	4281578	0.43	2.35	3.13	19
129	SS-82	506357	4278598	0.72	1.38	5.33	26
130	SS-86	487991	4279059	0.24	4.24	4.96	13
131	SS-B09	512015	4276303	0.45	2.23	2.48	19

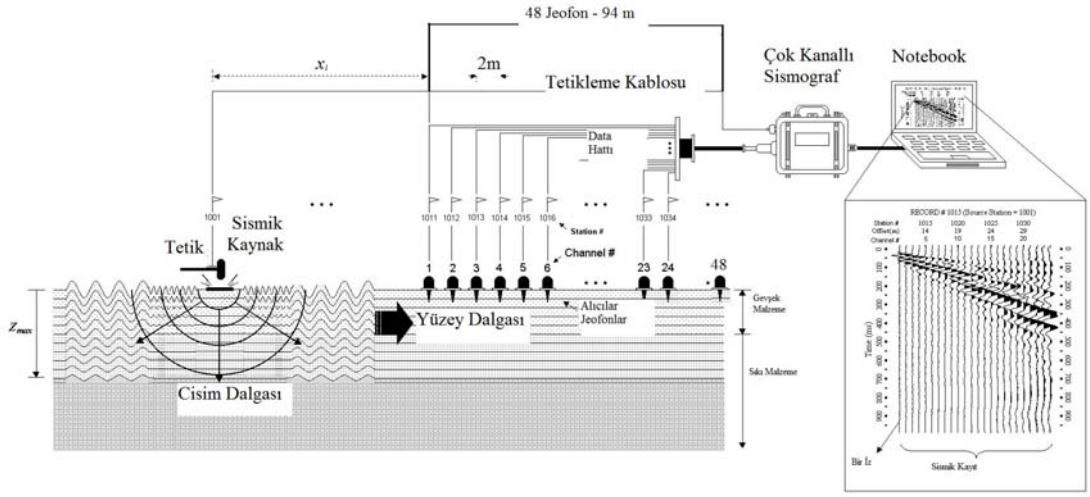
3.4. Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) Ölçümleri

Sismik çalışma kapsamında sahasında 96 adet MASW ve 6 adet SPAC ölçümleri gerçekleştirildi (Şekil 3.31.). Çalışmalarda ölçüm konumları seçilirken çalışma alanında yer alan jeolojik birimleri ve yerleşmelerin temsil edilmesine dikkat edildi. MASW verilerinin arazide toplanması sırasında Çizelge 3.7.'de sistem kullanıldı.

Çizelge 3.7. Sismik kayıt sisteminin bileşenleri

1	50-kg ağırlıklı elektromekanik ivmeli balyoz ve radyo-kontrollü triggerden oluşan kaynak sistemi
2	48-kanallı 2-m jeofon aralıklı ana kablo ve 48 adet 4.5-Hz düşey bileşenli jeofonlar
3	Herbiri 24-kanallı iki adet 24-bit Geode kayıt ünitesi

Çizelge 3.4.1'de kullanılan sistemin arazi şematik görüntüsü Şekil 3.30.'da görülmekte.

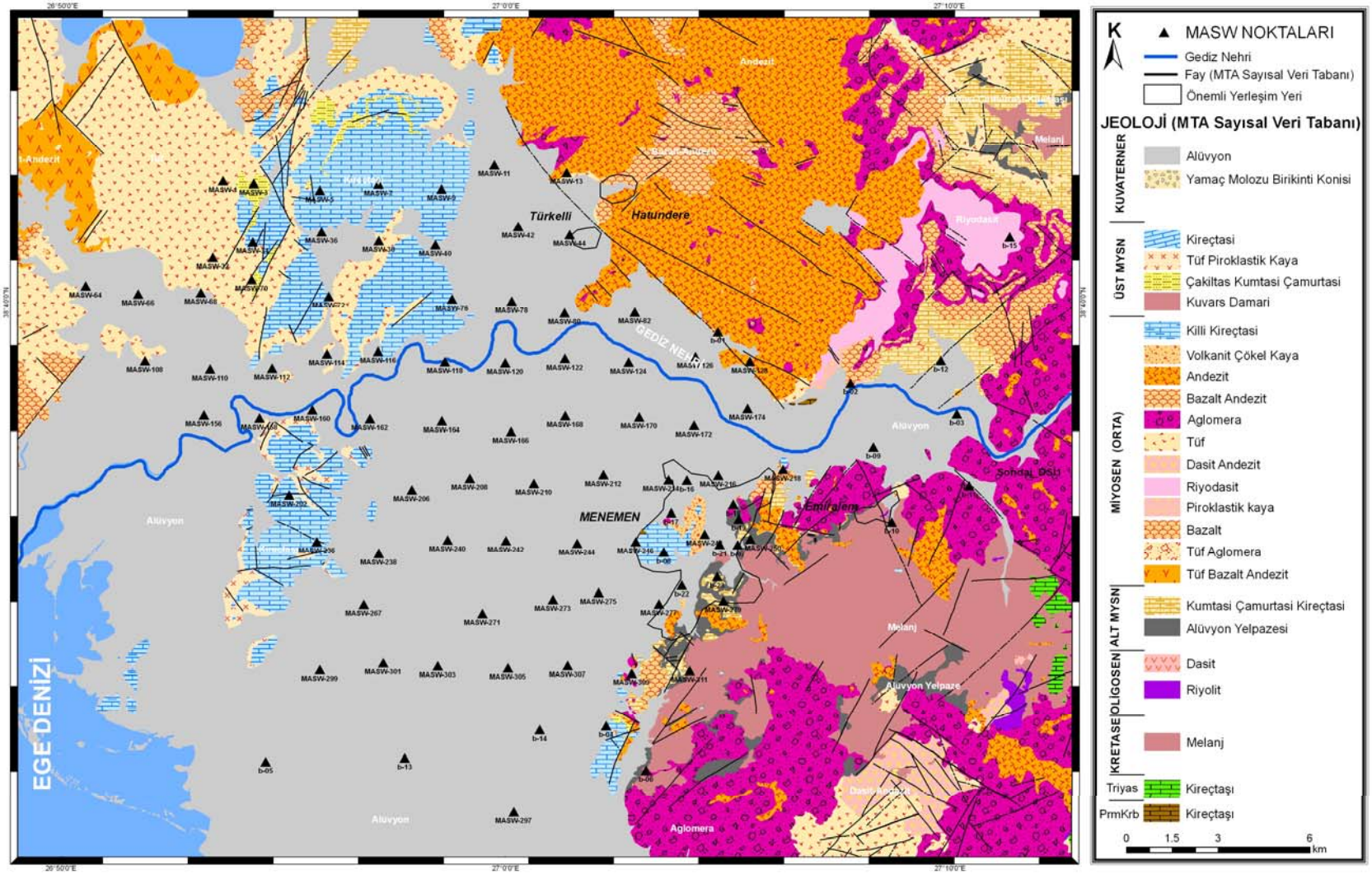


Şekil 3.30. Arazide MASW ölçümü sistemi şeması

MASW verilerinin toplanması sırasında Çizelge 3.8.'deki parametreler kullanıldı. Yeterli tabaka ayrımlılığı elde edebilmek için Jeofon aralığı 2 metre seçildi. Hedef inceleme derinliği 30 metre olduğu için 94 metrelik serim uzunluğu kullanıldı.

Çizelge 3.8. Sismik etüd saha parametreleri

Jeofon aralığı	2 m
Serimdeki jeofon sayısı	48
Jeofon türü	4.5 Hz, düşey
Serim uzunluğu	94 m
Atış sayısı	3
Atış noktaları	1 numaralı jeofonun 2-m solunda, 24 ve 25 numaralı jeofonların ortasında, ve 48 numaralı jeofonun 2-m sağında
Kaynak türü	50 kg ivmeli balyoz
Örnekleme aralığı	1 ms
İz uzunluğu	2 s



Şekil 3.31. MASW ölçüm noktaları

3.4.1. MASW ölçümlerinin toplanması

Her bir ölçüm noktasında Şekil 3.32.'daki sismik kaynak kullanılarak 48-kanallı saha kayıdları toplandı. Sismik serim iki ucunda ve ortasında Sismik kaynak kullanılarak yere ivmeli darbe uygulandı.



Şekil 3.32. Sismik kaynak sistemi (50-kg ivmeli balyoz, 31x31x2.5-cm boyutunda bir alüminyum plaka)

Kayıtların toplanması sırasında, jeofonlar arasında kod farkı asgari olmasına ve jeofonların toprak zemine spike'larının dibine kadar zeminle sıkı biçimde 'coupling' olacak şekilde düşey istikamette batırılmasına dikkat edildi.

3.4.2. Sismik veri işlem

Ölçüm noktasında alınan üç adet saha kayıtları kırılan dalgaların ilk varan sinyallerin zamanları 'nonlinear traveltime tomography' (Zhang and Toksöz, 1998) esasına dayanan tersine çözüm usulüyle analizi yapılarak, o noktaya ait P-dalga hız-derinlik profili hesap edildi. Elde edilen sismik kayıtlarda mevcut Rayleigh-türü yüzey dalgaların tersine çözüm usulüyle analizi yapılarak (Park et al., 1999; Xia et al., 1999), o noktaya ait 32-m derinliğe kadar S-dalga hız-derinlik profili hesap edildi.

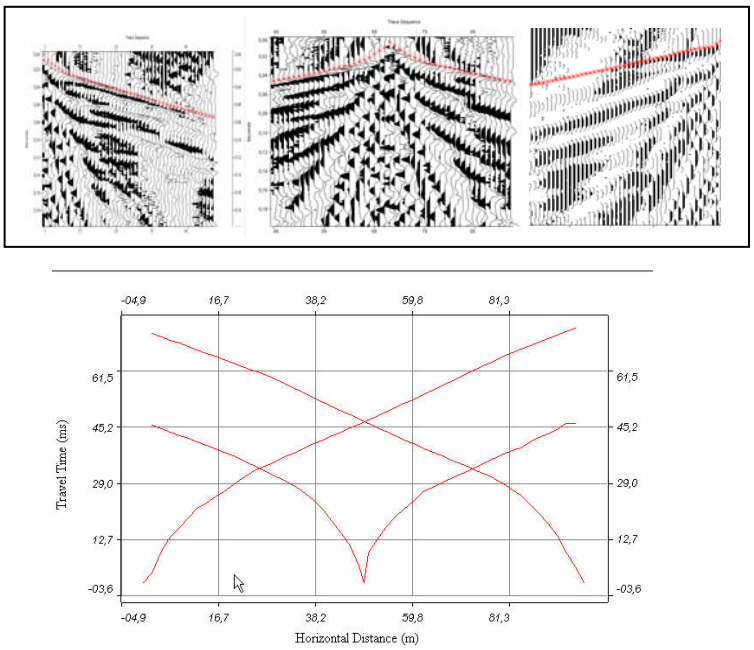
Kırılan dalgaların analizin de Çizelge 3.9.'da verilen Yılmaz ve Eser (2002) iş akışı kullanıldı.

Çizelge 3.9. Kırılan dalgaların analizi için iş-akışı

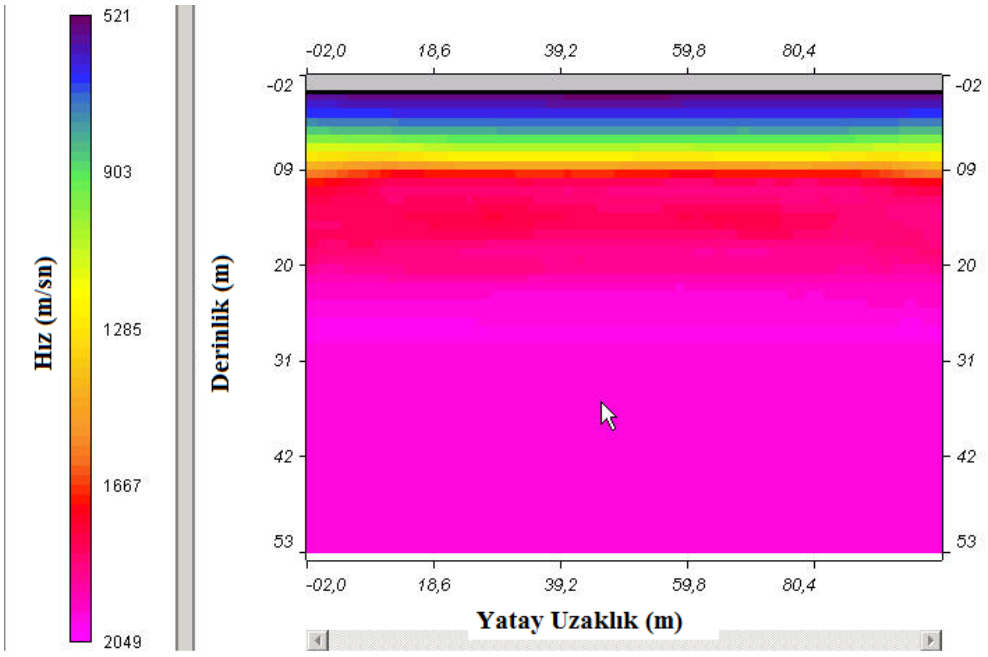
1	Saha kayıt formatından veri işlem formatına çevrilmesi,
2	Saha kayıt geometrisiyle sismik verilerin birleştirilmesi.
3	İlk-varışlara ait zamanların tesbiti.
4	Kırılan dalgaların varış-zamanlarından 'başlangıç' hız-derinlik modelinin tayini.
5	Başlangıç modeline karşılık gelen kırılan dalgaların varış-zamanlarının modellenmesi.
6	Modellenen zamanlarla 3'te tesbit edilen gerçek zamanlar arasındaki farkı asgariye indirecek şekilde 'başlangıç' hız-derinlik modelinin grid tarzında bir modele dönüştürülerek iteratif tarzda değiştirilmesi ve bu işlemin 'nihai' hız-derinlik modeline ulaşana kadar tekrarı.

Herbir ölçüm noktasında ilk-varan sinyallere ait zamanları ('first breaks') saha kayıtlarında tesbit edilip ('first-break picking'), bir başlangıç modeli tanımlandı (Şekil 3.33.).

Daha sonra, başlangıç modeli 'nonlinear traveltime tomography' (Zhang and Toksöz, 1998) esasına dayanan tersine çözüm usulüyle iteratif bir tarzda değiştirilerek zemin için nihai bir P-dalga hız-derinlik modeli elde edildi. Her iterasyonda, ilk-varan sinyallere ait zamanlar modellenip ve gerçek 'pick' edilmiş zamanlarla karşılaştırlıdı. İterasyon işlemine, modellenen ve gerçek zaman eğrileri arasındaki uyumsuzluk asgari bir değere ulaşınca son verildi (Şekil 3.34.).Azami atış-jeofon açılımı 96 m olduğu için, bu modelin 0-32 m derinlik aralığı sonuç ürün olarak dikkate alınmalıdır. Bu modelin yanal ortalaması hesap edilerek, ölçüm noktasına ait, hesaplanan P-dalga hızına göre güvenilebilir en ince tabaka kalınlığı, (1/4) * (minimum P-dalga hızı / baskın sinyal frekansı) formülünden hesaplanabilinir. Çoğu kez, P-dalga hızına güvenilir en ince tabaka kalınlığı 1–2 m'dir.



Şekil 3.33. 82 nolu noktada sismik kayıtlardan tespit edilen ('first-break picking') ilk-varan sinyallere ait zamanlar (üstte, kırmızı yıldızlarla temsiledilen) ve bunlara tekabül eden zaman eğrilerinin serim boyunca toplu halde görünümü (altta, kırmızı eğriler).



Şekil 3.34. 82 nolu ölçüm noktasındaki P-dalga hız-derinlik modeli

Bu modelin yanal ortalaması hesap edilerek, 82 nolu istasyon noktasına ait, sayısal değerleri Çizelge 3.10.'da listelenmiş olan 0–32 m derinlik aralığı için bir P-dalga hız-derinlik profili elde edilmiştir.

Çizelge 3.10. 82 nolu istasyon noktasına ait p-dalga hız-derinlik profili

Derinlik	Vp	Derinlik	Vp
1	694	17	1884
2	721	18	1891
3	760	19	1897
4	810	20	1904
5	872	21	1914
6	944	22	1925
7	1027	23	1938
8	1121	24	1951
9	1226	25	1964
10	1340	26	1976
11	1459	27	1986
12	1579	28	1996
13	1688	29	2005
14	1778	30	2015
15	1839	31	2023

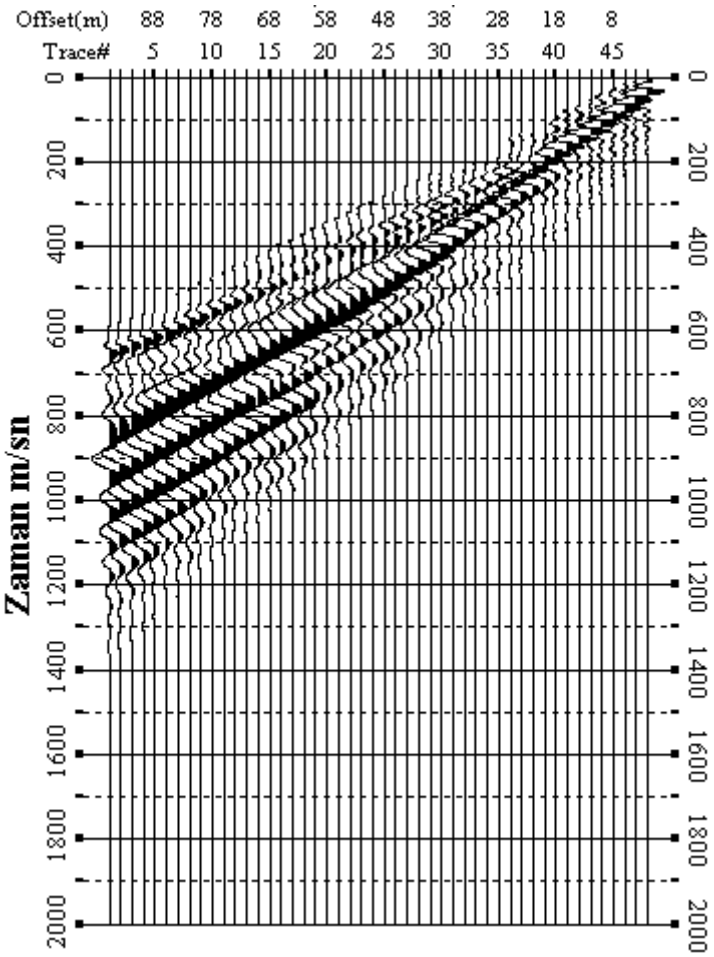
3.4.3. Yüzey dalgaların analizi

Çizelge 3.11.'de sismik verilerin Rayleigh-türü yüzey dalgalarına analizine ait iş-akışı verilmektedir (Yılmaz ve Eser, 2002). Anilizlerde bu iş akışı kullanıldı. Yüzey dalgaların analizinden elde edilen hızlar serim boyunca yanal ortalamayı temsil etmektedir.

Çizelge 3.11. Rayleigh-türü yüzey dalgalarının analizi için iş-akışı

1	Saha kayıt formatından veri işlem formatına çevrilmesi.
2	Saha kayıt geometrisiyle sismik verilerin birleştirilmesi.
3	Sismik kayıtta, yüzey dalgalarını içeren zonun dışında kalan kısımların içten ve dıştan 'mute' edilmesi.
4	2,4-36,48-Hz bant-geçişli frekans süzgeçlemesi.
5	'Fundamental mode' için frekansa-bağımlı faz hız eğrisinin, diğer adıyla dispersiyon eğrisinin, 'pick' edilmesi.
6	S-dalga hızları için 'başlangıç' hız-derinlik profilinin tanımı.
7	Başlangıç hız profiline karşılık gelen dispersiyon eğrisinin hesaplanması.
8	Modellenen dispersiyon eğrisiyle 5'te tespit edilen gerçek dispersiyon eğrisi arasındaki farkı asgariye indirecek şekilde 'başlangıç' S-dalga hız-derinlik profilinin değiştirilmesi ve bu işlemin 'nihai' S-dalga hız-derinlik profiline ulaşana kadar tekrarı.

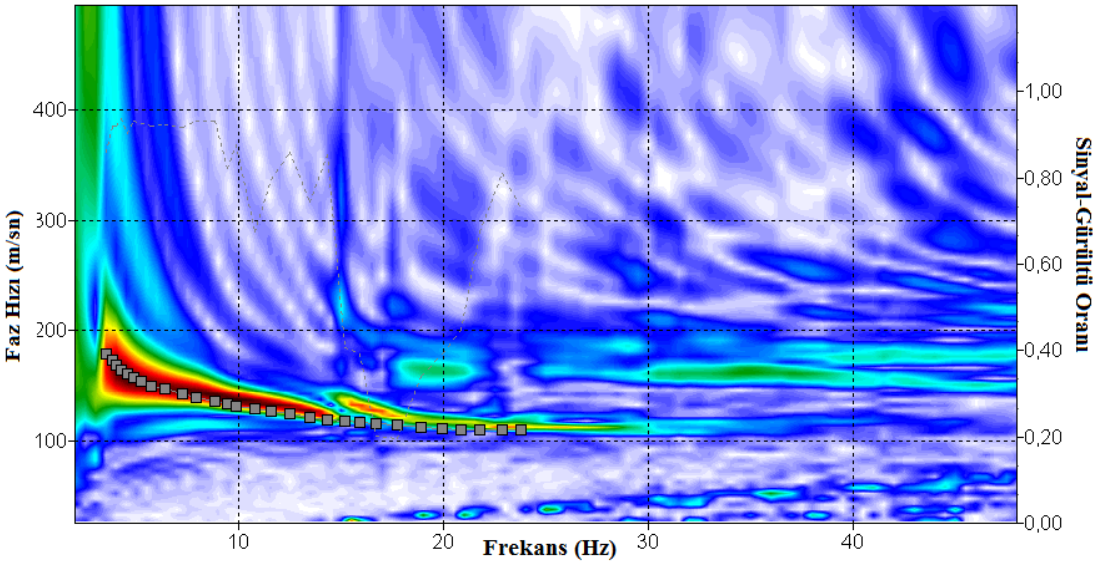
S-dalga hız analizine tabi tutulacak jeofon seriminin iki ucunda alınan kayıtlardan yüzey dalgaların en belirgin olanı seçildi ve bu kayıttaki dispersif Rayleigh-türü yüzey-dalga paketi önce kırılan ve yansıyan dalga türlerinden tecrit edilidi. Daha sonra 2,4–36,48-Hz bant-geçişli frekans süzgeçlemesine tabi tutuldu (Şekil 3.35.).



Şekil 3.35. 82 nolu ölçüm noktasındaki yüzey dalgalarının tecrit edilmiş sismik kayıt

Şekil 3.35.'deki kayıt düzlem dalgalara ayrıştırıldı ve her bir düzlem dalga bileşeninin zamanda Fourier dönüşümüyle yüzey dalgaların dispersiyon spektrumu elde edildi. Dispersiyon spektrumundan (Şekil 3.36.), 'fundamental mode' (temel mod) faz-hız eğrisi, diğer adıyla dispersiyon eğrisi, tespit edildi ve tersine çözüm usulüyle serim için S-dalga hız-derinlik profili hesap edildi.

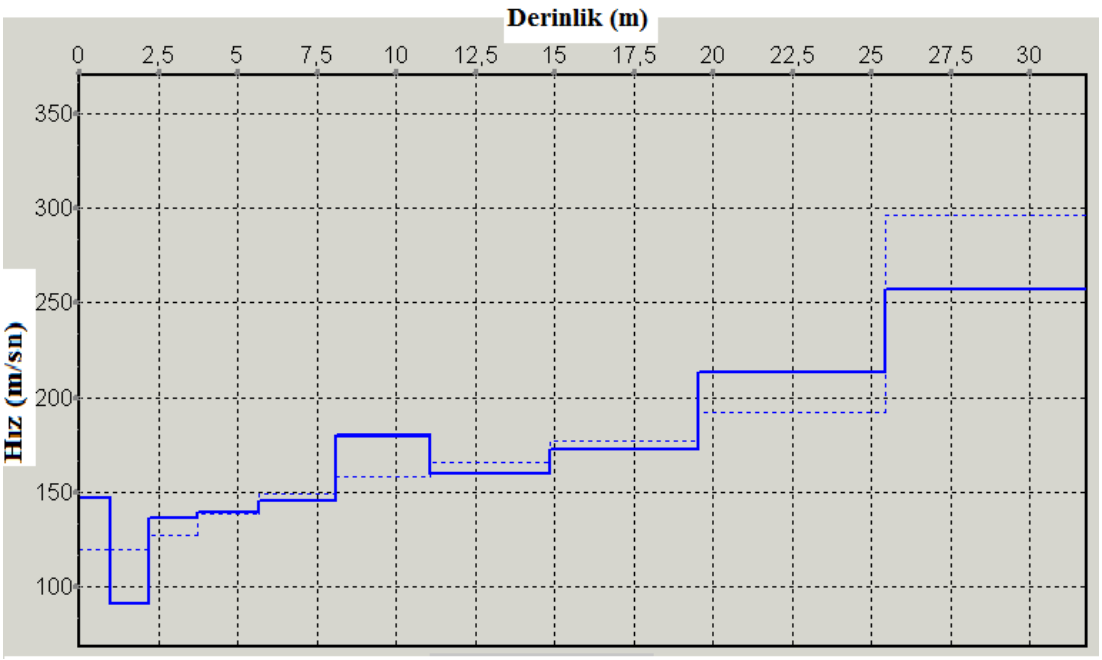
Şekil 3.36.'de düşey eksen Rayleigh türü yüzey dalgaların faz hızını temsil etmektedir. Rayleigh dalgalarının enerjisinin en büyük payı her durum için olmamakla birlikte çoğu kez temel mod ('fundamental mode') türüne aittir. Bu mod için, faz hızının frekansa göre değişimini temsil eden bir faz hız eğrisi (dispersiyon eğrisi) şekilde görüldüğü gibi tespit edilir. Bu dispersiyon eğrisi, tersine çözüm ('inversion') yöntemiyle ölçüm noktasındaki zemine ait S-dalga hız-derinlik eğrisinin hesabında kullanılır (Şekil 3.36.). Bu dispersiyon eğrisinden, S-dalga hızının tayini için güvenilir en büyük derinlik, (1/2) * (tespit edilen maksimum faz hızı / bu hıza ait minimum frekans) formülünden belirlenebilinir. Buna istinaden kabul edilebilir, S-dalga hız-derinlik profil aralığı 0-32 m arasındadır. Yine bu dispersiyon eğrisinden, hesaplanan S-dalga hızına göre güvenilebilir en ince tabaka kalınlığı, (1/2) * (tespit edilen minimum faz hızı / bu hıza ait maksimum frekans) formülünden belirlenebilinir. Ekseri istasyonlar için S-dalga hızına güvenilir en ince tabaka kalınlığı 1-2 m'dir.



Şekil 3.36. 82 nolu ölçüm noktasındaki düzlem-dalga bileşenlerine ayrılarak hesaplanan dispersiyon spektrumu

Daha sonra, başlangıç S-dalga hız-derinlik profili yinemeli bir tarzda değiştirilerek zemin için nihai bir S-dalga hız-derinlik profili belirlendi (Şekil 3.37.). Her yinelemede, dispersiyon eğrisi modellendi ve 'pick' edilmiş gerçek dispersiyon

değerleriyle karşılaştırldı. Yineleme işlemine, modellenen ve gerçek dispersiyon değerleri arasındaki uyumsuzluk asgari bir değere ulaşınca son verildi. Çizelge 3.12.'de elde edilen S-dalga hız-derinlik değerleri verilmektedir.



Şekil 3.37. 82 nolu ölçüm noktasına ait S-dalga hız-derinlik profili

Çizelge 3.12. 82 nolu ölçüm noktasına ait S-dalgası hız-derinlik değerleri

Derinlik	Vs	Derinlik	Vs
1	147	16	173
2	91	17	173
3	136	18	173
4	136	19	173
5	139	20	173
6	139	21	214
7	145	22	214
8	145	23	214
9	180	24	214
10	180	25	214
11	180	26	257
12	160	27	257
13	160	28	257
14	160	29	257
15	160	30	257

Diğer ölçüm noktalar için elde edilen Dispersiyon spektrumları EK-2'de, Vp ve Vs hız derinlik modeli değerleri ise EK-3'de verilmiştir.

3.4.4. V_{s30} ve zemin büyütmeleri

30 metre derinlik için ortalama hız, zeminleri sınıflayarak; sismik hareketi büyütme potansiyellerini tahmin etmekte yaygın olarak kullanılan bir parametredir. V_{s30} hesaplamalarında 3.4.'deki bağıntı kullanıldı. Burada h: kalınlık, N: tabaka sayısı, V: hız'dır.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i}^{N}(\frac{h_i}{V_i})} \tag{3.4}$$

Birçok durumda V_{s30} hızları 30 metreye kadar modellenmemektedir. Boore (2004) çalışmasında 135 adet sondaj verisinden yararlanarak daha sığ Vs verilerden 30 metreye kadar V_{s30} hesaplayabilmek için ampirik ilişkiler geliştirmiştir. MASW ölçüm noktalarının 30 metreye ulaşamadığı noktalarda V_{s30} hesaplayabilmek için bu ilişkiden yararlanıldı. Çizelge 3.13'de Boore (2004) bağıntısında verilen a, b ve standart sapma değerleri verilmektedir.

$$\log \overline{V}_{S30} = a + b \log \overline{Vs}\,(d) \tag{3.5}$$

Çizelge 3.13 Derinliğe bağlı a, b ve standart sapma değerleri

Derinlik (d)	A	b	Standart Sapma σ
10	4.2062E – 02	1.0292	7.1260E – 02
11	2.2140E - 02	1.0341	6.4722E – 02
12	1.2571E - 02	1.0352	5.9353E – 02
13	1.4186E - 02	1.0318	5.4754E – 02
14	1.2300E - 02	1.0297	5.0086E – 02
15	1.3795E - 02	1.0263	4.5925E – 02
16	1.3893E - 02	1.0237	4.2219E – 02
17	1.9565E - 02	1.0190	3.9422E – 02
18	2.4879E - 02	1.0144	3.6365E – 02
19	2.5614E - 02	1.0117	3.3233E – 02
20	2.5439E - 02	1.0095	3.0181E – 02
21	2.5311E - 02	1.0072	2.7001E – 02
22	2.6900E - 02	1.0044	2.4087E – 02
23	2.2207E - 02	1.0042	2.0826E – 02
24	1.6891E - 02	1.0043	1.7676E – 02
25	1.1483E - 02	1.0045	1.4691E – 02
26	6.5646E - 03	1.0045	1.1452E – 02
27	2.5190E - 03	1.0043	8.3871E – 03
28	7.7322E - 04	1.0031	5.5264E – 03
29	4.3143E - 04	1.0015	2.7355E – 03

Zemin büyütme değerlerinin hesaplanmasında Midorikawa (1987) bağıntısı kullanıldı. Bu bağıntıya bağlı olarak hesaplanan büyütme değerleri Çizelge 3.14'de verilmektedir.

$$A = 68 * V_{s30}{}^{-0.6} \quad \text{Midorikawa (1987)} \tag{3.6}$$

Burada; A: büyütme, V_{s30} : 30 metre derinlik için ortalama S dalga hızı

3.5. Sismik Kırılma Ölçümleri

Sismik çalışmalar, zeminde yapay olarak elastik dalgaların yer içerisinde yayınırken kırılma ve yansıma ile geçtiği ortamın fiziksel özelliklerini taşıyarak yeryüzüne gelişlerin kaydından ibarettir. Mühendislik jeofiziğinde genellikle sismik kırılma yöntemi ile sismik boyuna dalgaları (P) ve sismik enine dalgaları (S) elde edilir. Sismik kaynakla ile oluşturulan yapay deprem dalgalarını tabaka sınırlarında yansıma (reflection) ve kırılma (refraction) ile yeryüzündeki jeofonlara ulaşması sismik cihazlarla kaydedilir. Bu kayıtlardan sismik boyuna dalgaların (P) ve sismik enine dalgaların (S) jeofonlara geliş zamanları okunarak yol-zaman grafikleri elde edilir. Buradan sismik hızlar, tabaka kalınlıkları, ve tabakaların dinamik elastik parametreleri hesaplanır (Ertunç vd., 2001).

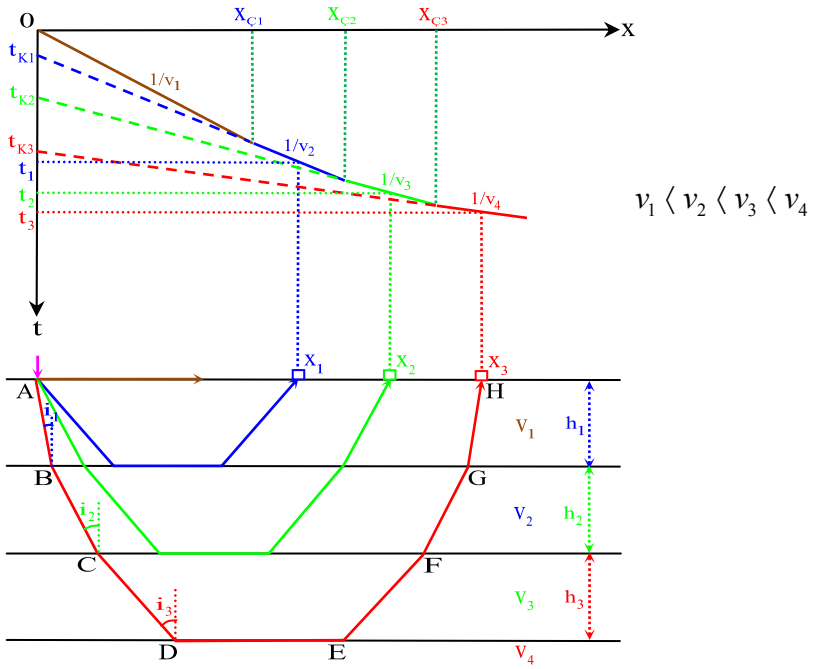
Özellikle sismik enine (kayma) dalgası zeminin mekanik özelliklerine, zeminin kayma mukavemetini belirlemede en önemli yöntemdir. Kayma mukavemeti olmayan ortamlarda (hava, su) sismik kayma (enine) dalgalar yayılmazlar. Kayma mukavemeti düşük olan zeminlerde sismik kayma dalgası hızları düşüktür. Bir başka deyiş ile kayma dalga hızları düşük olan zeminler zayıf gevşek yapıdadır.

Çizelge 3.14. Çalışma alanı için elde edilen Vs_{30} ve büyütme değerleri

MASW_Id	Enlem_Y	Boylam_X	Vs_30	A	MASW_Id	Enlem_Y	Boylam_X	Vs_30	A
MASW-1	4283797	490758	608	1,5	MASW-212	4274181	503178	200	2,8
MASW-3	4283706	491761	441	1,8	MASW-214	4274018	505303	210	2,7
MASW-5	4283479	493922	512	1,6	MASW-216	4274163	506936	266	2,4
MASW-7	4283689	495832	443	1,8	MASW-218	4274360	509054	654	1,4
MASW-9	4283533	497892	387	1,9	MASW-236	4272007	493815	617	1,4
MASW-11	4284322	499613	287	2,3	MASW-238	4271625	495843	188	2,9
MASW-13	4284063	501976	761	1,3	MASW-240	4272058	498097	174	3,1
MASW-32	4281278	490418	753	1,3	MASW-242	4272039	500001	190	2,9
MASW-34	4281778	491728	445	1,8	MASW-244	4271950	502326	196	2,9
MASW-36	4282112	493975	407	1,8	MASW-246	4272000	504241	228	2,6
MASW-38	4281828	495844	404	1,9	MASW-248	4272248	506489	273	2,3
MASW-40	4281690	497696	500	1,6	MASW-250	4272088	507982	495	1,6
MASW-42	4282290	500400	332	2,1	MASW-267	4269965	495356	185	3,0
MASW-44	4282022	502078	492	1,6	MASW-271	4269666	499226	190	2,9
MASW-64	4280350	486271	385	1,9	MASW-273	4270124	501534	190	2,9
MASW-66	4280086	487984	550	1,5	MASW-275	4270344	503023	212	2,7
MASW-68	4280136	490034	622	1,4	MASW-277	4269978	505000	256	2,4
MASW-70	4280566	491693	527	1,6	MASW-279	4270080	507104	617	1,4
MASW-72	4280008	494210	293	2,3	MASW-297	4263162	500265	178	3,0
MASW-76	4279915	498233	442	1,8	MASW-299	4267820	493917	175	3,1
MASW-78	4279849	500183	199	2,8	MASW-301	4268038	495994	168	3,1
MASW-80	4279480	501907	212	2,7	MASW-303	4267939	497765	223	2,7
MASW-82	4279500	504205	172	3,1	MASW-305	4267877	500059	190	2,9
MASW-108	4277915	488208	499	1,6	MASW-307	4267952	502014	186	3,0
MASW-110	4277645	490336	148	3,4	MASW-309	4267699	504102	192	2,9
MASW-112	4277669	492359	204	2,8	MASW-311	4267784	506000	817	1,2
MASW-114	4278140	494149	620	1,4	b-01	4278856	506922	758	1,3
MASW-116	4278218	495820	553	1,5	b-02	4277183	511256	529	1,6
MASW-118	4277880	498005	202	2,8	b-03	4276168	514725	233	2,6
MASW-120	4277852	499976	190	2,9	b-04	4265971	503272	390	1,9
MASW-122	4277990	501928	182	3,0	b-05	4264800	492147	184	3,0
MASW-124	4277868	504000	197	2,9	b-06	4264522	504576	415	1,8
MASW-126	4278051	506184	208	2,8	b-07	4271898	507567	501	1,6
MASW-128	4277890	507970	556	1,5	b-08	4271665	505147	394	1,9
MASW-156	4276134	490132	177	3,0	b-09	4275102	512004	380	1,9
MASW-158	4276029	491945	178	3,0	b-10	4272652	512598	917	1,1
MASW-160	4276304	493674	160	3,2	b-11	4273820	515132	690	1,3
MASW-162	4276010	495556	153	3,3	b-12	4277931	514208	500	1,6
MASW-164	4275950	497908	184	3,0	b-13	4264922	496693	185	3,0
MASW-166	4275602	500168	185	3,0	b-14	4265841	501096	171	3,1
MASW-168	4276113	501939	208	2,8	b-15	4281944	516451	486	1,7
MASW-170	4276072	504351	198	2,8	b-16	4274004	505906	333	2,1
MASW-172	4275801	506143	207	2,8	b-17	4272946	505399	202	2,8
MASW-174	4276351	507896	200	2,8	b-18	4273219	507429	349	2,0
MASW-202	4273521	492915	706	1,3	b-19	4272750	507597	347	2,0
MASW-206	4273686	496920	159	3,2	b-21	4271909	506979	408	1,8
MASW-208	4274062	498816	170	3,1	b-22	4270592	505743	332	2,1
MASW-210	4273901	500906	199	2,8	b-23	4270864	506903	628	1,4

Kayma dalgası hızları 700 m/s den büyük olan jeolojik birimler sismik temel olarak adlandırılır. Bunlar sağlam kayaç veya pekleşmiş çok sıkı kum, çakıl, sert kil olarak tanımlanabilir (Sakai 1968). Enine (kayma) dalga hızları 300-700 m/s arasıda ise, ayrışmış kayaçlar veya sıkı kum, çakıl, çok katı kil ve siltli kil zeminleri temsil etmektedir. Çok ayrışmış kayaçlar ile orta sıkı kum, çakıl, katı kil ve siltli zeminlerin kayma dalgası hızları 200-300 m/s dolaylarındadır. Kayma dalgası hızlarının 200 m/s den küçük olduğu jeolojik birimler ise yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakalar, gevşek kum, yumuşak kil ve siltli kildir.

Çalışma sahasında bir boyutlu tabaka modelini oluşturmak, temel kaya derinliğini tespit etmek ve MASW verilerinden elde edilen bilgilerle korele etmek amacıyla Sismik Kırılma ölçümleri gerçekleştirildi. Çalışmalarda Geometrics marka 48 kanallı sismik cihaz ve 48 adet 14 Hz'lik jeofonlar kullanıldı. Boyuna (P) dalga hızları 5–8 m ofset ve 5-10 m jeofon aralığı kullanılarak alınmış ve yaklaşık 10-30 m derinliğe kadar tabakaların ayrımlılığı sağlanabilmiştir. Yatay n tabakalı bir ortamda hız, mesafe, kalınlık ve zaman arasındaki ilişkiler Şekil 3.38.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.38. Yatay n tabakalı bir ortamda hız, mesafe, kalınlık ve zaman arasındaki ilişkilerin şematik gösterimi

Tabaka kalınlığının hesaplanmasında kullanılan "Çapraz Uzaklık" yöntemi için kullanılan ilişkiler aşağıda verilmiştir.

Çapraz-Uzaklıktan:

$$h_1 = \frac{x_{Ç1}}{2}\sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \tag{3.7}$$

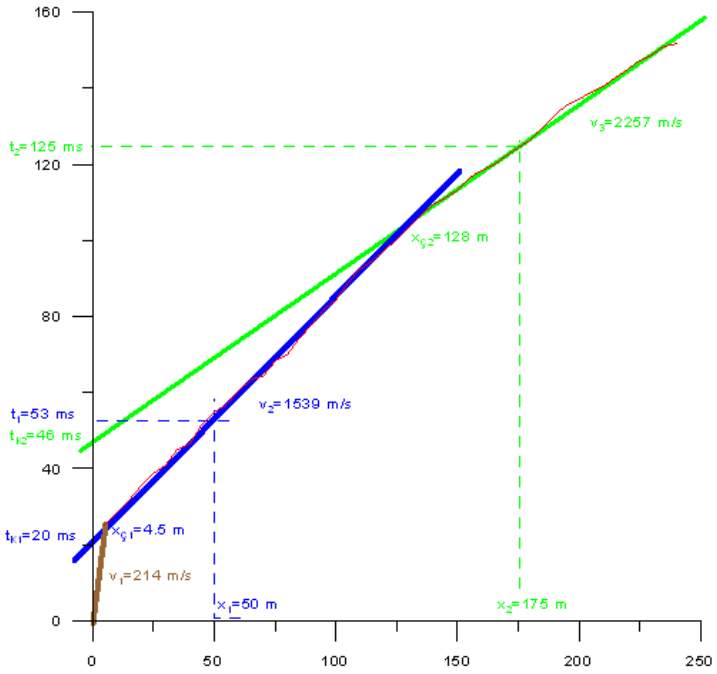
$$h_2 = \left[\frac{x_{Ç2}}{2} + \frac{h_1}{v_1(v_3 - v_2)}\left(v_3\sqrt{v_2^2 - v_1^2} - v_2\sqrt{v_3^2 - v_1^2}\right)\right]\sqrt{\frac{v_3 - v_2}{v_3 + v_2}} \tag{3.8}$$

$$h_n = \left[\frac{x_{Çn}}{2} + \frac{1}{v_{n+1} - v_n}\sum_{k=1}^{n-1}\frac{h_k}{v_k}\left(v_{n+1}\sqrt{v_n^2 - v_k^2} - v_n\sqrt{v_{n+1}^2 - v_k^2}\right)\right]\sqrt{\frac{v_{n+1} - v_n}{v_{n+1} + v_n}} \tag{3.9}$$

Çizelge 3.15.'de 25 nolu nokta için Şekil 3.39.'daki zaman-uzaklık grafiğinden elde edilen sismik hızlar ve tabaka kalınlıkları görülmekte. Diğer noktalar için elde edilen sonuçlar EK-4'de yer almaktadır. Sismik kırılma ölçümleri DES noktaları ile aynı noktada alındığından harita üzerindeki konumları rezistivite ölçümleri bölümünde yer alamktadır.

Çizelge 3.15. 25 nolu nokta için elde edilen sismik hızlar ve tabaka kalınlıkları

v1=	214	x1=	50
v2=	1539	x2=	175
v3=	2257	xc1=	4.5
x1=	50	xc2=	128
x2=	175	t1=	0.053
xc1=	4.5	t2=	0.125
xc2=	128	tk1=	0.02
tk2=	0.046		
		h1=	**1.956**
Çapraz Uzaklıktan		**h2=**	**27.73**



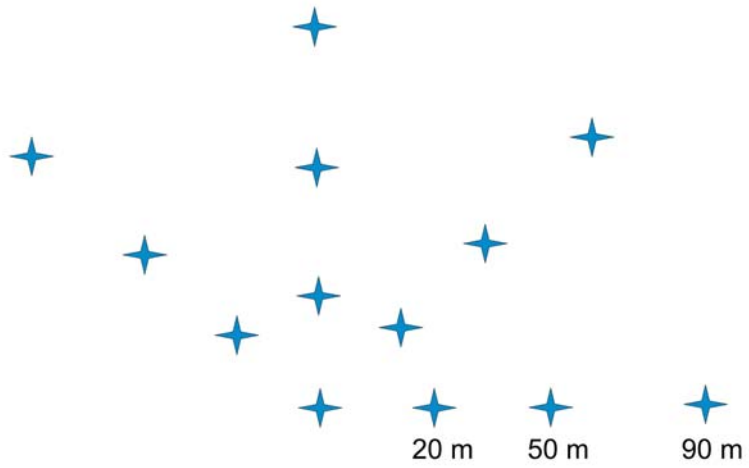
Şekil 3.39. 25 nolu nokta için zaman-uzaklık grafiği

3.6. Mikrotremör Dizin Ölçümleri ve Değerlendirmeleri (SPAC)

Mikrotremor Dizin yöntemi, son yıllarda zemin yapısının ortaya çıkartılması amaçlı jeofizik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde en az 4 istasyon ilgilenilen alanın büyüklüğü ve yapısına bağlı olarak 75–200 metreye ulaşan çaplarda daireler oluşturacak biçimde yerleştirilerek, ortamdaki mevcut arka plan sismik titreşimler kaydedilmektedir. Bu kayıtların analizi ve değerlendirilmesi sonucunda ilgili alana ait yüzey dalgası faz hızı eğrileri hesaplanarak, bu eğrilerden zeminin S-dalga hız profilini elde etmek mümkün olmaktadır. Zemin S-dalga hız profili'nin elde edilmesi ise zemin büyütme tepki eğrisinin, zemin hâkim titreşim frekansı ve zeminin sıvılaşma potansiyeli gibi deprem sırasında zemin davranışının jeofizik ve jeoteknik davranışının modellenerek değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Mikrotremor Dizin verilerinin toplanması için toplam 15 adet Reftek-Texan 125 kayıtçı ve 1 Hz köşe frekansına sahip düşey bileşen L4 Mark Products sismometreler kullanılmıştır. Mikrotremor Dizin kayıt geometrisi, 3 farklı yarıçapta (20 m, 50 m, 90 m) yarım daireler üzerine, her bir daire üzerine 4 adet alıcı 0, 45, 90, 135 derece

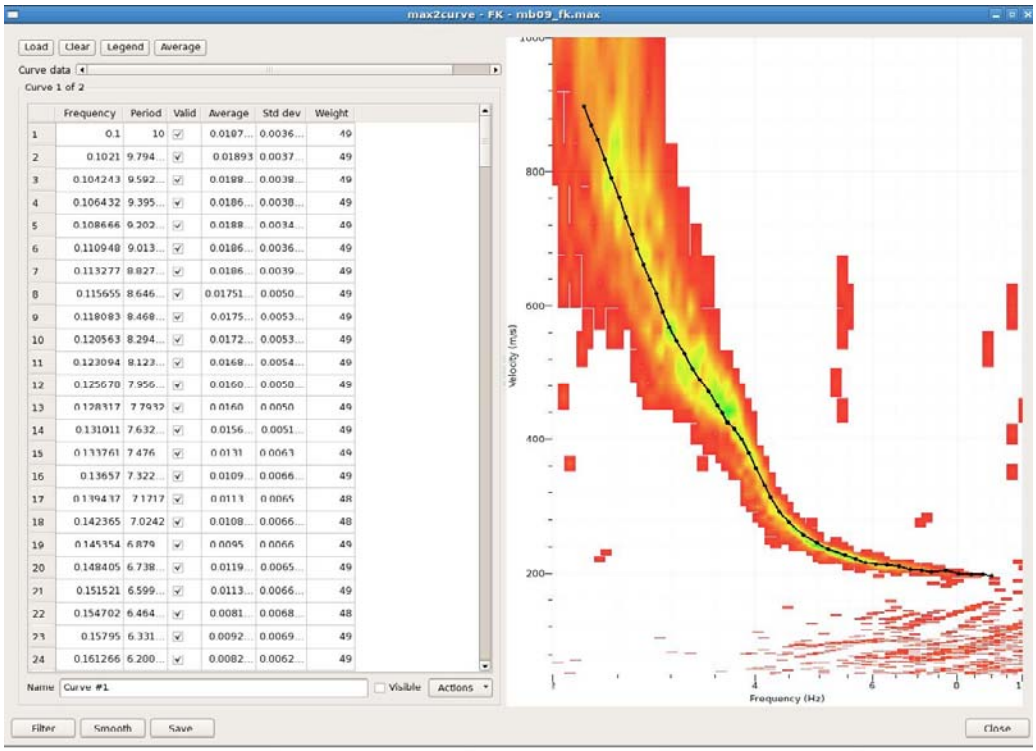
azimutlarına, kalan diğer alıcılar arazinin durumuna göre tamamlayıcı uygun noktalara yerleştirilerek oluşturulmuştur (Şekil 3.40.).



Şekil 3.40. Mikrotremor Dizin ölçümlerinde kullanılan alıcı geometrisi

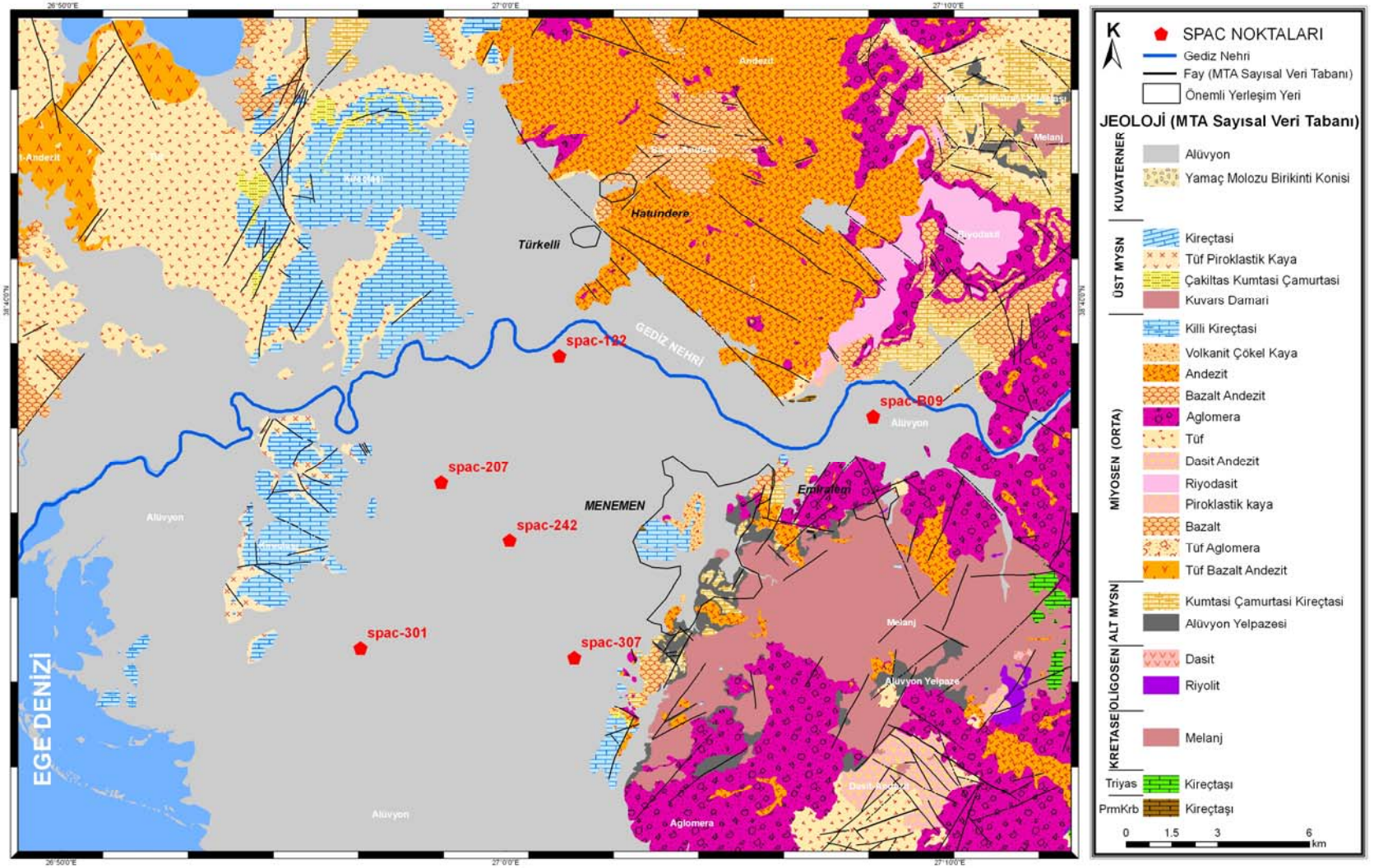
Kayıtçılar 100 Hz örnekleme aralığı ile kayıt yapmak üzere ayarlanmış ve her bir ölçüm noktasında 1-1.5 saat sürekli kayıt alınmıştır. Bu şekilde toplanan Mikrotremor Dizin verileri ön veri işlem ve kalite kontrol aşamalarından geçirildikten sonra GEOPSY yazılımının FK ve High Resolution FK modülleri ile değerlendirilmiştir. Bu verilerin analiz ve değerlendirmesi, kayıt alınan noktayı temsil eden yüzey dalgası (Rayleigh dalgası) faz hızı dispersiyon eğrilerinin elde edilmesi esasına dayanır. Öncelikle, "Uzaysal Özilişki" (SPAC) katsayıları adı verilen değerler, frekansın fonksiyonu olarak hesaplanır. SPAC katsayılarının eldesi, her bir yarım daire üzerinde yer alan alıcılardaki tremor kayıtları ile dairenin merkezindeki kayıtlar arasındaki çapraz-ilişki fonksiyonlarının hesaplanması ve bu fonksiyonların aritmetik ortalamasının alınması işlemleri ile gerçekleştirilir. Hesaplanan SPAC katsayılarından ölçüm noktasını temsil eden yüzey dalgası faz hızı dispersiyon eğrisinin elde edilmesi ile analiz tamamlanır. Yüzey dalgası faz hızı dispersiyon eğrileri ile SPAC katsayıları arasındaki ilişki sıfırıncı dereceden, birinci çeşit Bessel fonksiyonu ile tanımlıdır.

FK analizinde kayıtlar 50 sn ile 100 sn arasında değişen uzunlukta pencerelenerek yüzey dalgası faz hızı eğrisi 0.1-20 Hz frekans bandında hesaplanmıştır. FK analizleri sonucunda her noktada aynı olmamakla birlikte genel olarak 1-8 Hz frekans bandında faz hızının değişimleri belirlenmiştir. B09 noktası için gerçekleştirilen FK analizi sonucunda elde edilen yüzey dalgası faz hızı eğrisi örneği Şekil 3.41'de verilmektedir.



Şekil 3.41 B09 noktası için yüzey dalgası faz hızı dispersiyon eğrisi.

Elde edilen veriler yardımı ile zeminin 1-boyutlu S-dalga hız profilinin belirlenmesi için doğrusal ters çözüm modelleme yöntemi kullanılmış ve bir başlangıç S-dalga hız modelinden hareket edilerek, elde edilen gözlemsel Rayleigh faz hızı eğrileri ile hesaplanan eğriler arasındaki en iyi uyumu en küçük kareler anlamında veren 1-boyutlu S-dalga hız profili belirlenmiştir. Şekil 3.42.'de çalışma sahasında gerçekleştirilen SPAC ölçümlerinin konumları gösterilmiştir.



Şekil 3.42. SPAC ölçüm noktaları

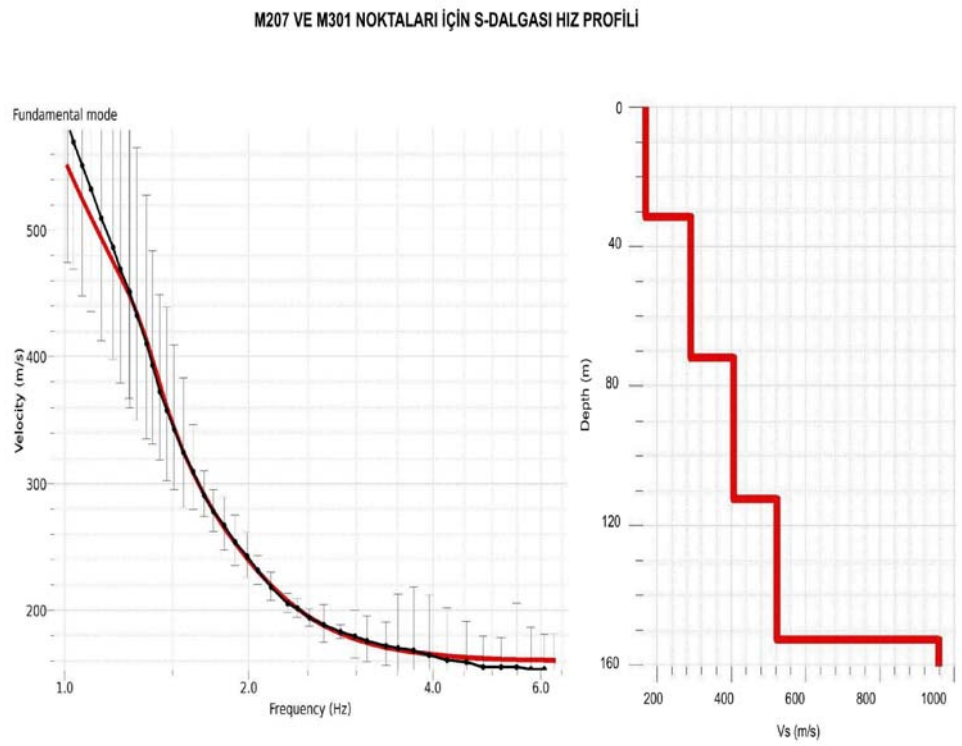
3.6.1. S dalgası hız profilleri

İzmir-Menemen bölgesinde belirlenen 6 farklı noktada alınan mikrotremor dizin ölçümlerinden elde edilen Yüzey-dalgası faz hızı eğrileri Geopsy yazılımının "dinver"modülü ile değerlendirilerek S-dalgası hız profilleri'ne geçiş yapılmıştır.

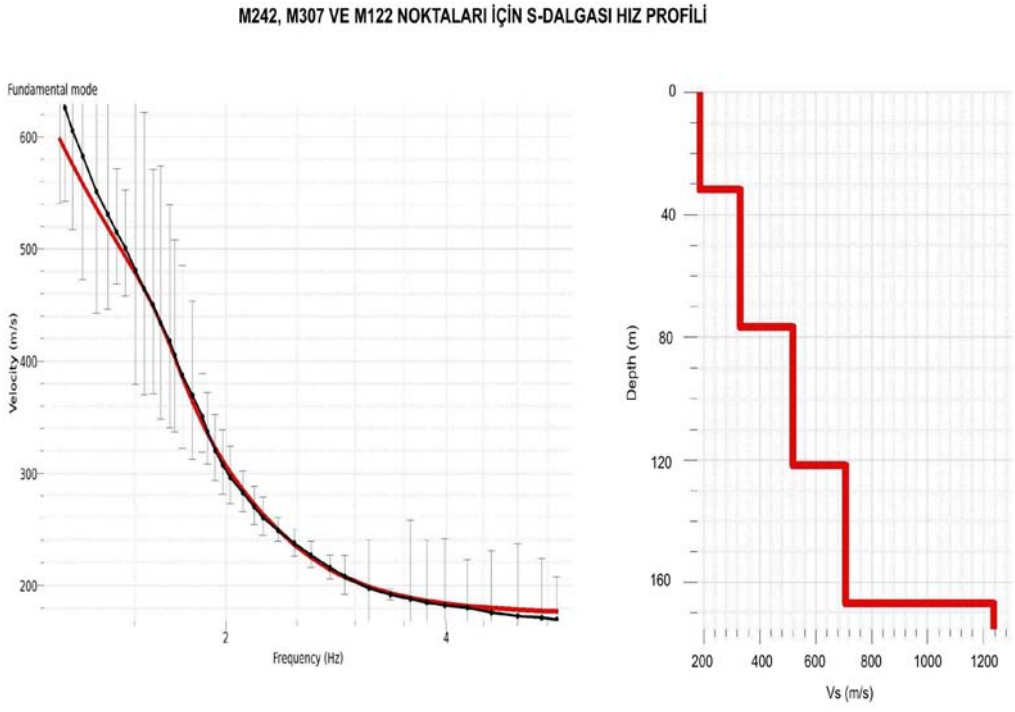
"Dinver" modülü'nün S dalgası hız profili belirleme amaçlı kullanımı şu şekilde özetlenebilir:

1) Dispersiyon eğrisi (daha önceden manuel olarak piklenmiş) programa yüklenmesi,
2) Çalışılan bölgeyle ilgili jeolojik bilgiler de göz önünde bulundurularak olası katman sayısı ve kalınlıkları (ya da derinlikleri), katmanlara ait olası Vp ve Vs hızları, poisson oranları ve yoğunluklarla ilgili başlangıç parametrelerinin girilmesi,
3) Programın başlangıç parametreleriyle çalıştırılması,
4) Başlangıç parametreleri ile elde edilen en az hataya sahip dispersiyon eğrisi ile gerçek dispersiyon eğrisinin karşılaştırılması (arazi verisinden pik edilen dispersiyon eğrisi),
5) Parametrelerde değişiklikler yapılarak programın tekrar tekrar çalıştırılması ve gerçek dispersiyon eğirisine en yakın dispersiyon eğirisini veren model parametrelerinin belirlenmesi,
6) En az hatayı veren, noktanın jeolojisiyle uyumlu, gerçek dispersiyon eğrisiyle en iyi çakışmayı sağlayan S dalgası hız modelinin seçilmesi.

İzmir-Menemen'de alınan mikrotremor dizin ölçümlerinden elde edilen farklı 6 noktaya ait dispersiyon eğrileri incelendiğinde M207-M301 noktaları (Şekil 3.43.) ve M242-M307-M122 noktalarının çok yakın dispersiyon eğrisi sonuçları verdiği gözlenmektedir (Şekil 3.44.). Bu beklenen bir durumdur çünkü ölçüm yapılan noktalar benzer jeolojik alan içerisinde kalmaktadır.

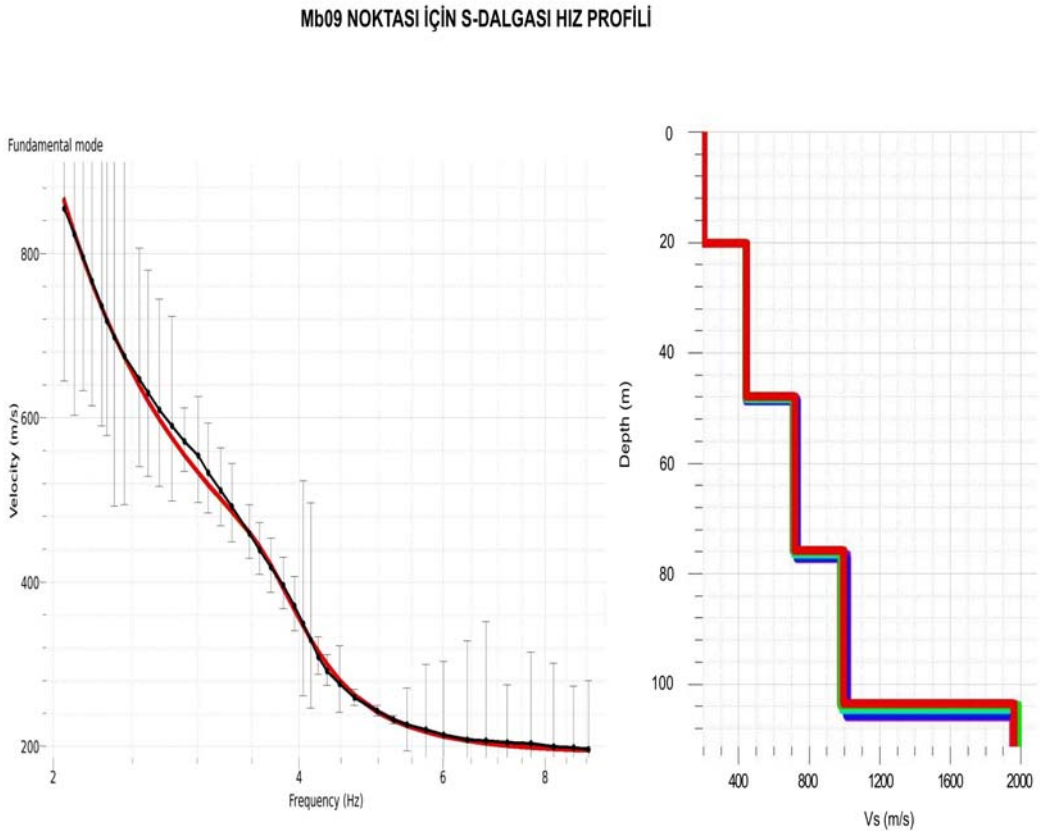


Şekil 3.43. M207-M301 noktalarına ait dispersiyon eğrisi ve S dalgası hız profili



Şekil 3.44. M242-M307-M122 noktalarına ait dispersiyon eğrisi ve S dalgası hız profili

Diğer ölçüm noktalarından daha doğuda volkanikler üzerinde bulunan MB09 noktasına ait dispersiyon eğrisi ise beklenen şekilde daha yüksek hız değerleri vermiştir. Bu nedenle benzer dispersiyon eğrilerine sahip noktalar için bütünleştirilmiş bir S dalga hızı analizi yapılmış, MB09 ise diğer noktalardan ayrı olarak incelenmiştir (Şekil 3.45.).



Şekil 3.45. MB09 noktasına ait dispersiyon eğrisi ve S dalgası hız profili

Mikrotremor dizin ölçüm noktalarına ait lokasyonlar, her bir ölçüm noktası için dizin geometrisinin merkezini oluşturan noktanın koordinatına ve deniz seviyesinden yüksekliğine karşılık gelmektedir (Çizelge 3.16.). SPAC ölçümleri sırasında alınan kayıtlar aynı zamanda mikrotremor (H/V) analizine de tabi tutulmuştur. Elde edilen zemin hâkim frekans ve zemin büyütme değerleri Çizelge 3.17.'de verilmiştir.

Çizelge 3.16. Mikrotremor dizin ve H/V ölçümlerinin yapıldığı noktaların koordinat ve yükseklik bilgileri

Ölçüm Noktası	Enlem (N)	Boylam (E)	Yükseklik (m)
B-09	38.63223°	27.13813°	24
M-307	38.56077°	27.02576°	14
M-242	38.59577°	27.00150°	12
M-207	38.61290°	26.97586°	7
M-301	38.56364°	26.94548°	11
M-122	38.65042°	27.02016°	18

Çizelge 3.17. SPAC noktalarındaki mikrotremor sonuçları

Ölçüm Noktası	Baskın Frekans (Hz)	Yatay/Düşey Genlik Oranı (H/V)
M-122	0.411	4.04
M-207	0.437	4.10
M-242	0.239	3.12
M-301	0.301	4.56
M-307	0.411	4.66

3.7. Özdirenç Yöntemi (Rezistivite)

Yeraltını oluşturan jeolojik yapıların elektrik akımını farklı iletmeleri ilkesine dayanan yöntem; yeraltı suyu, metalik mineral ve kil araştırılmasında ana yöntem olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yeraltındaki katmanların uzanım, derinlik ve kalınlıklarının, gömülü fayların konumlarının ve heyelan düzlemlerinin belirlenmesinde diğer jeofizik yöntemlerle veya tek başına kullanılmaktadır. DC özdirenç yönteminin en genel uygulaması, verici (transmitter) olarak tanımlanan bir kaynak yardımı ile iki uçtan yere elektrik akımı vermek ve bu akımın etkisi ile yerde oluşan gerilim farkını diğer iki uçtan bir alıcı (recevier) yardımı ile ölçmektir. Özdirenç bağıntısından hesaplanmaktadır. Burada I, yere verilen akım (amper); ∇V, yerden ölçülen gerilim farkı (volt) ve K ise akım ve gerilim elektrotlarının konumlarına bağlı bir katsayıdır (metre). Bu koşullarda ρ, ohm metre birimindedir.

$$\rho = (\nabla V/I)*K \qquad (3.10)$$

Çalışmalar sırasında Abem SAS1000 tipi rezistivite ölçer cihazı ve Wenner dizilimi kullanılmıştır. Ölçümlerin değerlendirilmesinde IPI2WIN programı kullanıldı. Bu

program elektrik prospeksiyon tekniklerinde kullanılan herhangi bir popüler elektrot dizilimi ile alınan, düşey elektrik sondajı ve/veya IP verilerini otomatik yorumlayacak şekilde tasarlanmıştır. Elektrik özdirenç yöntemi'nin kullanım amaçları; çalışma sahasındaki yeraltı suyu, yeraltındaki katmanların uzanım, derinlik ve kalınlıklarının tespit edilerek diğer ölçümlerle korale etmektir. Ölçüm alınan noktalarını koordinatları Çizelge 3.18. 'de verilmiştir. Çalışma sahasında alınan 15 adet Elektrik özdirenç ölçümüne ait grafikler EK-5'de sunulmuştur.

Çizelge 3.18. Elektrik özdirenç ölçüm noktaları koordinatları

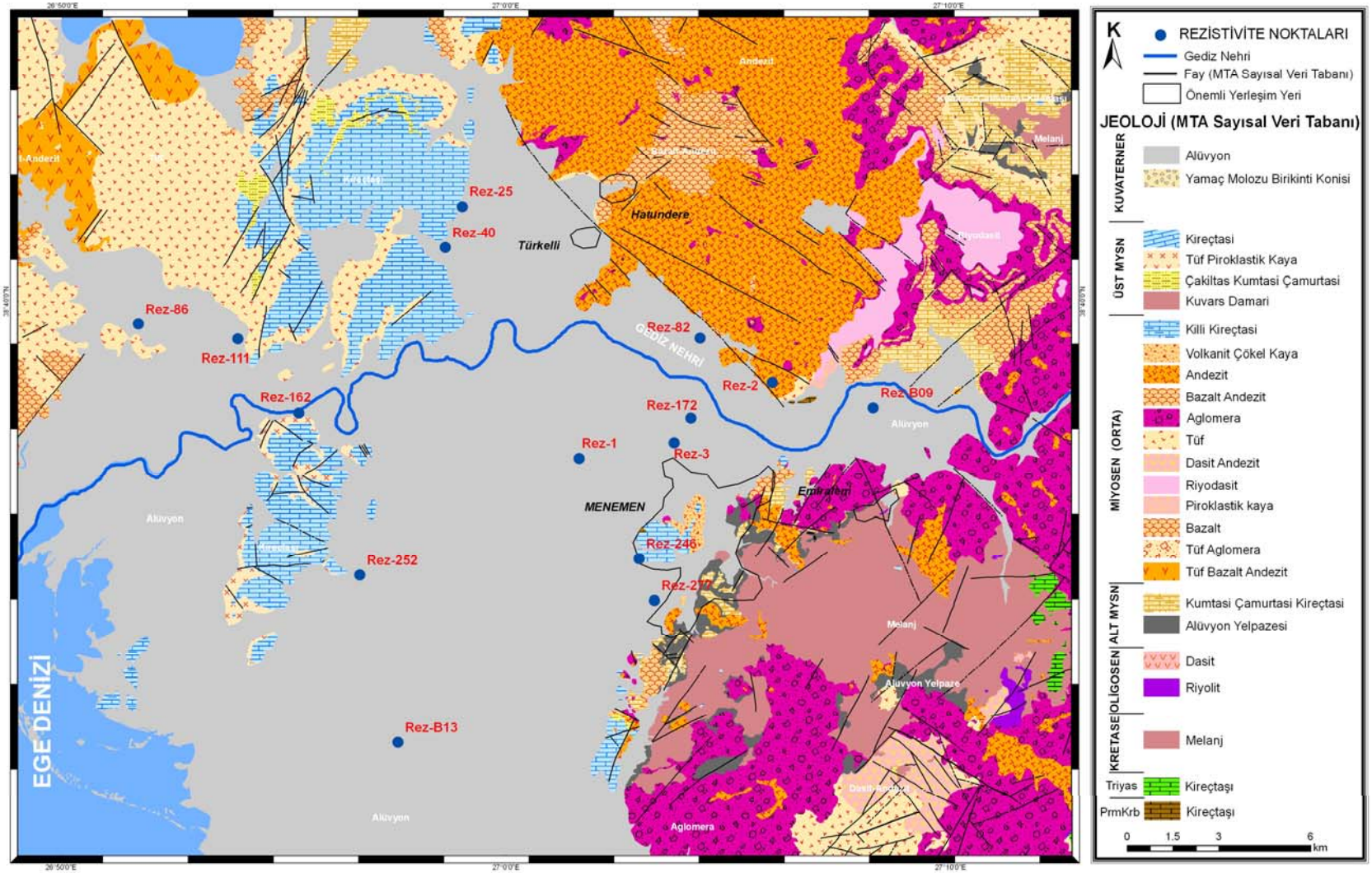
Nokta	Boylam	Enlem	Açılım
REZ-25	498584	4282923	Wenner
REZ-40	498021	4281578	Wenner
REZ-82	506357	4278598	Wenner
REZ-86	487991	4279059	Wenner
REZ-111	491240	4278576	Wenner
REZ-162	493243	4276130	Wenner
REZ-172	506056	4275968	Wenner
REZ-246	504361	4271374	Wenner
REZ-252	495237	4270831	Wenner
REZ-277	504868	4269998	Wenner
REZ-B09	512015	4276303	Wenner
REZ-B13	496477	4265357	Wenner
REZ-1	502402	4274667	Schlumberger
REZ-2	508711	4277143	Schlumberger
REZ-3	510494	4282859	Schlumberger

Rezistivite yöntemi zeminlerin korozif özelliği hakkında bigi sağlamaktadır. Çizelge 3.19.'da TS 5141'e göre zeminlerin korozif sınflaması yer almaktadır.

Çizelge 3.19. TS 5141' e göre zeminlerin korozif özelliği sınıflaması

Rezistivite (ohm-m)	Zeminin Korozif Özelliği
10>	Çok Korozif
10-30	Korozif
30-100	Orta Korozif
100<	Az Korozif

Şekil 3.46.'da çalışma sahasında gerçekleştirilen Rezistivite ölçümleri konumları gösterilmektedir.



Şekil 3.46. Rezistivite ölçüm noktaları

3.8. Sondaj Çalışmaları

"İzmir Metropolü İle Aliağa Ve Menemen İlçelerinde Güvenli Yapı Tasarımı İçin Zeminin Sismik Davranışlarının Modellenmesi" projesi kapsamında çalışma sahasında 12 adet sondaj gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2009). Sondaj derinlikleri 28 ile 45 m arasında değişmektedir. Sondaj metodu olarak sulu sistem rotary kullanılmıştır. Sondaj loglarında jeolojik birimlerin tanımlanması yanında SPT N değerleri'de yer almaktadır. Sondaj logları temel kaya derinliklerinin belirlenmesinde ve jeofizik verilerin yorum aşamasında kullanılmıştır. Sondajların coğrafi konumları Çizelge 3.20.'de sunulmuştur. Sondaj logları EK-6'da sunulmuştur.

Çizelge 3.20. Çalışma alanındaki sondajların coğrafi konumları

Nokta	Enlem	Boylam	Nokta	Enlem	Boylam
SONDAJ-B_09	4275190	511042	SONDAJ-277	4269797	504942
SONDAJ-82	4278343	506652	SONDAJ-246	4271012	504585
SONDAJ-40	4281438	497845	SONDAJ-242	4272740	501299
SONDAJ-25	4282770	498535	SONDAJ-307	4267333	502841
SONDAJ-86	4278848	487940	SONDAJ-122	4277791	501985
SONDAJ-111	4278260	491127	SONDAJ-DSİ-1	4273634	518614
SONDAJ-162	4275857	493400	SONDAJ-DSİ-2	4282859	510494

Çalışma sahasında başka kurumlarca sondajlar ve raporlar toparlanmıştır. Bu çalışmalardan birincisi bölgede DSİ tarafından gerçekleştirilen 2 adet 300 ve 200 metrelik sondajlardır (Anonim, 2002). Bunlardan birincisi Alaniçi köyünde gerçekleştirilmiştir.

Bu sondaja göre litolojik birimler Çizelge 3.21.'de sunulmuştur. Yine bölgede DSİ tarafından açılan Çukurköy mevkiindeki litolojik birimler Çizelge 3.22.'de sunulmuştur. Çalışma alanında yer alan sondaj konumları Şekil 3.47'de sunulmuştur. Çalışma alanında yüzeylenen bazı kayaçlardan örnekler alınılarak nokta yükleme dayanım indeksleri belirlenmiştir (Çizelge 3.23.). Nokta yükleme deneyi günümüzde mhendislik jeolojisi ile ilgili çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 3.21. Menemen-Alaniçi DSİ sondajı derinlik-litoloji tanımı

Derinlik	Litoloji
0-2 m	Bitkisel Toprak
2-12 m	Ayrışmış Andezit
12-24 m	Andezit (Siyah renkli)
24-41 m	Andezit (Kısmen ayrışmış kırmızı killi)
41-52 m	Andezit (Siyah renkli)
52-69 m	Andezit (Siyah, bordo renkli)
69-117 m	Kısmen Ayrışmış Andezit (Gri renkli konglomera)
117-155 m	Andezit (Gri Renkli)
155-168 m	Andezit (Bej renkli, killi kısmen ayrışmış)
168-249 m	Andezit (Bordo renli, Killi)
249-268 m	Andezit (Bordo renkli, killi, kimi seviyeler ve gevşek)
268-296 m	Andezit (Tanecikler yuvarlak ve gevşek halde)
296-300 m	Kil Kısmen ayrışmış Andezit

Çizelge 3.22. Menemen-Çukurköy DSİ sondajı derinlik-litoloji tanımı

Derinlik	Litoloji
0-2 m	Bitkisel Toprak
2-12 m	Kil
12-23 m	Kil (Andezit çakılı içeriyor kahve renkli)
23-60 m	Andezit (Bordo ve gri renkli)
60-120 m	Aglomera (Gri, bordo ve siyahımsı renkte)
120-200 m	Bazalt (Siyah ve koyu gri renkli yer yer çatlaklı ve çatlakların bir kısmı kil dolgulu)

Bu deney ile iki konik uç (platen) arasında sıkıştırılan kayaç örneğinin yenilme yükü ve boyutları, kullanılarak nokta yükleme dayanım indeksinin hesaplanması amaçlanmaktadır. Elde edilen nokta yükleme, dayanım indeksi, kayaçların tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımlarının dolaylı olarak belirlenmesinde, kayaçların malzeme özelliği, açısından dayanımlarına göre sınıflandırılmasında, kayaç

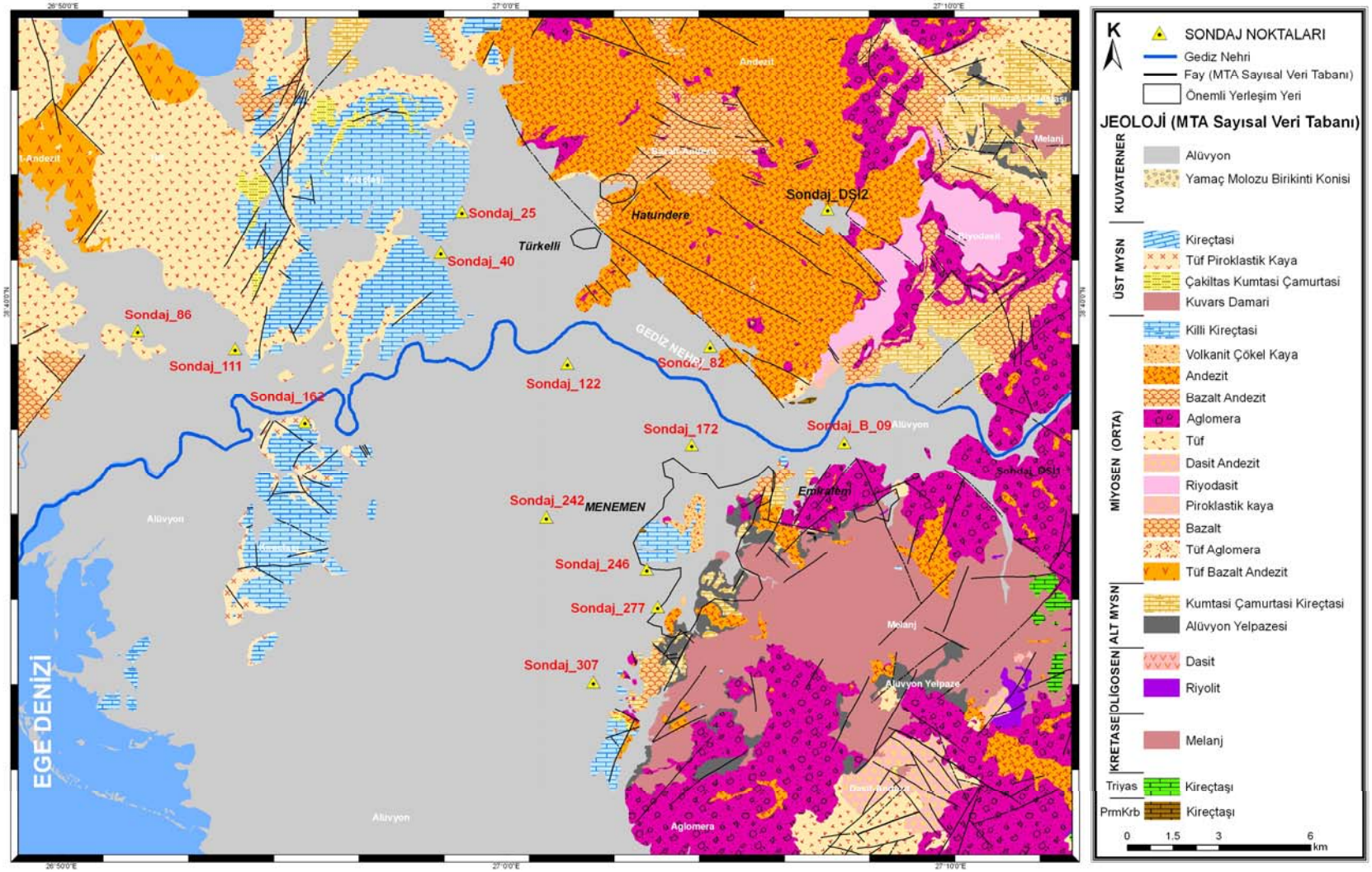
anizotropisinin saptanmasında, RMR kaya kütlesi sınıflamasında, tünel açma makinesi hızının tahmininde, kayaçların kazılabilirlik açısından sınıflamalarında ve kayaçların dış etkilere karşı dayanıklılığı ile ilgili çalışmalarda kullanılmakladır.

Çizelge 3.23. Çalışma sahasında yer alan bazı kayaçların nokta yükü indeksleri

Kayaç Tanımı	ENLEM	BOYLAM	Boşluk Oranı	Porozite %	Birim Ağırlık t/m^3	Nokta Yük İndeksi Is(50) Kgr/cm^2
Andezit	507259	4278724	0.0020	0.200	2.545	14.6
Kireçtaşı	497816	4281100	0.0036	0.356	2.459	19.4
Melanj	507377	4271538	0.0007	0.068	2.542	17.9
Melanj	512614	4272943	0.0013	0.132	2.487	13.2
Aglomera	507940	4273125	0.0004	0.045	2.336	10.3

Bu Kayaların Bieniawski (1975) nokta yük indeksi sınıflamasına göre "Düşük Dayanımlı" kayaç sınıfında yer aldıkları bulunmuştur.

Çalışma alanı içinde kalan ikinci kapsamlı bir çalışmada, "Menemen Plastik Organize Sanayi Bölgesi İmara Esas Jeolojik-Jeoteknik" etüd raporudur. Rapora göre Plastik Organize sanayi kurulacak olan alan MTA 1/25000 lik haritalarda "Tma3" simgesi ile gösterilen; gölsel kiltaşı, killi kireçtaşı ara düzeyleri ile tanımlamıştır. Çalışma alanında derinlikleri 6–14 metre arasında değişen on adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondajlarda bejimsi-beyazımsı renkli altere killi kireçtaşı ve killi kireçtaşı (alt seviyelerde oldukça kırıklı çatlaklı) birimlere rastlanmıştır.



Şekil 3.47. Sondaj nokta konumları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

S-dalga hız profilleri kullanılarak zemin sınıfı bilgilerinin oluşturulması için çeşitli sınıflama kriterleri mevcuttur. Çalışma sahasındaki zeminlerin V_{s30} hızları NEHRP zemin sınıflamasına göre haritalanmıştır. NEHRP, A.B.D'de jeoteknik ve inşaat mühendisliği camiasında kabul görmüş ve yeni yapılan inşaatların sismik dizaynın' da yaygın olarak kullanılan zemin sınıflama kriterleridir. NEHRP'e göre zemin sınıfı, S-dalga hızının 30 metre derinliğe kadar olan ortalama hızına (V_{s30}) dayanmaktadır ve bu sınıflar (A = > 1,500 m/s; B = 760-1,500 m/s; C = 360-760 m/s; D =180-360 m/s; E = < 180 m/s) dır.

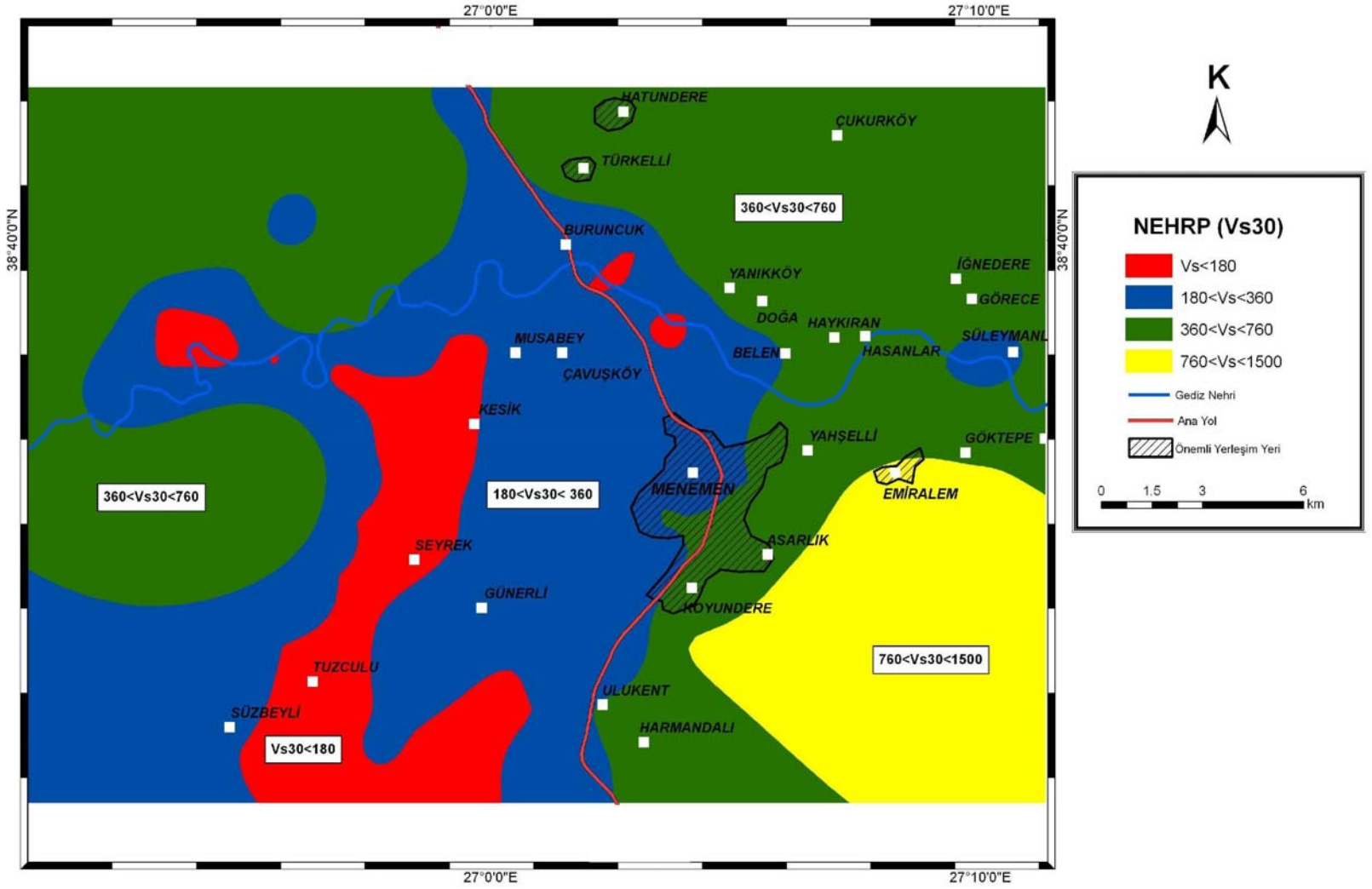
Çizelge 3.14.' de verilen değerler kullanılarak İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı zeminleri V_{s30} haritası üretildi (Şekil 4.1.).

Buna göre Menemen ilçe merkezinin Batı ve Güney batısında yer alan Alüvyon zeminler içinde kalan Kesik, Tuzcular ve Seyrek köylerinin V_{s30} < 180 m/sn hız ile E-F tipi zemin (yumuşak kil ve özel çalışma gerektiren zemin) sınıflarında yer aldığı görülmüştür (Şekil 4.1).

Menemen merkez yerleşmesinin batısında (Ana yolun batısı) kalan yerler ile Süleymanlı, Çavuşköy, Musabey, Günerli, Buruncuk ve Süzbeyli köylerinin 180 < V_{s30}<360 m/sn hız ile D tipi zemin (sıkı zemin) sınıfında yer aldığı görülmüştür (Şekil 4.1).

Menemen merkez yerleşmesinin ağırlıklı olarak Kuzey ve Kuzey doğusunda yer alan Haykıran, Yanıkköy, Görece, Doğa, İğnedere, Hatundere, Türkeli, Hasanlar, Harmandalı, Göktepe, Ulukent, Koyundere ve Asarlık köylerinin 360< V_{s30}<760 m/sn hız ile C tipi zemin (Çok yoğun zemin-yumuşak kaya) sınıfında yer aldığı görülmüştür (Şekil 4.1).

Emiralem köyünün güney-güney doğusunda yer alan yamaçlarda yeralan Melanj ve Aglomera birimlerinde 760< V_{s30}<1500 m/sn hız ile B tipi zemin (kaya) sınıfında yer aldığı görüldü (Şekil 4.1).

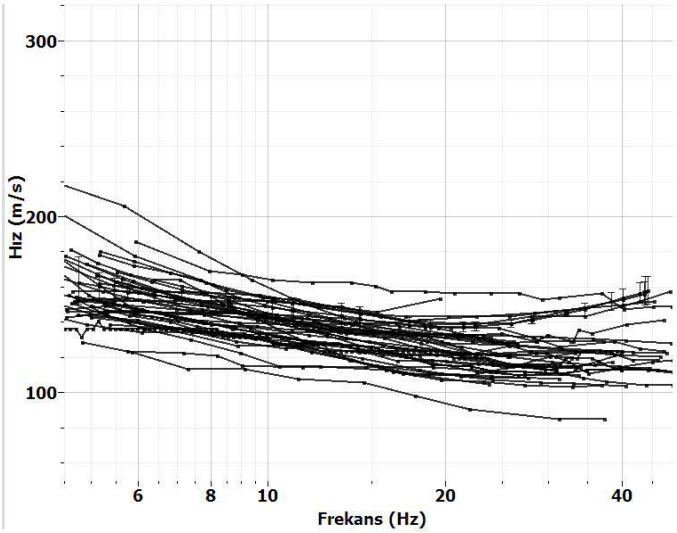


Şekil 4.1. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı zeminleri V_{S30} değişimi haritası

Çizelge 4.1'de verilen MASW ölçüm noktalarının (41 adet) dispersiyon grafikleri incelendiğinde benzer dispersiyon eğrilerine sahip oldukları görülmektedir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.1. Benzer dispersiyon eğrisine sahip ölçüm noktaları

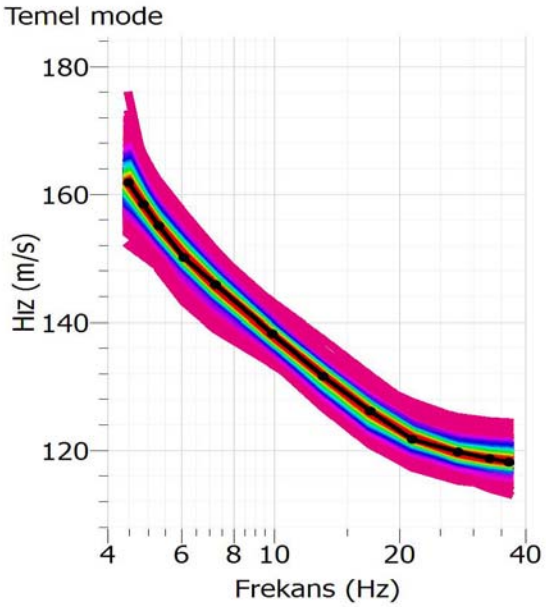
MASW-118	MASW-208	MASW-158	MASW-273	MASW-156
MASW-122	MASW-210	MASW-160	MASW-275	MASW-271
MASW-124	MASW-212	MASW-162	MASW-297	MASW-206
MASW-78	MASW-214	MASW-164	MASW-301	MASW-126
MASW-80	MASW-238	MASW-166	MASW-303	MASW-267
MASW-82	MASW-240	MASW-168	MASW-305	MASW-174
MASW-110	MASW-242	MASW-170	MASW-307	b-05
MASW-120	MASW-244	MASW-172	MASW-299	b-13
b-14				



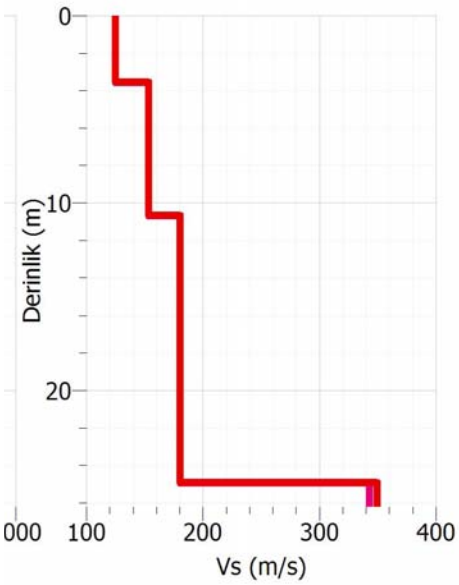
Şekil 4.2. Farklı ölçüm noktalarındaki benzer dispersiyon eğrileri

Şekildeki dispersiyon eğrilerinin ortalaması alınarak çalışma sahasında alüvyon zeminler üzerinde yer alan bu ölçüm noktalarını temsil edebilecek karakteristik bir dispersiyon eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.3.).

Bu ortalama dispersiyon eğrisi için ters çözüm yapıllarak bu ölçüm noktaları için Vs-derinlik değişimi Şekil 4.4.'deki gibi elde edildi.



Şekil 4.3. Alüvyon zeminler için karekteristik dispersiyon eğrisi



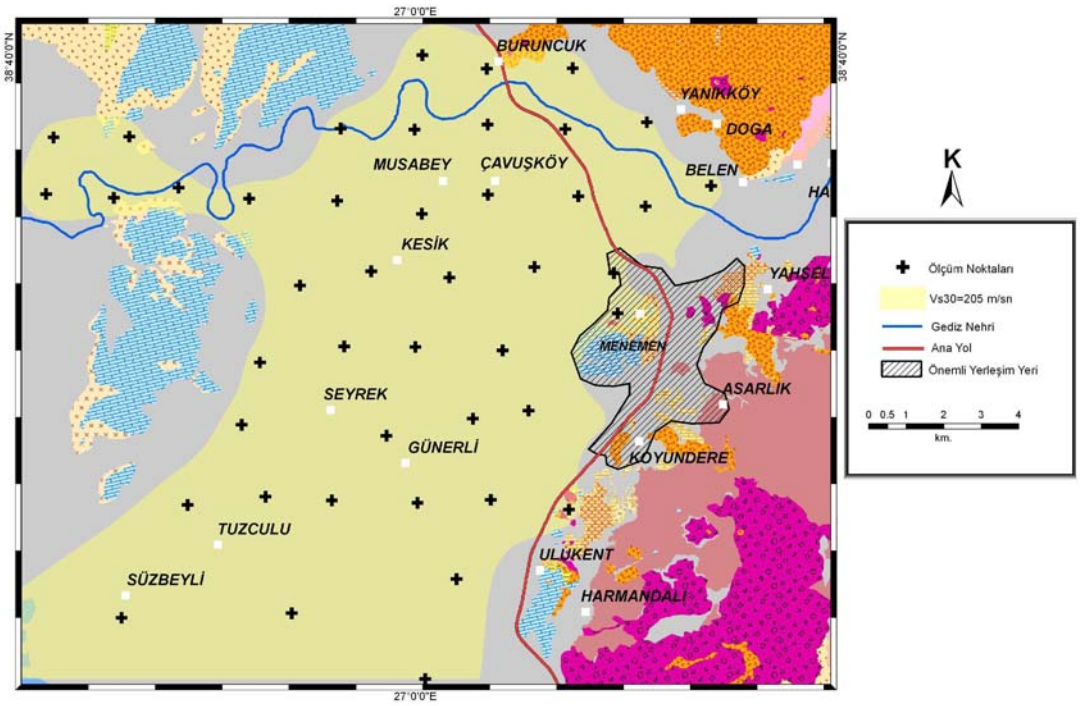
Kalınlık (m)	Vs (m/sn)
3.6	125
7.1	154
14.2	181

Şekil 4.4. Ortalama dispersiyon eğrisi için vs-derinlik değişimi

Ters çözüm sonucu 25 metre kalınlık için V_{s30}=195 m/sn hesaplandı.

$$Vs25 = \frac{25}{\sum_{i}^{N}(\frac{h_i}{V_i})} = 195 \text{ m/sn} \qquad (4.1)$$

Boore (2004) bağıntısı kullanılarak; bu noktalar için kayma dalga hızı ise V_{s30}=205 m/sn bulundu. Bu noktaların 180< V_{s30}<360 m/sn hız aralığı ile D tipi zemin (sıkı zemin) sınıfında yer aldığı görülmüştür. Şekil 4.6.'da bu alanlar koyu sarı renkte gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Benzer dispersiyon eğrisine sahip alanlar (V_{s30} = 205 m/sn)

Çizelge 3.14.' de verilen V_{s30} değerleri ve Midorikawa (1987) bağıntısı kullanılarak İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı zemin büyütme haritası üretildi (Şekil 4.6.).

Bu haritaya göre Menemen ilçe merkezi ve bağlı köylerin zemin büyütmesi Çizelge 4.2'deki gibi olduğu belirlendi.

Çizelge 4.2 İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin büyütmeleri

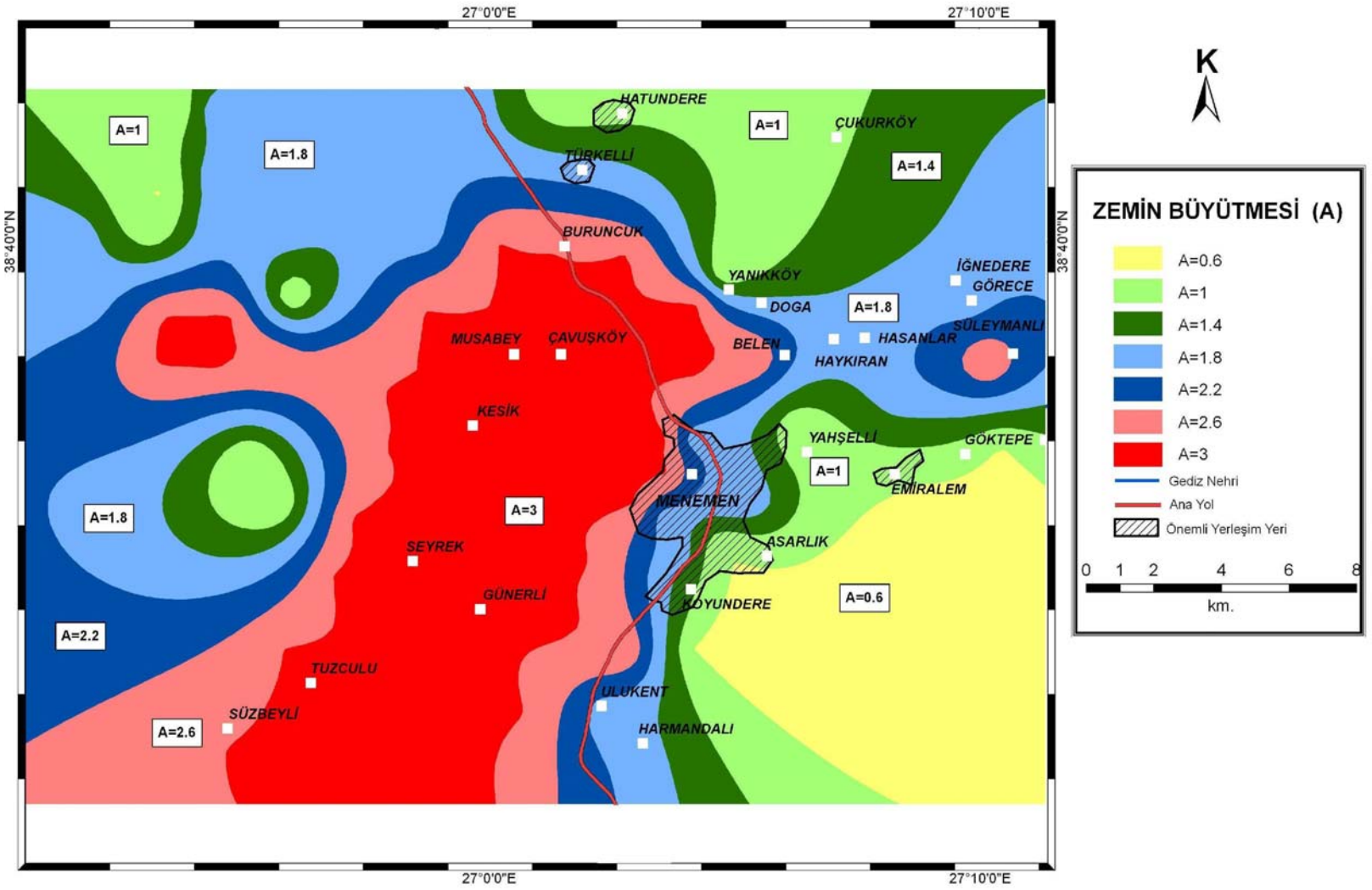
Zemin Büyütmesi (A)	Yerleşme
2.6–3	Tuzculu, Günerli, Seyrek, Kesik, Musabey, Çavuşköy, Buruncuk
1.8–2	Türkeli, Doğa, Hasanlar, Haykıran, İğnedere, Ulukent, Harmandalı, Görece, Menemen'in büyük bölümü
1–1.4	Asarlık, Göktepe, Hatundere, Çukurköy Emirlaem, Koyundere

Harita incelendiğinde Menemen ovasını kaplayan alüvyon alanların 2.6–3 arası büyütme değerine sahip olduğu görülmektedir.

Bu sınırın hemen çevresinde daha düşük büyütme (1-8-2.2) gösteren alüvyon alanlar bulunmaktadır. Bu kısımlarda büyütmenin düşmesi bu alanı sınırlayan kaya birimlerin, bu alüvyon alanların hemen altlarında sığ derinliklerde (30 metreden sığ) olması sebebiyle V_{s30} hızının artmasına neden olmasıdır. Bu artış Midorikawa (1987) bağıntısında büyütme değerlerinin küçülmesine sebep olmaktadır.

H/V tekniği ile elde edilen spektrumlar incelendiğinde bu alanlarda H/V= 5 gibi büyük bir büyütme değerine sahip oldukları görülmektedir. Bunun sebebi üsteki gevşek birimler ile alttaki kaya birim arasındaki büyük empedans farkı olduğu değerlendirilmiştir.

Genel olarak Tüf tipi zeminlerin 1.8 katlık bir büyütme değerine sahip olduğu, diğer Melanj, Aglomera, Andezit tipi zeminlerin bir büyütme göstermediği görülmektedir.



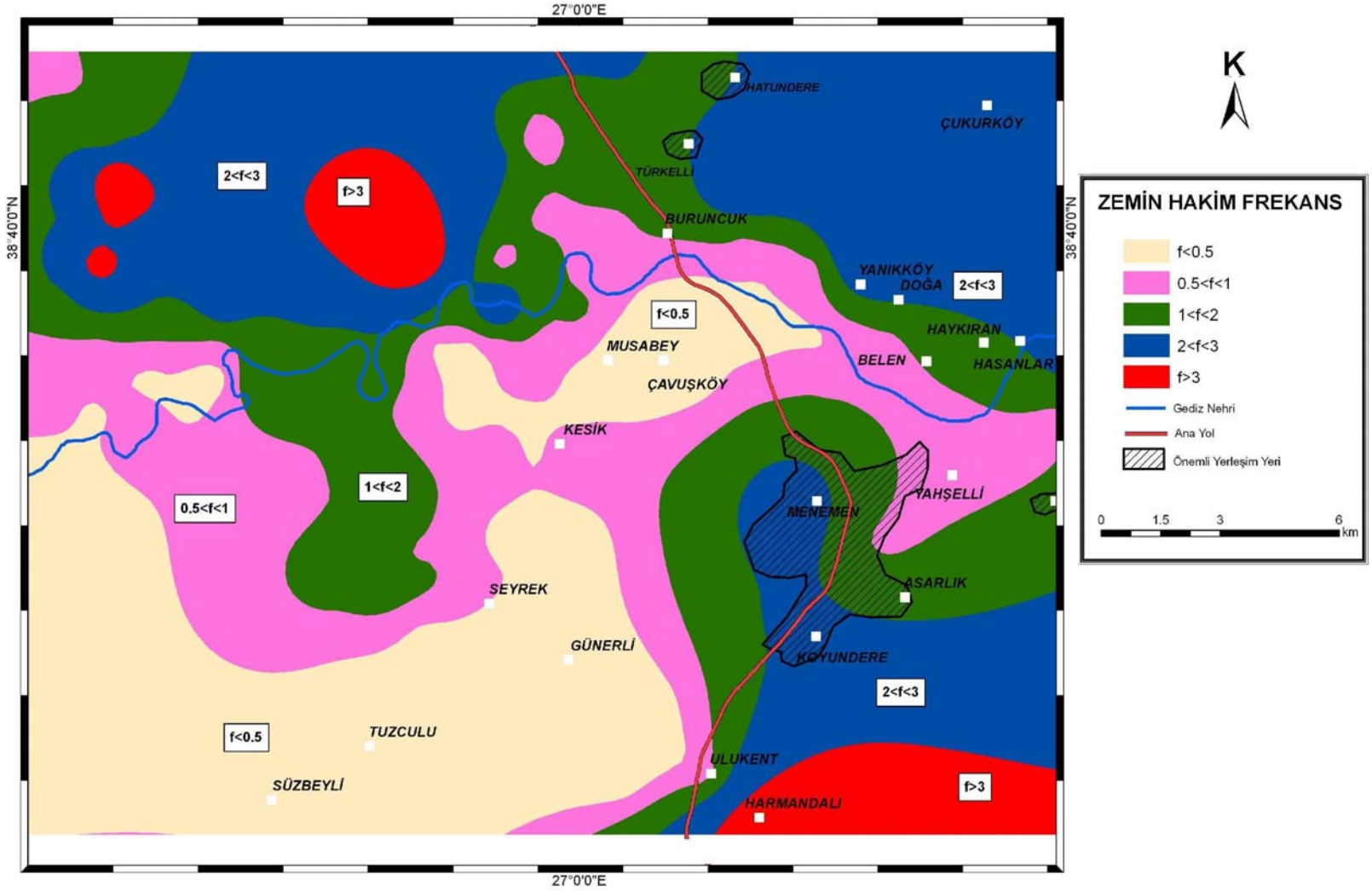
Şekil 4.6. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin büyütme değişimi haritası

H/V tekniği ile elde edilen ve Çizelge 3.6.' da verilen zemin hâkim frekans değerleri kullanılarak İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı zemin hâkim frekans haritası üretildi (Şekil 4.7.).

Bu haritaya göre Menemen ilçe merkezi ve bağlı köylerin zemin büyütmesi Çizelge 4.3'deki gibi olduğu belirlendi.

Çizelge 4.3. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin hâkim frekansları

Zemin Büyütmesi (A)	Yerleşme
f< 0.5 Hz	Tuzculu, Günerli, Seyrek, Musabey, Çavuşköy
0.5<f<1 Hz	Ulukent, Yahşelli, Doğa, Hasanlar, İğnedere, Ulukent, Harmandalı, Görece,
1<f<2	Haykıran, Türkeli, Buruncuk, Belen, Haykıran, Menemen Merkez (doğu) kesimi, Asarlık, Hatundere (batı)
2<f<3	Koyundere, Hasanlar, Doğa, Yanıkköy, Çukurköy, Hatundere (doğu), Menemen Merkez (batı) kesimi
f>3	Harmandalı



Şekil 4.7 Izmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin zemin hâkim frekansı değişimi haritası

Çizelge 3.6.' da verilen zemin hâkim frekans-temel kaya derinliği değerleri kullanılarak İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı temel kaya derinliği haritası üretildi (Şekil 4.8.).

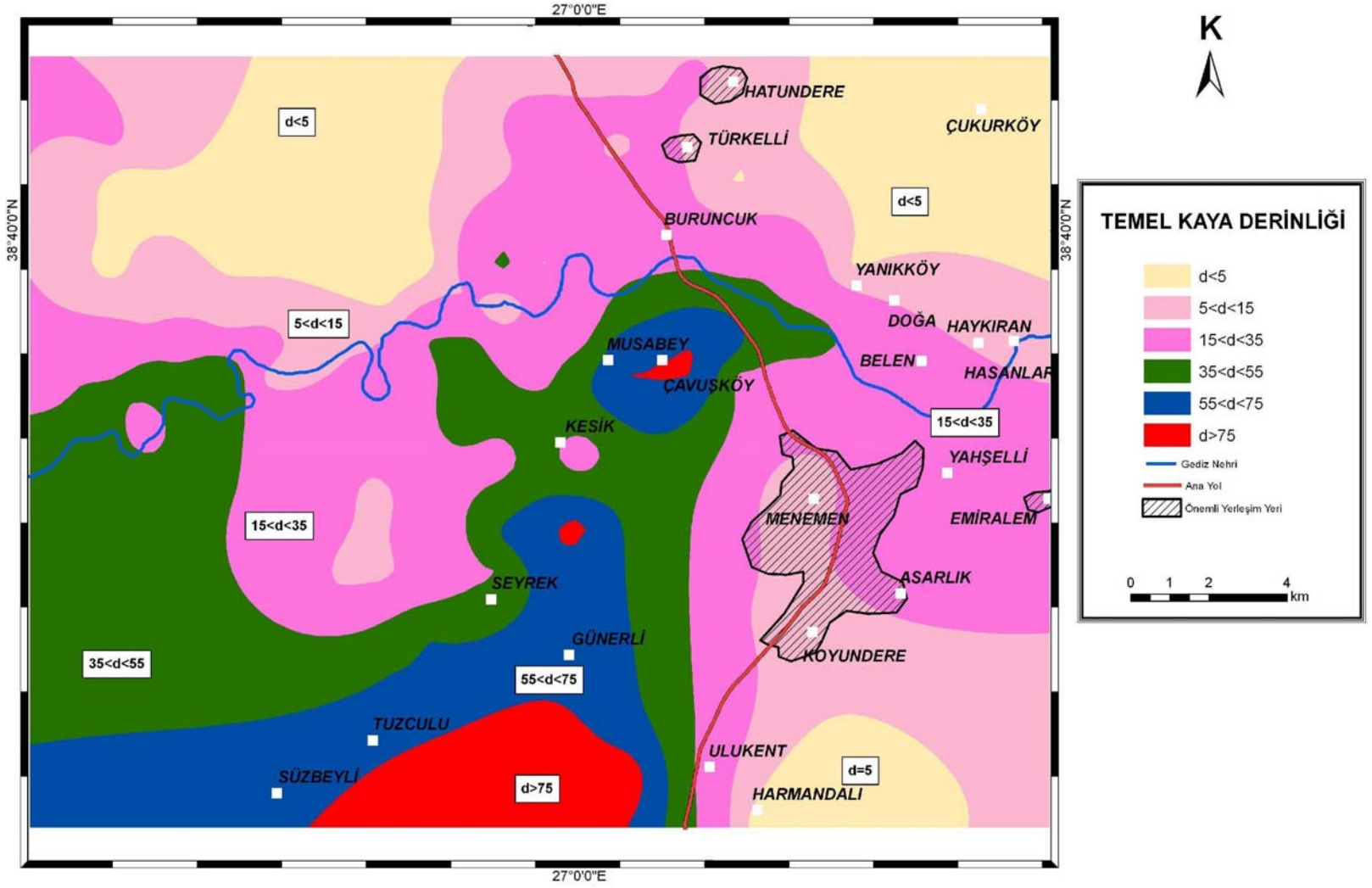
Bu haritaya göre Menemen ilçe merkezi ve bağlı köylerin temel kaya derinlik değerlerinin Çizelge 4.4'deki gibi olduğu belirlendi.

Çizelge 4.4. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin temel kaya derinlik değerleri

Zemin Büyütmesi (A)	Yerleşme
d< 5 m	Çukurköy, Harmandalı
5<d<15 m	Hatundere (doğu), Yanıkköy, Doğa, Haykıran, Hasanlar, Koyundere , Turkeli (doğu), Menemen merkez (batı)
15<d<35 m	Emirâlem, Yahşelli, Belen, Buruncuk, Asarlık, Menemen Merkez (doğu) kesimi, Ulukent
35<d<55 m	Seyrek,
55<d<75 m	Süzbeyli, Günerli, Tuzculu, Musabey, Çavuşköy

Sondaj sonuçlarına göre çalışma sahasındaki alüvyon zeminlerin ağırlıklı olarak USCS sınıflmasına göre CH (Yüksek plastiseli inorganik kil), CL (düşük plastiseli, çakıllı, siltli, inorganik kil), ML (Hafif plastiseli inorganik silt), SC (Killi kum), SM (Siltli kum) sınırına girdikleri görülmüştür.

Bu zeminlerin SPT N değerlerine göre sınıflandırıldıklarında killi birimlerin (CH ve CL) Katı-Çok Katı, Kumlu birimlerin (SC, SM) Orta-Sıkı, Siltli birimlerin ise (MH ve ML) Orta Sıkı sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir. Killi birimlerin Likit Limit (% LL) değerleri %34-%69, Plastisite Limit (% PL) değerleri %14-%31 ve Plastisite İndisi (% PI) değerlerinin %15-% 47 aralığında değiştiği saptanmıştır.



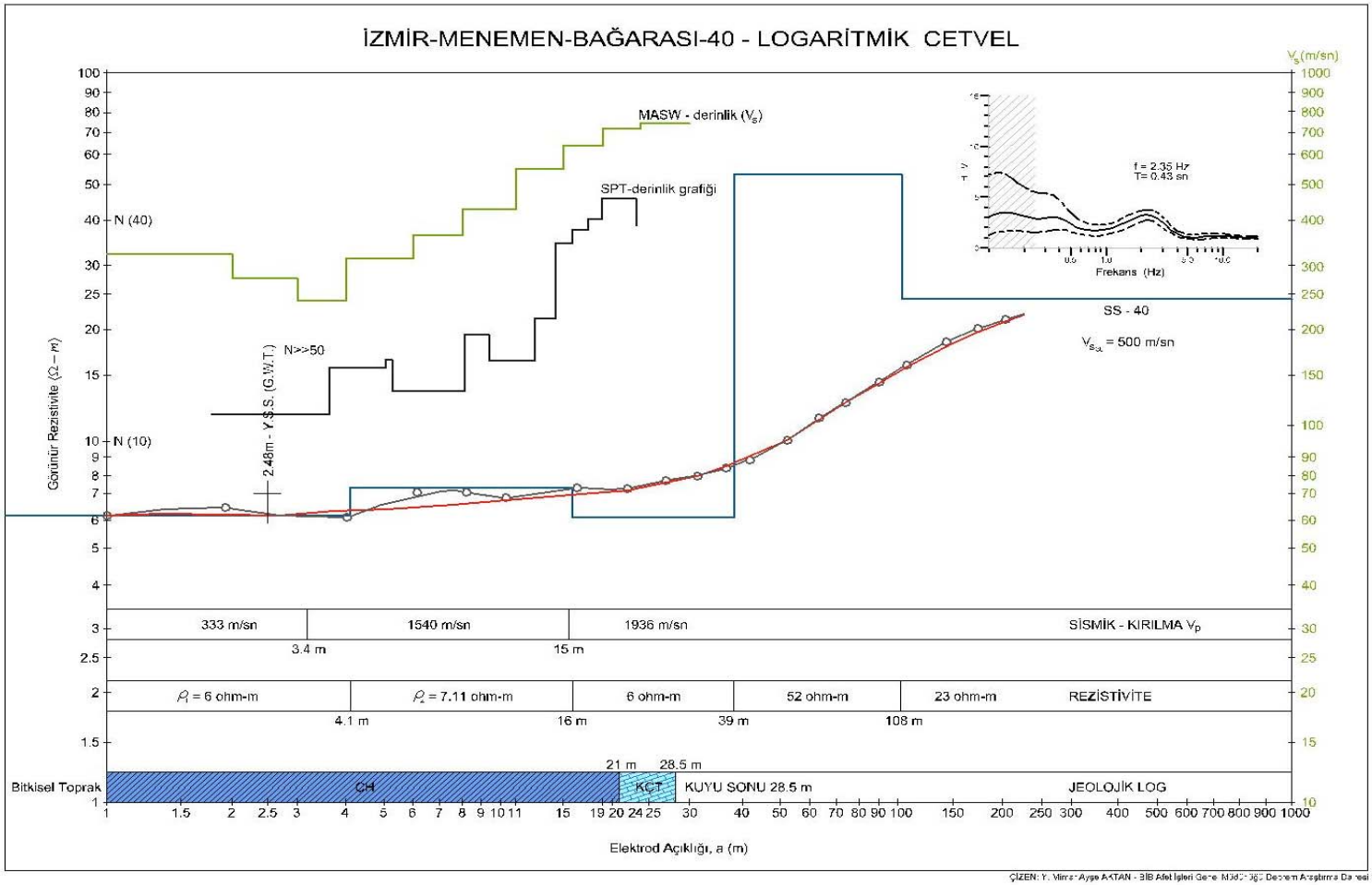
Şekil 4.8. İzmir-Menemen ilçesi ve yakın civarı yerleşmelerin temel kaya derinlik değişimi

Tez'in hedeflerinden biriside yüzey dalgası yöntemlerinin jeolojik birimleri tanımlama kabiliyeti ve nüfuz derinlikleri olduğundan bölgede proje kapsamında gerçekleştirilmiş olan sondaj verilerine yakın toplanan MASW ve SPAC ölçümleri sonuçları aynı grafik üzerine toplanarak yorumlandı. Yine bu noktalara çok yakın rezistivite, mikrotremor veya sismik kırılma ölçüsü varsa bunlarda yorumlamada kullanıldı.

NOKTA–40:

Bu ölçü noktasında yüzeyde yaklaşık 1 m kalınlığında "bitkisel toprak" seviyesini takiben, Vp=333 m/sn hız ve N_{30}-değeri yaklaşık 12 değeriyle belirlenen, "kuru", "CH" ve 5–7 ohm-m gibi düşük rezistivite değerleriyle, ["yüksek-derecede" korezif sınıfında bir zemin] yerini 3.4 m den sonra su ile doygun ve 1540 m/sn değerleriyle 15 metre derinliğe ulaşan "CH" sınıfındaki yağlı kile (SPT değerleri 14–18 arasında) bıraktığı görülmektedir. Bu derinliğe kadar olan S dalga hızı 242–325 m/sn arasında değişmektedir. 15 metrede P dalgası hızının 1936 m/sn, S dalgası hızının ise 550 m/sn, bu derinlikten sonra S dalgası hızının 708 m/sn ulaştığı görülmektedir. Bu arada dikkate değer husus sismik çalışmalarla bulunan yüksek hız değerinin (1936 m/sn) hemen başladığı seviyelerde "SPT" değerlerinde N_{30}>>50 değerleriyle seyrettiği dikkati çekmektedir. P-dalgası hızının 2000 m/sn'ye ve S-dalgası 500–700 m/sn'ye ulaştığı seviyeler "sismik temel kaya" olarak bilinen seviyeleri göstermekletdir. Sondaj logu da 21 m de kireçtaşına girildiğini teyit etmektedir. Kireçtaşlı seviyenin 108–175 derinlikler arasında kireç taşı birimi içinde bozuşma veya faylanmalar nedeniyle düşük rezistiviteli (23 ohm-m) seviyelerle sonlandığı görülmektedir (Şeki 4.9).

Bu sondaj noktasına en yakın mikrotremor ölçümü SS–40 noktasında ölçülmüş ve hâkim frekansı f=2.35 Hz bulunmuştur. Temel kaya üzerindeki 21 metrelik killi birimin zemin hâkim frekansı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.9. 40 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri

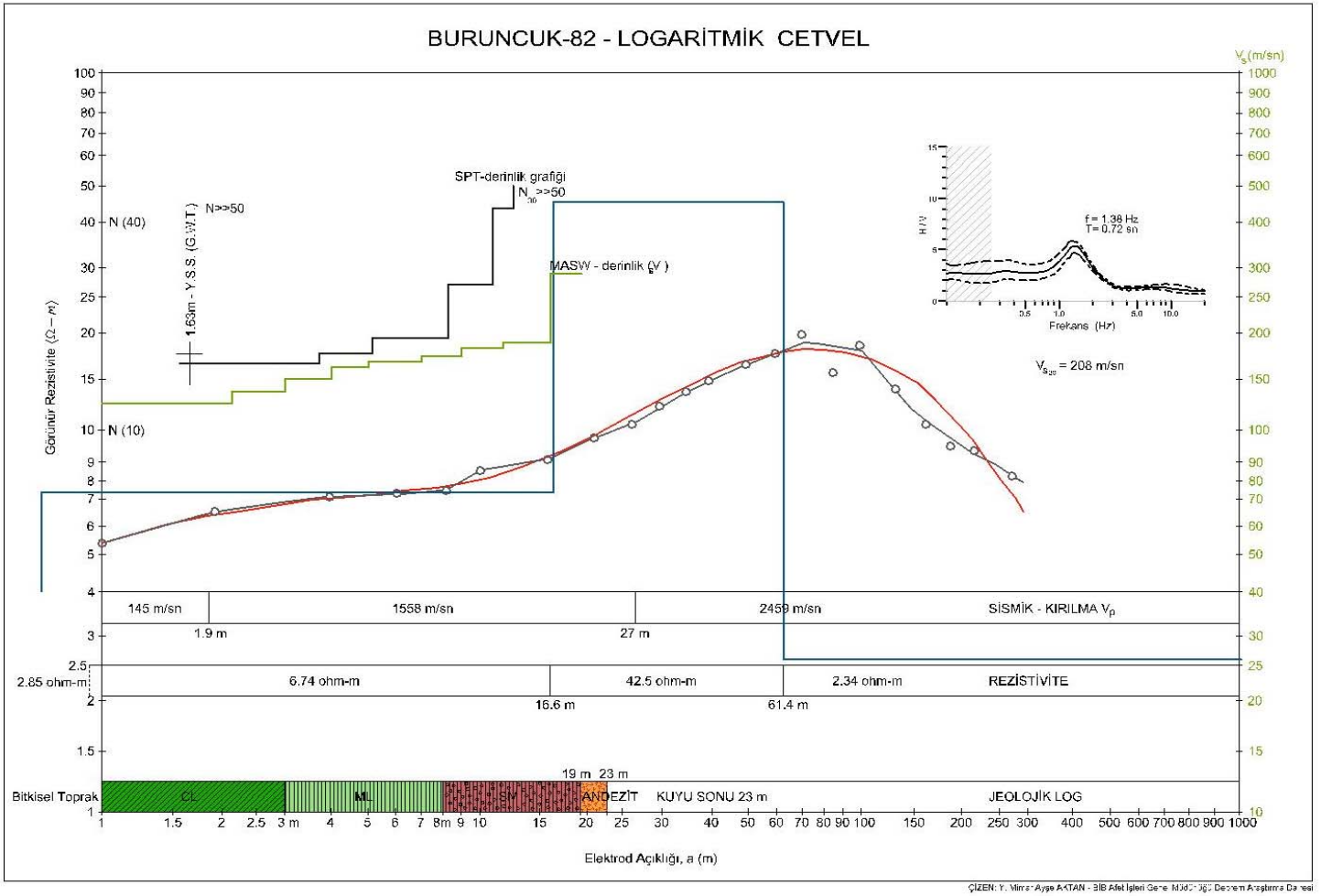
NOKTA–82:

Yaklaşık 250 m derinliğe kadar inen elektrik sondajında yüzeyden itibaren 1 m bitkisel toprağı takiben sırasıyla CL, ML, SM (siltli kum) jeolojik birimlerini takiben de P-dalgasının 2459 m/sn değerleriyle karakterize edildiği "andezite" girilmiştir. Sondaj verileriyle 19 m kalınlıktan itibaren başlayan temel kaya, sismik verilerde 27 m olarak bulunmuştur. Rezistivite sonuçları yaklaşık 17 m olarak yatay kolonlar içinde gösterilmiştir. Bu noktada YSS seviyesi 1.53 m ölçülmüştür. YSS seviyesi rezistivite ölçümlerinde de 1.9 metrelerde gözükmektedir.

Ancak gerek sismik gerekse sondaj verilerinin yeterince derine ait bilgileri içermemesi nedeniyle andezitin 60 metrelerden sonra ani olarak rezistivitesi çok küçük 2.3 ohm-m bir değere düşmesidir. Elektrik sondajı "Nokta-40"da kireçtaşında görülen fay ve ezilme zonundan dolayı eğim değişikliği ile bu noktada elde edilen temel kaya altındaki çok ani düşüş son derece dikkate değerdir. Andezitin altında muhtemelen "volkanik tüf" birimlerinin bulunmasıdır. Derin sondajlarla bu formasyonun niteliğinin ve litolojik karakterinin (su muhtevası, porosite ve çimentolaşma derecesi) ortaya konması çok önemlidir.

SPT test sonuçlarının derinlikle değişimin incelenmesi sırasında en dikkate değer husus; CL ve ML birimleri boyunca 17–20 darbe elde edilirken, siltli kumda (SM) son 30 cm için bulunan N_{30} değerinde ani yükselişle 50 vuruş değerine ulaşmıştır.

Bu sondaj noktasına en yakın MASW–126 nolu ölçü noktasında S dalga hızı 2 metrede Kili seviyelerde (CL) 127 m/sn, P dalga hızı 145 m/sn ile başlayıp, silt (ML) ve siltli kum (SM) birimler içinde derinlikle artarak 15–18 metrelerde civarında Vs=289 m/sn, Vp= 1550 m/sn, $N_{30} > 30$ ve rezistivite değerleride 42.5 ohm-m değerlerine birbirleriyle uyumlu olarak yükselmektedir. Bu sondaj noktasına en yakın mikrotremor ölçümü SS–82 noktasında ölçülmüş ve hâkim frekanası f=1.38 Hz bulunmuştur. Temel kaya üzerindeki 19 metre kalınlığındaki killi, siltli ve siltli kum birimlerin zemin hâkim frekansı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.10. 82 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri

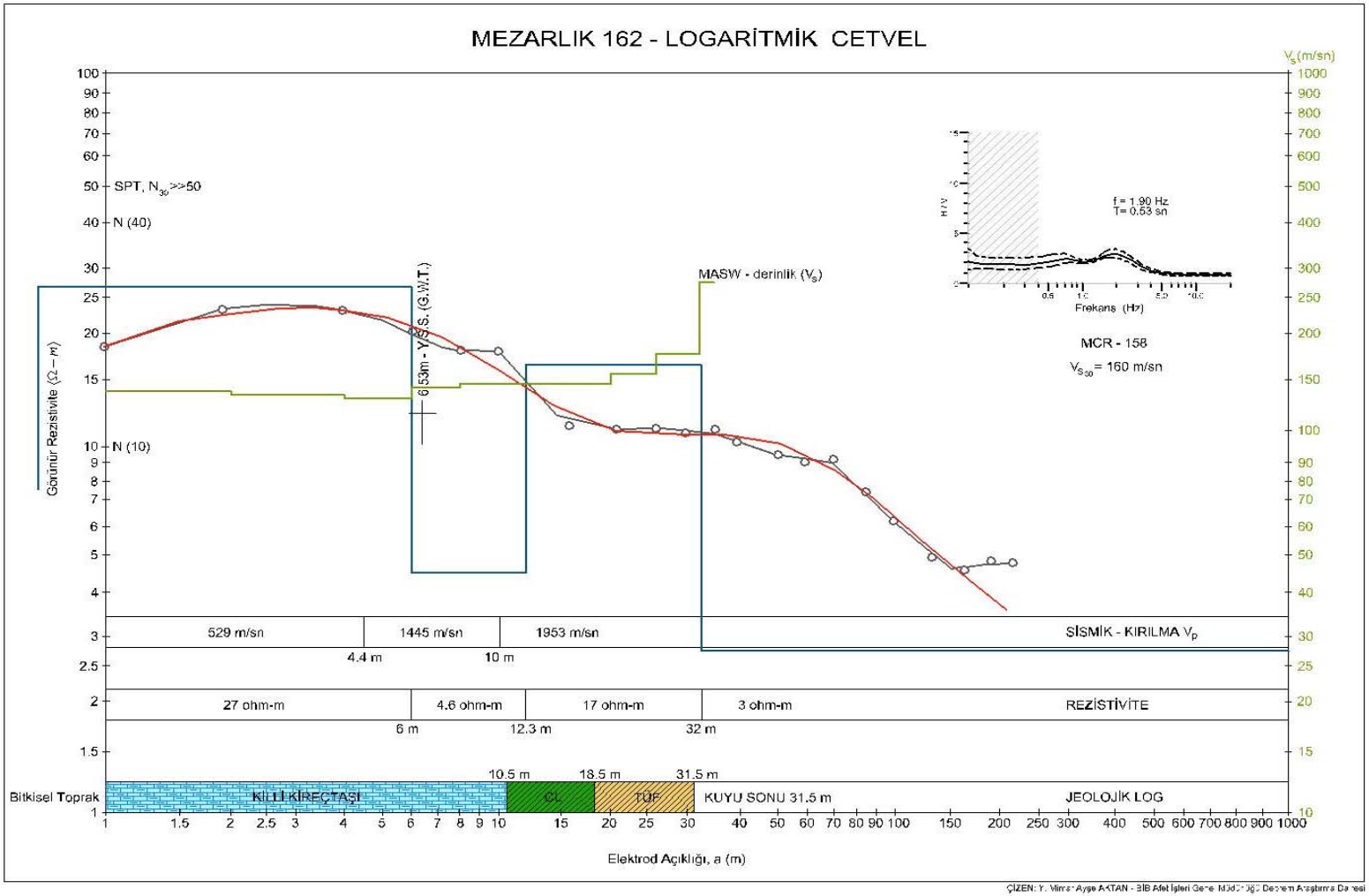
NOKTA–162:

SPT test sonuçları 2–19 metreler arası darbe adedi N_{30} >> 50 değerleri arasında değiştiğini göstermektedir. Bu derinliklerde Vp=529–1445–1953 m/sn hız değerleriyle karakterize edilmiştir. Bu derinlik aralığında Vs= 140–155 m/sn arasında değiştiği, 20–32 m aralığında ise tüf birimleri içinde Vs= 177–275 m/sn yükseldiği görülmektedir.

Bu derinlikler arasında rezistivite 27–5–17 ohm-m gibi değerler vermektedir. Jeolojik-log bilgileri bizlere bu derinlikte killi kireçtaşı-kil-tüf olarak derinlere doğru jeolojik birimlerin sıralandığını göstermektedir. 120 metrelik sismik-açılım sırasında yaklaşık 40 m inildiği düşünülürse 1953m/sn hıza sahip bir tabakanın mevcut olduğu görülmektedir. Bu jeolojik birim 17 ohm-m değerine sahip bulunmaktadır. Bu hız ve rezistivite değeri "Tüf" olarak jeolojik-log'da tanımlanmaktadır.

Rezistivite eğrisinde yaklaşık 70 m civarındaki ani rezistivite düşüşü tüfün alt seviyelerinde yeniden killi birimlerin veya volkanik tüfün mevcut olduğunu göstermektedir (3 ohm-m).

Bu sondaj noktasına en yakın mikrotremor ölçümü MCR–158 noktasında ölçülmüş ve hâkim frekansı f=1.90 Hz bulunmuştur. Temel kaya üzerindeki 19 metre kalınlığındaki zemin hâkim frekansı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. 162 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri

NOKTA–277:

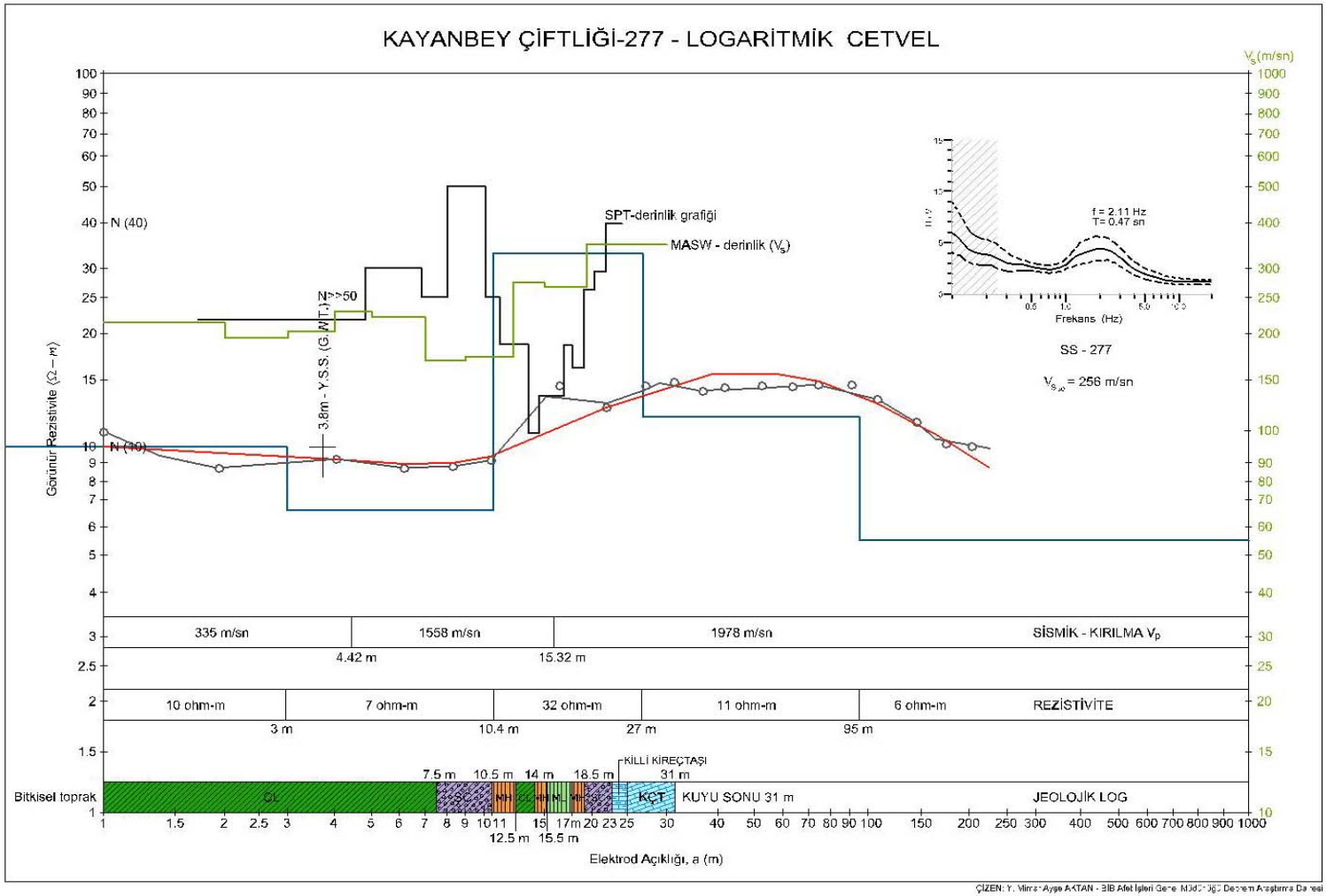
K 70^0 B istikametinde alınan bu elektrik sondajında 175 m derinliğe inilmiştir. Yüzeyde 1 m kalınlığında nebati toprağın 10 ohm-m gerçek rezistivite değerine sahip olduğu, daha sonra yaklaşık 7 m kalınlığında 10–7 ohm-m gerçek rezistivite değeriyle temsil edilen ve sondaj kesitinde "CL" tanımlanan killi birim bulunmaktadır. Bu seviyeler içinde SPT N30 değeri 22 S-dalga hızı ise 200–222 m/sn aralığında belirlenmiştir. P- dalga hızının 335 m/sn değeri 4.4 m derinlikte yerini yüksek P-dalga hızına (1558 m/sn) bırakmıştır. Bu ani hız değerindeki artış sondajdan elde edilen yer altı su seviyesi olan 3.8 m değerine yakındır.

Killi Çakıl (SC) seviyesi içinde N_{30} değerleri 30–50 değerlerini S-dalga hızı ise 7–11 m derinlikte 170 m/sn değerini göstermektedir. Ancak bu seviyeyi takip eden (MH) ve (CL) gibi killi ve silti birimlerin içinde N_{30} değerinin 12 değerini göstermektedir. N_{30} değeri bu seviyeyi takip eden (SC) killi kum seviyelerine girişte tekrar 40 değerine ulaşmaktadır. Bu kumlu seviyelerin 32 ohm-m değerine sahip oldukları görülmektedir. S-dalga hızı ise 263–275 m/sn aralığında değişmektedir.

Sondaj verileri 23 metrede killi kireçtaşına girildiğini göstermektedir. Kili kireçtaşının P-dalga hızı 1978 m/sn iken rezistivitesi 27 metrede yaklaşık 11 ohm-m ye düşmektedir. N30>>40 değerine ulaşırken S-dalga hızı 377m/sn değerine ulaşmaktadır.

Daha derinlerde 95 metre civarında rezistivite'nin 6 ohm-m gibi çok düşük değerlere düşmesi bu derinliklerde yüksek oranda killi birimlerin veya tuzluluk oranın artığını göstermektedir.

Bu sondaj noktasına en yakın mikrotremor ölçümü SS–277 noktasında ölçülmüş ve hâkim frekansı f=2.11 Hz bulunmuştur. Temel kaya üzerindeki 23 metre kalınlığında birimlerin zemin hâkim frekansı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.12.)



Şekil 4.12. 277 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri

NOKTA–122:

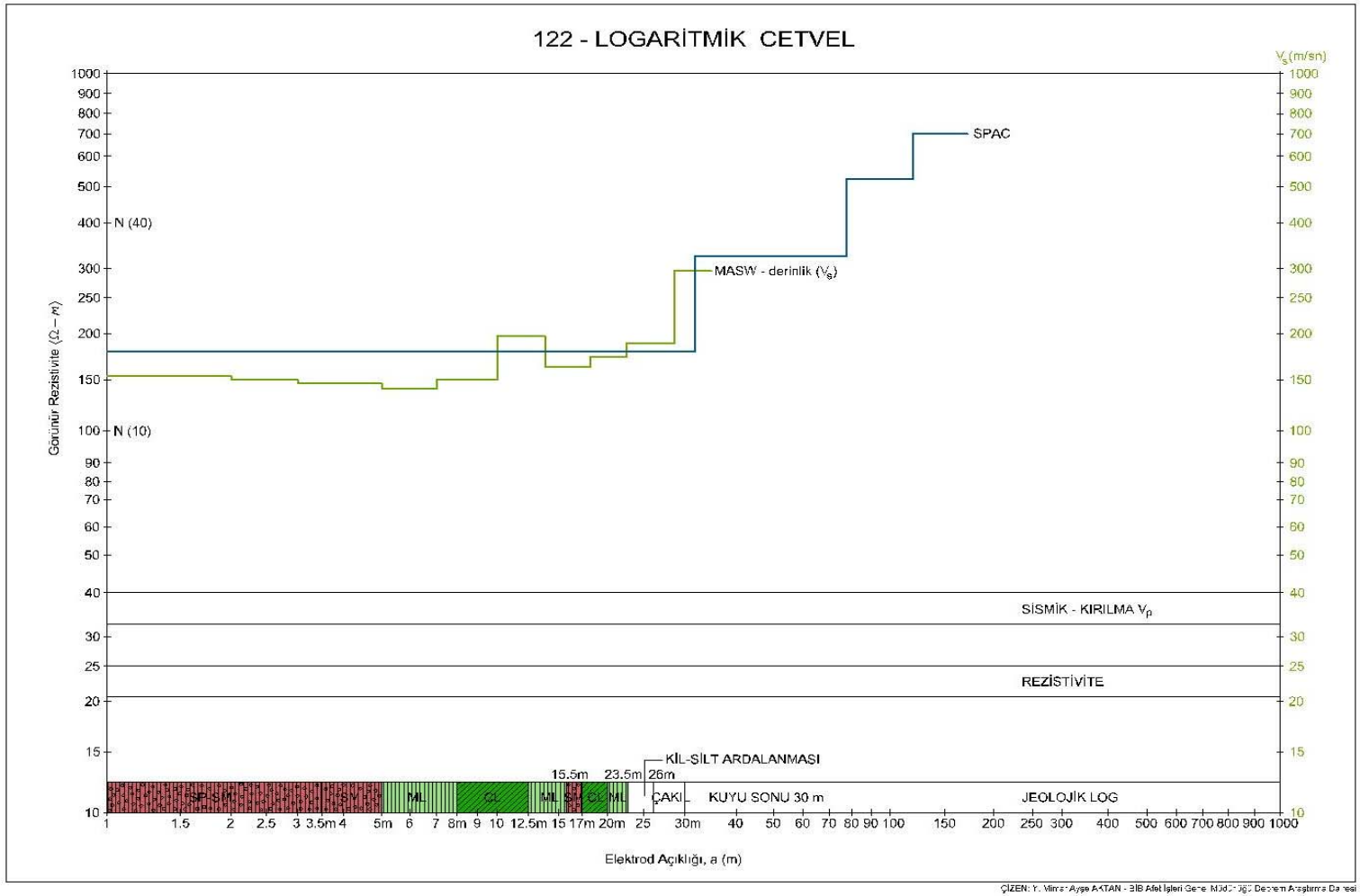
Sondaj-loguna göre bu noktada ilk 5 m Çakıllı kum ve siltli kum, 5-26 metreler arası silt, yağlı kil, silt, siltli kum, kil, kil içerikli silt, 26-30 metre arası çakıllı birimlerden oluşmaktadır.

MASW ölçülerinden elde edilen S dalgası hızları incelendiğinde; 1-23 metreler arası Vs= 150-171 m/sn arasında değiştiği, 23-29 metreler arası Vs= 185 m/sn, 29-35 metre arsı Vs=275 m/sn değerine ulaştığı görülmüştür. Bu son hızın sondaj logundaki çakıllı seviyeleri temsil ettiği değerlendirilmiştir.

SPAC ölçüsünün değerlendirilmesinden elde edilen S dalgası hızları incelendiğinde; 1-32 metreler arası Vs=180 m/sn, 32-78 metreler arası 325 m/sn, 78-120 metreler arası 520 m/sn ve 120-170 metreler arası ise Vs=700 m/sn olduğu görülmüştür.

MASW VE SPAC Ölçüm sonuçlarını incelendiğinde ilk 30 metrede yaklaşık iki yönteminde 180 m/sn hız sonucu verdiği görülmüştür. Bu hızın çalışma sahasındaki alüvyon alanlar için karakteristik dispersiyon eğrisinden elde edilen 24.5 metre Vs=181 m/sn değerinle uyumlu olduğu görülmektedir.

Bu sondaj noktasına en yakın mikrotremor ölçümü SPAC–122 noktasında ölçülmüş ve zemin hâkim frekansı f=0.41 Hz bulunmuştur.(Şekil 4.13.).



Şekil 4.13. 122 nolu sondaj noktasındaki SPAC ve MASW ölçümlerinden elde edilmiş Vs hızları ve jeolojik log

NOKTA–242:

Sondaj-loguna göre bu noktada ilk 5 m'de Bitkisel toprak, silt, 5–19 metreler arası silt, 19 metreler arası silt, kum, silt ardalanması, 30–50 metreler arası kil, 50–55 metreler arasısı kırıklı kireçtaşı birimlerden oluşmaktadır. 242 nolu sondaj noktası yakınında SPAC–122 ölçümü bulunmaktadır. SPAC ölçüsünün değerlendirilmesinden elde edilen S dalgası hızları incelendiğinde; 1–32 metreler arası Vs=180 m/sn, 32–78 metreler arası 325 m/sn, 78–120 metreler arası 520 m/sn ve 120-170 metreler arası ise Vs=700 m/sn olduğu görülmüştür.

Bu sondaj noktasına en yakın mikrotremor ölçümü SPAC–242 noktasında ölçülmüş ve hâkim frekansı f=0.24 Hz bulunmuştur (Şekil 4.14.).

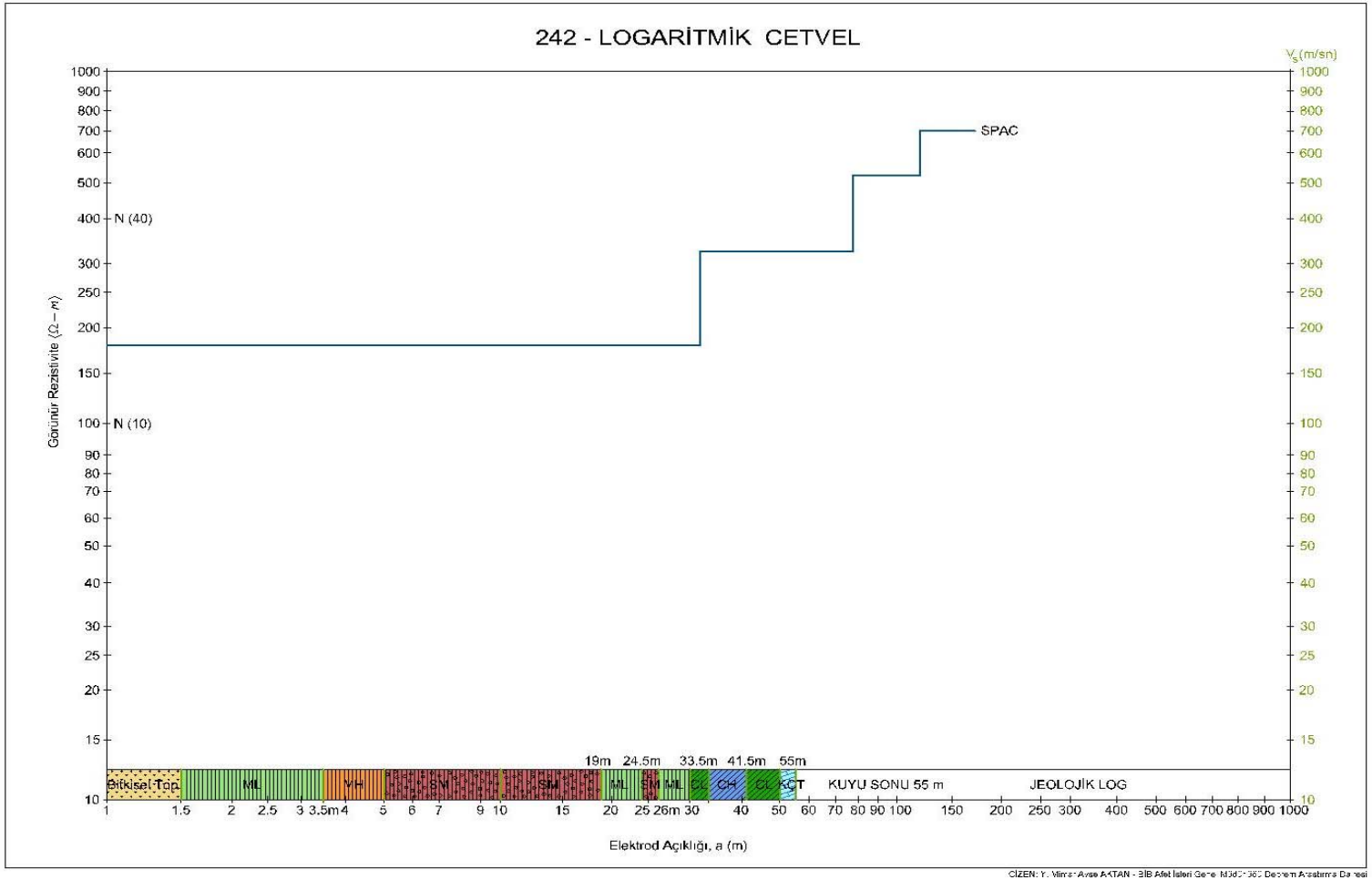
Çalışma alanında gerçekleştirilen SPAC ölçümlerine ait S-dalgası hızı-derinlik profilleri Çizelge 4.5.'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.5. SPAC ölçümlerine ait S-dalgası hızı-derinlik profilleri

M207-M301		M242-M307-M122		MB09	
0-30 m	180 m/sn	0-30 m	180 m/sn	0-20 m	200 m/sn
30-70 m	280 m/sn	30-78 m	320 m/sn	20-48 m	450 m/sn
70-110 m	400 m/sn	78-122 m	510 m/sn	48-76 m	700 m/sn
110-150 m	520 m/sn	122-170 m	710 m/sn	76-108 m	1000 m/sn

Çalışma sahasında gerçekleştirilen tüm rezistivite ölçümleri değerlendirildiğinde; CL ve CH tipi killi birimlerin özdirenç değerlerinin 5-14 ohm-m arlığında değiştiği, Andezitin 42.5 ohm-m, Tüf'ün 67.8 ohm-m, Kireçtaşının ise bozuşma ve kil içeriğine bağlı oarak 11-50 ohm-m aralığında değiştiği belirlenmiştir.

REZ-252 ve REZ-B13 noktalarının yüzeyde çok küçük 1.4-3.9 ohm-m, 10 metrede derinden itibaren ise yaklaşık 0.3 ohm-m değerlerini verdiği tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak tuzluluk olduğu düşünülmektedir. Bu noktaların batısında ülkemizin en büyük deniz kaynaklı Çamaltı tuzlasının yer alması bu tespiti doğrulamaktadır.



Şekil 4.14. 242 nolu sondaj noktasındaki SPAC ölçümlerinden elde edilmiş Vs hız-derinlik profili ve jeolojik log

5. SONUÇLAR

Ülkemizde kentsel yerleşimlerin çoğu aktif fay kuşaklarında ve ova ya da yumuşak sedimanların üzerinde yerleşmiş ve gelişmektedir. Bu tür yapılar sismik dalgaları büyütme eğilimlidir. İzmir ilini gelişme ekseninde yer alan Menemen ilçesinin ihtiyacı olan bu yumuşak sedimanların durumu ortaya konmuştur.

Tez kapsamında "Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi" (MASW) yöntemi ile Menemen ilçe merkezi ve gelişme alanları için Vs hızı 30 metre derinlik için haritalanmıştır. Ayrıca tüm ölçüm noktalarındaki Vp hız-derinlik profili, Kayma Dalgası Vs hız-derinlik profilleri elde edilmiştir. Menemen ilçe sınırlarında geniş alanlar kaplayan alüvyon alanların 30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hızı, V_{s30} = 205 m/sn olarak bulunmuştur.

Menemen merkez yerleşkesinin batısında (Ana yolun batısı) kalan geniş alüvyon alanlar ile Süleymanlı, Çavuşköy, Musabey, Günerli, Buruncuk ve Süzbeyli köylerinin $180 < V_{s30} < 360$ m/sn hız ile D tipi zemin (sıkı zemin) sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Menemen ovasını kaplayan alüvyon alanların 2.6–3 arası büyütme değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sınırın hemen çevresinde daha düşük büyütme gösteren alüvyon alanlar bu alanı sınırlayan kaya birimlerin, bu alüvyon alanların hemen altlarında sığ derinliklerde olması sebebiyledir. Genel olarak volkano-sedimanter kayaçlardan Tüf türü litolojilerden oluşan zeminlerin 1.8 katlık bir büyütme değerine sahip olduğu, diğer Melanj, Aglomera, Andezit tipi zeminlerin bir büyütme göstermediği belirlenmiştir.

H/V Nakamura Tekniği ile İzmir ili Menemen ilçesi'nin mevcut yerleşim ve yeni yerleşime açılacak alanlarının, zemin hâkim frekansı haritası üretildi. Tezde alınan mikrotremor kayıtlarının analizi sonucunda, özellikle alüvyon alanlar genelinde

0.3<f<3 Hz aralığında yüksek periyot değerleri bulunmuştur. Bu alanlarda inşa edilecek yüksek katlı binaların rezonans etkisinde kalabilecekleri anlaşılmaktadır.

Özelikle 1<f<2 Hz zemin hâkim frekansına sahip olan ve yamaç kenarları olması sebebiyle yerleşmede tercih edilen kısımların 5 katlık bir büyütmeye sahip oldukları düşünülürse; bu alanlarda yapılacak olan 5–10 kat yüksekliğinde binaların bir deprem sırasında daha fazla hasar görebileceği değerlendirilmektedir.

Çalışma sahası için Temel kayası üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı (h) ile Zemin hâkim frekansı (f) arasında $h = 31.29 * f^{-0.6257}$ ilişkisi olduğu ortaya konmuştur.

SPAC (M242-M307-M122-M207-M301-MB09) ölçü noktalarında elde edilen ilk 30 metrelik kayma dalgası hızları (V_{s30} = 180–200 m/sn), MASW ölçümlerinden elde edilen (V_{s30} = 205 m/sn) hızlara çok yakındır. MASW yönteminin ilk 30 metrede daha ayrıntılı S dalga hızı-erinlik profili ürettiği, SPAC yönteminin ise daha derin birimler için S dalga hızı-derinlik profili üretebildiği görülmüştür. Bu tür kalın alüvyon alanlarda her iki yöntemin birlikte kullanılmasının temel kaya derinliği'nin anlaşılması bakımından avantajlı olduğu görülmüştür.

Genel olarak S-dalgası hız-derinlik profili ile SPT N-derinlik profili değerleri belirgin bir şekilde uyumludur. Farklılıkların ana nedeni S-dalgası hız derinlik profili jeofon serimi boyunca yanal ortalamayı temsil ederken, SPT N değerleri sondaj lokasyonundaki değişim temsil etmesidir. Burada bu kıyaslama yapılırken sondajın kaliteside göz önünde tutulmalıdır. Ayrıca tez kapsamında MASW ölçümleri sırasında kullanılan veri toplama metodolojisi, jeofon serimi boyunca yanal değişimleri, P-dalgası hız-derinlik modelinden genel olarak belirleme imkânı sağlaması sebebiyle tercih edilmelidir.

Hızlı tren projesinde veya otoyollarda planlanan sanat yapılarının, üst geçitlerin ve büyük binaların kurulacağı zeminlerde zeminin betona ve demire korozyon etkisi son derece önemlidir. Menemen ovasında elektirk özdirenç değerlerinin özellikle yüzeye yakın (2 m sonra) 5–14 ohm-m değişmesi TS 5141'e göre korozif etkinin Çok

Korozif-Korozif aralığında olduğunu göstermiştir. Bu etki bu tür yapıların inşası sırasında göz önünde tutulmalıdır.

Tez kapsamında elde edilen sismik ve geoteknik sonuçlar bölge için gelecekte; zemin bağımlı geoteknik tepki spektrumları, tasarım spektrumlarının kısa ve uzun periyot köşe frekansları, en büyük yer hareketinin ivmesinin derinlikle değişimi, sıvılaşma riski ve yer hareketi tahmin denklemlerinin belirlenmesinde önemli altlık bilgileri oluşturacaktır.

6. KAYNAKLAR

Aki, K., 1957. Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to micro-tremors. Bulletin of the Earthquake Research Institute, v. 35, p. 415-456.

Aki, K., and Richards, P. G., 1980. Quantitative Seismology, Theory and Methods. New York ,vols. I and II, W. H. Freeman, San Francisco, 1980.

Aki, K. and Richards, P. G., 2002. Quantitative seismology, Second Edition. University Science Books.

Akyürek, B. ve Soysal, Y., 1983. Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama- Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. Maden Teknik Arama Dergisi, 95/96, 1-2.

Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y., 2000. Foça yöresinin jeolojisi ve aktif tektoniği, Batı Anadolu. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, 160-165, İzmir.

Ambraseys, N., 1988. "Engineering Seismology" . Journal Earthquake Engineering & Structural Dynamics. Vol.17, pp.1-105.

Ambreseys, N.N and Finkel, C.F., 1995. Seismicity of Turkey and asdjacent areas, a historical review, 1500-1800. Eren Yayıncılık ve Kitapçılık Ltd, 224p.

Anonymous, 2002. Final Report of the Instrument Workshop 22-26 October 2001 University of Bergen, Norway. Site Effects Assessment using Ambient Excitations (SESAME) European research project Work Package 02 Controlled Instrumental Specifications.pp. 1-19.

Anonim, 2002. Menemn Çukurköy ve Alaniçiçi Su Sondajı Kuyu Logları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı. s .8.

Anonymous, 2004. Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations Measurements, Processing And Interpretation. Site Effects Assessment using Ambient Excitations (SESAME) European research project Work Package 12 – Deliverable D23.12, pp.1-62.

Anonim, 2009. "İzmir Metropolü İle Aliağa Ve Menemen İlçelerinde Güvenli Yapı Tasarımı İçin Zeminin Sismik Davranışlarının Modellenmesi". 106G159 nolu proje 3. Ara Raporu, ss 200.

Asten, M.W., Dhu, T., Jones, A. and Jones, T. 2003. Comparison of shear velocities measured from microtremor array studies and seismic cone penetrometer tests data acquired for earthquake site hazard classification in the northern suburbs of Perth. Proceedings of a Conference of the Australian Earthquake Engineering Soc., 12 p., Melbourne.

Babuska, V., and Cara, M., 1991. Seismic anisotropy in Earthquake Boston, Kluwer Academic Bublishhers.

Bard, P., 1994. Effects of surface geology on ground motion: recent results and remaining issues. In: Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering, Vienna, pages 305–323.

Barka, A., Reilinger, R. ve Emre, Ö., 2000. Orta Batı Anadolu transform/ridge/transform üçlü eklemi. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, s.39, İzmir.

Baykal, M., 2006. Seferihisar-Urla Bölgesi'nin güncel depremselliği ve gerilme tensör analizi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi. 2006.

Beccaletto, L., Steiner, C., 2005. Evidence of two-stage extensional tectonics from the northern edge of the Edremit Graben, NW Turkey. Geodinamica Acta 18/3-4 (2005) 283–297.

Bieniawski, Z. T., 1975. The point-load test in geotechnical practice, Engineering Geology, 9, l-11, pp.

Bozkurt, E., 2003. Origin of NE-trending basins in western Turkey, Geodinamica Acta 16 (2003) 61-81.

Bozkurt, E., Mittwede S.K., 2005. Introduction: Evolution of continental extensional tectonics of western Turkey. Geodinamica Acta 18/3–4 (2005) 153–165.

Bozkurt, E., Park, R.G., 1994. Southern Menderes Massif: an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey. Journal of the Geological Society, London 151 (1994) 213-216.

Bozkurt, E., Sözbilir, H., 2004. Tectonic evolution of the Gediz Graben: field evidence for an episodic, two-stage extension in western Turkey Geological Magazine, 141 (2004) 63-79.

Bullen, K. E., 1963. An introduction to the theory of seismology. Cambridge Univercity. Press.

Calvi, S., 1941. Türkiye ve bazı Komşu ülkelerin deprem kataloğu. Çeviren Erdoğan Kumcu. 1979, İstanbul.

Capon, J., 1969, High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis. Institute of Electrical and Electronics Engineers, v. 57, p. 1408–1418.

Comninakis, P.E. and Papazachos, B.C., 1982. A Catalogue of Historical Earthquakes in Greece and the Surrounding Area for the Period 479 BC-1900 AD. Un. Of Thessaloniki, Geophysical Labrotary Greece1982 Pup.No.1, 1986.

Dewey, J. 1988. Extensional collapse of orogens. - Tectonics, 7, 6, 1123–1139.

Dewey, J. F. and Şengör, A.M.C. 1979. Aegean and surrounding regions; complex multi-plate and continuum tectonics in a convergent zone. Geological Society of America Bulletin. Part 1.90., 84-92 p.

Dorman, J., and Ewing, M., 1962. Numerical inversion of seismic surface wave dispersion data and crust-mantle structure in the NewYork–Pennsylvania area. Journal of Geophysical Research Letters., 67, 5227–5241.

Dönmez, M., Türkecan, A., Akçay, A., Hakyemez, Y. ve Sevin, D., 1998. İzmir ve kuzeyinin jeolojisi Tersiyer volanizmasının petrografik ve kimyasal özellikleri. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü Raporu, 123 s.

Emre, Ö. ve Barka, A., 2000. Gediz grabeni –Ege denizi arasının (İzmir yöresi) aktif fayları. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, 131–132, İzmir.

Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C.,Göktaş, F., 2005. İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri. Maden Teknik AramaRapor No: 10754, Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, 2005.

Emre, T., 1992. Gediz Grabeni'nin (Salihli-Alaşehir arası) jeolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s.60.

Erdoğan, B., 1990. İzmir–Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 2, 1–20.

Erinç, S., 1955. Gediz ve Küçük Menderes deltalarının morfolojisi. IX Coğrafya Meslek Haftası-Tebliğler ve Konferanslar, Türkiye Coğrafya Kurumu, 1, 33-66.

Erkmen, C., Eravcı, B., 2008. Revised Destructive Earthquake Catalogue for Turkey and Nearby Surrounding Area between 1900-1930. European Seismological Commission 31st General Assembly, Abstracts p: 71. Hersonissos, Creta Island Greece 7-12 September 2008.

Eşder, T., Yakabağı, A., Sarıkaya H. ve Çiçekli, K., 1991. Aliağa (İzmir) yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor No: 9467, Ankara.

Eyidoğan, H., 1988. Rates of crustal deformation in western Turkey as deduced from major earthquakes. Tectonophysics, 148 (1988) 83–92.

Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y., 2000. Aliağa dolaylarının jeolojisi ve genç tektoniği. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, 152–159, İzmir.

Gucunskıi N. and Woods R.D., 1991. Inversion of Rayleigh wave dispersion curve for Spectral Analysis of Surface Waves (SASW) test. Proceedings of the 5th Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Karlsuhe,pp. 127–138.

Gucunski, N. and Woods, R.D., 1991. Instrumentation For Spectral Analysis of Surface Waves (SASW) Testing. Geotechnical Special Publication No. 29, Recent Advances In Instrumentation, Data Acquisition, and Testing in soil Dynamics, New York, American Society of Civil Enginieers, 1-16

Guidobani,E., Canastari,A. And Rraina, G. 1994. Catalogue of ancient eartguake in the Meditarranean area up to the 10 th centry. Instituto nazionale di geofisica, pp:504.

Gürer, Ö.F., Yılmaz, Y., 2002. Geology of the Ören and surrounding regions, SW Turkey, Turkish J. Earth Sci. 11 (2002),pp 2-18.

Heisey, J.S., Stokoe II, K.H., and Meyer, A.H., 1982. Moduli of pavement systems from Spectral Analysis of Surface Waves. Transportation Research Record, v. 852, Washington D.C, p. 22-31.

Herrmann, R. B., 1994. Computer programs in seismology. volume IV, St Louis University.

Hetzel R., Ring U., Akal C. ve Troesch M., 1995. Miocene NNEdirected extensional unroofing in the Menderes massif, southwestern Turkey. Journal of the Geological Society. London, 152, 639–654.

Horike M., 1985. "Inversion of phase velocity of long-period microtremors to the S-wave-velocity structure down to the basement in urbanized areas"., Journal of Physics and Earth vol. 33, pp. 59-96.

Horvath, F., Seranne, M., 1999. Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geologcal Society. London, Special Publications. 156, 1999, pp. 427-456.

Ibs Von Seht, M. and Wohlenber, J. 1999. Micortremor measurements used to map thickness of soft soil sediments. Bulletin of Seismological Society of America, 89, 250–259.

İnci, U., Sözbilir, H., Sümer, Ö. ve Erkül, F., 2003. Urla-Balıkesir arası depremlerin nedeni fosil bir fay. Cumhuriyet Bilim ve Teknik Dergisi, 21 Haziran 2003, 7-8.

Jackson, J., 1994. Active tectonics of the Aegean region, Annual Reviews of Earth Planet. Sci. 22 (1994) 239-271.

Jolivet, L. Patriat, M., 1999. Ductile extension and the formation of the Aegean Sea, in: B. Durand, L. Jolivet.

Jongmans, D. and Demanet, D., 1993. The importance of surface waves in vibration study and the use of Rayleigh waves for estimating the dynamic characteristics of soils. Engineering Geology, 34: 105-113.

Kagami, H., Okada, S., Shino, K., Oner, M., Dravinski, M., Mal, A. K., 1986. Observation of 1 to 5 second microtremors and their application to earthquake engineering. Part III. A two dimensional study of site effects in S. Fernando valley, Bulletin of the Seismological Society of America, 76; 1801-1812.

Kanai, K., Tanaka, T., 1961. On Microtremors. 8. Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 39; 97-114.

Kanai, K., Tanaka, T., Osada, K., 1954. Measurement of the Microtremor. 1. Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 32; 200-208.

Kanai, K., Tanaka, T., Osada, K., 1954. Measurement of the Microtremor 1. Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 32; 200-208.

Kanai, K., Tanaka, T., Yoshizawa, S., 1965. On Microtremors. 9. Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 43; 577-588.

Kanlı, A.I., Tjldy, P., Pronay, Z., Pınar, A., and Hermann, L., 2006. VS30 mapping and soil classification for seismic site effect evaluation in Dinar region SW Turkey. Geophysical Journal International. 165, 223-235.

Kaya, O., 1979. Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 35-58.

Kaya, O., 1981. Miocene reference section for the coastal parts of west Anatolia. Newsletter Startigrafy, 10, 164-191.

Kaya, O., 1982. Tersiyer sırt yitmesi: Doğu Ege bölgelerinin yapısı ve mağmatiği için olasılı bir mekanizma. In: O. Erol ve V. Oygür , Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması, Türkiye Jeoloji Kurultayı Paneli, Ankara, 39-58.

Kiratzi, A. and Louvari, E., 2003. Focal mecanisims of shallow eartquakes in the Aegean Sea and the surrounding lands determined by waveform modelling: a new database. Journal of Geodynamics, 36, 251-274.

Kobayashi, H., Seo, K., Midorikawa, S., 1986. Part 1, Estimated strong ground motions in the Mexico city due to the Michoacan, Mexico earthquake of September 19, 1985 based on characteristics of microtremor, Part 2, Report on seismic microzoning studies of the Mexico earthquake of September 19, 1985. The Graduate School of Nagatsuta, Tokyo Institute of Technology, 34-68.

Koçyiğit, A., Yusufoğlu, H., Bozkurt, E., 1999. Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. J. Geol. Soc., London, 156, 605–616.

Kutlu, Y.A., 2006. Polarizasyon Özelliklerine Dayalı Yüzey Dalgası Ayırım Süzgeci ve Uygulamaları. Karedeniz.Teknik Üniveersitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 142s, Trabzon

Kvaerna, T. And Ringdahl, F., 1986. Stability of various FK estimation techniques, Semianual technical summary. 1 October 1985–31 March 1986, he Norwegian Seismic Array (NORSAR) Scientific Report, Kjeller, Norway, 1-86/87, 29–40.

Lacoss, R.T., Kelly, E.J. and Toksöz, M.N., 1969. Estimation of seismic noise structureusing arrays. Geophysics, 34, p. 21–38.

Lay, T., and Wallece, T.C., 1995. Modern Global Seismology. Academic Press.

Le Pichon, J. Angelier, 1979. The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. Tectonophysics 60 (1979) 1-42.

Lenk, O., Türkezer A., Ergintav S., Kurt A., Belgen A., 2003. Monitoring the kinematics of Anatolia using permenant GPS network stations. Turkish Journal. Earth Science. 12 (2003) 55-66.

Lermo, J., Garcia F. J., 1994. Are Microtremors useful in site response evaluation. Bulletin of the Seismological Society of America, 84 (5); 1350 - 1364.

Malavieille, J.,1997. Normal faulting and exhumation of metamorphic rocks in mountain belts, in: S. Sengupta (ed), Evolution of Geological Structures in Micro- to Macro-scales. Chapmann & Hall, London, 1997, pp. 47-57.

Mari, J. L., 1984. Estimation of static corrections for shear-wave profiling using the dispersion properties of Love waves. Geophysics, 49, 1169–1179.

McKenzie, D.P. 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: The Aegean Sea and its surrounding regions. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society. 55, 217-254.

Mcmechan, G. A., and Yedlin, M. J., 1981. Analysis of dispersive waves by wave field transformation. Geophysics, 46, 869-874.

Meulenkemp, J.E., Wortel, W.J.R., W.A. Van Wamel, W.A., Spakman, W., Hoogerduyn, E., 1988. Strating, On the Hellenic subduction zone and geodynamic evolution of Crete in the late middle Miocene. Tectonophysics, 146 (1988) 203-215.

Murphy, J. R. and Shah H. K., 1988An analysis of the effects of site geology on the characteristics of near-field Rayleigh waves. Bulletin of the Seismological Society of America, 78:64–82.

Nakamura, Y., 1989. "A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface". Quaterly Report of RTRI, Railway Technical Research Institue (RTRI) ,Vol. 30, No.1., 25-33.

Nakamura, Y., 2000. "Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications". 12. World Conferance on Eartquake Engineering, pp. 2656-2660.

Nazarian, S. and Stokoe II, K.H., 1984. In Situ Shear Wave Velocities From Spectral Analaysis of Surface Waves. Proceedings of the World Conference on Earthquake Engineering, v. 8, San Francisco, Calif., July 21-28.

Nazarian, S., Stokoe II, K. H., and Hudson, W. R., 1983. Use of spectral analysis of surface waves method for determination of moduli and thicknesses of pavement systems.Transportation Research Record No. 930, 38-45.

Nguyen, F., Van Rompaey, G., Teerlynck, H., Van Camp, M., Jongmans, D. and Camelbeeck, T. , 2004. Use of microtremor measurement for assessing site effects in Northern Belgium – interpretationof the observed intensity during the MS= 5.0 June 11 1938 earthquake. Journal of Seismology, 8:41–56.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ., 2004. Neotectonic structures in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): evidence of strike-slip faulting in the Aegean extensional province. Tectonophysics, 391, 67-83.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ., 2005. Neotectonic structures in İzmir Gulf and surrounding regions (western Turkey): Evidences of strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime. Marine Geology, 219, 155–171.

Okada, H. 2003. The Microtremor Survey Method. Geophysical Monograph Series no. 12, SEG, Tulsa.

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1996. Multi-channel analysis of surface waves using Vibroseis (MASWV). The Society of Exploration Geophysicists, p. 68-71.

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1998. Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record. The Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts , pp. 1377-1380.

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1998a, Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record. 68th Annual Internatinal Meeting Society Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts, p. 1377-1380.

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1998b, Ground roll as a tool to image near-surface anomaly. 68th Annual Internatinal Meeting Society Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts, p. 874-877.

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999. Multichannel analysis of surface waves (MASW). Geophysics, 64, 800-808.

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 2001. "Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MASW)". Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Environmental and Engineering Problems (SAGEEP) 2001, Denver, Colorado.

Pınar N. ve Lahn E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu. T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınlarından, Seri:6, Sayı:36, Ankara 1952.

Pres, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. and Flannery, B.P., 1992. Numerical Recipes in C: the art of scientific computing. Second Edition, Cambridge University Press.

Puech, A., France, F., Rjvoallan, X., Cherel, L., 2004. Instıtut françajsdu pétrole, The use of surface waves in the characterisation of seabed sediment: Development of a multichannel analysis of surface waves MASW system for offshore applications, Seatech Week, Brest, France.

Richart, F. E., Hall, J. R., and Woods, R. D., 1970. Vibrations of soils and foundations. Prentice-Hall.

Ring, U., Johnson, C., Hetzel, R. and Gressr, K. 2003. Tectonic denutaion of a Late Cretaceous- Tertiary collisionalbelt: regionally symmtric cooling patterns and their relation extensional faults in the Anatolide belt of extensional faults in the Anatolide belt of western Turkey. Geological Magazine , 140, 421-441.

Rix, G. J., and Leipski, E. A., 1991. Accuracy and resolution of surface wave inversion, in Geotechnical special publication no. 29, Recent advances in instrumentation, data acquisition and testing in soil dynamics, edited by S. K. Bhatia, S. K. and G. W. Blaney, American Society of Civil Engineers, 17-32.

Roberts, J., and Asten, M.W., 2004, Resolving a velocity inversion at the geotechnical scale using the microtremor (passive seismic) survey method. Extended Abstracts of the ASEG-PESA 17th Geophysical Conference and Exhibition, Aug. 2004.

Rojay, B., Toprak, V., Demirci, C., Süzen, L., 2005. Plio-Quaternary evolution of the Küçük Menderes Graben Southwestern Anatolia. Turkey Geodinamica Acta 18/3-4 (2005) 317–331

Schwab, F.A. and Knopoff, L., 1972. Fast surface wave and free mode computations, Computer. Physic., 11, 87–180.

Seyitoğlu, G., Işık, V. ve Çimen, İ. 2004. Complete tertiary exhumanation history of the Menderes Massif, Western Turkey: an alternative working hypothesis. 10.1111/j.1365-3121.

Seyitoğlu, G., Koçyiğit, A., Yusufoğlu, H., Bozkurt, E., 1999. Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey; discussion and reply. Journal of Geological Society., London 156 (1999) 1240-1242.

Seyitoğu, G., Scott, B.C., 1996. The cause of N-S extensional tectonics in western Turkey: Tectonic escape vs back-arc spreading vs orogenic collapse. J. Geodynamics, 22 (1996) 145-153.

Socco, L.V. and Strobbıa, C., 2004. Surface-wave method for near-surface characterization: atutorial. Near Surface Geophysics, 2004, 2, 165-185.

Sözbilir, H., Erkül, F. ve Sümer, Ö., 2003. Gümüldür (İzmir) ve Bigadiç (Balıkesir) Arasında Uzanan Miyosen Sonrası Yaşlı KD-Doğrultulu Accommodation Zonuna ait Saha Verileri, Batı Anadolu. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 85-86, Ankara.

Stokoe II, K. H., Wright, G. W., James, A. B., and Jose, M.R., 1994. Characterization of geotechnical sites by Spectral Analysis of Surface Waves (SASW) method, in Geophysical characterization of sites.Technical Committee #10, edited by R. D. Woods, Oxford Publishers, New Delhi.

Stokoe II, K.H., and Nazarian, S., 1983. Effectiveness of ground improvement from spectral analysis of surface waves. Proceeding of the Eighth European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Helsinki, Finland.

Stokoe, K.H. and Nazarian, S., 1985. Use of Rayleigh waves in liquefaction studies. In R.D. Woods (ed), Measurement and Use of Shear Wave Velocity, ASCE, New York, 1-17.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, III+394 s.+11 harita.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası, 1:1,000,000 ölçekli. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Şengör, A.M.C., 1987. Cross faults and differential stretching of hanging walls in region of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, in:Coward M.P., Dewey J.F. and Hancock P.L. eds. Continental extentional tectonics, Geological society special Publication, 28, 575-589 p.

Şengör, A.M.C. and Kidd, W.S.F., 1979. Post-collisional tectonics of Turkish-Iranian plateau and a comprasion with Tibet. Tectonophysics, 55,361-376.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.

Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. Journal of Geological Society , 136, 269–282.

Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. Türkiye Keoloji Kurumu yayını, 40s.

Şengör, A.M.C., Satir, M. ve Akkök, R., 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidencefor Pan-African basement in Turkey. Tectonics, 3, 693-707.

Tan, O. and Taymaz, T, 2003. Seismotectonics of Karaburun Peninsula and Kuşadası Gulf: Source Parameters of April 2, 1996 Kuşadası Gulf and April 10, 2003 Seferihisar (İzmir) Earthquakes. International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Paleoseismology and Field Training Course in Paleoseismology, P.147, Middle East Technical University (METU), 31 August - 12 September 2003, Ankara, Turkey.

Taymaz, T., Jackson, J. and McKenzie, D., 1991. Active tectonics of the North and Central Aegean Sea. Geophysical Journal of International. 106.433-490. 1991

Tokgöz, E., 2002. Bolu Ve Yakın Çevresinde Mikrotremor Verileri İle Yer Etkisinin İncelenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114s, Ankara

Tokimatsu K., Tamura S. and Kojıma H., 1992. Effects of multiple mode on Rayleigh wave dispersion characteristics. Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineering, 118, 1529–1543.

Tokimatsu, K., 1997. "Geotechnical Site Characterization Using Surface Waves".Earthquake Geotechnical Engineering, Ishihara (ed.), Balkema, Rotterdam, p1333 – 1368.

Toksöz, M.N. 1964. Microseisms and an attempted application to exploration. Geophysics, 29, p. 154-177.

Turner, M. A., 1990. Near-surface velocity reconstruction using surface wave inversion. MS thesis, Department of Geology and Geophysics, University of Utah.

Verge, N.J. 1993. The exhumation of the Menderes Massif metamorfic core complex of Western Anatolia. Terra Abstracts 5, 249.

Wathelet, M., Jongmans, D., and Ohrnberger, M., 2004. Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements. Near Surface Geophysics, 2:211–221.

Xia J., Miller R. D., Park C. B., and Tian G., 2003. "Inversion of high frequency surface waves with fundamental and higher modes". Journal of Applied Geophysics, 52: 45-57.

Xia J., Miller R. D., Park C. B., Tian G., and Chen C., 2004. "Utilization of high frequency Rayleigh waves in near-surface geophysics" The Leading Edge, 23: 753-759.

Xia, J., Miller, R. D., and Park, C. B., 1999. Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh wave. Geophysics, 64,

Xia, J., Miller, R. D., Park, C. B., Hunter, J. A., Harris, J. B., and Ivanov, J., 2002. "Comparing shear-wave velocity profiles from multichannel analysis of surface wave with borehole measurements." Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22 (3), 181-190.

Xia, J., Miller, R.D., and Park, C.B., 1998. Construction of vertical section of near-surface shear-wave velocity from ground roll. Technical Program, Society of Exploration Geophysicists and Chinese Petroleum Society Beijing 98' International Conference, 29-33.

Yanık, K., 2006. Yüzey Dalgası Dispersiyon Verilerinden Sönümlü En Küçük Kareler Ters-Çözüm Yöntemi İle S-Dalga Hızlarının Hesaplanması. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 111s, Ankara

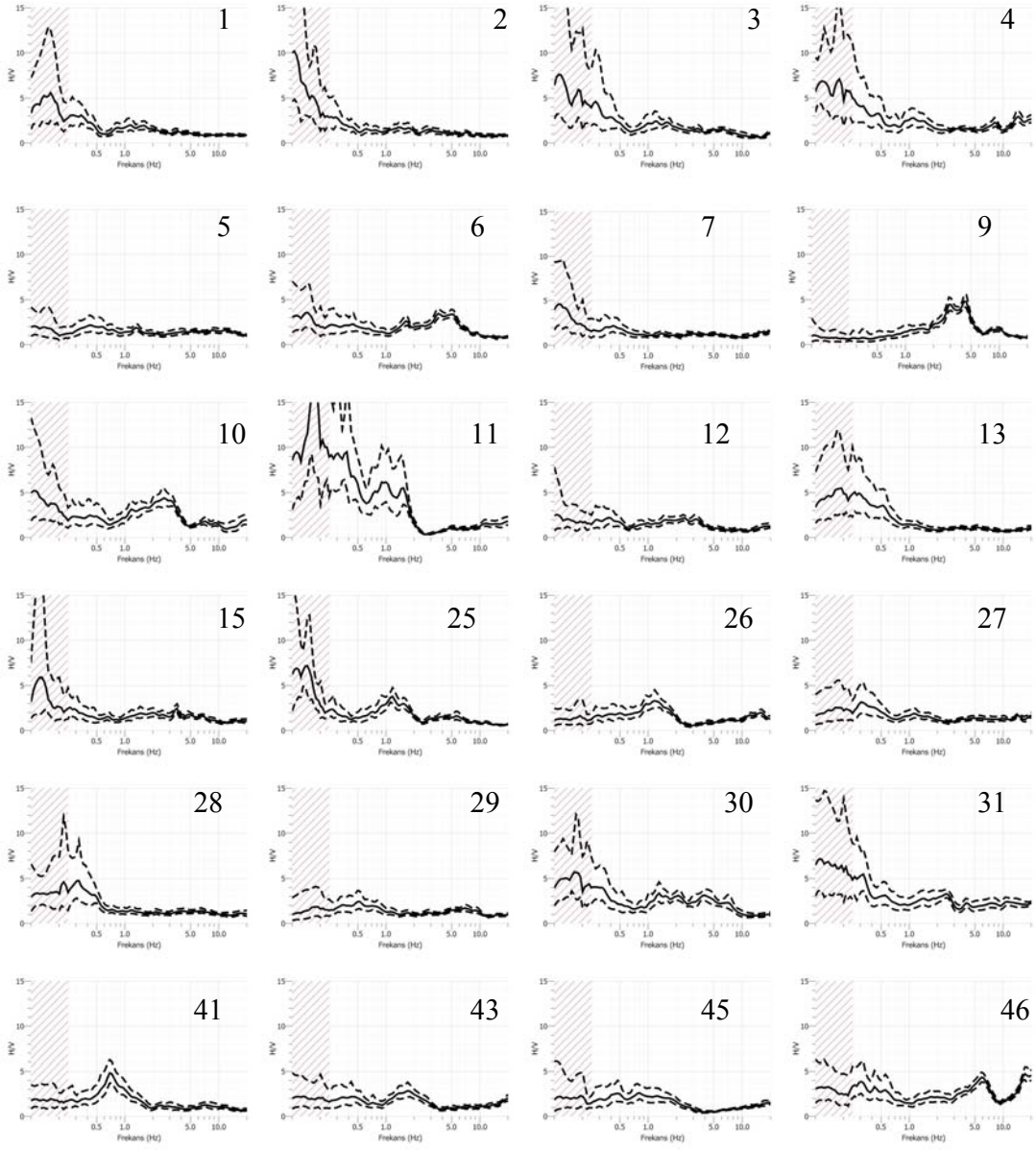
Yılmaz, Y., Genç, S.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak Ş. ve Elmas, A., 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? In: Bozkurt E., Winchester J.A., Piper J.D.A. (Eds.), Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area, Geological Society Special Publication 173, Geological Society, London, pp. 353–384.

Zanchi, A. and Angelier, J., 1993. Seismotectonic of Western Anatolia:regional stres orientation from geophysical and geological data. Tectonophysics, 222, 259–274.

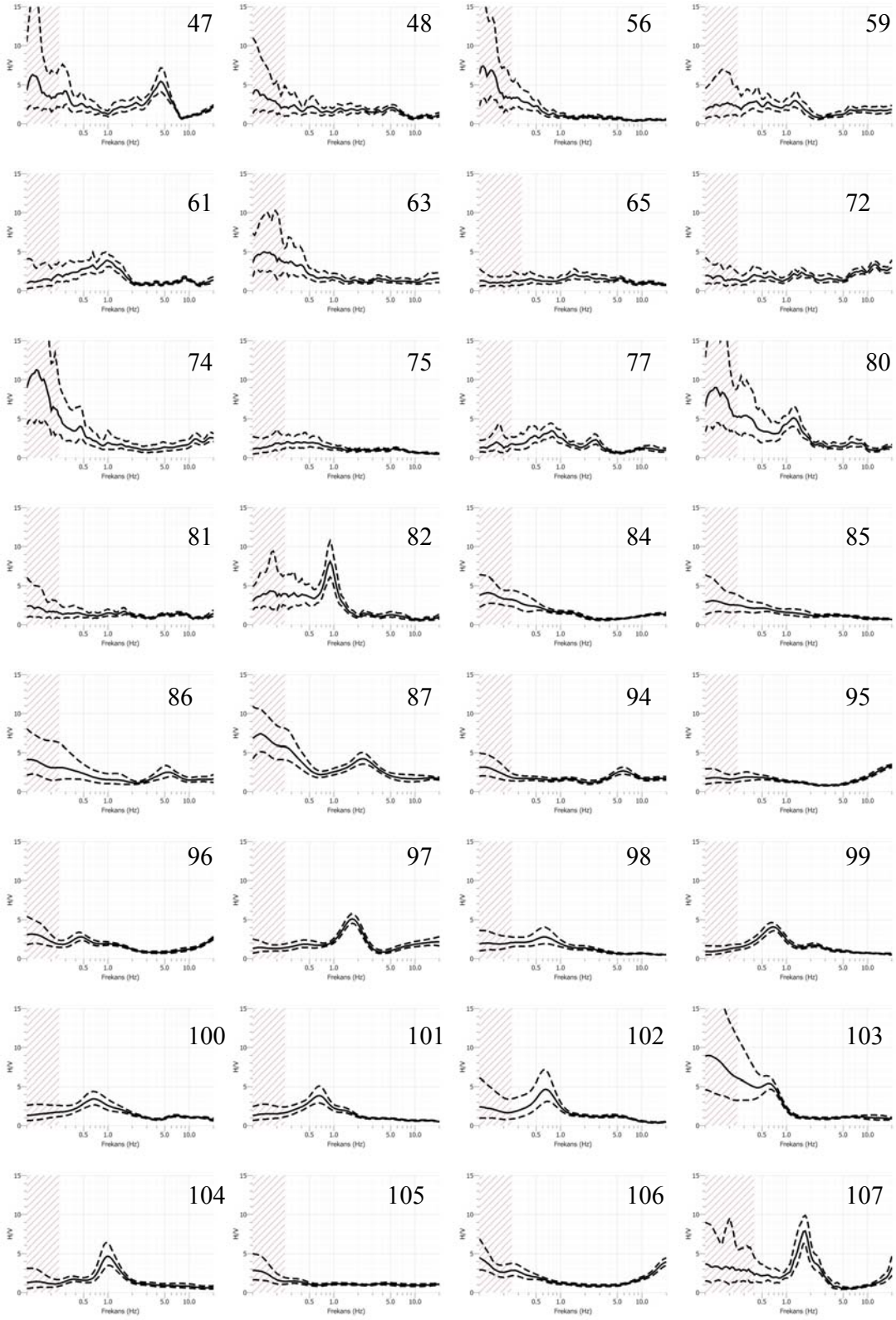
EKLER

EK-1

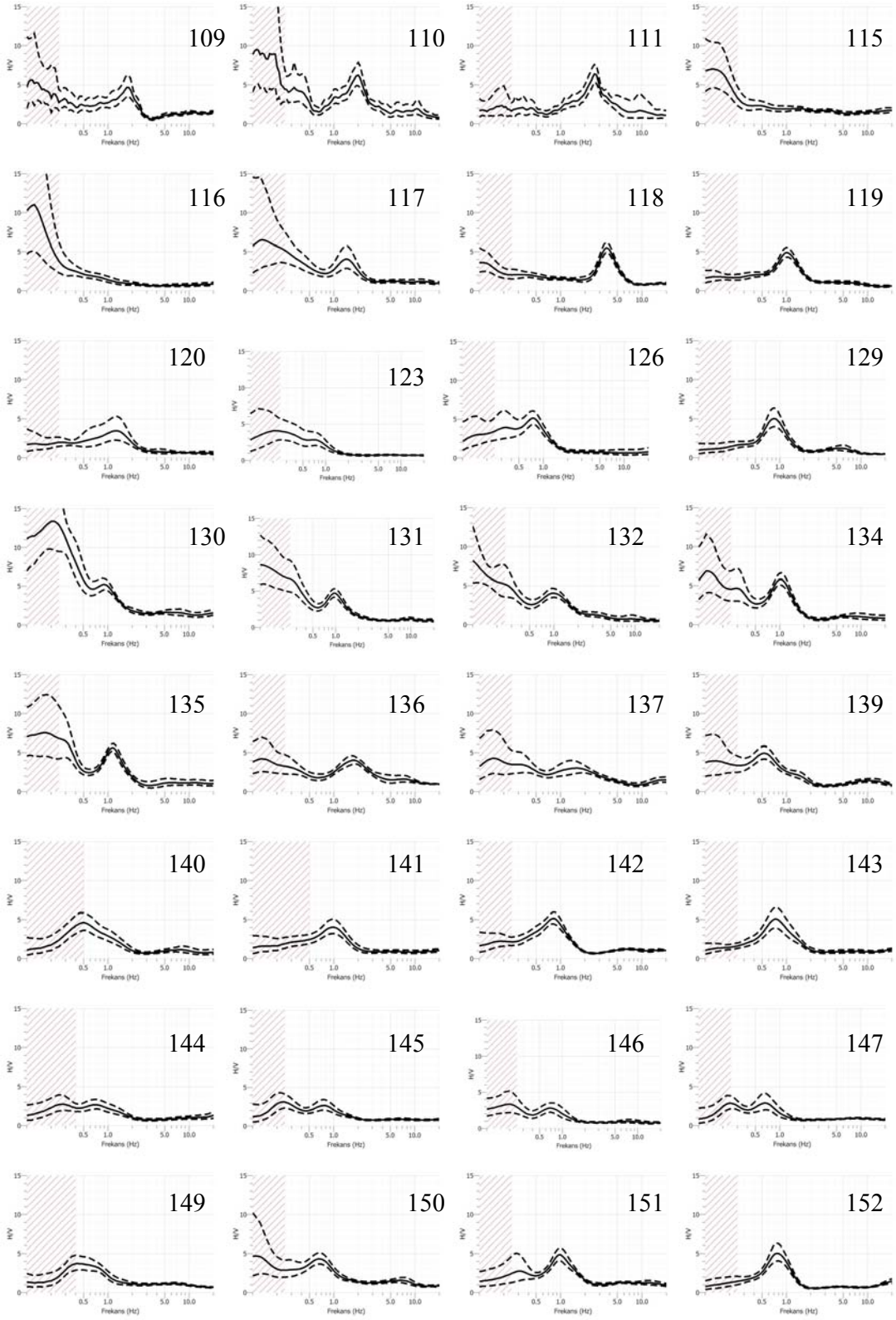
MİKROTREMOR SPEKTRUMLARI



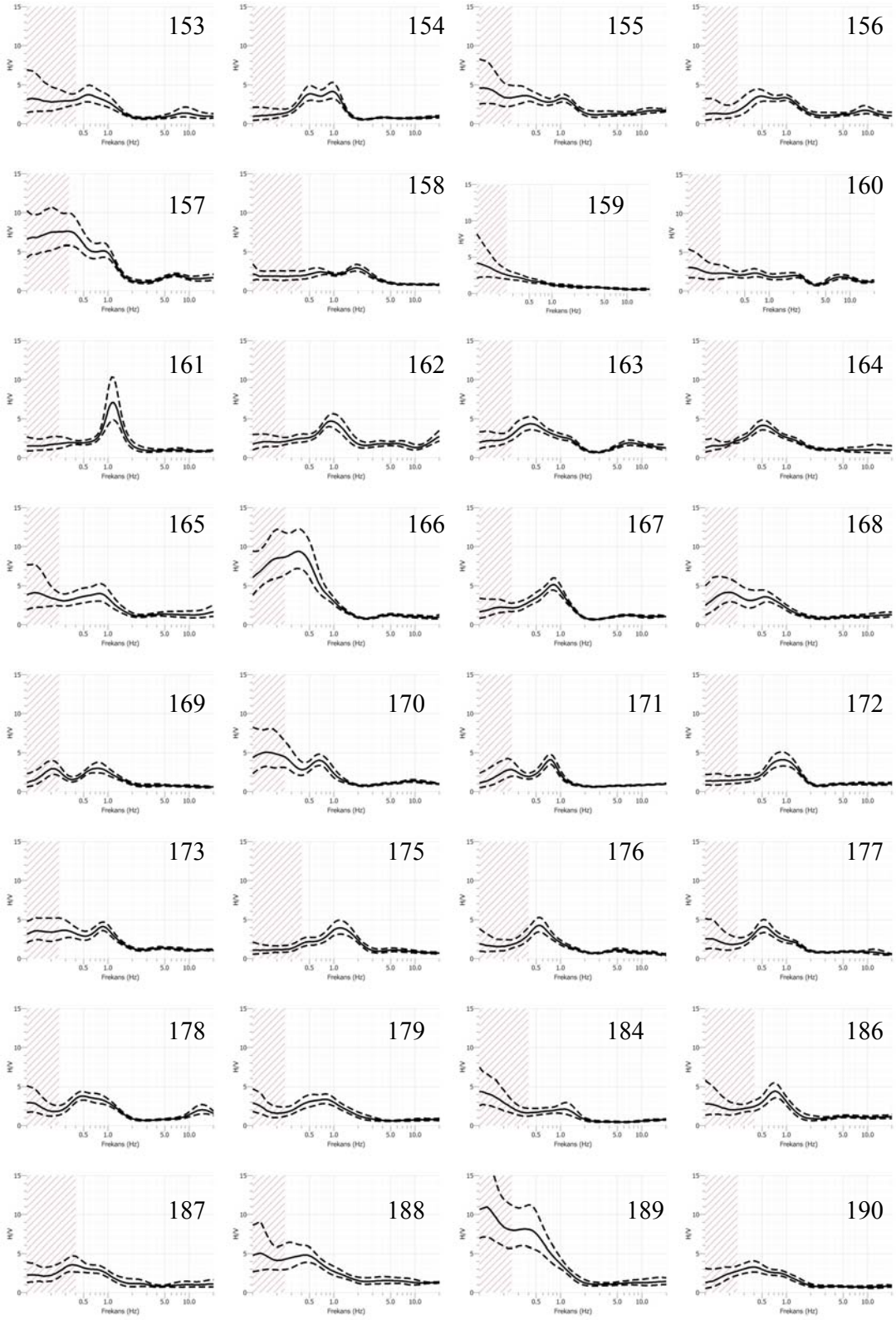
(EK-1 Devam)


47
48
56
59
61
63
65
72
74
75
77
80
81
82
84
85
86
87
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
H/V
Frekans (Hz)

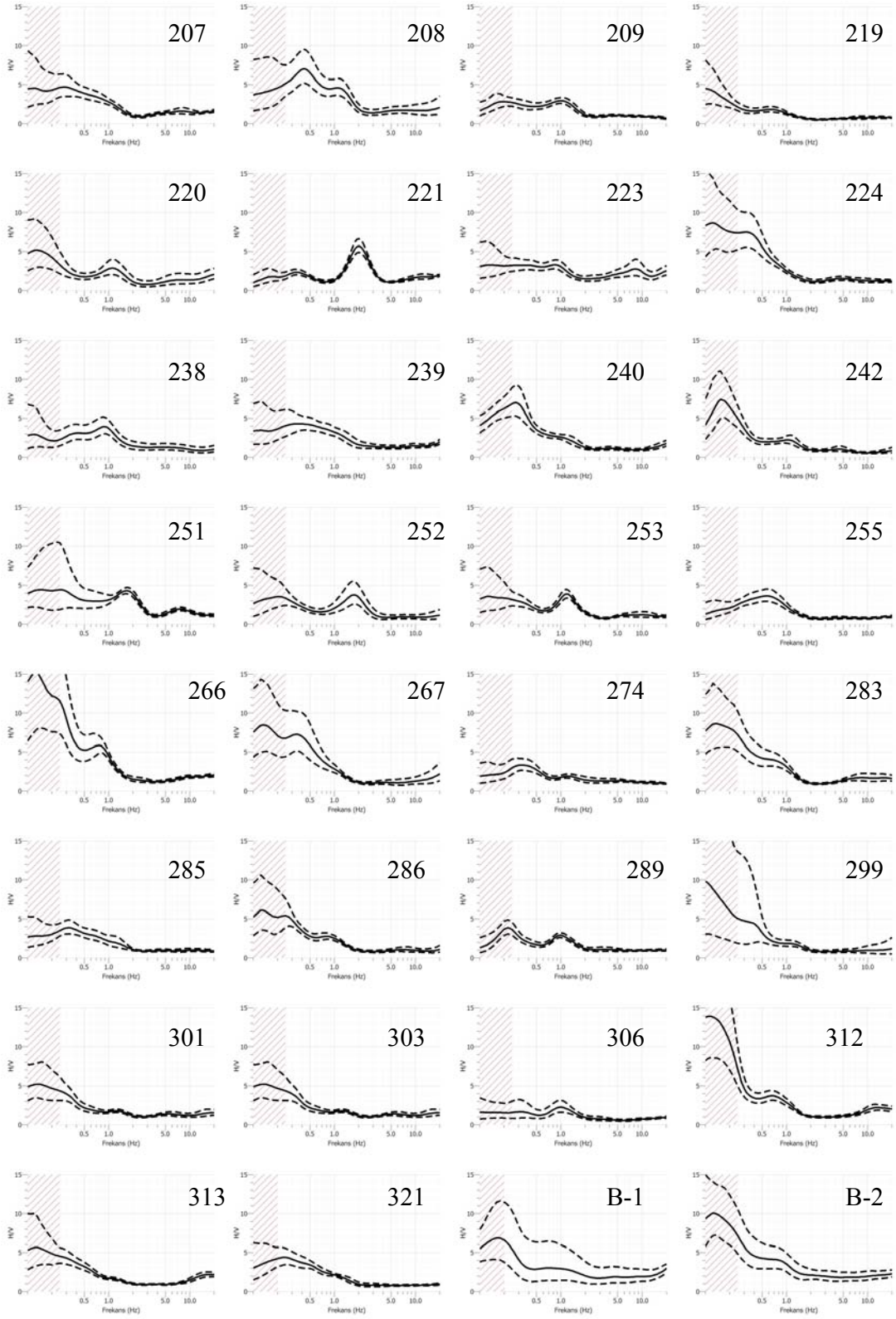
(EK-1 Devam)


109
110
111
115
116
117
118
119
120
123
126
129
130
131
132
134
135
136
137
139
140
141
142
143
144
145
146
147
149
150
151
152
H/V
Frekans (Hz)

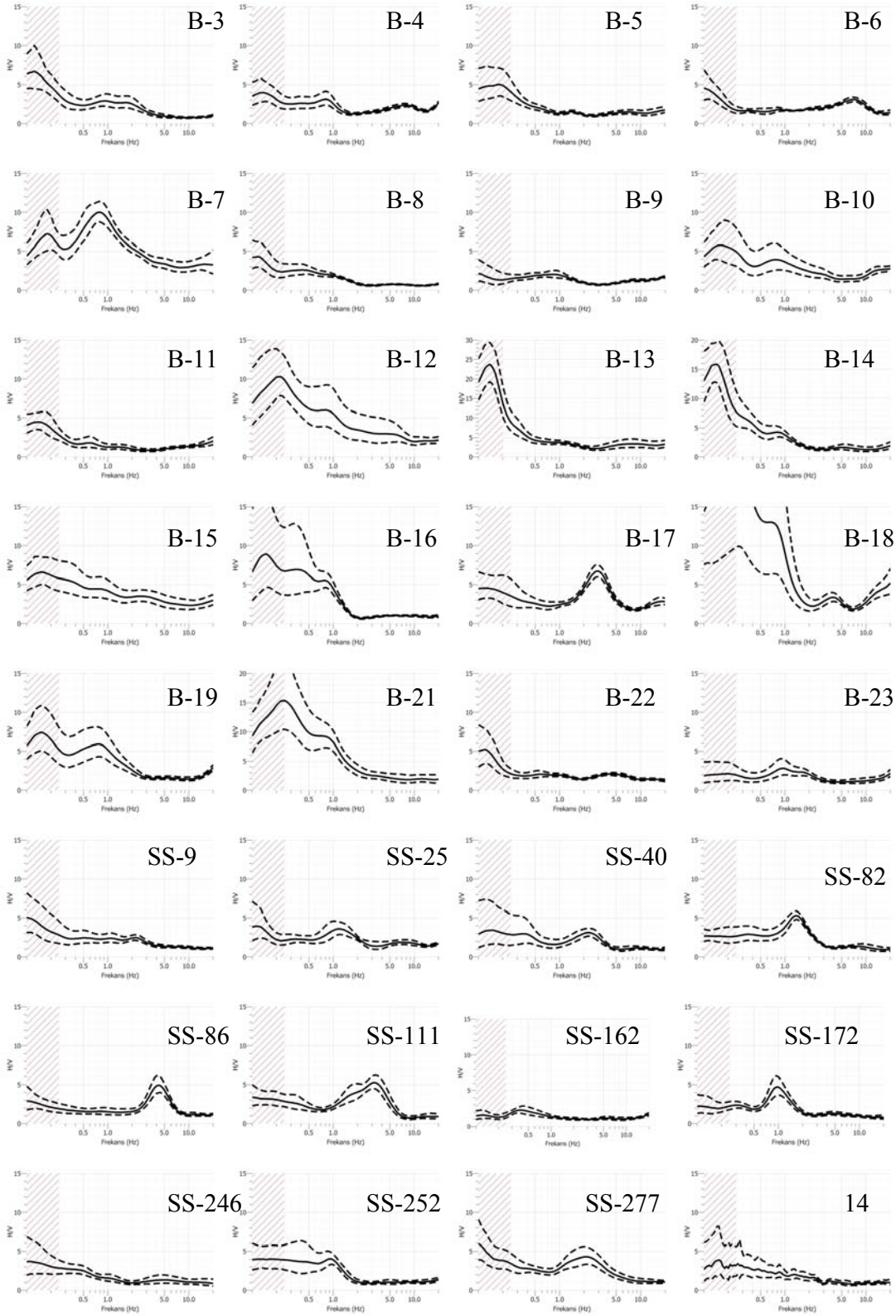
(EK-1 Devam)


153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
175
176
177
178
179
184
186
187
188
189
190

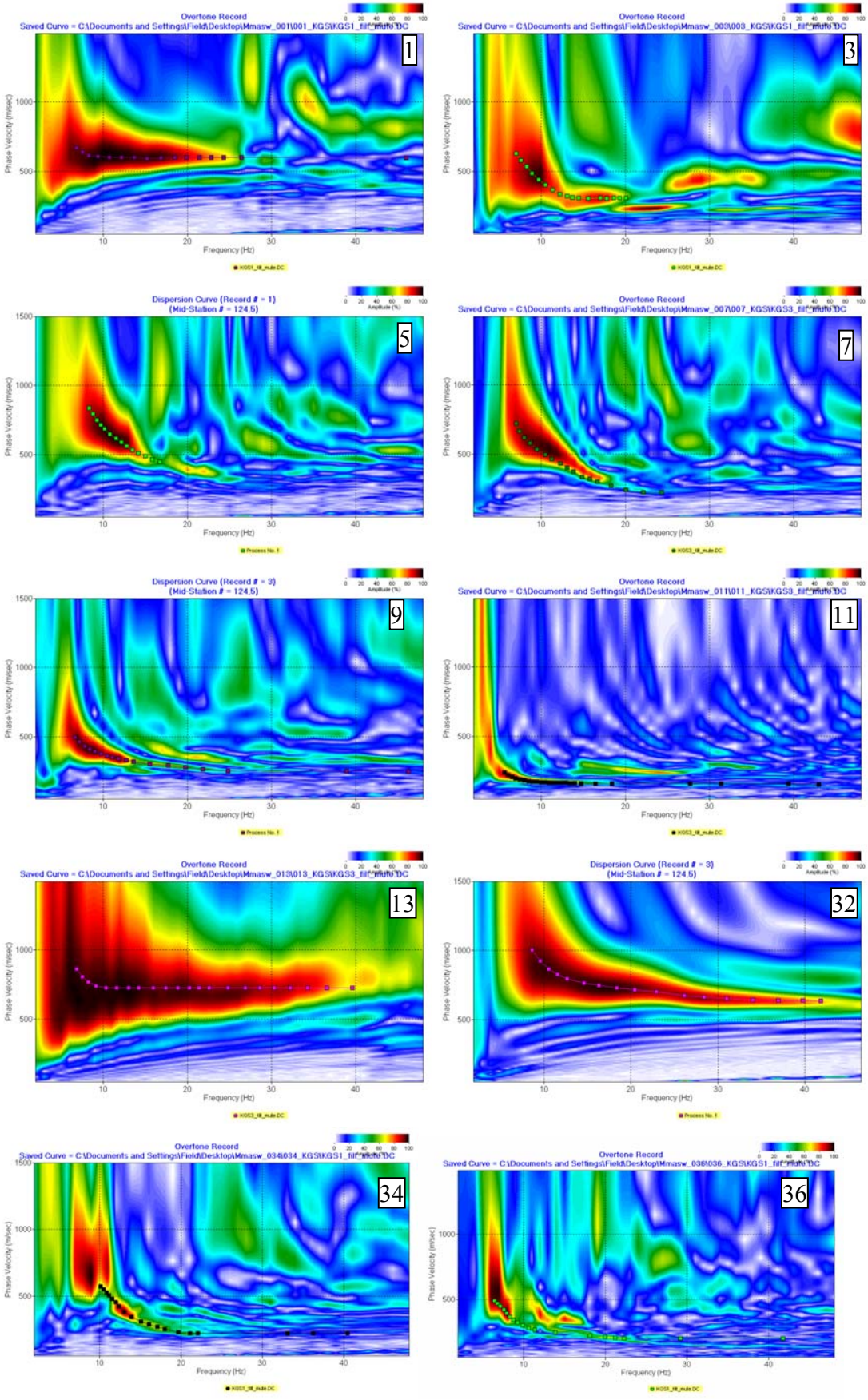
(EK-1 Devam)


207
208
209
219
220
221
223
224
238
239
240
242
251
252
253
255
266
267
274
283
285
286
289
299
301
303
306
312
313
321
B-1
B-2

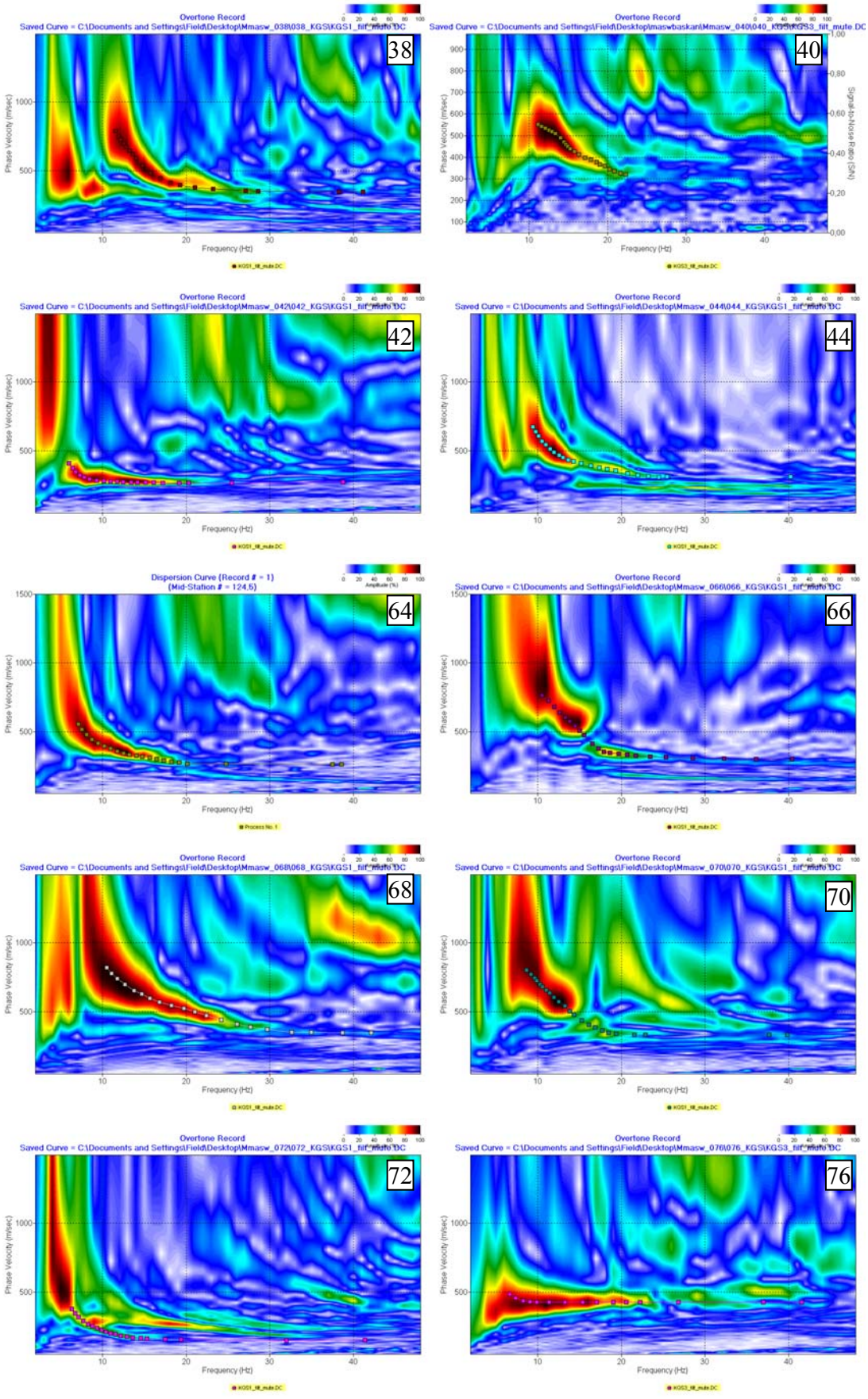
(EK-1 Devam)


B-3
B-4
B-5
B-6
B-7
B-8
B-9
B-10
B-11
B-12
B-13
B-14
B-15
B-16
B-17
B-18
B-19
B-21
B-22
B-23
SS-9
SS-25
SS-40
SS-82
SS-86
SS-111
SS-162
SS-172
SS-246
SS-252
SS-277
14

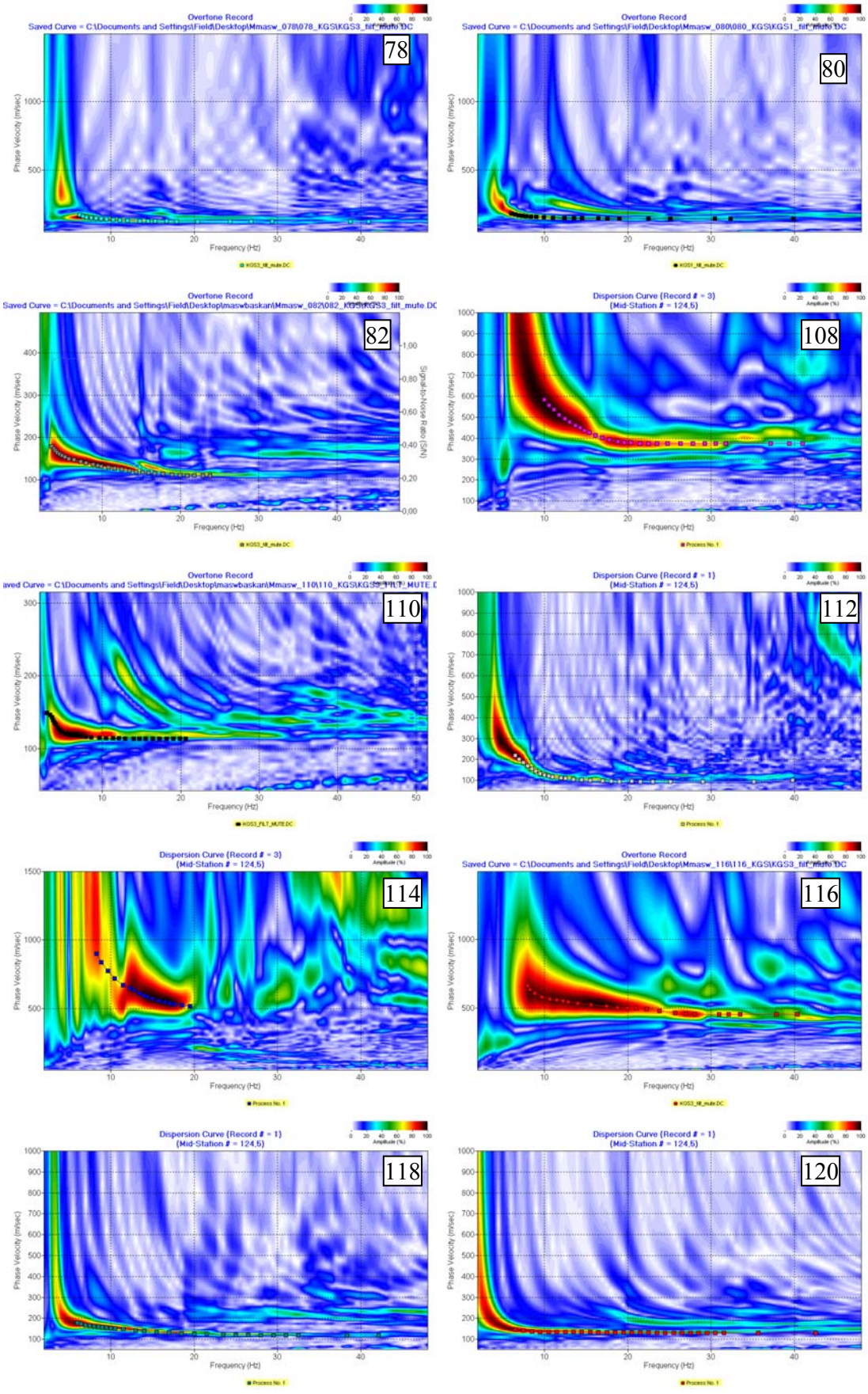
EK-2 **DİSPERSİYON EĞRİLERİ**



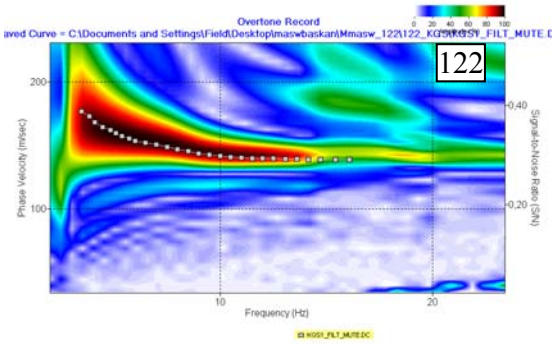
(EK-2 Devam)

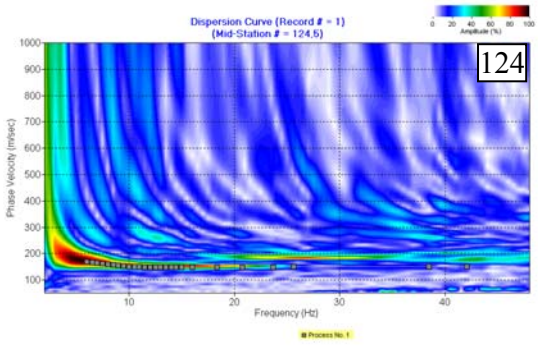

Overtone Record
38
Overtone Record
40
Overtone Record
42
Overtone Record
44
Dispersion Curve (Record # = 1)
64
Overtone Record
66
Overtone Record
68
Overtone Record
70
Overtone Record
72
Overtone Record
76
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

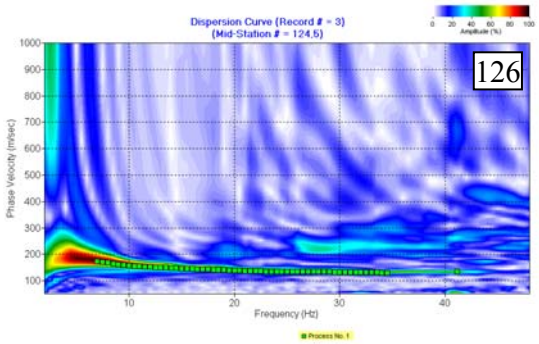
(EK-2 Devam)

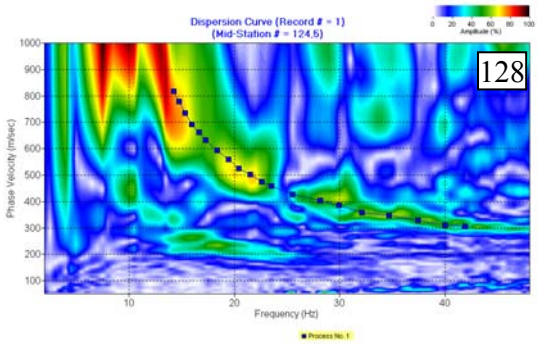

Overtone Record
78
Overtone Record
80
Overtone Record
82
Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
108
Overtone Record
110
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
112
Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
114
Overtone Record
116
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
118
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
120
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)

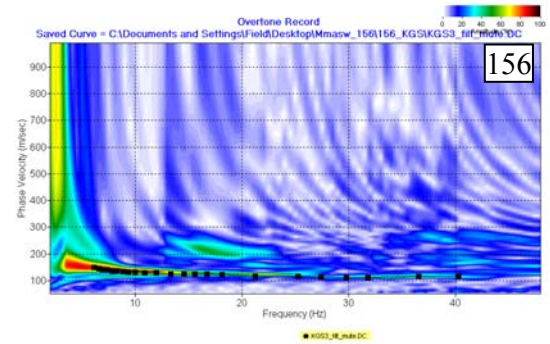
(EK-2 Devam)

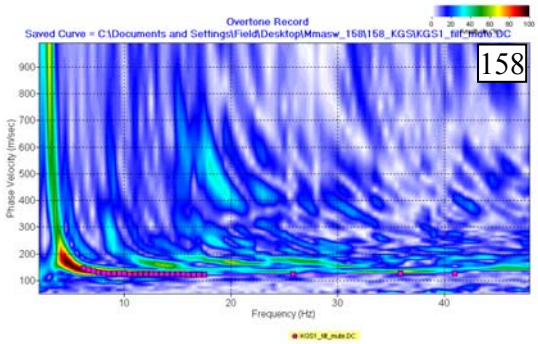

Overtone Record
122
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)

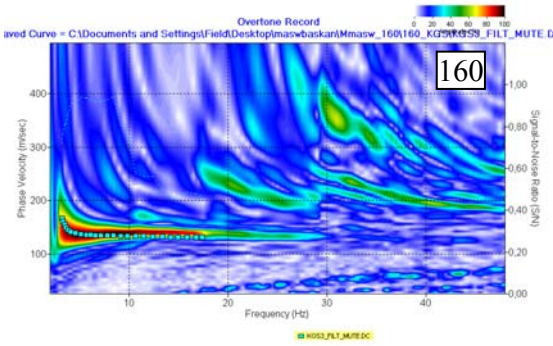

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
124
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

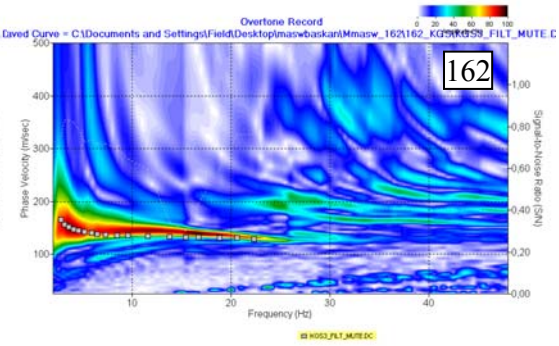

Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
126
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

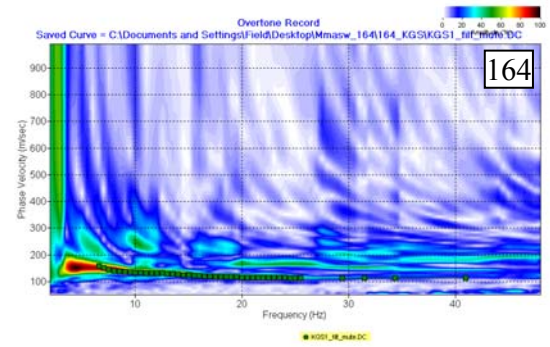

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
128
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

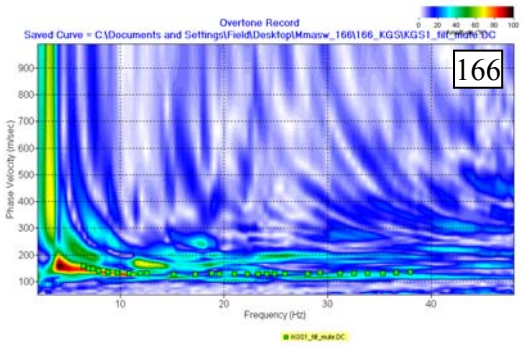

Overtone Record
156
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)


Overtone Record
158
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

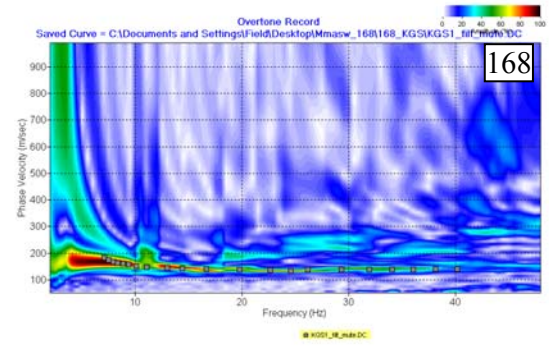

Overtone Record
160
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)

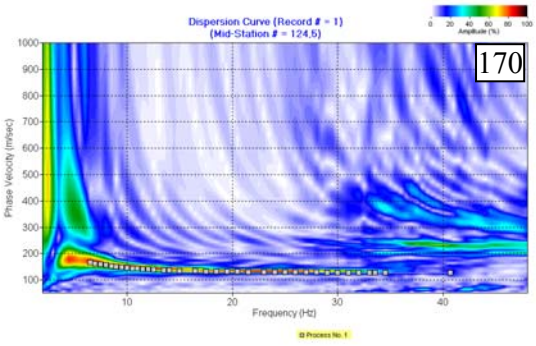

Overtone Record
162
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)

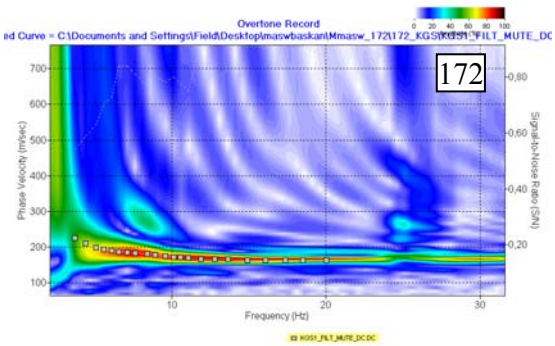

Overtone Record
164
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

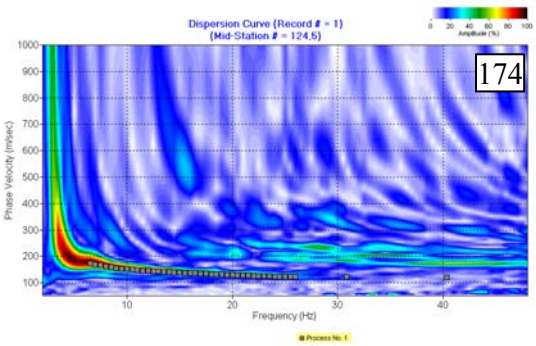

Overtone Record
166
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

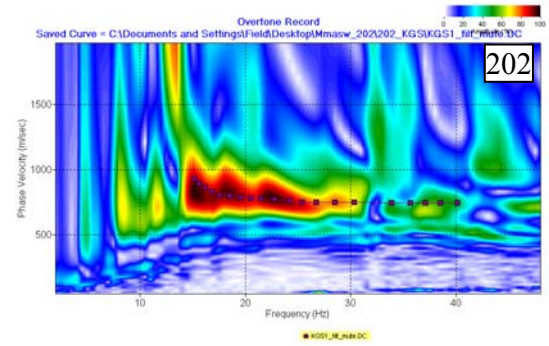
(EK-2 Devam)

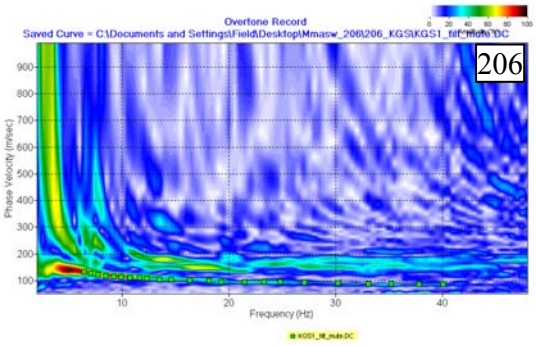

Overtone Record
168
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

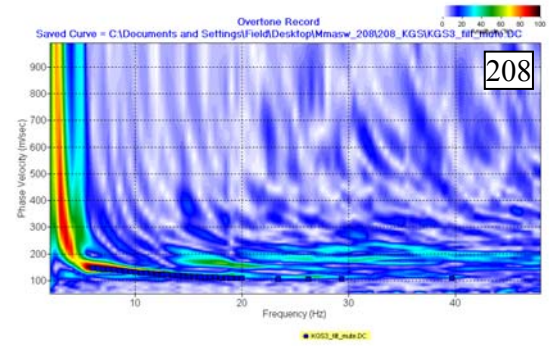

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
170
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

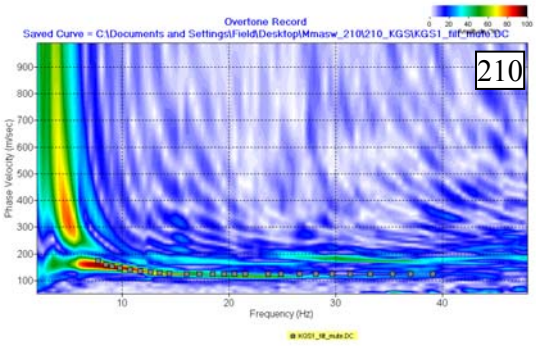

Overtone Record
172
Phase Velocity (m/sec)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Frequency (Hz)

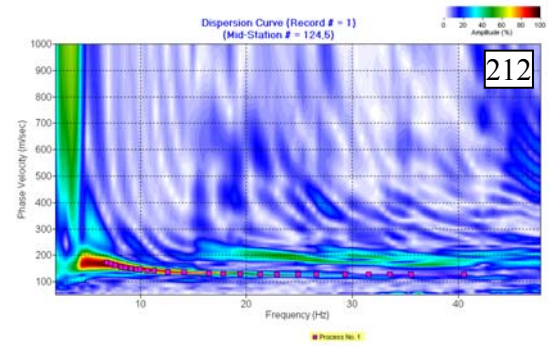

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
174
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

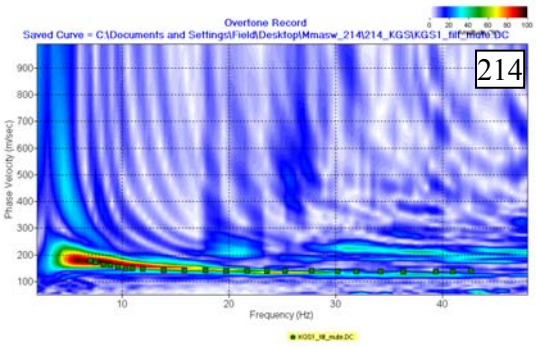

Overtone Record
202
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)


Overtone Record
206
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

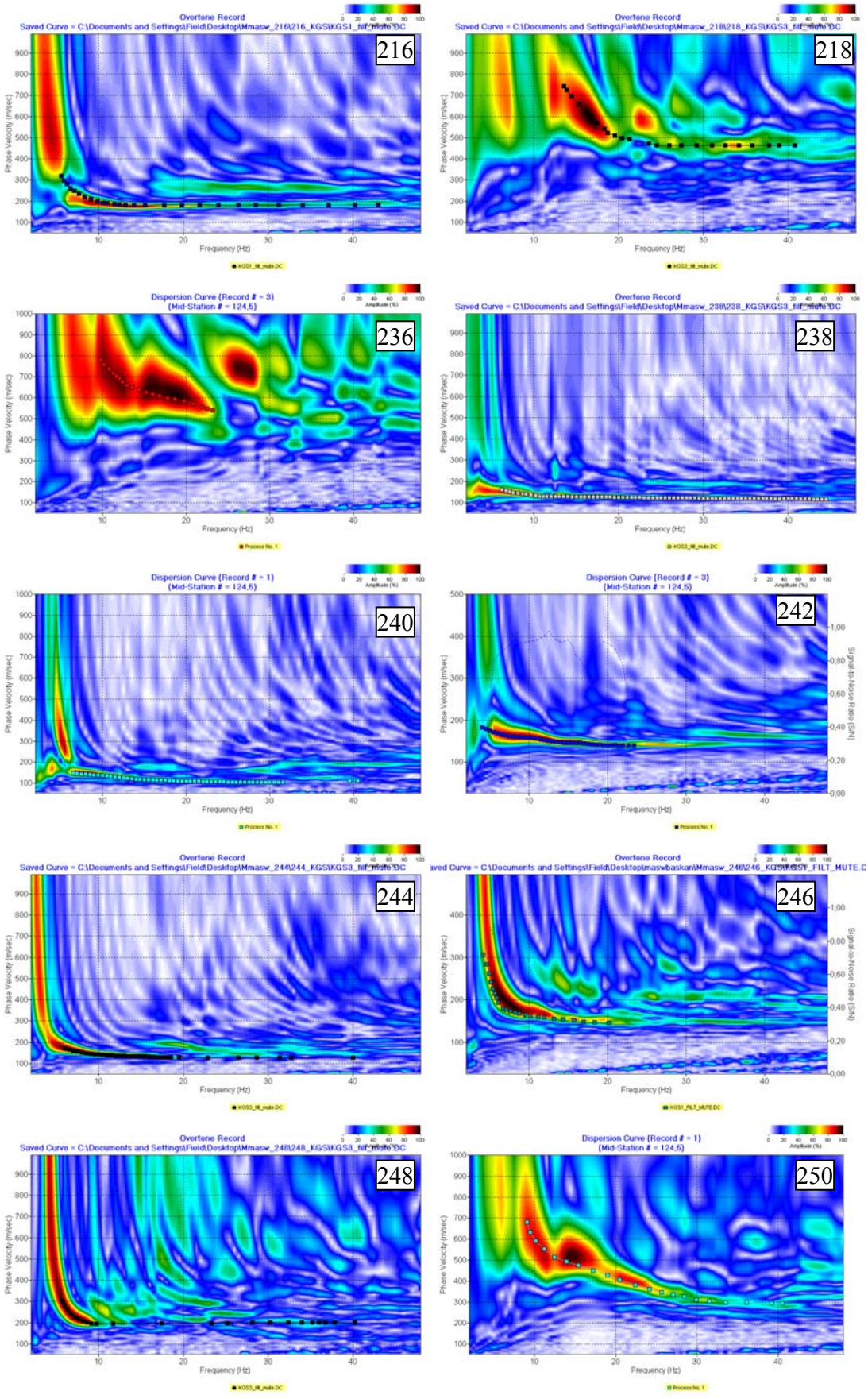

Overtone Record
208
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)


Overtone Record
210
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

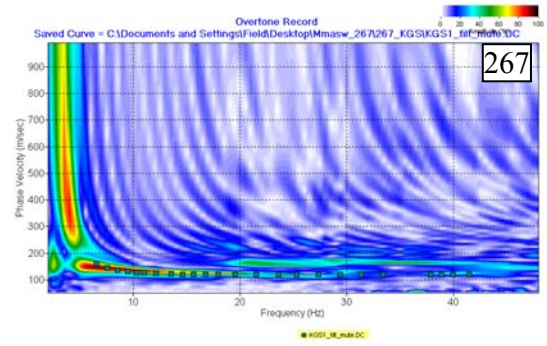

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
212
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

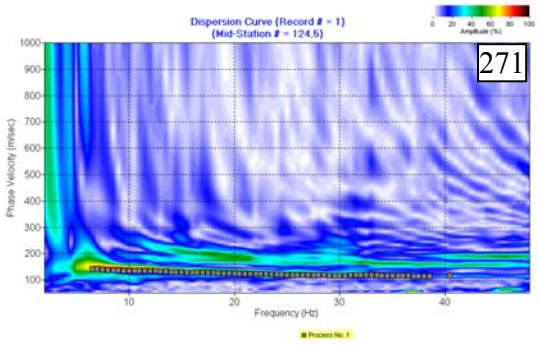

Overtone Record
214
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

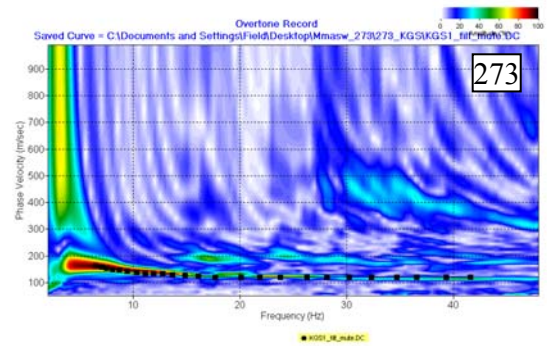
(EK-2 Devam)

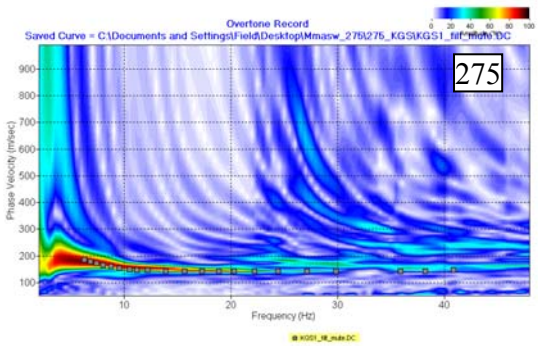

Overtone Record
Saved Curve = C:\Documents and Settings\Field\Desktop\Mmasw_216\216_KGS\KGS1_filt_mute.DC
216
Overtone Record
Saved Curve = C:\Documents and Settings\Field\Desktop\Mmasw_218\218_KGS\KGS3_filt_mute.DC
218
Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
236
Overtone Record
Saved Curve = C:\Documents and Settings\Field\Desktop\Mmasw_238\238_KGS\KGS3_filt_mute.DC
238
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
240
Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
242
Overtone Record
Saved Curve = C:\Documents and Settings\Field\Desktop\Mmasw_244\244_KGS\KGS3_filt_mute.DC
244
Overtone Record
246
Overtone Record
Saved Curve = C:\Documents and Settings\Field\Desktop\Mmasw_248\248_KGS\KGS3_filt_mute.DC
248
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
250
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)

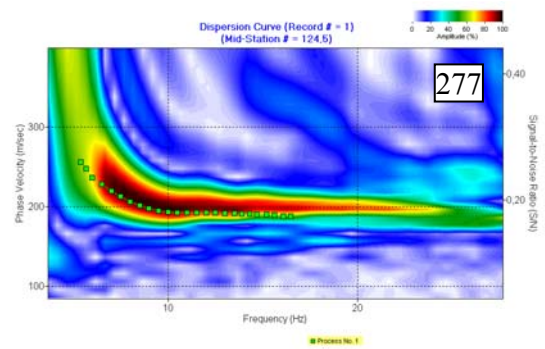
(EK-2 Devam)

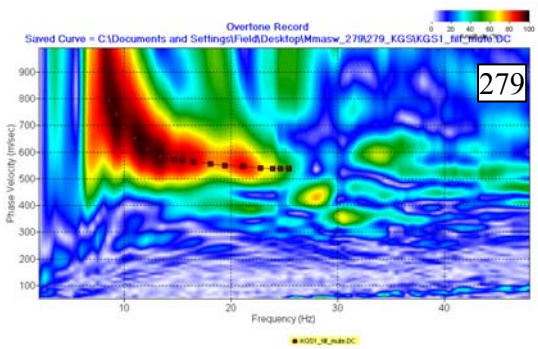

Overtone Record
267
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

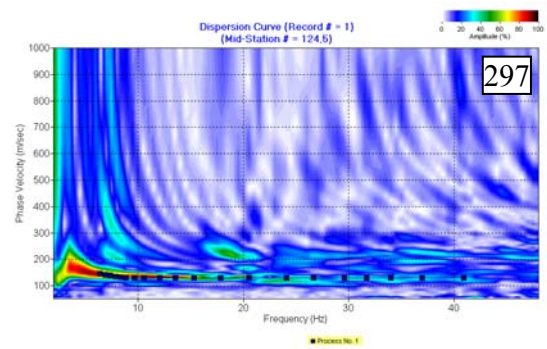

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
271
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

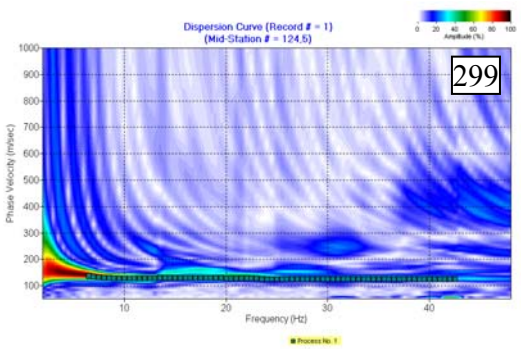

Overtone Record
273
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

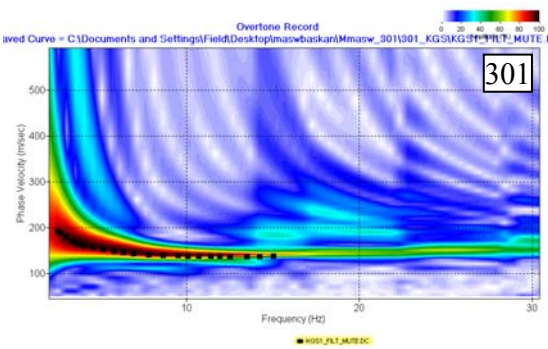

Overtone Record
275
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

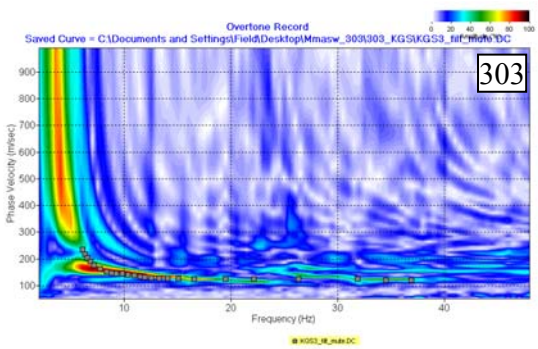

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
277
Phase Velocity (m/sec)
Signal-to-Noise Ratio (SNR)
Frequency (Hz)


Overtone Record
279
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

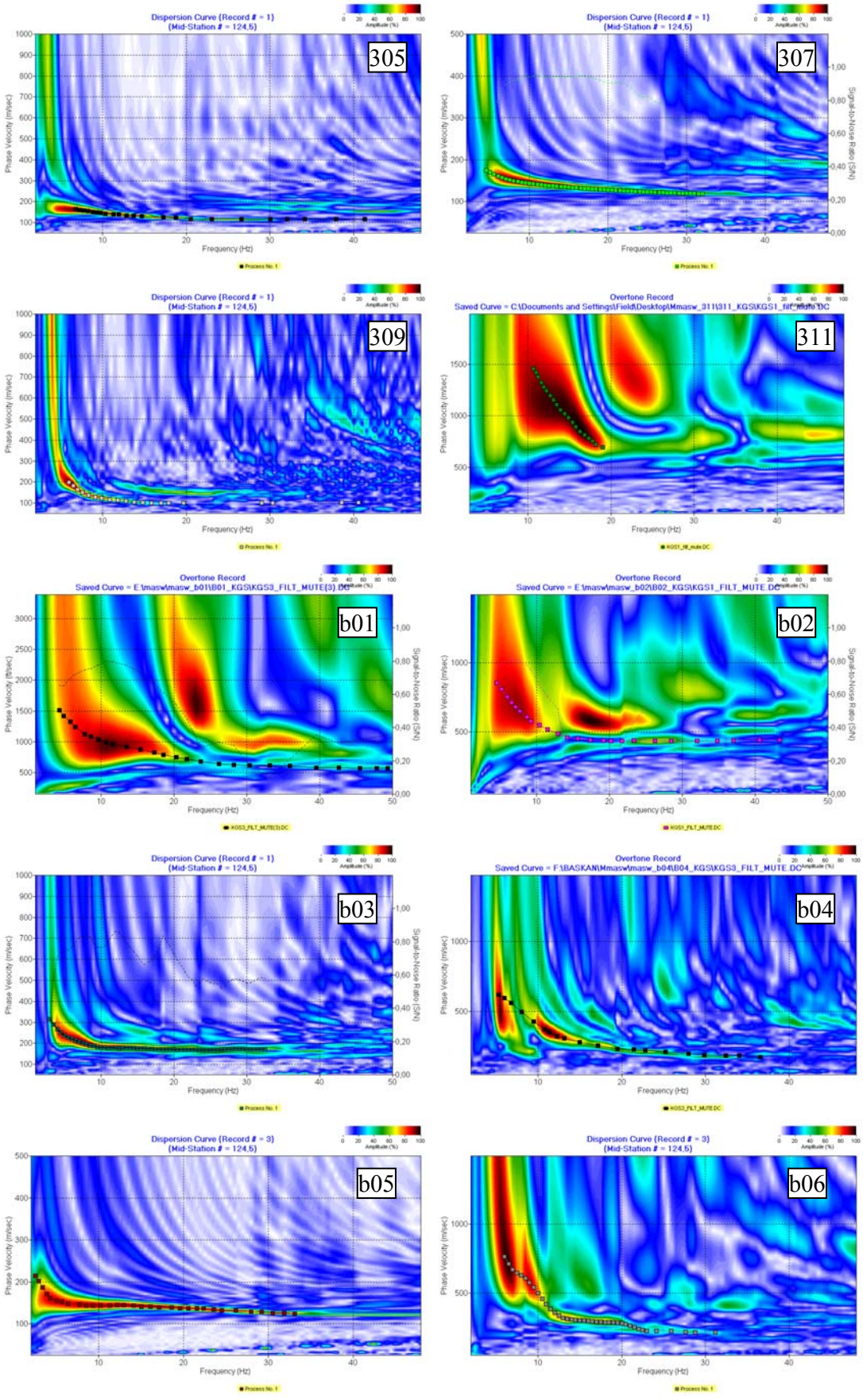

Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
297
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)


Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
299
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

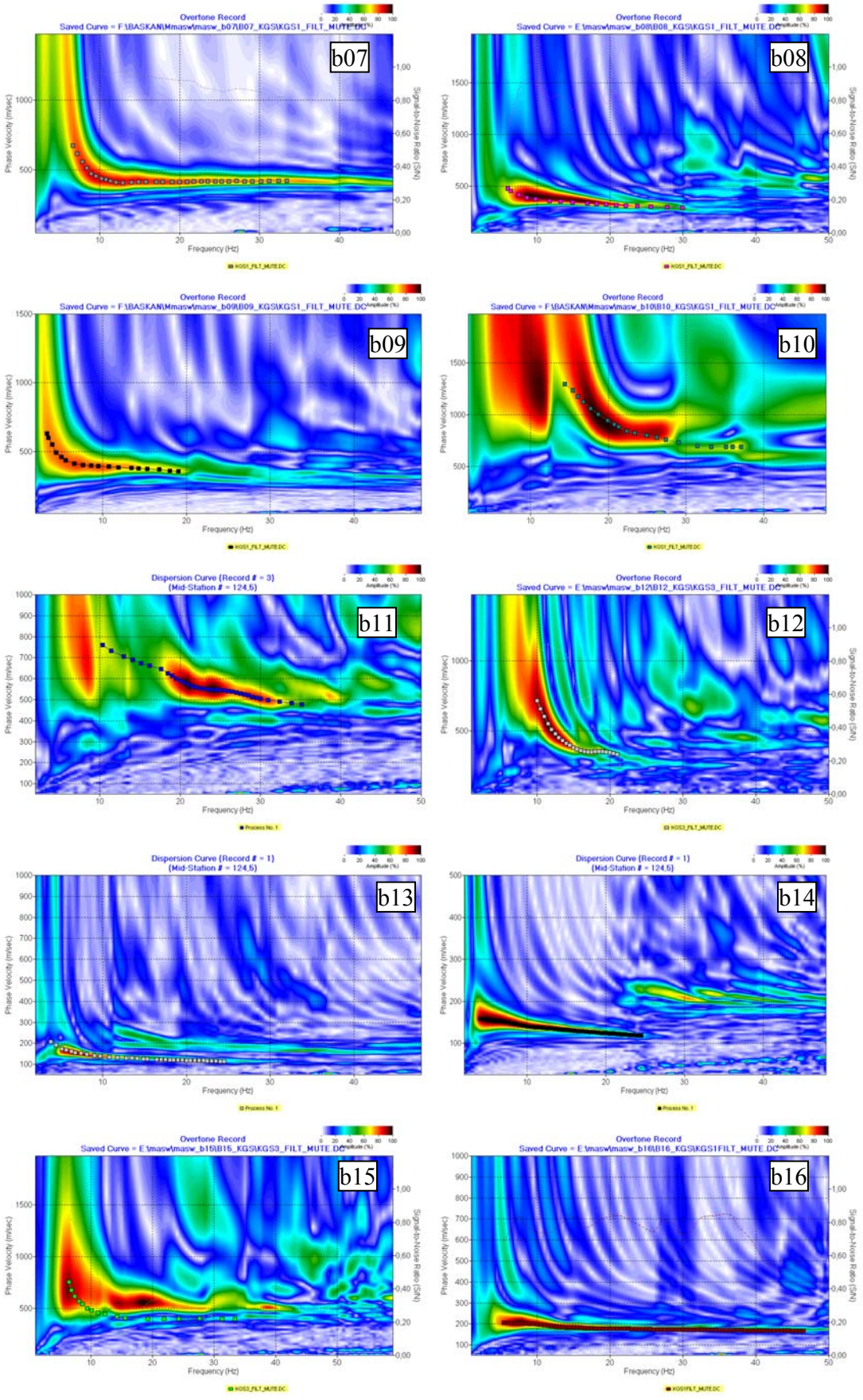

Overtone Record
301
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)


Overtone Record
303
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

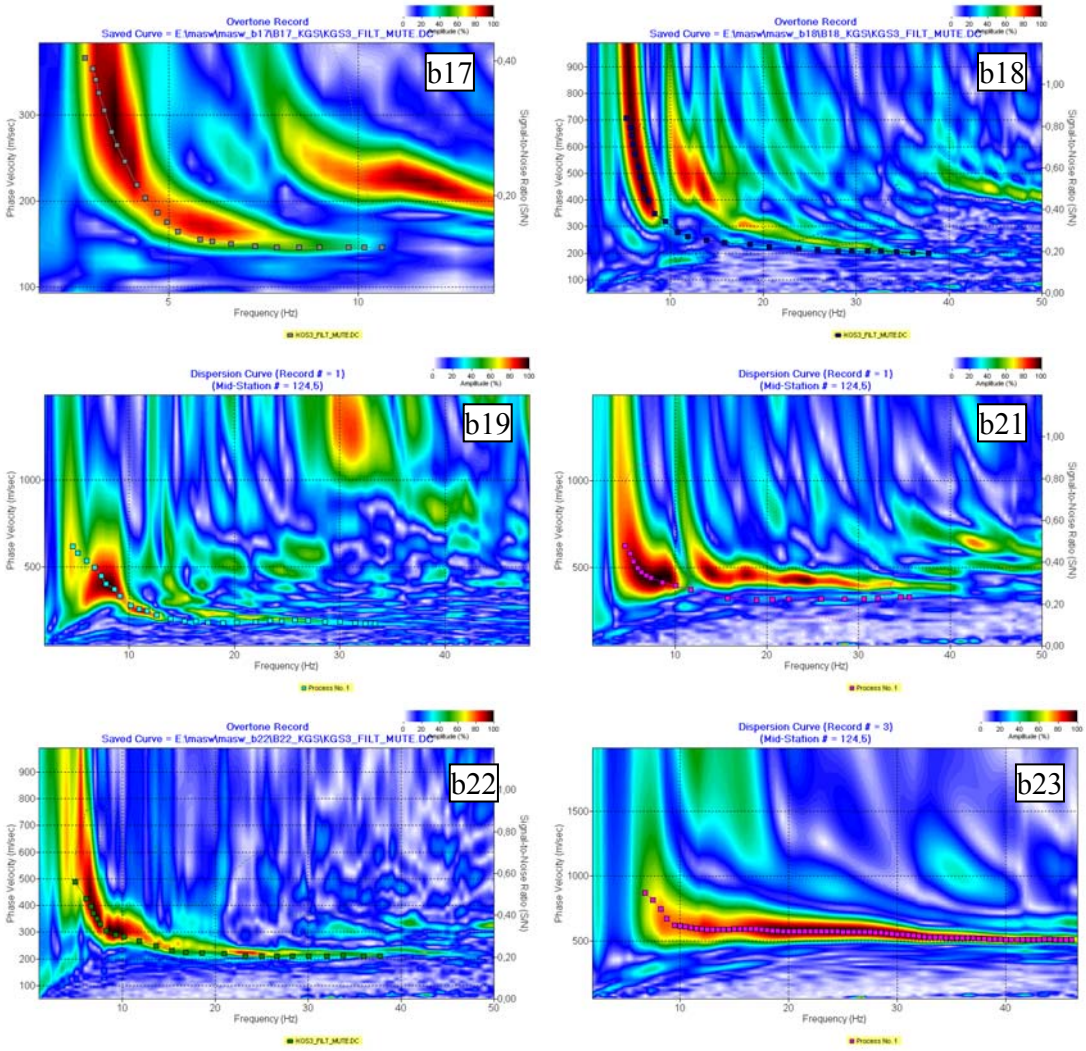
(EK-2 Devam)


Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
305
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
307
Phase Velocity (m/sec)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Frequency (Hz)
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
309
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Overtone Record
311
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Overtone Record
b01
Phase Velocity (m/sec)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Frequency (Hz)
Overtone Record
b02
Phase Velocity (m/sec)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Frequency (Hz)
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
b03
Phase Velocity (m/sec)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Frequency (Hz)
Overtone Record
b04
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
b05
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
b06
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

(EK-2 Devam)


b07
b08
b09
b10
b11
b12
b13
b14
b15
b16
Overtone Record
Dispersion Curve (Record # = 3)
Dispersion Curve (Record # = 1)
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)

(EK-2 Devam)


Overtone Record
Saved Curve = E:\masw\masw_b17\B17_KGS\KGS3_FILT_MUTE.DC
b17
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Overtone Record
Saved Curve = E:\masw\masw_b18\B18_KGS\KGS3_FILT_MUTE.DC
b18
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
b19
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Dispersion Curve (Record # = 1)
(Mid-Station # = 124,5)
b21
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Overtone Record
Saved Curve = E:\masw\masw_b22\B22_KGS\KGS3_FILT_MUTE.DC
b22
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)
Dispersion Curve (Record # = 3)
(Mid-Station # = 124,5)
b23
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

EK-3

Vp HIZ DERİNLİK DEĞİŞİMİ

b01		b02		b03		b08		b10		b12		b15		b16	
Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp
1	1422	1	705	1	354	1	367	1	340	1	571	1	698	1	355
2	1445	2	732	2	363	2	382	2	1238	2	598	2	717	2	363
3	1471	3	766	3	378	3	401	3	1288	3	634	3	740	3	376
4	1501	4	805	4	395	4	423	4	1361	4	677	4	766	4	391
5	1533	5	850	5	414	5	449	5	1454	5	727	5	794	5	407
6	1567	6	899	6	435	6	478	6	1568	6	785	6	822	6	423
7	1605	7	952	7	459	7	511	7	1701	7	850	7	852	7	439
8	1644	8	1008	8	485	8	547	8	1853	8	924	8	882	8	455
9	1685	9	1065	9	514	9	587	9	2023	9	1006	9	913	9	472
10	1727	10	1122	10	545	10	630	10	2211	10	1097	10	945	10	488
11	1768	11	1177	11	580	11	675	11	2413	11	1196	11	977	11	505
12	1809	12	1228	12	616	12	723	12	2624	12	1302	12	1010	12	522
13	1848	13	1272	13	654	13	775	13	2831	13	1413	13	1043	13	539
14	1885	14	1307	14	694	14	829	14	3019	14	1523	14	1078	14	555
15	1919	15	1332	15	737	15	886	15	3170	15	1631	15	1113	15	574
16	1951	16	1347	16	783	16	944	16	3274	16	1733	16	1149	16	593
17	1979	17	1354	17	828	17	1004	17	3323	17	1829	17	1187	17	612
18	2002	18	1358	18	874	18	1065	18	3340	18	1920	18	1224	18	632
19	2021	19	1358	19	922	19	1126	19	3356	19	2007	19	1262	19	652
20	2039	20	1357	20	972	20	1185	20	3368	20	2089	20	1300	20	673
21	2054	21	1355	21	1026	21	1243	21	3378	21	2166	21	1338	21	695
22	2067	22	1352	22	1082	22	1299	22	3386	22	2235	22	1373	22	717
23	2078	23	1348	23	1142	23	1354	23	3393	23	2294	23	1406	23	740
24	2086	24	1345	24	1204	24	1409	24	3398	24	2341	24	1435	24	763
25	2093	25	1342	25	1267	25	1465	25	3403	25	2368	25	1460	25	786
26	2100	26	1339	26	1332	26	1522	26	3407	26	2383	26	1480	26	809
27	2106	27	1336	27	1396	27	1580	27	3411	27	2391	27	1495	27	832
28	2112	28	1333	28	1460	28	1640	28	3416	28	2396	28	1507	28	855
29	2116	29	1331	29	1518	29	1702	29	3421	29	2398	29	1516	29	878
30	2118	30	1328	30	1571	30	1767	30	3426	30	2400	30	1523	30	900
31	2120	31	1327	31	1619	31	1833	31	3432	31	2402	31	1529	31	922
32	2120	32	1325	32	1664	32	1900	32	3437	32	2403	32	1534	32	943
b04		b05		b06		b07		b09		b11		b13		b19	
Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp	Der	Vp
1	340	1	340	1	340	1	340	1	340	1	340	1	340	1	340
2	600	2	407	2	790	2	879	2	554	2	1042	2	531	2	661
3	619	3	419	3	813	3	904	3	568	3	1067	3	550	3	684
4	645	4	436	4	847	4	940	4	589	4	1102	4	577	4	718
5	679	5	458	5	890	5	985	5	615	5	1145	5	611	5	760
6	720	6	484	6	941	6	1038	6	647	6	1196	6	653	6	812
7	769	7	514	7	1001	7	1099	7	684	7	1252	7	701	7	873
8	825	8	548	8	1068	8	1166	8	725	8	1314	8	757	8	943
9	888	9	585	9	1141	9	1240	9	771	9	1380	9	819	9	1022
10	959	10	625	10	1222	10	1319	10	820	10	1449	10	887	10	1110
11	1037	11	667	11	1309	11	1401	11	873	11	1522	11	962	11	1206
12	1123	12	710	12	1402	12	1484	12	930	12	1596	12	1043	12	1311

(EK-3 Devam)

13	1216	13	755	13	1498	13	1566	13	989	13	1670	13	1127	13	1423
14	1316	14	798	14	1595	14	1644	14	1050	14	1742	14	1211	14	1539
15	1419	15	839	15	1689	15	1718	15	1113	15	1812	15	1290	15	1655
16	1522	16	877	16	1775	16	1789	16	1176	16	1880	16	1359	16	1763
17	1621	17	911	17	1850	17	1856	17	1238	17	1942	17	1415	17	1856
18	1711	18	941	18	1910	18	1922	18	1298	18	2002	18	1455	18	1928
19	1786	19	969	19	1955	19	1984	19	1355	19	2060	19	1482	19	1975
20	1847	20	994	20	1990	20	2044	20	1409	20	2119	20	1502	20	2008
21	1891	21	1019	21	2018	21	2100	21	1459	21	2177	21	1517	21	2033
22	1924	22	1042	22	2045	22	2152	22	1505	22	2237	22	1528	22	2055
23	1950	23	1065	23	2072	23	2200	23	1549	23	2296	23	1537	23	2074
24	1973	24	1086	24	2100	24	2242	24	1591	24	2355	24	1544	24	2090
25	1996	25	1104	25	2130	25	2276	25	1631	25	2413	25	1550	25	2103
26	2017	26	1120	26	2162	26	2300	26	1670	26	2471	26	1554	26	2113
27	2036	27	1133	27	2196	27	2318	27	1708	27	2528	27	1558	27	2121
28	2054	28	1145	28	2232	28	2331	28	1744	28	2584	28	1562	28	2128
29	2069	29	1155	29	2270	29	2341	29	1778	29	2638	29	1564	29	2135
30	2083	30	1165	30	2308	30	2349	30	1808	30	2692	30	1567	30	2140
31	2096	31	1174	31	2345	31	2356	31	1832	31	2742	31	1568	31	2146
32	2108	32	1183	32	2381	32	2362	32	1848	32	2788	32	1570	32	2151
b14		**1**		**3**		**b23**		**9**		**13**		**32**		**34**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	340	1	911	1	340	1	340	1	574	1	340	1	1536	1	589
2	518	2	936	2	468	2	723	2	599	2	1429	2	1581	2	614
3	537	3	972	3	507	3	750	3	634	3	1490	3	1646	3	649
4	564	4	1017	4	563	4	788	4	676	4	1587	4	1725	4	695
5	599	5	1069	5	633	5	836	5	724	5	1705	5	1817	5	750
6	640	6	1127	6	714	6	895	6	776	6	1818	6	1917	6	815
7	689	7	1190	7	800	7	965	7	832	7	1929	7	2022	7	890
8	746	8	1254	8	887	8	1044	8	892	8	2054	8	2125	8	976
9	810	9	1317	9	975	9	1134	9	955	9	2187	9	2222	9	1072
10	881	10	1378	10	1068	10	1233	10	1019	10	2280	10	2304	10	1179
11	961	11	1435	11	1171	11	1342	11	1080	11	2361	11	2371	11	1292
12	1049	12	1488	12	1290	12	1459	12	1139	12	2412	12	2422	12	1401
13	1144	13	1536	13	1428	13	1582	13	1197	13	2447	13	2460	13	1509
14	1244	14	1582	14	1587	14	1704	14	1257	14	2475	14	2490	14	1609
15	1347	15	1624	15	1770	15	1818	15	1317	15	2501	15	2515	15	1696
16	1446	16	1661	16	1975	16	1916	16	1379	16	2525	16	2538	16	1766
17	1534	17	1691	17	2205	17	1990	17	1440	17	2550	17	2558	17	1818
18	1604	18	1711	18	2450	18	2037	18	1498	18	2581	18	2574	18	1848
19	1652	19	1725	19	2690	19	2064	19	1553	19	2615	19	2588	19	1858
20	1681	20	1736	20	2884	20	2080	20	1602	20	2648	20	2601	20	1866
21	1698	21	1745	21	3004	21	2092	21	1646	21	2675	21	2611	21	1883
22	1711	22	1755	22	3073	22	2102	22	1682	22	2695	22	2619	22	1911
23	1722	23	1766	23	3118	23	2114	23	1711	23	2712	23	2626	23	1947
24	1731	24	1778	24	3147	24	2125	24	1737	24	2727	24	2631	24	1984
25	1740	25	1789	25	3168	25	2137	25	1762	25	2739	25	2636	25	2028
26	1748	26	1801	26	3183	26	2148	26	1784	26	2750	26	2640	26	2084
27	1756	27	1812	27	3194	27	2158	27	1804	27	2757	27	2643	27	2149
28	1763	28	1822	28	3202	28	2167	28	1823	28	2763	28	2647	28	2217
29	1771	29	1830	29	3207	29	2175	29	1843	29	2768	29	2649	29	2289

(EK-3 Devam)

30	1778	30	1836	30	3213	30	2182	30	1863	30	2771	30	2652	30	2360
31	1785	31	1842	31	3220	31	2189	31	1885	31	2773	31	2654	31	2431
32	1792	32	1847	32	3225	32	2196	32	1906	32	2775	32	2656	32	2498
b17		**b18**		**b21**		**b22**		**40**		**82**		**110**		**122**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	391	1	664	1	850	1	494	1	690	1	694	1	657	1	376
2	409	2	699	2	890	2	516	2	713	2	721	2	680	2	390
3	432	3	744	3	941	3	544	3	748	3	760	3	714	3	410
4	459	4	799	4	1003	4	578	4	792	4	810	4	756	4	437
5	492	5	865	5	1076	5	617	5	846	5	872	5	807	5	469
6	530	6	941	6	1159	6	663	6	910	6	944	6	867	6	506
7	573	7	1028	7	1253	7	714	7	983	7	1027	7	935	7	549
8	622	8	1126	8	1357	8	772	8	1067	8	1121	8	1011	8	599
9	678	9	1236	9	1473	9	837	9	1160	9	1226	9	1095	9	656
10	742	10	1357	10	1600	10	909	10	1263	10	1340	10	1185	10	720
11	813	11	1486	11	1737	11	989	11	1374	11	1459	11	1280	11	791
12	894	12	1619	12	1881	12	1078	12	1493	12	1579	12	1375	12	869
13	985	13	1745	13	2028	13	1174	13	1614	13	1688	13	1464	13	954
14	1086	14	1854	14	2169	14	1278	14	1731	14	1778	14	1541	14	1046
15	1196	15	1938	15	2295	15	1388	15	1833	15	1839	15	1600	15	1143
16	1315	16	1994	16	2396	16	1500	16	1913	16	1870	16	1640	16	1240
17	1439	17	2042	17	2478	17	1611	17	1967	17	1884	17	1668	17	1334
18	1560	18	2089	18	2541	18	1714	18	1998	18	1891	18	1690	18	1418
19	1670	19	2137	19	2586	19	1803	19	2013	19	1897	19	1708	19	1487
20	1758	20	2187	20	2614	20	1874	20	2020	20	1904	20	1724	20	1541
21	1817	21	2239	21	2632	21	1927	21	2029	21	1914	21	1736	21	1584
22	1851	22	2292	22	2646	22	1966	22	2040	22	1925	22	1746	22	1620
23	1869	23	2347	23	2656	23	1990	23	2052	23	1938	23	1753	23	1651
24	1877	24	2402	24	2663	24	2006	24	2064	24	1951	24	1758	24	1681
25	1878	25	2457	25	2668	25	2016	25	2075	25	1964	25	1763	25	1711
26	1875	26	2514	26	2672	26	2023	26	2087	26	1976	26	1767	26	1741
27	1869	27	2570	27	2675	27	2028	27	2097	27	1986	27	1770	27	1771
28	1863	28	2625	28	2678	28	2033	28	2106	28	1996	28	1773	28	1800
29	1856	29	2676	29	2680	29	2038	29	2114	29	2005	29	1775	29	1829
30	1849	30	2720	30	2682	30	2043	30	2122	30	2015	30	1776	30	1855
31	1843	31	2753	31	2684	31	2048	31	2129	31	2023	31	1777	31	1879
32	1837	32	2772	32	2686	32	2052	32	2137	32	2031	32	1778	32	1899
160		**162**		**172**		**242**		**246**		**277**		**301**		**307**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	395	1	355	1	398	1	856	1	532	1	402	1	579	1	458
2	410	2	362	2	412	2	872	2	552	2	416	2	603	2	476
3	432	3	378	3	432	3	895	3	582	3	437	3	637	3	501
4	461	4	399	4	458	4	923	4	620	4	463	4	682	4	534
5	496	5	424	5	490	5	957	5	667	5	494	5	735	5	574
6	538	6	452	6	527	6	995	6	723	6	531	6	798	6	620
7	586	7	484	7	570	7	1037	7	788	7	573	7	871	7	675
8	642	8	521	8	619	8	1083	8	863	8	621	8	952	8	737
9	705	9	563	9	674	9	1133	9	949	9	675	9	1043	9	809
10	777	10	609	10	736	10	1185	10	1045	10	735	10	1142	10	890
11	857	11	658	11	805	11	1241	11	1151	11	801	11	1249	11	981
12	944	12	711	12	882	12	1299	12	1267	12	873	12	1361	12	1081

(EK-3 Devam)

13	1038	13	765	13	967	13	1360	13	1391	13	950	13	1475	13	1192
14	1138	14	820	14	1059	14	1423	14	1520	14	1032	14	1582	14	1312
15	1240	15	877	15	1156	15	1487	15	1645	15	1116	15	1676	15	1436
16	1338	16	934	16	1257	16	1552	16	1757	16	1200	16	1752	16	1558
17	1425	17	988	17	1357	17	1618	17	1848	17	1281	17	1806	17	1669
18	1496	18	1036	18	1451	18	1685	18	1910	18	1357	18	1847	18	1758
19	1549	19	1080	19	1533	19	1751	19	1943	19	1427	19	1879	19	1821
20	1588	20	1122	20	1599	20	1815	20	1957	20	1493	20	1906	20	1862
21	1615	21	1162	21	1646	21	1877	21	1963	21	1554	21	1934	21	1892
22	1638	22	1200	22	1682	22	1936	22	1970	22	1613	22	1964	22	1916
23	1661	23	1235	23	1711	23	1993	23	1979	23	1672	23	1996	23	1939
24	1686	24	1266	24	1738	24	2045	24	1988	24	1731	24	2030	24	1960
25	1712	25	1293	25	1765	25	2095	25	1997	25	1791	25	2066	25	1980
26	1739	26	1318	26	1794	26	2143	26	2006	26	1852	26	2102	26	1999
27	1768	27	1343	27	1825	27	2189	27	2015	27	1914	27	2139	27	2015
28	1799	28	1369	28	1860	28	2233	28	2024	28	1977	28	2176	28	2028
29	1830	29	1394	29	1899	29	2275	29	2032	29	2041	29	2212	29	2039
30	1862	30	1417	30	1942	30	2315	30	2040	30	2107	30	2246	30	2048
31	1895	31	1437	31	1991	31	2355	31	2047	31	2174	31	2278	31	2055
32	1927	32	1453	32	2044	32	2393	32	2055	32	2242	32	2305	32	2062
42		**64**		**66**		**68**		**527**		**72**		**108**		**112**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	572	1	490	1	713	1	697	1	853	1	429	1	1319	1	734
2	593	2	515	2	756	2	736	2	891	2	451	2	1356	2	762
3	623	3	551	3	819	3	794	3	945	3	483	3	1407	3	804
4	661	4	598	4	903	4	871	4	1015	4	526	4	1470	4	856
5	706	5	654	5	1009	5	969	5	1099	5	581	5	1543	5	921
6	759	6	722	6	1139	6	1089	6	1198	6	648	6	1623	6	996
7	818	7	802	7	1292	7	1234	7	1311	7	730	7	1708	7	1084
8	884	8	895	8	1468	8	1403	8	1437	8	829	8	1794	8	1183
9	955	9	1003	9	1662	9	1595	9	1575	9	946	9	1877	9	1294
10	1032	10	1128	10	1861	10	1803	10	1718	10	1084	10	1953	10	1417
11	1113	11	1271	11	2043	11	2012	11	1859	11	1241	11	2015	11	1550
12	1195	12	1432	12	2181	12	2199	12	1989	12	1413	12	2060	12	1688
13	1278	13	1614	13	2262	13	2343	13	2103	13	1590	13	2086	13	1823
14	1358	14	1814	14	2296	14	2443	14	2209	14	1753	14	2108	14	1948
15	1436	15	2017	15	2305	15	2517	15	2306	15	1889	15	2128	15	2054
16	1510	16	2174	16	2305	16	2556	16	2394	16	1995	16	2147	16	2139
17	1580	17	2283	17	2306	17	2574	17	2469	17	2049	17	2166	17	2204
18	1645	18	2348	18	2309	18	2580	18	2533	18	2058	18	2187	18	2249
19	1705	19	2359	19	2316	19	2582	19	2597	19	2054	19	2207	19	2279
20	1759	20	2344	20	2328	20	2586	20	2665	20	2045	20	2229	20	2304
21	1804	21	2333	21	2345	21	2594	21	2736	21	2040	21	2250	21	2327
22	1844	22	2326	22	2366	22	2607	22	2804	22	2044	22	2273	22	2349
23	1882	23	2325	23	2390	23	2627	23	2867	23	2058	23	2296	23	2370
24	1919	24	2332	24	2416	24	2652	24	2924	24	2083	24	2319	24	2390
25	1956	25	2347	25	2445	25	2683	25	2974	25	2114	25	2343	25	2409
26	1993	26	2368	26	2477	26	2719	26	3016	26	2150	26	2366	26	2428
27	2031	27	2390	27	2511	27	2757	27	3054	27	2186	27	2387	27	2446
28	2067	28	2413	28	2548	28	2795	28	3091	28	2223	28	2406	28	2463
29	2102	29	2439	29	2583	29	2833	29	3127	29	2262	29	2424	29	2480

(EK-3 Devam)

30	2133	30	2468	30	2617	30	2874	30	3164	30	2306	30	2441	30	2496
31	2161	31	2505	31	2650	31	2915	31	3199	31	2351	31	2457	31	2511
32	2183	32	2545	32	2682	32	2956	32	3232	32	2396	32	2471	32	2525
114		**116**		**158**		**206**		**218**		**250**		**279**		**311**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	805	1	743	1	402	1	968	1	838	1	739	1	1028	1	1069
2	834	2	771	2	415	2	1002	2	868	2	768	2	1067	2	1114
3	877	3	810	3	434	3	1049	3	911	3	810	3	1124	3	1178
4	931	4	859	4	459	4	1108	4	965	4	864	4	1197	4	1262
5	997	5	916	5	490	5	1176	5	1031	5	929	5	1288	5	1366
6	1073	6	970	6	528	6	1250	6	1108	6	1004	6	1396	6	1490
7	1161	7	1010	7	572	7	1325	7	1196	7	1089	7	1522	7	1637
8	1260	8	1032	8	623	8	1395	8	1296	8	1183	8	1665	8	1808
9	1371	9	1053	9	684	9	1452	9	1408	9	1285	9	1825	9	2004
10	1494	10	1071	10	754	10	1496	10	1531	10	1393	10	2001	10	2225
11	1627	11	1090	11	836	11	1529	11	1667	11	1506	11	2186	11	2468
12	1768	12	1112	12	930	12	1550	12	1812	12	1625	12	2367	12	2716
13	1915	13	1139	13	1037	13	1561	13	1965	13	1751	13	2525	13	2927
14	2062	14	1172	14	1159	14	1567	14	2119	14	1884	14	2640	14	3045
15	2202	15	1212	15	1295	15	1574	15	2265	15	2022	15	2695	15	3121
16	2326	16	1255	16	1445	16	1586	16	2394	16	2164	16	2728	16	3169
17	2427	17	1301	17	1602	17	1603	17	2495	17	2304	17	2748	17	3206
18	2504	18	1349	18	1748	18	1623	18	2567	18	2429	18	2763	18	3235
19	2559	19	1400	19	1863	19	1644	19	2621	19	2533	19	2777	19	3258
20	2596	20	1454	20	1928	20	1666	20	2662	20	2610	20	2794	20	3276
21	2624	21	1510	21	1965	21	1689	21	2692	21	2669	21	2815	21	3290
22	2648	22	1569	22	1990	22	1712	22	2714	22	2721	22	2838	22	3307
23	2672	23	1631	23	2015	23	1736	23	2733	23	2764	23	2864	23	3327
24	2698	24	1699	24	2046	24	1761	24	2750	24	2801	24	2893	24	3348
25	2727	25	1772	25	2085	25	1787	25	2766	25	2836	25	2925	25	3368
26	2758	26	1848	26	2132	26	1815	26	2782	26	2869	26	2963	26	3386
27	2790	27	1927	27	2185	27	1843	27	2800	27	2900	27	3005	27	3403
28	2823	28	2007	28	2241	28	1871	28	2817	28	2933	28	3047	28	3418
29	2856	29	2083	29	2299	29	1898	29	2836	29	2967	29	3085	29	3429
30	2888	30	2154	30	2359	30	1924	30	2854	30	3002	30	3122	30	3438
31	2920	31	2218	31	2419	31	1950	31	2872	31	3036	31	3158	31	3447
32	2949	32	2272	32	2480	32	1974	32	2889	32	3070	32	3191	32	3456
5		**7**		**36**		**38**		**76**		**202**		**236**		**128**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	743	1	709	1	436	1	729	1	651	1	1009	1	1271	1	647
2	779	2	743	2	457	2	756	2	678	2	1049	2	1295	2	680
3	829	3	791	3	488	3	796	3	718	3	1108	3	1329	3	727
4	892	4	849	4	527	4	845	4	771	4	1184	4	1372	4	789
5	967	5	913	5	576	5	903	5	837	5	1277	5	1422	5	866
6	1052	6	977	6	633	6	966	6	916	6	1389	6	1476	6	959
7	1143	7	1035	7	700	7	1032	7	1008	7	1519	7	1534	7	1069
8	1237	8	1084	8	776	8	1096	8	1114	8	1668	8	1593	8	1199
9	1331	9	1122	9	862	9	1156	9	1233	9	1836	9	1651	9	1348
10	1422	10	1151	10	957	10	1207	10	1363	10	2020	10	1705	10	1517
11	1508	11	1173	11	1059	11	1253	11	1500	11	2211	11	1757	11	1703
12	1589	12	1191	12	1165	12	1292	12	1633	12	2391	12	1809	12	1900

(EK-3 Devam)

13	1663	13	1209	13	1269	13	1327	13	1749	13	2538	13	1862	13	2098
14	1733	14	1227	14	1364	14	1359	14	1832	14	2631	14	1916	14	2286
15	1796	15	1245	15	1436	15	1391	15	1871	15	2658	15	1971	15	2448
16	1854	16	1265	16	1475	16	1422	16	1874	16	2668	16	2026	16	2571
17	1907	17	1286	17	1484	17	1454	17	1864	17	2676	17	2080	17	2648
18	1954	18	1309	18	1478	18	1486	18	1852	18	2685	18	2133	18	2687
19	1999	19	1332	19	1468	19	1516	19	1845	19	2698	19	2182	19	2714
20	2041	20	1357	20	1460	20	1542	20	1851	20	2713	20	2225	20	2738
21	2081	21	1383	21	1455	21	1565	21	1865	21	2732	21	2260	21	2766
22	2121	22	1411	22	1455	22	1580	22	1885	22	2754	22	2283	22	2799
23	2160	23	1440	23	1462	23	1591	23	1908	23	2779	23	2299	23	2837
24	2199	24	1469	24	1474	24	1600	24	1932	24	2806	24	2310	24	2880
25	2237	25	1499	25	1490	25	1609	25	1955	25	2837	25	2319	25	2928
26	2274	26	1527	26	1511	26	1615	26	1974	26	2870	26	2326	26	2979
27	2308	27	1554	27	1534	27	1621	27	1991	27	2907	27	2333	27	3031
28	2337	28	1578	28	1561	28	1627	28	2008	28	2947	28	2338	28	3082
29	2359	29	1600	29	1589	29	1631	29	2028	29	2987	29	2343	29	3130
30	2373	30	1619	30	1620	30	1635	30	2049	30	3028	30	2348	30	3175
31	2384	31	1636	31	1651	31	1639	31	2071	31	3069	31	2352	31	3215
32	2391	32	1653	32	1682	32	1643	32	2091	32	3110	32	2356	32	3249
11		**42**		**44**		**80**		**118**		**120**		**124**		**126**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	495	1	572	1	516	1	425	1	401	1	583	1	364	1	460
2	513	2	593	2	540	2	447	2	415	2	606	2	374	2	478
3	537	3	623	3	574	3	481	3	436	3	639	3	392	3	505
4	569	4	661	4	618	4	526	4	464	4	681	4	413	4	539
5	607	5	706	5	670	5	583	5	499	5	732	5	437	5	582
6	651	6	759	6	731	6	653	6	542	6	792	6	461	6	634
7	703	7	818	7	799	7	736	7	593	7	862	7	481	7	694
8	760	8	884	8	873	8	830	8	653	8	942	8	496	8	764
9	823	9	955	9	947	9	930	9	722	9	1034	9	505	9	844
10	888	10	1032	10	1013	10	1028	10	803	10	1137	10	510	10	932
11	953	11	1113	11	1067	11	1118	11	895	11	1251	11	513	11	1029
12	1010	12	1195	12	1103	12	1196	12	999	12	1374	12	516	12	1134
13	1056	13	1278	13	1130	13	1244	13	1113	13	1503	13	519	13	1242
14	1092	14	1358	14	1150	14	1245	14	1233	14	1629	14	522	14	1340
15	1117	15	1436	15	1165	15	1252	15	1353	15	1741	15	525	15	1416
16	1140	16	1510	16	1177	16	1271	16	1462	16	1827	16	528	16	1466
17	1167	17	1580	17	1191	17	1301	17	1553	17	1880	17	531	17	1501
18	1198	18	1645	18	1210	18	1341	18	1626	18	1907	18	533	18	1531
19	1233	19	1705	19	1234	19	1390	19	1675	19	1920	19	535	19	1564
20	1273	20	1759	20	1263	20	1445	20	1699	20	1927	20	536	20	1603
21	1315	21	1804	21	1297	21	1505	21	1712	21	1933	21	537	21	1651
22	1361	22	1844	22	1335	22	1571	22	1721	22	1941	22	538	22	1706
23	1407	23	1882	23	1378	23	1645	23	1728	23	1951	23	539	23	1769
24	1453	24	1919	24	1424	24	1728	24	1737	24	1965	24	540	24	1841
25	1496	25	1956	25	1475	25	1825	25	1748	25	1983	25	541	25	1920
26	1534	26	1993	26	1529	26	1923	26	1762	26	2003	26	542	26	2006
27	1565	27	2031	27	1587	27	2016	27	1778	27	2028	27	542	27	2094
28	1587	28	2067	28	1651	28	2100	28	1799	28	2058	28	543	28	2179
29	1601	29	2102	29	1719	29	2178	29	1823	29	2094	29	543	29	2265

(EK-3 Devam)

30	1611	30	2133	30	1792	30	2251	30	1851	30	2137	30	543	30	2358
31	1619	31	2161	31	1869	31	2320	31	1882	31	2181	31	543	31	2459
32	1627	32	2183	32	1950	32	2384	32	1916	32	2225	32	544	32	2565
156		**164**		**166**		**168**		**170**		**174**		**208**		**210**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	530	1	829	1	642	1	769	1	386	1	369	1	734	1	832
2	556	2	865	2	680	2	799	2	404	2	380	2	765	2	867
3	594	3	916	3	736	3	842	3	433	3	398	3	810	3	917
4	645	4	981	4	808	4	895	4	470	4	420	4	868	4	981
5	709	5	1057	5	898	5	959	5	517	5	448	5	939	5	1058
6	786	6	1145	6	1005	6	1033	6	573	6	481	6	1022	6	1145
7	879	7	1242	7	1129	7	1116	7	642	7	520	7	1117	7	1242
8	987	8	1342	8	1266	8	1206	8	724	8	566	8	1224	8	1345
9	1109	9	1440	9	1410	9	1303	9	823	9	620	9	1338	9	1449
10	1243	10	1525	10	1551	10	1400	10	941	10	683	10	1453	10	1550
11	1383	11	1594	11	1678	11	1491	11	1080	11	757	11	1558	11	1639
12	1520	12	1650	12	1778	12	1570	12	1240	12	841	12	1639	12	1711
13	1637	13	1701	13	1847	13	1630	13	1423	13	936	13	1688	13	1770
14	1722	14	1746	14	1888	14	1671	14	1626	14	1043	14	1717	14	1819
15	1767	15	1787	15	1908	15	1700	15	1844	15	1158	15	1729	15	1862
16	1784	16	1827	16	1913	16	1724	16	2063	16	1273	16	1737	16	1898
17	1807	17	1867	17	1913	17	1748	17	2261	17	1374	17	1746	17	1930
18	1838	18	1909	18	1911	18	1774	18	2370	18	1450	18	1759	18	1960
19	1877	19	1952	19	1913	19	1804	19	2424	19	1507	19	1775	19	1990
20	1921	20	1997	20	1918	20	1837	20	2447	20	1554	20	1793	20	2020
21	1971	21	2043	21	1928	21	1872	21	2463	21	1600	21	1812	21	2049
22	2025	22	2092	22	1943	22	1910	22	2482	22	1648	22	1832	22	2077
23	2083	23	2144	23	1962	23	1950	23	2495	23	1701	23	1852	23	2103
24	2144	24	2198	24	1986	24	1992	24	2505	24	1762	24	1871	24	2123
25	2211	25	2253	25	2015	25	2035	25	2517	25	1828	25	1889	25	2136
26	2284	26	2304	26	2048	26	2079	26	2532	26	1898	26	1907	26	2144
27	2365	27	2349	27	2084	27	2125	27	2556	27	1976	27	1924	27	2149
28	2450	28	2382	28	2121	28	2172	28	2584	28	2058	28	1941	28	2153
29	2536	29	2409	29	2160	29	2219	29	2615	29	2143	29	1958	29	2155
30	2623	30	2435	30	2200	30	2267	30	2649	30	2233	30	1973	30	2156
31	2713	31	2462	31	2243	31	2316	31	2685	31	2324	31	1987	31	2157
32	2801	32	2491	32	2286	32	2367	32	2726	32	2412	32	2000	32	2158
212		**214**		**216**		**238**		**240**		**244**		**248**		**267**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	551	1	375	1	436	1	707	1	653	1	733	1	447	1	1014
2	566	2	385	2	450	2	734	2	690	2	757	2	462	2	1052
3	587	3	401	3	470	3	773	3	744	3	793	3	483	3	1103
4	614	4	425	4	495	4	823	4	815	4	838	4	511	4	1165
5	648	5	454	5	524	5	884	5	902	5	892	5	544	5	1233
6	687	6	488	6	557	6	956	6	1007	6	956	6	583	6	1305
7	733	7	527	7	592	7	1038	7	1130	7	1028	7	628	7	1375
8	784	8	572	8	629	8	1129	8	1269	8	1107	8	679	8	1440
9	842	9	623	9	665	9	1227	9	1421	9	1193	9	737	9	1502
10	907	10	681	10	700	10	1328	10	1576	10	1283	10	801	10	1559
11	978	11	747	11	732	11	1426	11	1719	11	1372	11	872	11	1608
12	1056	12	823	12	760	12	1514	12	1834	12	1456	12	950	12	1651

(EK-3 Devam)

13	1141	13	909	13	783	13	1587	13	1910	13	1529	13	1034	13	1691
14	1232	14	1002	14	804	14	1640	14	1943	14	1587	14	1125	14	1731
15	1326	15	1101	15	822	15	1672	15	1959	15	1627	15	1222	15	1771
16	1420	16	1204	16	838	16	1689	16	1971	16	1655	16	1320	16	1813
17	1509	17	1300	17	852	17	1700	17	1987	17	1678	17	1418	17	1855
18	1590	18	1379	18	864	18	1710	18	2008	18	1696	18	1507	18	1897
19	1661	19	1435	19	874	19	1723	19	2033	19	1712	19	1584	19	1940
20	1723	20	1477	20	882	20	1736	20	2063	20	1727	20	1644	20	1981
21	1776	21	1506	21	888	21	1749	21	2098	21	1741	21	1687	21	2021
22	1822	22	1526	22	893	22	1763	22	2136	22	1754	22	1717	22	2057
23	1860	23	1540	23	897	23	1775	23	2175	23	1766	23	1742	23	2088
24	1891	24	1551	24	901	24	1785	24	2215	24	1779	24	1764	24	2109
25	1913	25	1563	25	904	25	1794	25	2254	25	1791	25	1788	25	2123
26	1929	26	1577	26	906	26	1802	26	2296	26	1803	26	1813	26	2132
27	1944	27	1592	27	909	27	1810	27	2340	27	1814	27	1840	27	2139
28	1959	28	1609	28	911	28	1817	28	2389	28	1825	28	1868	28	2144
29	1976	29	1626	29	913	29	1824	29	2441	29	1835	29	1897	29	2148
30	1995	30	1644	30	915	30	1831	30	2495	30	1844	30	1925	30	2152
31	2015	31	1663	31	917	31	1836	31	2546	31	1852	31	1952	31	2154
32	2036	32	1686	32	918	32	1841	32	2158	32	1859	32	1976	32	2157

271		**273**		**275**		**297**		**299**		**303**		**305**		**309**	
Der	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**	**Der**	**Vp**
1	538	1	639	1	669	1	570	1	625	1	785	1	835	1	584
2	559	2	663	2	691	2	583	2	641	2	815	2	870	2	610
3	589	3	698	3	722	3	601	3	665	3	857	3	918	3	648
4	629	4	744	4	762	4	625	4	696	4	912	4	979	4	696
5	679	5	799	5	811	5	654	5	733	5	976	5	1050	5	757
6	739	6	865	6	868	6	686	6	776	6	1051	6	1130	6	829
7	809	7	941	7	933	7	723	7	824	7	1135	7	1216	7	914
8	890	8	1027	8	1005	8	762	8	877	8	1227	8	1306	8	1013
9	983	9	1124	9	1084	9	805	9	935	9	1323	9	1396	9	1125
10	1086	10	1233	10	1169	10	851	10	996	10	1417	10	1480	10	1251
11	1197	11	1352	11	1256	11	898	11	1057	11	1505	11	1553	11	1389
12	1313	12	1480	12	1343	12	948	12	1115	12	1579	12	1613	12	1532
13	1430	13	1613	13	1423	13	998	13	1169	13	1635	13	1661	13	1671
14	1543	14	1746	14	1494	14	1048	14	1216	14	1671	14	1701	14	1792
15	1643	15	1870	15	1553	15	1098	15	1259	15	1691	15	1733	15	1879
16	1729	16	1976	16	1600	16	1146	16	1300	16	1703	16	1760	16	1930
17	1792	17	2055	17	1641	17	1195	17	1342	17	1713	17	1781	17	1968
18	1830	18	2104	18	1678	18	1244	18	1387	18	1723	18	1797	18	1993
19	1850	19	2133	19	1712	19	1293	19	1436	19	1733	19	1813	19	2010
20	1861	20	2151	20	1742	20	1344	20	1488	20	1744	20	1831	20	2022
21	1870	21	2161	21	1767	21	1396	21	1544	21	1754	21	1852	21	2035
22	1878	22	2168	22	1785	22	1448	22	1604	22	1765	22	1875	22	2052
23	1888	23	2176	23	1797	23	1500	23	1668	23	1775	23	1900	23	2075
24	1902	24	2184	24	1806	24	1551	24	1733	24	1785	24	1929	24	2105
25	1921	25	2195	25	1813	25	1601	25	1798	25	1794	25	1960	25	2141
26	1944	26	2207	26	1819	26	1647	26	1862	26	1803	26	1995	26	2178
27	1971	27	2223	27	1824	27	1689	27	1924	27	1811	27	2033	27	2215
28	2001	28	2241	28	1828	28	1724	28	1983	28	1819	28	2073	28	2253
29	2035	29	2262	29	1832	29	1751	29	2036	29	1826	29	2118	29	2292

(EK-3 Devam)

30	2074	30	2285	30	1835	30	1768	30	2081	30	1834	30	2164	30	2332
31	2117	31	2309	31	1838	31	1780	31	2116	31	1840	31	2213	31	2375
32	2160	32	2332	32	1841	32	1787	32	2141	32	1846	32	2262	32	2420

Vs HIZ DERİNLİK DEĞİŞİMLERİ

b01		b02		b03		b04		b05		b06		b07		b08	
Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs
1	442	1	485	1	185	1	166	1	125	1	308	1	424	1	313
2	442	2	485	2	185	2	166	2	125	2	308	2	424	2	313
3	553	3	518	3	174	3	243	3	150	3	280	3	424	3	294
4	553	4	518	4	174	4	243	4	150	4	252	4	442	4	307
5	553	5	518	5	183	5	243	5	163	5	261	5	442	5	307
6	803	6	415	6	183	6	305	6	163	6	270	6	442	6	307
7	803	7	415	7	183	7	305	7	150	7	279	7	442	7	361
8	803	8	415	8	197	8	305	8	150	8	288	8	458	8	361
9	803	9	415	9	197	9	305	9	150	9	295	9	458	9	361
10	542	10	406	10	197	10	374	10	150	10	302	10	458	10	391
11	542	11	406	11	197	11	374	11	157	11	309	11	458	11	391
12	542	12	406	12	239	12	374	12	157	12	354	12	458	12	391
13	542	13	406	13	239	13	374	13	157	13	399	13	458	13	391
14	910	14	587	14	239	14	495	14	157	14	444	14	458	14	409
15	910	15	587	15	239	15	495	15	180	15	489	15	458	15	409
16	910	16	587	16	239	16	495	16	180	16	507	16	458	16	409
17	910	17	587	17	273	17	495	17	180	17	525	17	458	17	409
18	910	18	587	18	273	18	495	18	180	18	543	18	533	18	440
19	910	19	587	19	273	19	495	19	180	19	561	19	533	19	440
20	1027	20	620	20	273	20	624	20	207	20	579	20	533	20	440
21	1027	21	620	21	273	21	624	21	207	21	597	21	533	21	440
22	1027	22	620	22	273	22	624	22	207	22	617	22	533	22	440
23	1027	23	620	23	297	23	624	23	207	23	634	23	533	23	440
24	1027	24	620	24	297	24	624	24	207	24	651	24	533	24	477
25	1027	25	620	25	297	25	624	25	207	25	668	25	684	25	477
26	1027	26	620	26	297	26	706	26	222	26	685	26	684	26	477
27	1032	27	696	27	297	27	706	27	222	27	702	27	684	27	477
28	1032	28	696	28	297	28	706	28	222	28	719	28	684	28	477
29	1032	29	696	29	297	29	706	29	222	29	733	29	684	29	477
30	1032	30	696	30	313	30	706	30	222	30	745	30	684	30	477
b09		**b10**		**b11**		**b12**		**b13**		**b14**		**b15**		**248**	
Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs	Der	Vs
1	242	1	750	1	509	1	384	1	123	1	126	1	445	1	128
2	242	2	750	2	450	2	383	2	119	2	125	2	445	2	242
3	242	3	678	3	450	3	383	3	131	3	125	3	469	3	239
4	242	4	678	4	456	4	341	4	131	4	145	4	469	4	239
5	357	5	643	5	539	5	341	5	146	5	145	5	469	5	230
6	357	6	643	6	539	6	280	6	146	6	158	6	397	6	230
7	357	7	643	7	539	7	280	7	162	7	158	7	397	7	152
8	357	8	724	8	550	8	280	8	162	8	158	8	397	8	152
9	357	9	724	9	550	9	390	9	162	9	169	9	365	9	213
10	419	10	724	10	562	10	390	10	175	10	169	10	365	10	213
11	419	11	797	11	562	11	390	11	175	11	169	11	365	11	213
12	419	12	797	12	562	12	547	12	175	12	176	12	365	12	213
13	419	13	797	13	562	13	547	13	191	13	176	13	518	13	280

(EK-3 Devam)

14	419	14	797	14	812	14	547	14	191	14	176	14	518	14	280
15	419	15	1021	15	812	15	547	15	191	15	176	15	518	15	280
16	441	16	1021	16	812	16	645	16	191	16	184	16	518	16	334
17	441	17	1021	17	812	17	645	17	206	17	184	17	518	17	334
18	441	18	1021	18	929	18	645	18	206	18	184	18	518	18	334
19	441	19	1021	19	929	19	645	19	206	19	184	19	573	19	334
20	441	20	1021	20	929	20	645	20	206	20	184	20	573	20	334
21	441	21	1288	21	929	21	763	21	206	21	194	21	573	21	383
22	441	22	1288	22	929	22	763	22	225	22	194	22	573	22	383
23	439	23	1288	23	929	23	763	23	225	23	194	23	573	23	383
24	439	24	1288	24	954	24	763	24	225	24	194	24	573	24	383
25	439	25	1288	25	954	25	763	25	225	25	194	25	585	25	383
26	439	26	1288	26	954	26	763	26	225	26	194	26	585	26	383
27	439	27	1455	27	954	27	806	27	225	27	202	27	585	27	515
28	439	28	1455	28	954	28	806	28	343	28	202	28	585	28	515
29	439	29	1455	29	954	29	806	29	343	29	202	29	585	29	515
30	439	30	1455	30	1129	30	806	30	343	30	202	30	585	30	515
b17		**b18**		**b19**		**b21**		**b22**		**b23**		**40**		**82**	
Der	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
1	208	1	208	1	237	1	366	1	260	1	540	1	325	1	147
2	208	2	208	2	237	2	366	2	260	2	540	2	279	2	91
3	208	3	213	3	237	3	363	3	196	3	504	3	242	3	136
4	161	4	213	4	156	4	363	4	196	4	504	4	314	4	136
5	161	5	213	5	156	5	334	5	219	5	535	5	314	5	139
6	161	6	298	6	156	6	334	6	219	6	535	6	369	6	139
7	112	7	298	7	330	7	347	7	306	7	535	7	369	7	145
8	112	8	298	8	330	8	347	8	306	8	625	8	426	8	145
9	112	9	257	9	330	9	347	9	306	9	625	9	426	9	180
10	112	10	257	10	330	10	347	10	290	10	625	10	426	10	180
11	205	11	257	11	332	11	384	11	290	11	643	11	550	11	180
12	205	12	257	12	332	12	384	12	290	12	643	12	550	12	160
13	205	13	400	13	332	13	384	13	290	13	643	13	550	13	160
14	205	14	400	14	332	14	384	14	329	14	643	14	550	14	160
15	205	15	400	15	332	15	416	15	329	15	643	15	635	15	160
16	227	16	400	16	471	16	416	16	329	16	646	16	635	16	173
17	227	17	400	17	471	17	416	17	329	17	646	17	635	17	173
18	227	18	500	18	471	18	416	18	329	18	646	18	635	18	173
19	227	19	500	19	471	19	416	19	462	19	646	19	708	19	173
20	227	20	500	20	471	20	460	20	462	20	646	20	708	20	173
21	227	21	500	21	471	21	460	21	462	21	684	21	708	21	214
22	303	22	500	22	606	22	460	22	462	22	684	22	708	22	214
23	303	23	500	23	606	23	460	23	462	23	684	23	708	23	214
24	303	24	577	24	606	24	460	24	462	24	684	24	720	24	214
25	303	25	577	25	606	25	460	25	523	25	684	25	720	25	214
26	303	26	577	26	606	26	460	26	523	26	684	26	720	26	257
27	303	27	577	27	606	27	538	27	523	27	684	27	720	27	257
28	303	28	577	28	606	28	538	28	523	28	757	28	720	28	257
29	303	29	577	29	606	29	538	29	523	29	757	29	720	29	257
30	365	30	577	30	708	30	538	30	523	30	757			30	257
110		**122**		**160**		**162**		**172**		**242**		**246**		**216**	
Der	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
1	125	1	151	1	140	1	138	1	186	1	150	1	157	1	195
2	114	2	150	2	139	2	136	2	193	2	142	2	137	2	197
3	119	3	148	3	138	3	136	3	193	3	143	3	137	3	188

(EK-3 Devam)

4	119	4	146	4	138	4	140	4	150	4	143	4	174	4	188
5	131	5	146	5	141	5	144	5	164	5	160	5	174	5	171
6	131	6	150	6	141	6	144	6	164	6	160	6	178	6	171
7	120	7	150	7	142	7	144	7	164	7	181	7	178	7	194
8	120	8	159	8	142	8	147	8	213	8	181	8	178	8	194
9	106	9	159	9	140	9	147	9	213	9	180	9	154	9	194
10	106	10	159	10	140	10	151	10	213	10	180	10	154	10	253
11	106	11	165	11	140	11	151	11	207	11	180	11	154	11	253
12	151	12	165	12	140	12	151	12	207	12	185	12	230	12	253
13	151	13	165	13	142	13	151	13	207	13	185	13	230	13	253
14	151	14	165	14	142	14	154	14	194	14	185	14	230	14	306
15	151	15	171	15	142	15	154	15	194	15	185	15	230	15	306
16	182	16	171	16	155	16	154	16	194	16	210	16	290	16	306
17	182	17	171	17	155	17	154	17	194	17	210	17	290	17	306
18	182	18	171	18	155	18	159	18	194	18	210	18	290	18	340
19	182	19	185	19	155	19	159	19	232	19	210	19	290	19	340
20	182	20	185	20	155	20	159	20	232	20	204	20	290	20	340
21	180	21	185	21	177	21	159	21	232	21	204	21	340	21	340
22	180	22	185	22	177	22	159	22	232	22	204	22	340	22	340
23	180	23	185	23	177	23	159	23	232	23	204	23	340	23	359
24	180	24	295	24	177	24	167	24	247	24	204	24	340	24	359
25	180	25	295	25	177	25	167	25	247	25	204	25	340	25	359
26	181	26	295	26	177	26	167	26	247	26	253	26	340	26	359
27	181	27	295	27	275	27	167	27	247	27	253	27	387	27	359
28	181	28	295	28	275	28	167	28	247	28	253	28	387	28	359
29	181	29	295	29	275	29	167	29	247	29	253	29	387	29	359
30	181			30	275	30	167	30	247	30	253	30	387	30	534
301		**307**		**1**		**3**		**9**		**13**		**32**		**34**	
Der	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
1	149	1	122	1	623	1	368	1	290	1	774	1	700	1	325
2	147	2	121	2	623	2	368	2	252	2	774	2	700	2	256
3	147	3	145	3	631	3	405	3	252	3	756	3	672	3	149
4	141	4	145	4	631	4	405	4	243	4	756	4	672	4	149
5	141	5	152	5	631	5	288	5	243	5	756	5	672	5	340
6	141	6	152	6	598	6	288	6	349	6	736	6	608	6	340
7	144	7	159	7	598	7	288	7	349	7	736	7	608	7	339
8	144	8	159	8	598	8	246	8	349	8	736	8	608	8	339
9	157	9	172	9	598	9	246	9	362	9	736	9	608	9	339
10	157	10	172	10	659	10	246	10	362	10	801	10	732	10	434
11	157	11	172	11	659	11	462	11	362	11	801	11	732	11	434
12	157	12	182	12	659	12	462	12	362	12	801	12	732	12	434
13	172	13	182	13	659	13	462	13	386	13	801	13	732	13	573
14	172	14	182	14	678	14	462	14	386	14	801	14	849	14	573
15	172	15	182	15	678	15	542	15	386	15	845	15	849	15	573
16	172	16	189	16	678	16	542	16	386	16	845	16	849	16	573
17	184	17	189	17	678	17	542	17	465	17	845	17	849	17	573
18	184	18	189	18	678	18	542	18	465	18	845	18	849	18	693
19	184	19	189	19	678	19	542	19	465	19	845	19	849	19	693
20	184	20	198	20	587	20	609	20	465	20	845	20	808	20	693
21	184	21	198	21	587	21	609	21	465	21	752	21	808	21	693
22	184	22	198	22	587	22	609	22	465	22	752	22	808	22	693
23	191	23	198	23	587	23	609	23	529	23	752	23	808	23	800
24	191	24	198	24	587	24	609	24	529	24	752	24	808	24	800
25	191	25	198	25	587	25	609	25	529	25	752	25	808	25	800

(EK-3 Devam)

26	191	26	309	26	587	26	609	26	529	26	752	26	836	26	800
27	191	27	309	27	509	27	697	27	529	27	752	27	836	27	800
28	191	28	309	28	509	28	697	28	529	28	624	28	836	28	800
29	191	29	309	29	509	29	697	29	529	29	624	29	836	29	1041
30	202	30	309	30	509	30	697	30	568	30	624	30	836	30	1041
42		**64**		**66**		**68**		**70**		**72**		**108**		**277**	
Der	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
1	260	1	246	1	440	1	423	1	462	1	184	1	389	1	211
2	250	2	227	2	394	2	423	2	462	2	151	2	383	2	197
3	256	3	227	3	394	3	351	3	386	3	151	3	383	3	201
4	256	4	231	4	205	4	351	4	386	4	152	4	370	4	230
5	280	5	231	5	205	5	351	5	227	5	193	5	370	5	222
6	280	6	274	6	393	6	351	6	227	6	193	6	368	6	222
7	311	7	274	7	393	7	592	7	227	7	193	7	368	7	170
8	311	8	274	8	393	8	592	8	505	8	246	8	398	8	170
9	311	9	372	9	542	9	592	9	505	9	246	9	398	9	171
10	326	10	372	10	542	10	665	10	505	10	302	10	398	10	171
11	326	11	372	11	542	11	665	11	600	11	302	11	474	11	171
12	326	12	372	12	542	12	665	12	600	12	302	12	474	12	275
13	335	13	459	13	669	13	665	13	600	13	302	13	474	13	275
14	335	14	459	14	669	14	667	14	600	14	347	14	474	14	275
15	335	15	459	15	669	15	667	15	600	15	347	15	571	15	263
16	335	16	459	16	669	16	667	16	692	16	347	16	571	16	263
17	335	17	507	17	770	17	667	17	692	17	347	17	571	17	263
18	346	18	507	18	770	18	667	18	692	18	428	18	571	18	263
19	346	19	507	19	770	19	808	19	692	19	428	19	571	19	377
20	346	20	507	20	770	20	808	20	692	20	428	20	642	20	377
21	346	21	507	21	770	21	808	21	734	21	428	21	642	21	377
22	346	22	507	22	889	22	808	22	734	22	428	22	642	22	377
23	378	23	558	23	889	23	808	23	734	23	428	23	642	23	377
24	378	24	558	24	889	24	808	24	734	24	475	24	642		
25	378	25	558	25	889	25	970	25	734	25	475	25	642		
26	378	26	558	26	889	26	970	26	734	26	475	26	676		
27	378	27	558	27	889	27	970	27	734	27	475	27	676		
28	378	28	558	28	889	28	970	28	954	28	475	28	676		
29	601	29	558	29	967	29	970	29	954	29	475	29	676		
30	601	30	614	30	967	30	970	30	954	30	475	30	676		
114		**116**		**158**		**206**		**218**		**250**		**279**		**311**	
Der	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
1	577	1	547	1	138	1	99	1	526	1	411	1	579	1	694
2	577	2	547	2	138	2	98	2	598	2	240	2	579	2	716
3	591	3	597	3	133	3	105	3	599	3	240	3	561	3	716
4	591	4	597	4	128	4	110	4	599	4	346	4	561	4	660
5	591	5	360	5	128	5	114	5	426	5	346	5	562	5	660
6	484	6	360	6	129	6	121	6	426	6	346	6	562	6	550
7	484	7	474	7	129	7	135	7	349	7	460	7	562	7	550
8	484	8	474	8	135	8	135	8	349	8	460	8	579	8	537
9	443	9	474	9	135	9	217	9	349	9	527	9	579	9	537
10	443	10	671	10	149	10	217	10	636	10	527	10	579	10	537
11	443	11	671	11	149	**267**		11	636	11	527	11	557	11	748
12	443	12	671	12	241	**Der**	**Vs**	12	636	12	527	12	557	12	748
13	662	13	671	13	241	1	130	13	748	13	582	13	557	13	748
14	662	14	632	14	241	2	129	14	748	14	582	14	557	14	946
15	662	15	632	**271**		3	127	15	748	15	582	15	557	15	946

(EK-3 Devam)

16	662	16	632	Der	Vs	4	125	16	748	16	582	16	561	16	946
17	662	17	632	1	127	5	131	17	844	17	543	17	561	17	946
18	778	18	632	2	125	6	139	18	844	18	543	18	561	18	946
19	778	19	541	3	125	7	139	19	844	19	543	19	561	19	1073
20	778	20	541	4	128	8	152	20	844	20	543	20	561	20	1073
21	778	21	541	5	135	9	152	21	844	21	543	21	716	21	1073
22	778	22	541	6	148	10	169	22	844	22	543	22	716	22	1073
23	778	23	541	7	148	11	169	23	844	23	689	23	716	23	1073
24	778	24	541	8	160	12	169	24	844	24	689	24	716	24	1073
25	747	25	576	9	160	13	265	25	844	25	689	25	716	25	1119
26	747	26	576	10	176	14	265	26	844	26	689	26	716	26	1119
27	747	27	576	11	176	15	265	27	844	27	689	27	716	27	1119
28	747	28	576	12	176			28	1176	28	689	28	881	28	1119
29	747	29	576	13	278			29	1176	29	689	29	881	29	1119
30	747	30	576	14	278			30	1176	30	884	30	881	30	1119
5		**7**		**36**		**38**		**76**		**202**		**236**		**128**	
Der	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
1	356	1	293	1	202	1	325	1	452	1	737	1	540	1	444
2	356	2	293	2	202	2	325	2	441	2	792	2	540	2	452
3	272	3	179	3	153	3	177	3	441	3	850	3	469	3	452
4	272	4	179	4	153	4	278	4	445	4	850	4	372	4	182
5	272	5	383	5	315	5	278	5	445	5	703	5	372	5	182
6	410	6	383	6	315	6	278	6	469	6	703	6	372	6	403
7	410	7	383	7	377	7	405	7	469	7	506	7	565	7	403
8	410	8	383	8	377	8	405	8	469	8	506	8	565	8	556
9	469	9	376	9	377	9	405	9	473	9	506	9	565	9	556
10	469	10	376	10	420	10	414	10	473	10	607	10	719	10	556
11	469	11	376	11	420	11	414	11	473	11	607	11	719	11	678
12	469	12	376	12	420	12	414	12	473	12	607	12	719	12	678
13	577	13	581	13	420	13	414	13	442	13	607	13	719	13	678
14	577	14	581	14	565	14	439	14	442	14	900	14	709	14	678
15	577	15	581	15	565	15	439	15	442	15	900	15	709	15	776
16	577	16	581	16	565	16	439	16	442	16	900	16	709	16	776
17	577	17	593	17	565	17	439	17	406	17	900	17	709	17	776
18	699	18	593	18	565	18	493	18	406	18	887	18	613	18	776
19	699	19	593	19	637	19	493	19	406	19	887	19	613	19	776
20	699	20	593	20	637	20	493	20	406	20	887	20	613	20	911
21	699	21	593	21	637	21	493	21	406	21	887	21	613	21	911
22	699	22	593	22	637	22	493	22	426	22	887	22	613	22	911
23	699	23	688	23	637	23	493	23	426	23	619	23	613	23	911
24	786	24	688	24	637	24	524	24	426	24	619	24	832	24	911
25	786	25	688	25	689	25	524	25	426	25	619	25	832	25	911
26	786	26	688	26	689	26	524	26	426	26	619	26	832	26	1046
27	786	27	688	27	689	27	524	27	426	27	619	27	832	27	1046
28	786	28	688	28	689	28	524	28	426	28	619	28	832	28	1046
29	786	29	688	29	689	29	524	29	510	29	619	29	832	29	1046
30	786	30	688	30	689	30	524	30	510	30	1299	30	832	30	1046
11		**42**		**44**		**80**		**118**		**120**		**124**		**126**	
Der	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
1	165	1	260	1	434	1	159	1	125	1	141	1	158	1	127
2	167	2	250	2	357	2	158	2	123	2	140	2	157	2	140
3	175	3	256	3	357	3	157	3	134	3	139	3	158	3	150
4	169	4	256	4	212	4	159	4	150	4	141	4	158	4	161
5	169	5	280	5	212	5	159	5	161	5	142	5	155	5	168

(EK-3 Devam)

6	166	6	280	6	467	6	161	6	161	6	142	6	152	6	168
7	179	7	311	7	467	7	168	7	170	7	142	7	152	7	173
8	179	8	311	8	467	8	168	8	170	8	142	8	151	8	173
9	179	9	311	9	520	9	174	9	174	9	150	9	151	9	180
10	206	10	326	10	520	10	174	10	174	10	150	10	151	10	180
11	206	11	326	11	520	11	174	11	174	11	166	11	161	11	180
12	206	12	326	12	396	12	190	12	185	12	166	12	161	12	188
13	238	13	335	13	396	13	190	13	185	13	166	13	161	13	188
14	238	14	335	14	396	14	190	14	185	14	265	14	270	14	188
15	238	15	335	15	396	15	303	15	291	15	265	15	270	15	289
16	238	16	335	16	396	16	303	16	291	16	265	16	270	16	289
17	265	17	335	17	633	17	303	17	291	17	265			17	289
18	265	18	346	18	633	18	303	18	291					18	289
19	265	19	346	19	633	**156**		**164**		**166**		**168**		**170**	
20	265	20	346	20	633	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
21	403	21	346	21	633	1	124	1	122	1	148	1	152	1	136
22	403	22	346	22	783	2	121	2	118	2	145	2	149	2	135
23	403	23	378	23	783	3	125	3	120	3	135	3	145	3	137
24	403	24	378	24	783	4	132	4	128	4	134	4	147	4	142
25	403	25	378	25	783	5	136	5	140	5	136	5	152	5	148
174		26	378	26	783	6	139	6	145	6	138	6	158	6	154
Der	**Vs**	27	378	27	783	7	139	7	145	7	138	7	158	7	154
1	129	28	378	28	893	8	145	8	150	8	147	8	172	8	164
2	127	29	601	29	893	9	145	9	150	9	147	9	172	9	164
3	131	30	601	30	893	10	156	10	163	10	161	10	187	10	173
4	146	31	601	210		11	156	11	163	11	161	11	187	11	173
5	157	32	601	Der	Vs	12	156	12	259	12	161	12	187	12	173
6	165	**208**		1	134	13	252	13	259	13	259	13	300	13	270
7	165	**Der**	**Vs**	2	134	14	252	14	259	14	259	14	300	14	270
8	171	1	119	3	131	15	252	**214**		15	259	15	300	15	270
9	171	2	106	4	135	**212**		**Der**	**Vs**	**238**		**240**		**244**	
10	171	3	105	5	135	**Der**	**Vs**	1	150	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**	**Der**	**Vs**
11	180	4	124	6	148	1	137	2	147	1	122	1	103	1	150
12	180	5	148	7	166	2	135	3	148	2	127	2	103	2	148
13	180	6	154	8	166	3	134	4	150	3	133	3	123	3	144
14	280	7	154	9	185	4	140	5	151	4	136	4	148	4	144
15	280	8	148	10	185	5	147	6	158	5	138	5	148	5	145
16	280	9	148	11	185	6	153	7	158	6	145	6	157	6	145
112		10	139	12	289	7	153	8	171	7	145	7	150	7	151
Der	**Vs**	11	139	13	289	8	166	9	171	8	156	8	150	8	151
1	98	12	139	**303**		9	166	10	185	9	156	9	139	9	158
2	91	13	224	**Der**	**Vs**	10	180	11	185	10	168	10	139	10	158
3	103	14	224	1	123	11	180	12	185	11	168	11	139	11	172
4	103	15	224	2	123	12	180	13	293	12	168	12	222	12	172
5	125	**b16**		3	138	13	285	14	293	13	264	13	222	13	172
6	175	**Der**	**Vs**	4	137	14	285	15	293	14	264	14	222	14	276
7	175	1	182	5	131	15	285	**299**		15	264	**297**		15	276
8	203	2	182	6	131	**305**		**Der**	**Vs**	**275**		**Der**	**Vs**	16	276
9	203	2	179	7	150	**Der**	**Vs**	1	131	**Der**	**Vs**	1	138	**274**	
10	235	3	179	8	150	1	119	2	133	1	160	2	138	**Der**	**Vs**
11	235	4	186	9	215	2	119	3	138	2	155	3	140	1	129
12	235	5	193	10	215	3	115	4	138	3	151	4	136	2	127
13	253	6	201	11	215	4	135	5	132	4	150	5	136	3	126
14	253	7	201	12	248	5	152	6	132	5	153	6	129	4	131

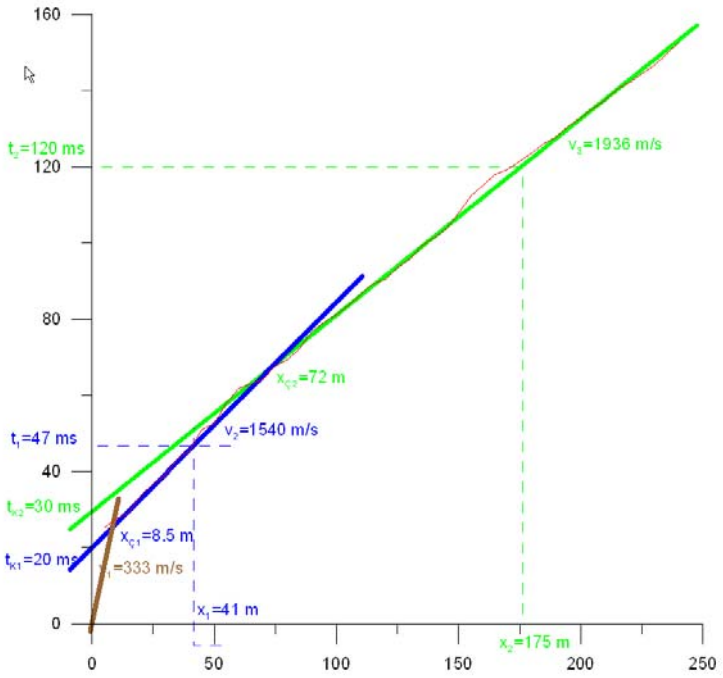
(EK-3 Devam)

15	253	8	213	13	248	6	161	7	130	6	153	7	129	5	142
16	253	9	213	14	248	7	161	8	130	7	164	8	129	6	150
17	367	10	213	15	290	8	161	9	136	8	164	9	141	7	150
18	367	11	222	16	290	9	161	10	136	9	176	10	141	8	160
19	367	12	222	17	290	10	161	11	216	10	176	11	141	9	160
20	367	13	222	18	290	11	161	12	216	11	176	12	235	10	170
309		14	235	19	426	12	259			12	194	13	235	11	170
Der	**Vs**	15	235	20	426	13	259			13	194	14	235	12	170
1	111	16	235	21	426	14	259			14	194			13	267
2	98	17	235	22	426					15	304			14	267
3	100	18	367	23	426					16	304			15	267
4	100	19	367							17	304				
5	123	20	367							18	304				
6	150	21	367												
7	150														

EK-4

SİSMİK KIRILMA 40 Nolu Nokta (Bağarası Mevkii)

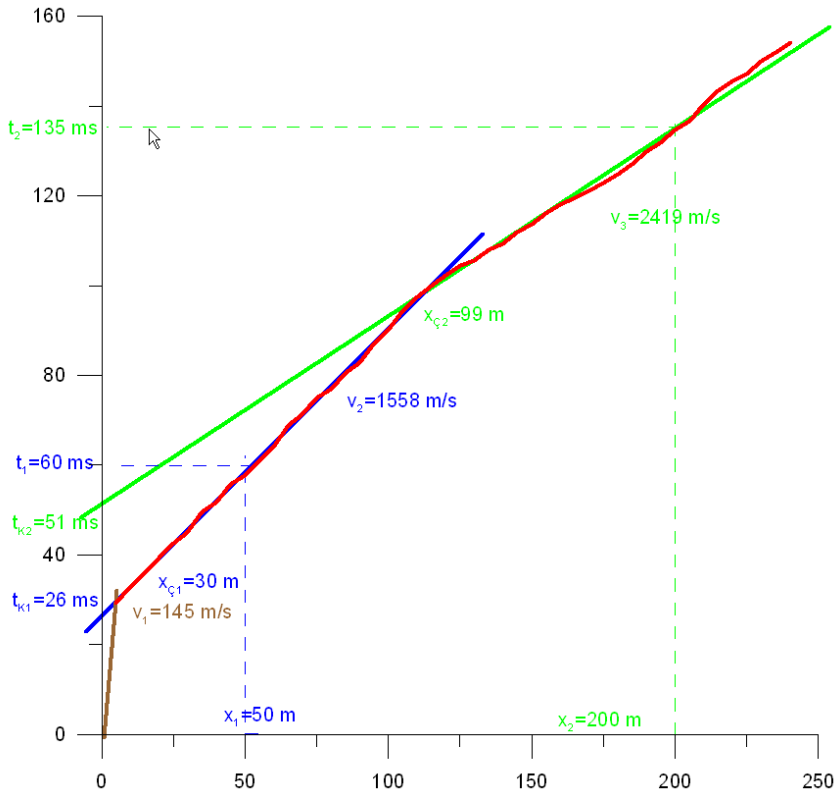
v1=	333	h1=	3.475	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	1540	h2=	11.5	
v3=	1936			
x1=	41			
x2=	175	h1=	3.411	Kesme Zamanından
xc1=	8.5	h2=	12.48	
xc2=	72			
t1=	0.047			
t2=	0.12	h1=	3.412	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.02	h2=	11.92	
tk2=	0.03			



(EK-4 Devam)

SİSMİK KIRILMA 82 Nolu Nokta (Buruncuk Mevkii)

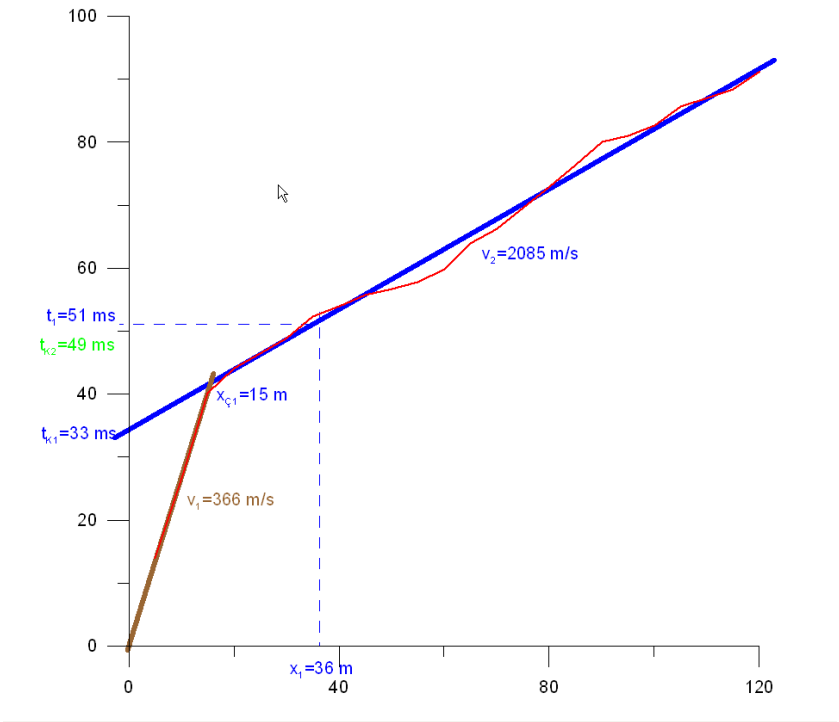
v1=	145	h1=	2.032	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	1558	h2=	24.79	
v3=	2419			
x1=	50			
x2=	200	h1=	1.893	Kesme Zamanından
xc1=	30	h2=	25.39	
xc2=	99			
t1=	0.06			
t2=	0.135	h1=	13.66	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.026	h2=	22.54	
tk2=	0.051			



(EK-4 Devam)

SİSMİK KIRILMA 86 Nolu Nokta (Bağarası Mevkii)

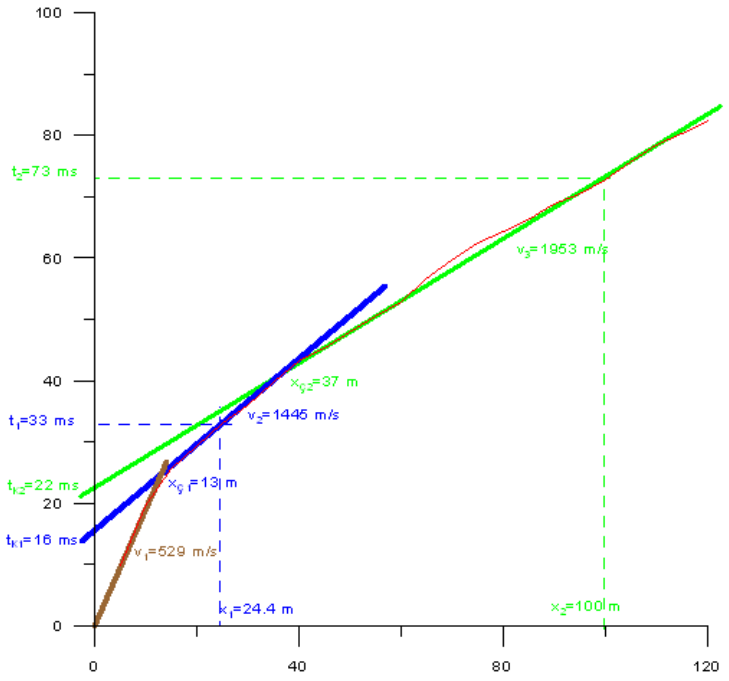
v1=	366	h1=	6.231	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	2058	h2=	#	
v3=				
x1=	36			
x2=		h1=	6.137	Kesme Zamanından
xc1=	15	h2=	#	
xc2=				
t1=	0.051			
t2=		h1=	6.266	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.033	**h2=**	**#**	



(EK-4 Devam)

SİSMİK KIRILMA 162 Nolu Nokta

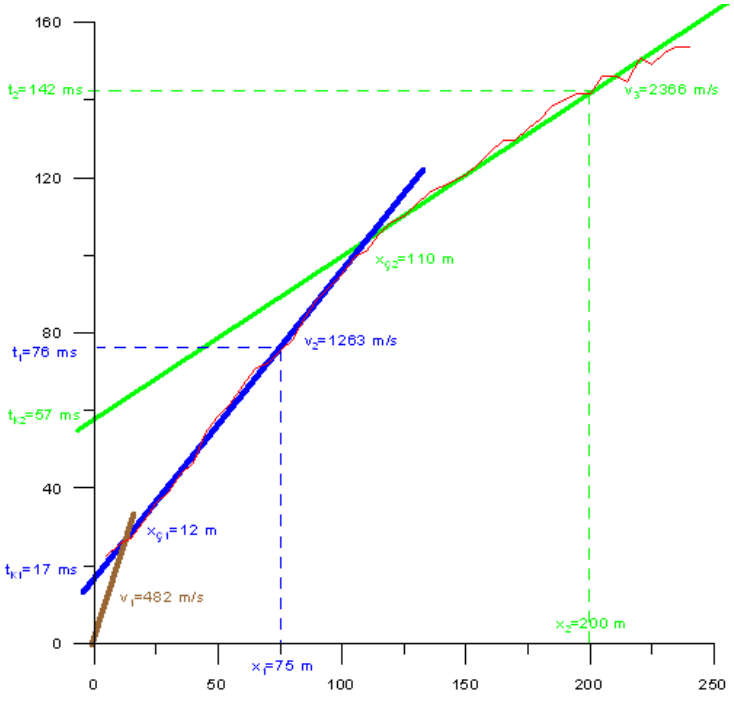
v1=	529	h1=	4.58	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	1445	h2=	5.507	
v3=	1953			
x1=	24.4			
x2=	100	h1=	4.548	Kesme Zamanından
xc1=	13	h2=	5.852	
xc2=	37			
t1=	0.033			
t2=	0.073	h1=	4.428	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.016	h2=	6.577	
tk2=	0.022			



(EK-4 Devam)

SİSMİK KIRILMA 252 Nolu Nokta

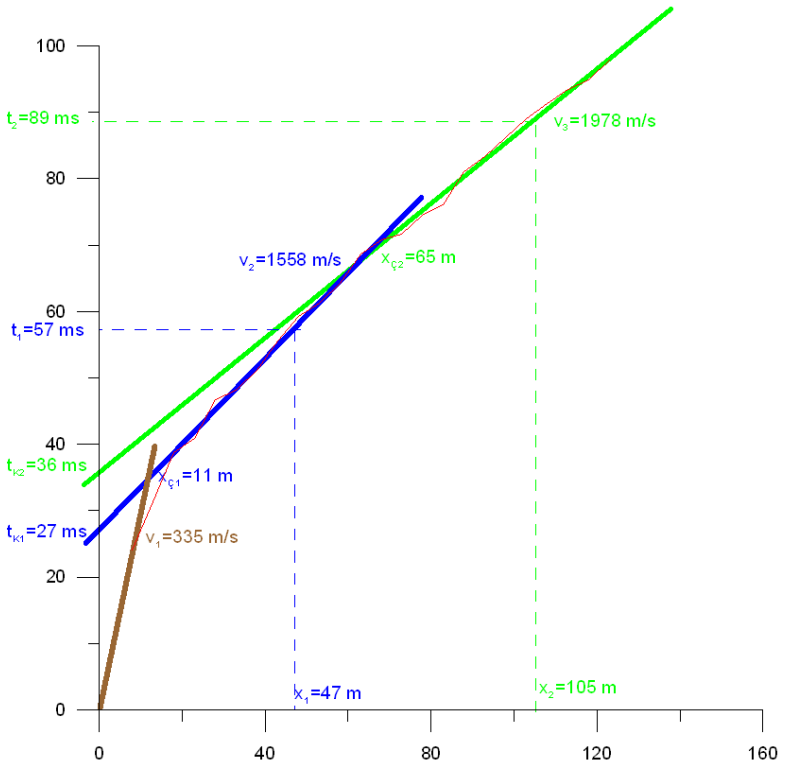
v1=	482	h1=	4.333	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	1263	h2=	29.77	
v3=	2366			
x1=	75			
x2=	200	h1=	4.432	Kesme Zamanından
xc1=	12	h2=	29.12	
xc2=	110			
t1=	0.076			
t2=	0.142	h1=	4.014	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.017	h2=	29.64	
tk2=	0.057			



(EK-4 Devam)

SİSMİK KIRILMA 277 Nolu Nokta (Kayın Bey Çiftliği Mevkii)

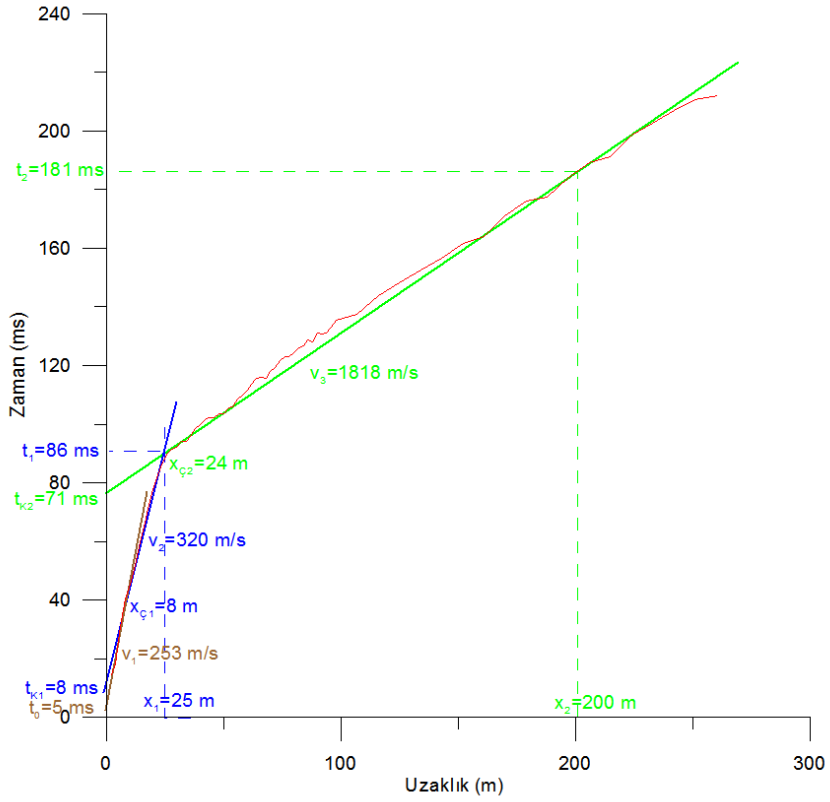
v1=	335	h1=	4.602	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	1558	h2=	11.17	
v3=	1978			
x1=	47			
x2=	105	h1=	4.631	Kesme Zamanından
xc1=	11	h2=	11.07	
xc2=	65			
t1=	0.057			
t2=	0.089	h1=	4.421	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.027	h2=	10.9	
tk2=	0.036			



(EK-4 Devam)

SİSMİK KIRILMA B-09 Nolu Nokta (Emiralem mevkii)

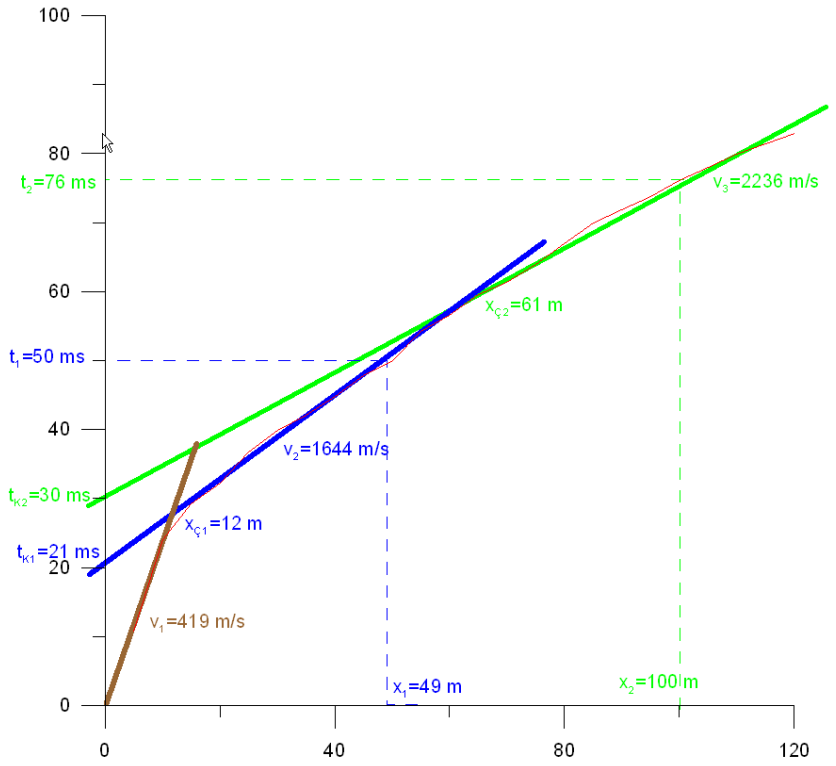
v1=	253	h1=	1.627	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	320	h2=	9.468	
v3=	1818			
x1=	25			
x2=	200	h1=	1.653	Kesme Zamanından
xc1=	8	h2=	9.437	
xc2=	24			
t1=	0.086			
t2=	0.181	h1=	1.368	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.008	h2=	9.38	
tk2=	0.071			



(EK-4 Devam)

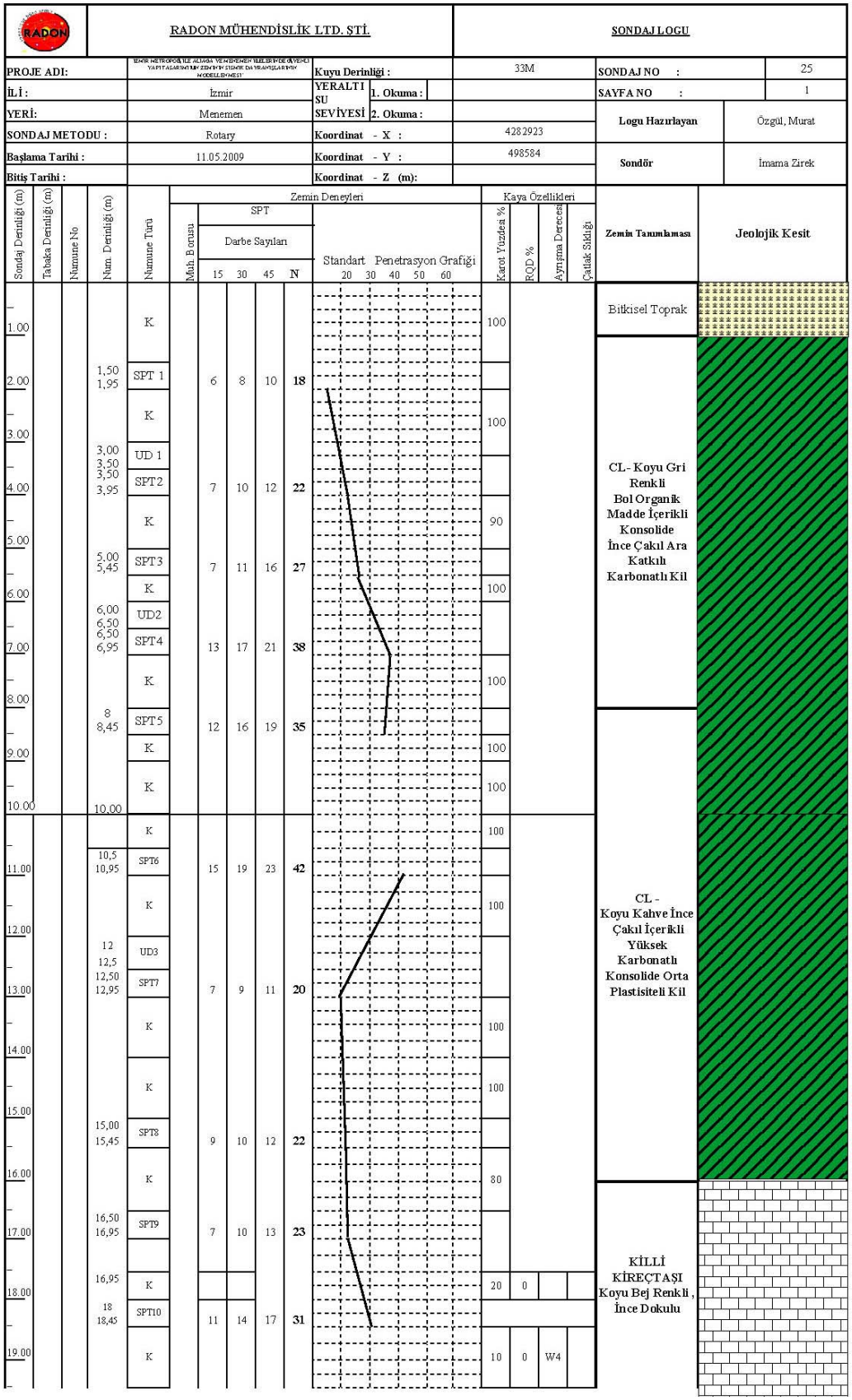
SİSMİK KIRILMA 246 Nolu Nokta

v1=	419	h1=	4.375	Zaman Uzaklık Denkleminden
v2=	1644	h2=	13.05	
v3=	2236			
x1=	49			
x2=	100	h1=	4.55	Kesme Zamanından
xc1=	12	h2=	10.51	
xc2=	61			
t1=	0.05			
t2=	0.076	h1=	4.623	Çapraz Uzaklıktan
tk1=	0.021	h2=	11.5	
tk2=	0.03			

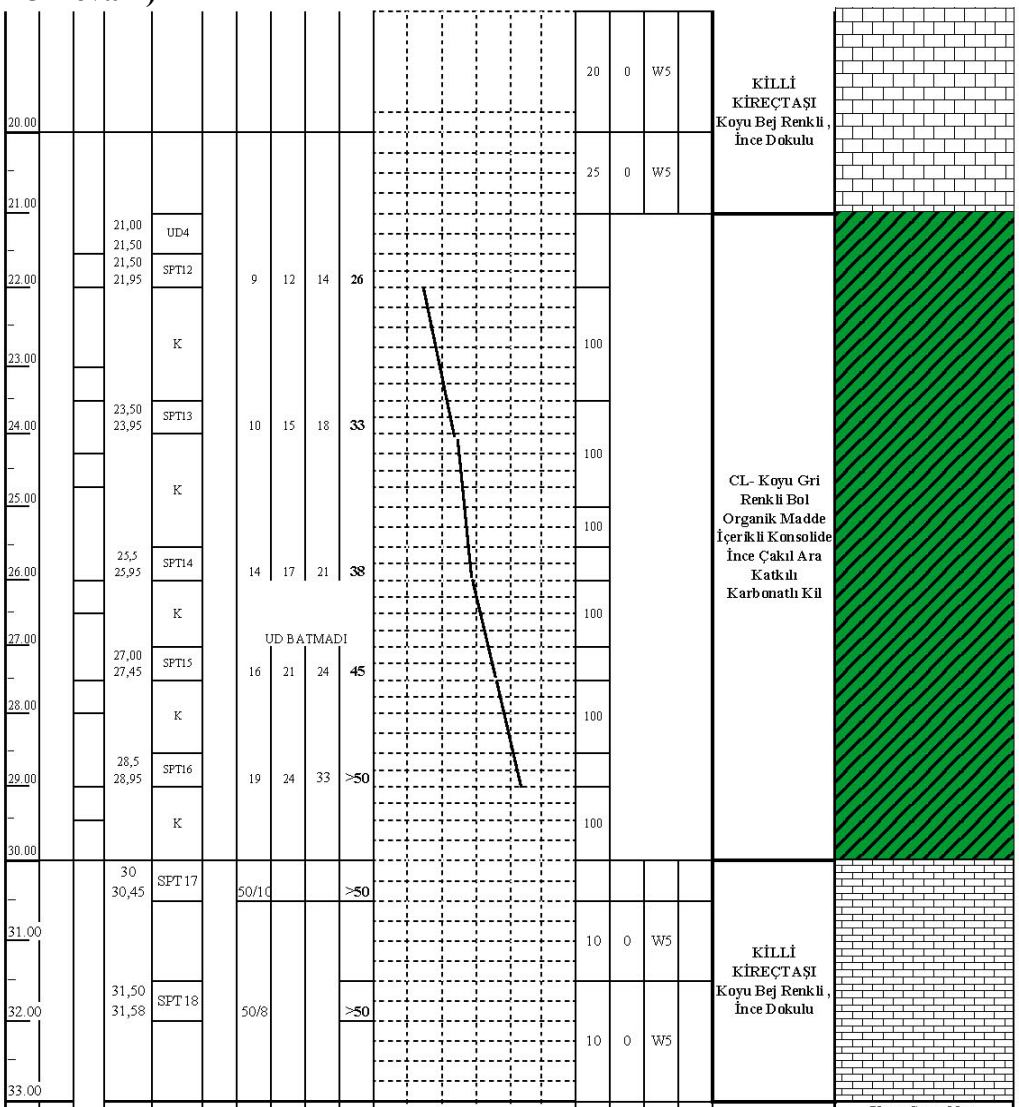


EK-5

SONDAJ LOGLARI

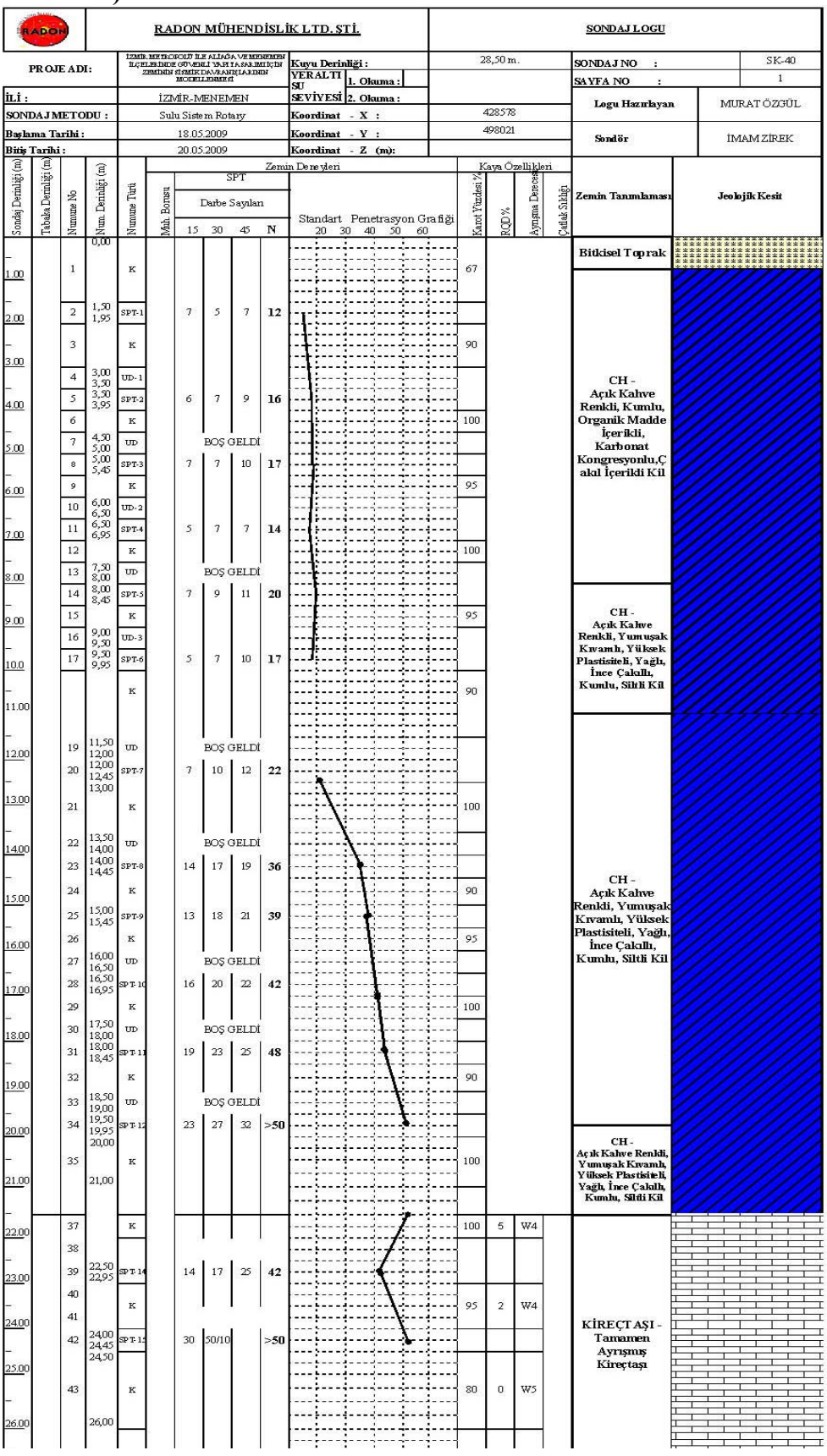


(EK-5 Devam)

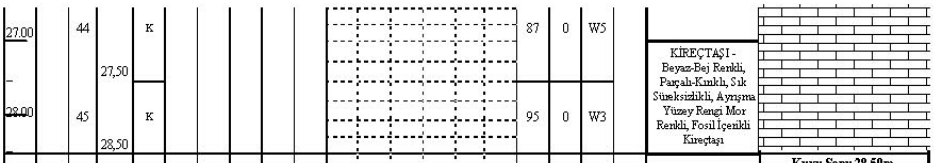


ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI	
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)							
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	< 1	Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayr.	3-10	Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4	Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5	Tamamen Ayr.	> 50	Parçalanmış
N : 30	Sert								

(EK-5 Devam)


RADON MÜHENDİSLİK LTD. STİ.
SONDAJ LOGU
PROJE ADI:
İZMİR METROPOLİT İLE ALİAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ
Kuyu Derinliği : 28,50 m.
SONDAJ NO : SK-40
SAYFA NO : 1
YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :
2. Okuma :
İLİ : İZMİR-MENEMEN
SONDAJ METODU : Sulu Sistem Rotary
Koordinat - X : 428578
Koordinat - Y : 498021
Koordinat - Z (m):
Başlama Tarihi : 18.05.2009
Bitiş Tarihi : 20.05.2009
Logu Hazırlayan MURAT ÖZGÜL
Sondör İMAM ZİREK
Zemin Deneyleri
Kaya Özellikleri
Sondaj Derinliği (m)
Tabaka Derinliği (m)
Numune No
Num. Derinliği (m)
Numune Türü
Mah. Boncuu
SPT
Darbe Sayıları
15 30 45 N
Standart Penetrasyon Grafiği
20 30 40 50 60
Karot Yüzdesi %
RQD %
Ayrışma Derecesi
Çatlak Sıklığı
Zemin Tanımlaması
Jeolojik Kesit
Bitkisel Toprak
CH - Açık Kahve Renkli, Kumlu, Organik Madde İçerikli, Karbonat Kongresyonlu,Çakıl İçerikli Kil
CH - Açık Kahve Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Yüksek Plastisiteli, Yağlı, İnce Çakıllı, Kumlu, Siltli Kil
CH - Açık Kahve Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Yüksek Plastisiteli, Yağlı, İnce Çakıllı, Kumlu, Siltli Kil
CH - Açık Kahve Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Yüksek Plastisiteli, Yağlı, İnce Çakıllı, Kumlu, Siltli Kil
KİREÇTAŞI - Tamamen Ayrışmış Kireçtaşı

(EK-5 Devam)



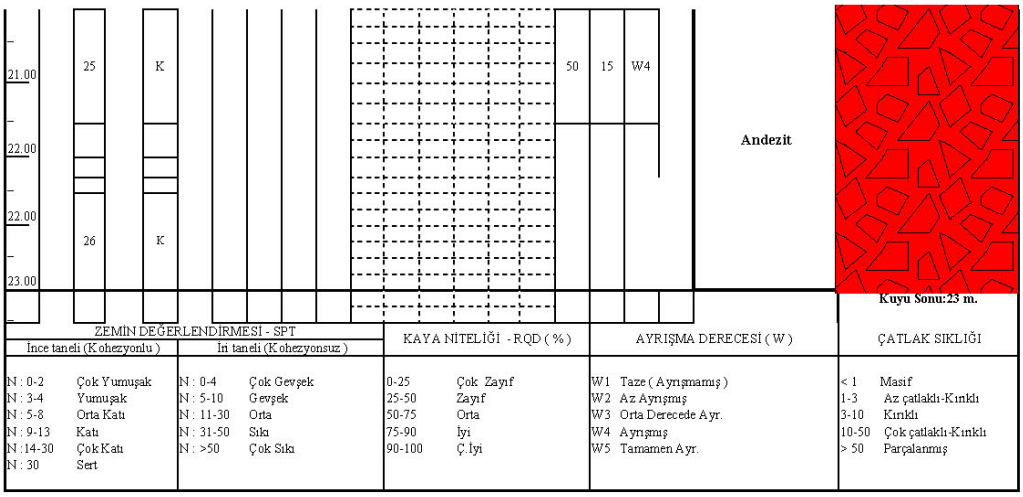
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI	
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)							
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	< 1	Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayr.	3-10	Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4	Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5	Tamamen Ayr.	> 50	Parçalanmış
N : 30	Sert								

(EK-5 Devam)

RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.				SONDAJ LOGU	
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALİAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	23 m.	SONDAJ NO :	SK-82
		YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :		SAYFA NO :	1
İLİ :	İZMİR-MENEMEN	2. Okuma :		Logu Hazırlayan	MURAT ÖZGÜL
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :	4278598		
Başlama Tarihi :	08.05.2009	Koordinat - Y :	506357	Sondör	İmam Zirek
Bitiş Tarihi :	10.05.2009	Koordinat - Z (m):			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Birimi	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00		1	0,00	K							73				Bitkisel Toprak	
2.00		2	1,50 1,95	SPT-1		6	8	9	17						CL- Koyu Gri Renkli Bol Organik Madde İçerikli Konsolide İnce Çakıl Ara Katkılı Karbonatlı Kil	
3.00		3		K							73					
4.00		4	3,00 3,50	UD-1											ML - Koyu Kahve Renkli İnce Daneli Yumuşak Kıvamlı Organik Madde İçerikli, Fosil Kavkı-İz İçerikli Silt	
		5	3,50 3,95	SPT-2		6	8	10	18							
5.00		6		K							53					
6.00		7	5,00 5,45	SPT-3		7	9	11	20							
		8		K							90					
7.00		9	6,00 6,50	UD-2												
		10	6,50 6,95	SPT-4		7	10	10	20							
8.00		11		K							91					
9.00		12	8,00 8,45	SPT-5		7	12	16	28						SM - Gri Renkli İnce Daneli Çakıllı Siltli Kum	
		13		K							80					
10.00		14	9,00 9,45	SPT-6		13	13	15	28							
		15		K							92					
11.00		16	10,50 10,50 10,95	SPT-7		18	23	25	48							
12.00		17													Andezit	
13.00		18		SPT-8		50/4			>50							
		19		K							47					
14.00		20		SPT-9		50/6			>50							
15.00		21		K							47					
16.00		22		K							73					
17.00		23		K							73					
18.00		24		K							67	15	W4			
19.00																
20.00																

(EK-5 Devam)



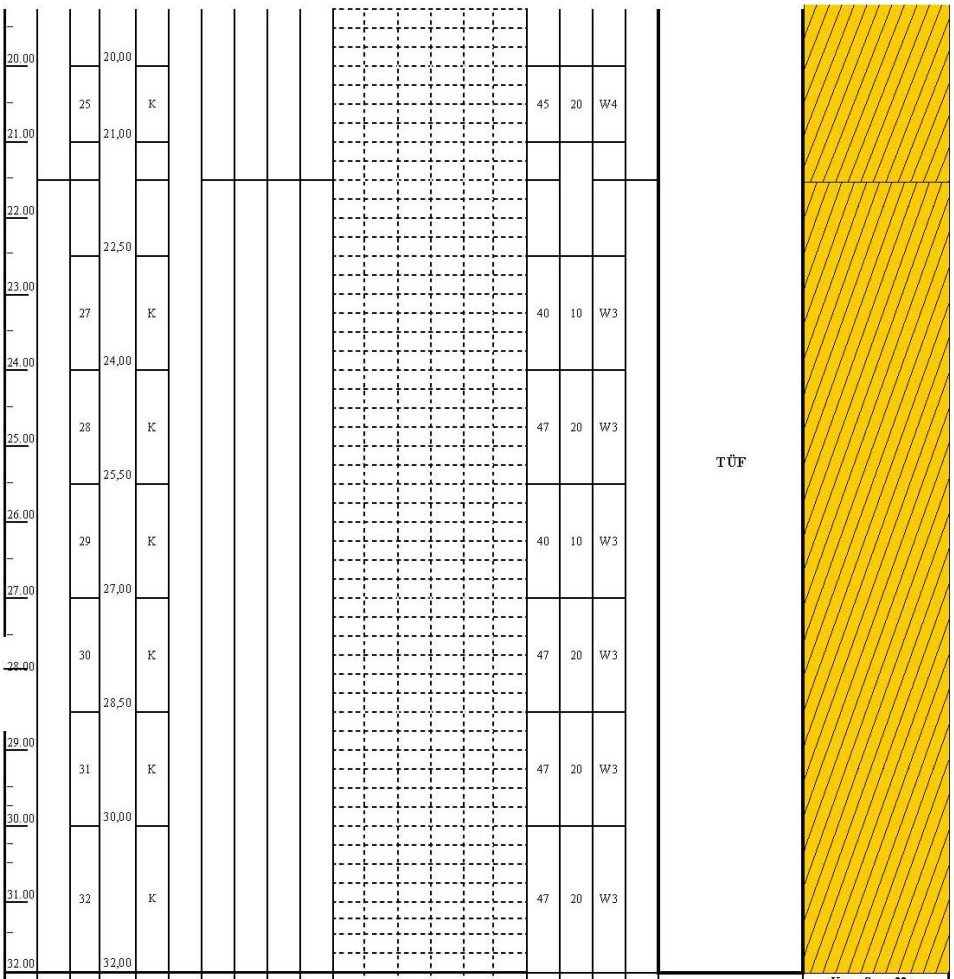
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)					
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1 Taze (Ayrışmamış)	< 1 Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3 Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derecede Ayr.	3-10 Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5 Tamamen Ayr.	> 50 Parçalanmış
N : 30	Sert						

(EK-5 Devam)

RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.				SONDAJ LOGU		
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALİAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	32m.	SONDAJ NO :	SK-86
		YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :		SAYFA NO :	1
İLİ :	İZMİR-FOÇA-BAĞARASI	2. Okuma :		Logu Hazırlayan	MURAT ÖZGÜL
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :	487991		
Başlama Tarihi :	22.05.2009	Koordinat - Y :	479059	Sondör	İMAM ZİREK
Bitiş Tarihi :	24.05.2009	Koordinat - Z (m):			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Bonusu	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00		1	0,00	K							33				Bitkisel Toprak	
2.00		2	1,50 1,95	SPT-1		3	4	3	7						SC - Sarımsı Kahve Renkli Kil Kum Karışımı, Killi Kum	
3.00		3		K							95					
4.00		4	3,00 3,50	UD-1											CL - Sarımsı Kahve Renkli, Kumlu Siltli Karbonat Kongresyonlu, İnce Çakıl İçerikli Rezidüel Kil	
		5	3,50 3,95	SPT-2		2	5	4	9							
5.00		6		K							90					
		7														
6.00		8	5,00 5,45	SPT-3		7	6	6	12							
		9		K							100					
7.00		10	6,00 6,50	UD-2												
		11	6,50 6,95	SPT-4		5	9	10	19							
8.00		12		K							100					
9.00		14	8,00 8,50	SPT-5		5	7	7	14						SC - Sarımsı Kahve Gri Renkli Kil Kum Karışımı, Killi Kum	
		15		K							40					
10.0		16														
		17	9,50 9,95	SPT-6		6	10	12	22							
11.00		18	10,00 10,50	K							47					
12.00		19	12,00													
13.00		20		K							33	5	W5		TÜF	
14.00		21	13,50	K							27	10	W5			
15.00		22	15,00	K							27	20	W3			
16.00		23	16,50	K							33	25	W5			
17.00																
18.00			18,00													
19.00		24		K							33	20	W4			

(EK-5 Devam)



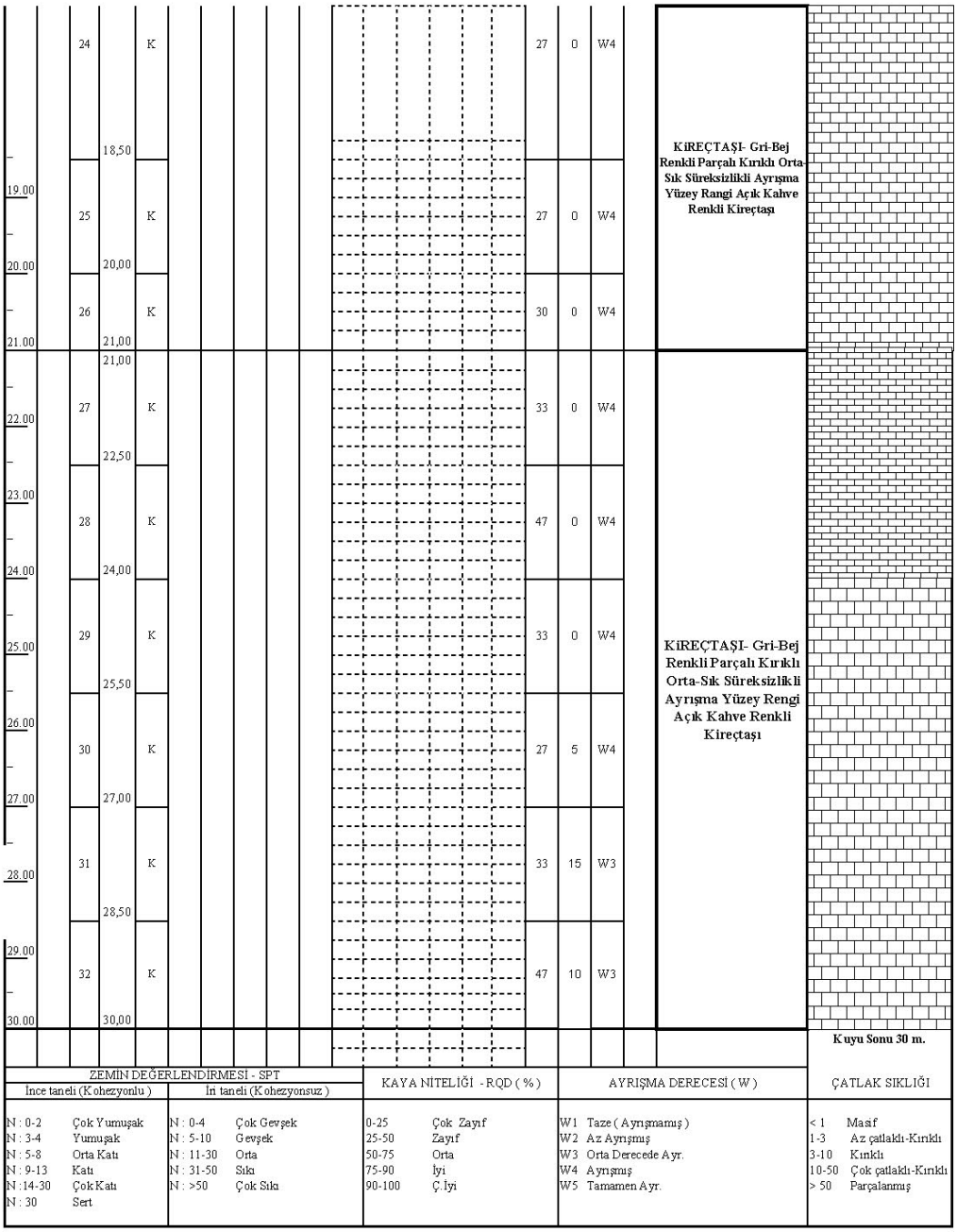
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)					
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1 Taze (Ayrışmamış)	< 1 Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3 Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derecede Ayr.	3-10 Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5 Tamamen Ayr.	> 50 Parçalanmış
N : 30	Sert						

(EK-5 Devam)

RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.				SONDAJ LOGU			
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALİĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	30 m.	SONDAJ NO :	SK-111
		YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :		SAYFA NO :	1
İLİ :	İZMİR-GERENKÖY-FOÇA	2. Okuma :		Logu Hazırlayan	MURAT ÖZGÜL
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :	491240		
Başlama Tarihi :	20.05.2009	Koordinat - Y :	4278576	Sondör	İMAM ZİREK
Bitiş Tarihi :	21.05.2009	Koordinat - Z (m):			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Borusu	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00		1	0,00	K							67				Bitkisel toprak	
2.00		2	1,50 1,95	SPT-1		1	2	1	3						CL - Gri Renkli İnce Daneli Düşük-Orta Plastisiteli Kil	
3.00		3		K							95					
4.00		4	3,00 3,50	UD-1												
		5	3,50 3,95	SPT-2		4	3	3	6							
5.00		6		K							100				ML - Gri Renkli İnce Daneli Yağlı Fosil Kavkı-İz içerikli Silt	
		7	4,50 5,00	UD-2												
6.00		8	5,00 5,45	SPT-3		4	4	5	9							
		9		K							67					
7.00		10	6,00 6,50	UD-3												
		11	6,50 6,95	SPT-4		4	5	7	12							
8.00		12		K							90				CH - Gri-Bej Renkli Yüksek Plastisiteli İnorganik Yağlı Killer	
		14	8,00 8,50	UD-4												
9.00		15		SPT-5		5	7	7	14							
		16		K							90					
10.0		17	9,50 9,95	SPT-6		12	10	14	24						SC - Sarımsı Kahve Gri Renkli Kil Kum Karışımı, Killi Kum	
11.00		18	10,00 11,00	K							80					
		19	11,00 11,45	SPT-7		50/11			>50						KİREÇTAŞI- Tamamen ayrışmış Zemin Özelliği Kazanmış Kireçtaşı	
12.00		20	11,50 12,50	K							80	0	W5			
13.00		21		K							30	0	W5		KİREÇTAŞI- Gri-Bej Renkli Parçalı Kırıklı Sık Süreksizlikli Ayrışma Yüzey Rengi Açık Kahve Renkli Kireçtaşı	
14.00			14,00													
15.00		22		K							35	0	W4			
			15,50													
16.00		23		K							27	0	W4			
17.00			17,00													

(EK-5 Devam)



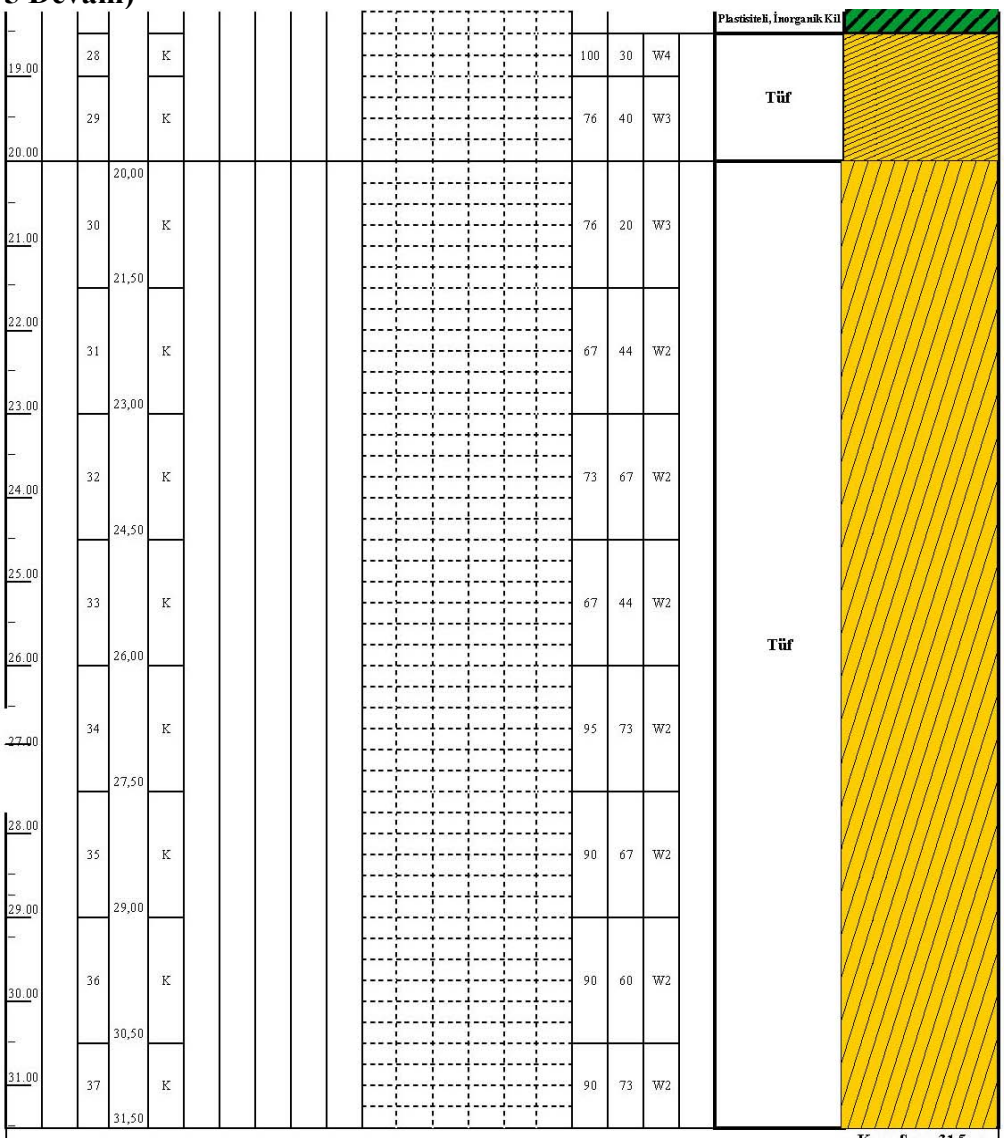
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)					
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1 Taze (Ayrışmamış)	< 1 Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3 Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derecede Ayr.	3-10 Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5 Tamamen Ayr.	> 50 Parçalanmış
N : 30	Sert						

(EK-5 Devam)

RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.				SONDAJ LOGU		
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALİAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	31,50 m.	SONDAJ NO :	SK-162
		YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :		SAYFA NO :	1
İLİ :	İZMİR-MENEMEN-MALTEPE	2. Okuma :		Logu Hazırlayan	MURAT ÖZGÜL
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :	506056		
Başlama Tarihi :	24.05.2009	Koordinat - Y :	4275968	Sondör	İMAM ZİREK
Bitiş Tarihi :	26.05.2009	Koordinat - Z (m):			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Borusu	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
			0,00												Bitkisel Toprak	
1.00		1		K							53	10			Açık Gri-Beyaz Renkli, Parçalı Kırıklı, Orta-Sık Süreksizlikli Ayrışma Yüzey Rengi Açık Kahvemsi Renkli, Bol Makrofosil Kavkı-İz İçerikli ayrışma derecesi yüksek killi kireçtaşı	
2.00		2	1,50 1,95	SPT-1		50/2			>50							
3.00		3		K							47	20	W5			
		4	3,00 3,50	UD-1												
4.00		5	3,50 3,95	SPT-2					>50							
5.00		6		K							44	25	W5			
		7	5,00 5,45	SPT-3					>50							
6.00		8		K							40	20	W5			
		9	6,00 6,50	UD-2												
7.00		10	6,50 6,95	SPT-4					>50							
8.00		12		K							47	35	W5			
9.00		13	8,00 8,50	K							45	30	W5			
		14		UD-3												
10.0		16	9,50 9,95	SPT-5					>50							
		17	10,00 10,50	K							67	30	W5			
11.00		19		K							73				CL- Düşük Orta Plastisiteli, İnorganik Kil	
12.00		20		SPT-6					>50							
		21		UD-4												
13.00		22		SPT-7					>50		73					
14.00		23		K							95					
15.00		24		UD-5												
16.00		25		SPT-8		24	30	32	>50		100					
		26		K												
17.00		27		K							60					
18.00															CL- Düşük Orta	

(EK-5 Devam)



ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI	
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)						
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1 Taze (Ayrışmamış)	< 1	Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derecede Ayr.	3-10	Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5 Tamamen Ayr.	> 50	Parçalanmış
N : 30	Sert							

(EK-5 Devam)

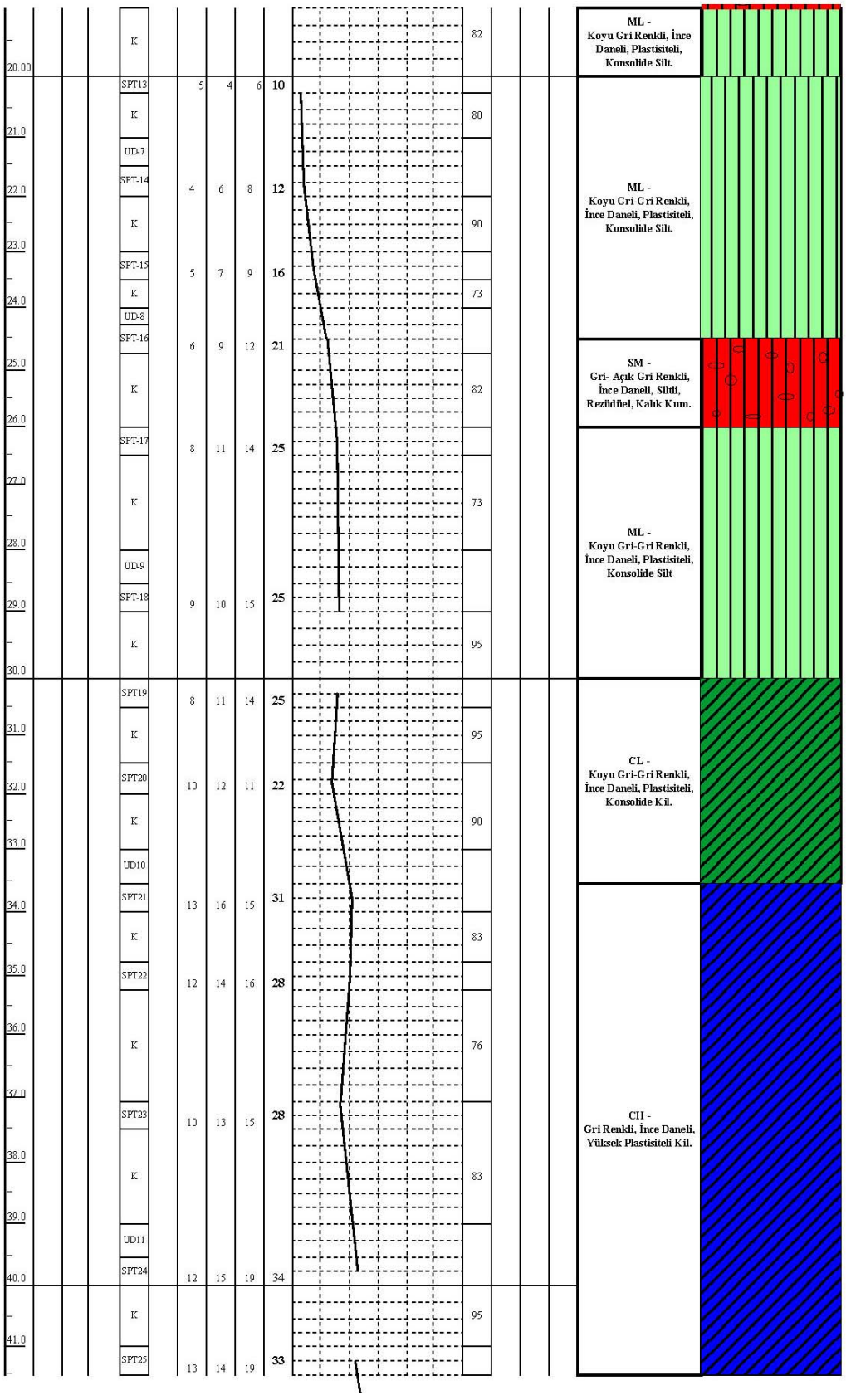
RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ. — **SONDAJ LOGU**

PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALİĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	55.00 m.
İLİ :	Merkez-Üçkuyular	YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :	
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	2. Okuma :	
Başlama Tarihi :	27.05.2009	Koordinat - X :	500001
Bitiş Tarihi :	04.06.2009	Koordinat - Y :	4272039
		Koordinat - Z (m):	

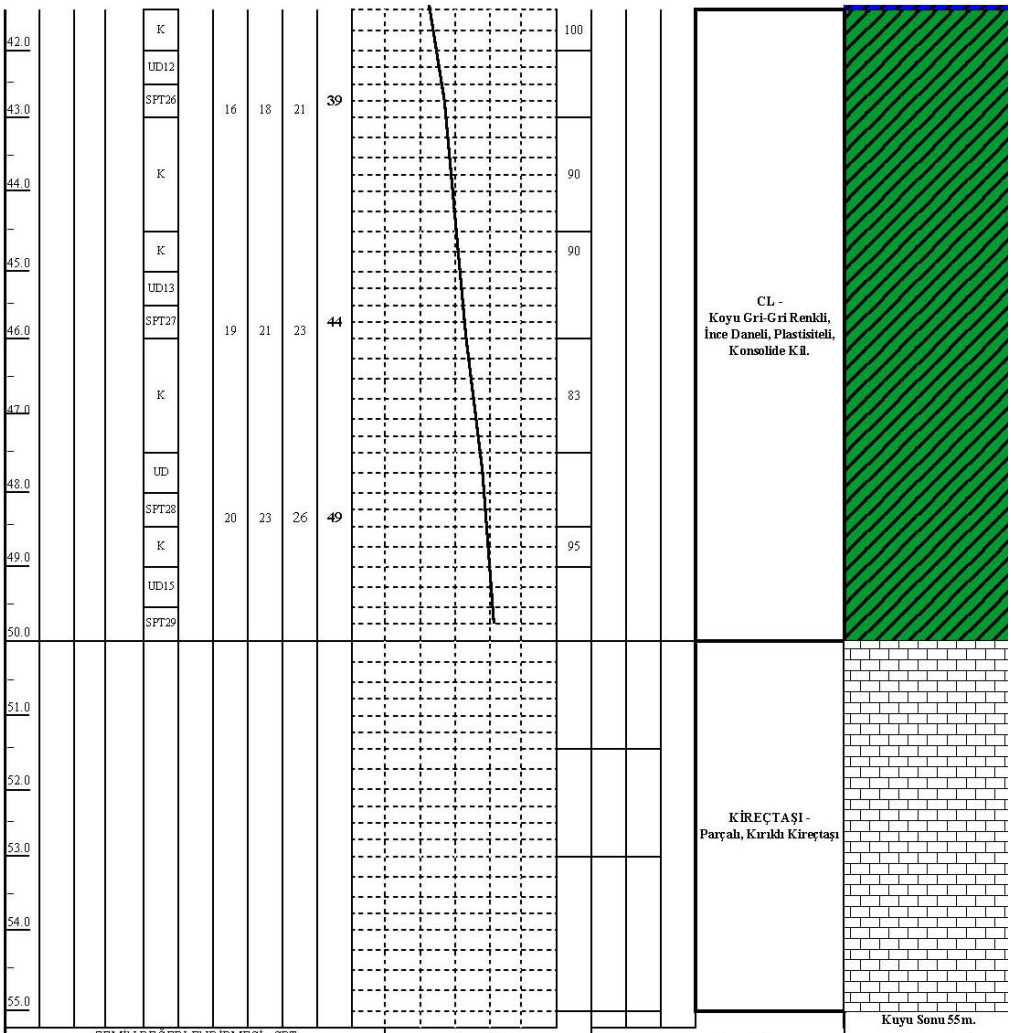
SONDAJ NO :	242
SAYFA NO :	1
Logu Hazırlayan	MURAT ÖZGÜL
Sondör	İMAM ZİREK

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Muh. Borusu	Zemin Deneyleri: SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00				K							47				BİTKİSEL TOPRAK	
2.00				SPT1		7	9	11	20						ML - Açık Sarımsı, Koyu Gri Renkli, İnce Daneli, Üst Kesimler Organik Madde İçerikli Silt.	
3.00				K							100					
				UD1												
4.00				SPT2		4	4	5	9						MH -	
5.00				K							95					
				SPT3		3	3	4	7							
6.00				K							100				SM - Gri-Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli, Rezüdüel, Kalık Kum.	
				UD2												
7.00				SPT4		5	3	5	8							
				K							73					
8.00				UD3												
				SPT5		6	5	5	11							
9.00				K							90					
				SPT6		5	3	4	7							
10.00				K							100					
				SPT7		6	9	17	26							
11.00				K							67					
12.00																
				UD4												
13.00				SPT8		5	6	12	18							
				K							73					
14.00				SPT9		7	6	9	15							
				K							80				SM - Gri-Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli, Rezüdüel, Kalık Kum.	
15.00				UD5												
				SPT10		4	5	7	12							
16.00				K							67					
17.00				SPT11		3	5	6	9							
				K							73					
18.00				UD6												
				SPT12					13							

(EK-5 Devam)

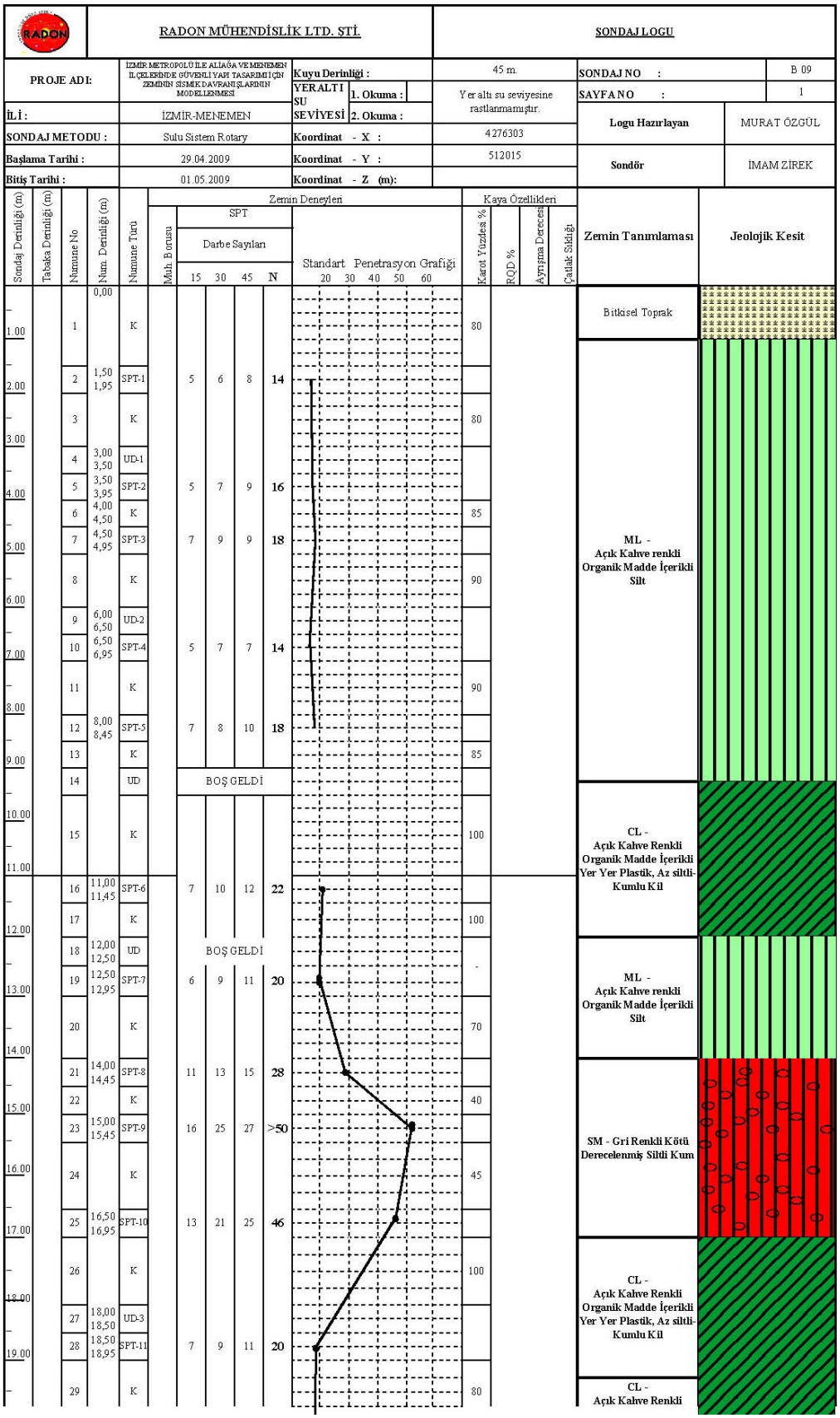

20.00
21.0
22.0
23.0
24.0
25.0
26.0
27.0
28.0
29.0
30.0
31.0
32.0
33.0
34.0
35.0
36.0
37.0
38.0
39.0
40.0
41.0
K
SPT13
K
UD-7
SPT-14
K
SPT-15
K
UD-8
SPT-16
K
SPT-17
K
UD-9
SPT-18
K
SPT19
K
SPT20
K
UD10
SPT21
K
SPT22
K
SPT23
K
UD11
SPT24
K
SPT25
5 4 6 10
4 6 8 12
5 7 9 16
6 9 12 21
8 11 14 25
9 10 15 25
8 11 14 25
10 12 11 22
13 16 15 31
12 14 16 28
10 13 15 28
12 15 19 34
13 14 19 33
82
80
90
73
82
73
95
95
90
83
76
83
95
ML - Koyu Gri Renkli, İnce Daneli, Plastisiteli, Konsolide Silt.
ML - Koyu Gri-Gri Renkli, İnce Daneli, Plastisiteli, Konsolide Silt.
SM - Gri- Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli, Rezüdüel, Kalık Kum.
ML - Koyu Gri-Gri Renkli, İnce Daneli, Plastisiteli, Konsolide Silt
CL - Koyu Gri-Gri Renkli, İnce Daneli, Plastisiteli, Konsolide Kil.
CH - Gri Renkli, İnce Daneli, Yüksek Plastisiteli Kil.

(EK-5 Devam)



ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI	
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)						
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1 Taze (Ayrışmamış)	< 1	Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derecede Ayr.	3-10	Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-Kırıklı
N : 14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5 Tamamen Ayr.	> 50	Parçalanmış
N : 30	Sert							

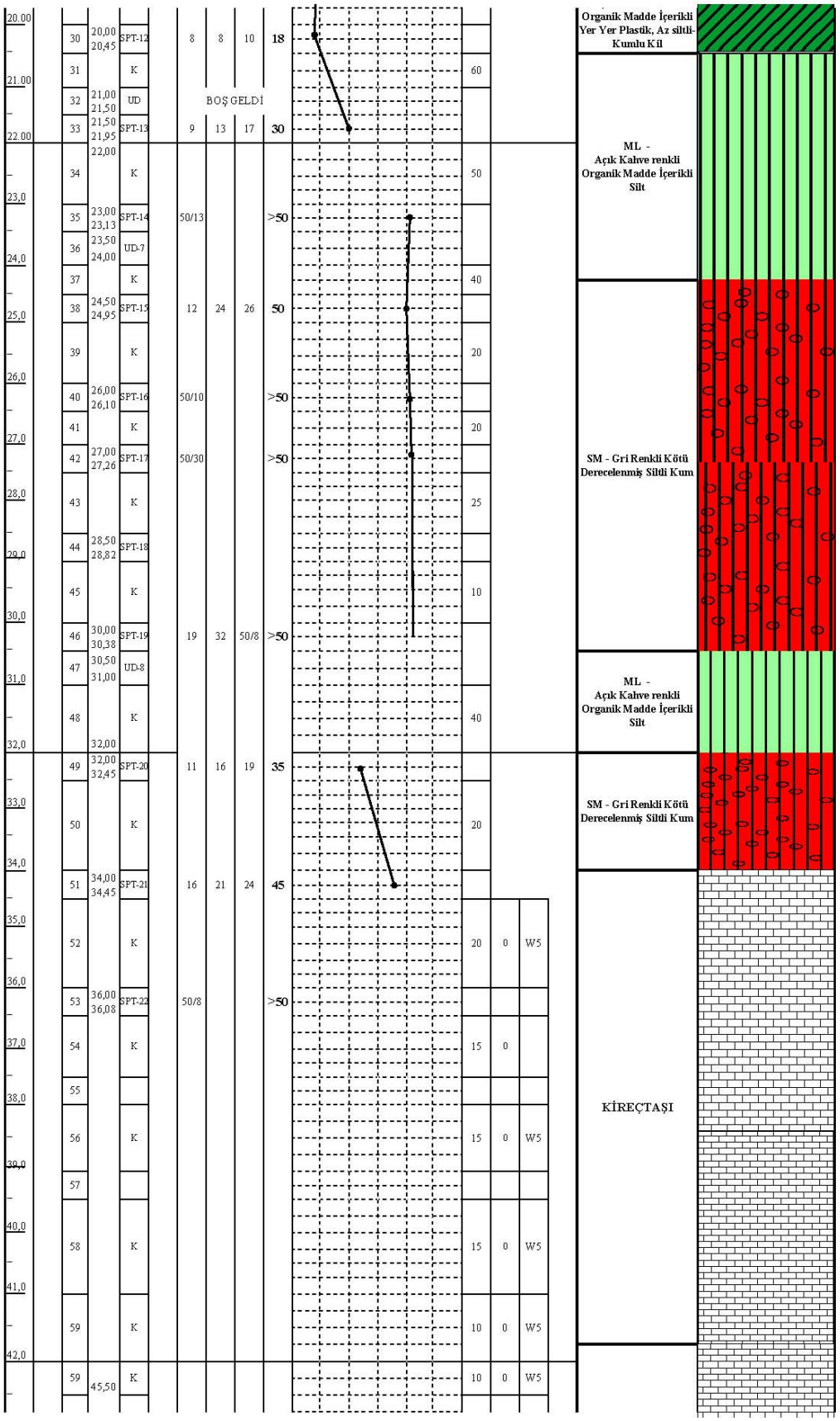
(EK-5 Devam)



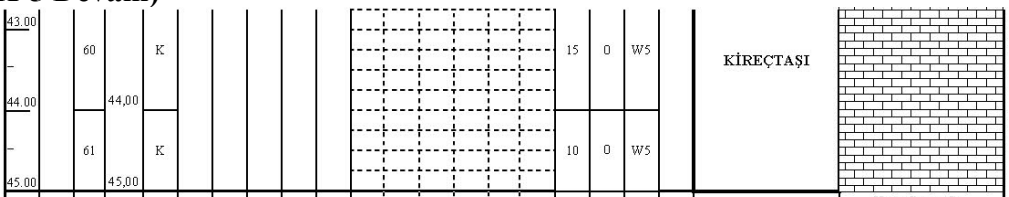
RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.			SONDAJ LOGU	
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALİAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	45 m.	SONDAJ NO : B 09
		YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :	Yer altı su seviyesine rastlanmamıştır.	SAYFA NO : 1
İLİ :	İZMİR-MENEMEN	2. Okuma :		Logu Hazırlayan: MURAT ÖZGÜL
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :	4276303	
Başlama Tarihi :	29.04.2009	Koordinat - Y :	512015	Sondör: İMAM ZİREK
Bitiş Tarihi :	01.05.2009	Koordinat - Z (m):		

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Boruşu	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00		1	0,00	K							80				Bitkisel Toprak	
2.00		2	1,50 1,95	SPT-1		5	6	8	14						ML - Açık Kahve renkli Organik Madde İçerikli Silt	
3.00		3		K							80					
		4	3,00 3,50	UD-1												
4.00		5	3,50 3,95	SPT-2		5	7	9	16							
		6	4,00 4,50	K							85					
5.00		7	4,50 4,95	SPT-3		7	9	9	18							
6.00		8		K							90					
		9	6,00 6,50	UD-2												
7.00		10	6,50 6,95	SPT-4		5	7	7	14							
8.00		11		K							90					
		12	8,00 8,45	SPT-5		7	8	10	18							
9.00		13		K							85					
		14		UD		BOŞ GELDİ										
10.00		15		K							100				CL - Açık Kahve Renkli Organik Madde İçerikli Yer Yer Plastik, Az siltli-Kumlu Kil	
11.00		16	11,00 11,45	SPT-6		7	10	12	22							
12.00		17		K							100					
		18	12,00 12,50	UD		BOŞ GELDİ										
13.00		19	12,50 12,95	SPT-7		6	9	11	20		-				ML - Açık Kahve renkli Organik Madde İçerikli Silt	
14.00		20		K							70					
		21	14,00 14,45	SPT-8		11	13	15	28							
15.00		22		K							40					
		23	15,00 15,45	SPT-9		16	25	27	>50						SM - Gri Renkli Kötü Derecelenmiş Silti Kum	
16.00		24		K							45					
17.00		25	16,50 16,95	SPT-10		13	21	25	46							
18.00		26		K							100				CL - Açık Kahve Renkli Organik Madde İçerikli Yer Yer Plastik, Az siltli-Kumlu Kil	
		27	18,00 18,50	UD-3												
19.00		28	18,50 18,95	SPT-11		7	9	11	20							
		29		K							80				CL - Açık Kahve Renkli	

(EK-5 Devam)


Organik Madde İçerikli Yer Yer Plastik, Az siltli-Kumlu Kil
ML - Açık Kahve renkli Organik Madde İçerikli Silt
SM - Gri Renkli Kötü Derecelenmiş Silti Kum
ML - Açık Kahve renkli Organik Madde İçerikli Silt
SM - Gri Renkli Kötü Derecelenmiş Silti Kum
KİREÇTAŞI
BOŞ GELDİ
SPT-12
SPT-13
SPT-14
SPT-15
SPT-16
SPT-17
SPT-18
SPT-19
SPT-20
SPT-21
SPT-22
UD
UD-7
UD-8
K
W5

(EK-5 Devam)



Kuyu Sonu:45m.

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)					
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1 Taze (Ayrışmamış)	< 1 Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3 Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derecede Ayr.	3-10 Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5 Tamamen Ayr.	> 50 Parçalanmış
N : 30	Sert						

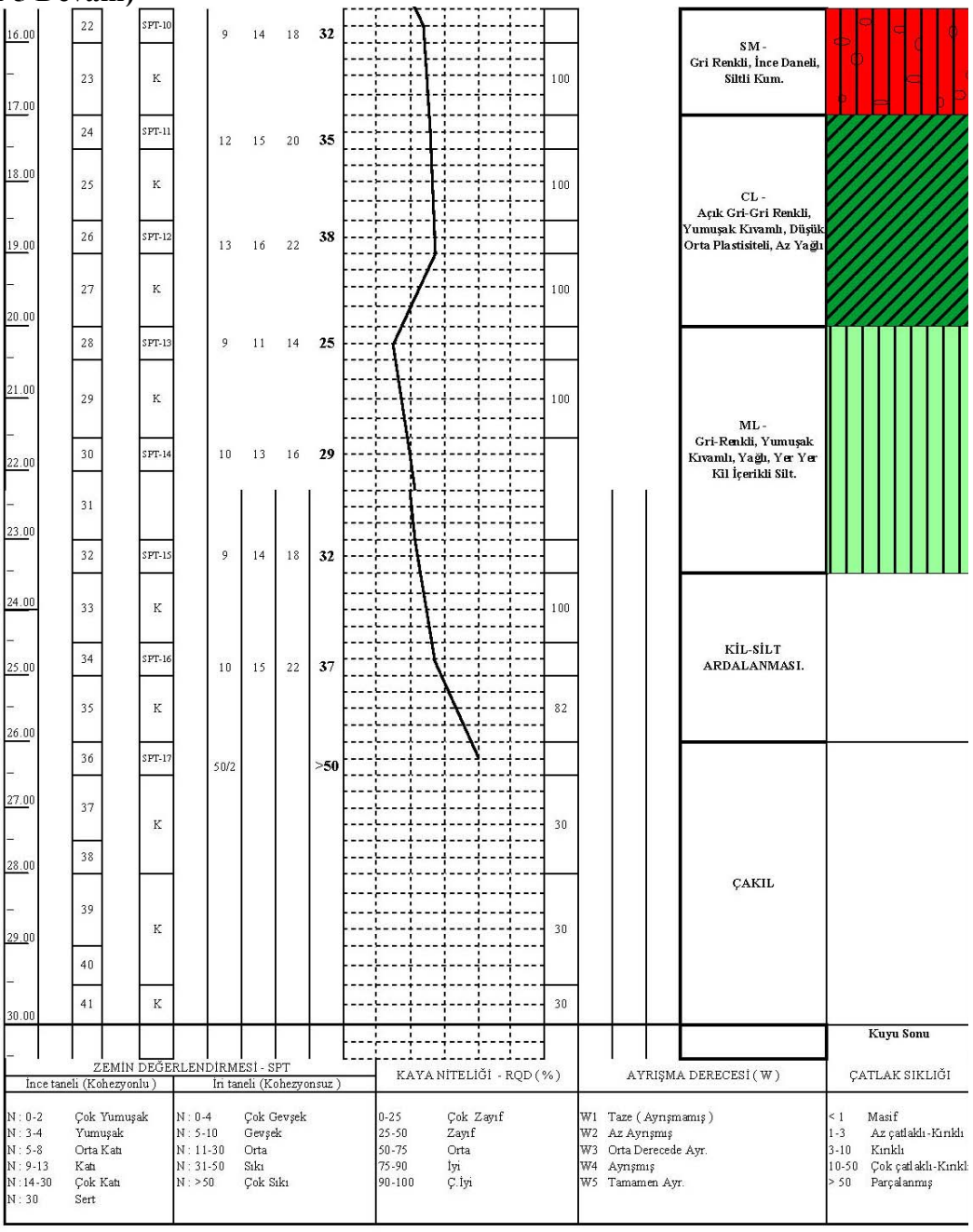
(EK-5 Devam)

RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ. — **SONDAJ LOGU**

PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALİAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği : 30.00 m	SONDAJ NO : 122
İLİ :	İZMİR-MENEMEN	YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma : / 2. Okuma :	SAYFA NO : 1
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :	Logu Hazırlayan: MURAT ÖZGÜL
Başlama Tarihi :	27.06.2009	Koordinat - Y :	Sondör: İMAM ZİREK
Bitiş Tarihi :	30.06.2009	Koordinat - Z (m):	

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Muh. Boruşu	SPT Darbe Sayıları 15 30 45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00		1		K					53				SP-SM - Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Çakıllı Kum.	
2.00		2		SPT-1		4 4 6	10							
3.00		3		K					90					
		4		UD-1										
4.00		5		SPT-2		7 9 13	22						SM - Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli Kum.	
5.00		6		K					92					
6.00		7		SPT-3		6 7 9	16						ML - Gri-Açık Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, İnorganik Silt.	
		8												
7.00		9		UD-2										
		10		SPT-4		4 4 5	10							
8.00		11		K					100					
9.00		12		SPT-5		6 9 14	23						CL - Açık Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Orta Plastisiteli, Az Yağlı Kil.	
		13		K					90					
10.00		14		SPT-6		7 11 16	27							
		15		K					100					
11.00		16		SPT-7		9 12 16	28							
12.00		17												
13.00		18		SPT-8		7 11 16	27						ML - Gri-Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Yağlı, Yer Yer Silt İçerikli Silt.	
		19		K					90					
14.00		20		SPT-9		6 9 11	20							
15.00		21		K					82					

(EK-5 Devam)


16.00
17.00
18.00
19.00
20.00
21.00
22.00
23.00
24.00
25.00
26.00
27.00
28.00
29.00
30.00
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
SPT-10
K
SPT-11
K
SPT-12
K
SPT-13
K
SPT-14
SPT-15
K
SPT-16
K
SPT-17
K
K
K
9 14 18 32
12 15 20 35
13 16 22 38
9 11 14 25
10 13 16 29
9 14 18 32
10 15 22 37
50/2 >50
100
100
100
100
100
82
30
30
30
SM -
Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli Kum.
CL -
Açık Gri-Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Düşük Orta Plastisiteli, Az Yağlı
ML -
Gri-Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Yağlı, Yer Yer Kil İçerikli Silt.
KİL-SİLT ARDALANMASI.
ÇAKIL
Kuyu Sonu
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT
İnce taneli (Kohezyonlu)
İri taneli (Kohezyonsuz)
KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)
AYRIŞMA DERECESİ (W)
ÇATLAK SIKLIĞI
N : 0-2 Çok Yumuşak
N : 3-4 Yumuşak
N : 5-8 Orta Katı
N : 9-13 Katı
N : 14-30 Çok Katı
N : 30 Sert
N : 0-4 Çok Gevşek
N : 5-10 Gevşek
N : 11-30 Orta
N : 31-50 Sıkı
N : >50 Çok Sıkı
0-25 Çok Zayıf
25-50 Zayıf
50-75 Orta
75-90 İyi
90-100 Ç.İyi
W1 Taze (Ayrışmamış)
W2 Az Ayrışmış
W3 Orta Derecede Ayr.
W4 Ayrışmış
W5 Tamamen Ayr.
< 1 Masif
1-3 Az çatlaklı-Kırıklı
3-10 Kırıklı
10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı
> 50 Parçalanmış

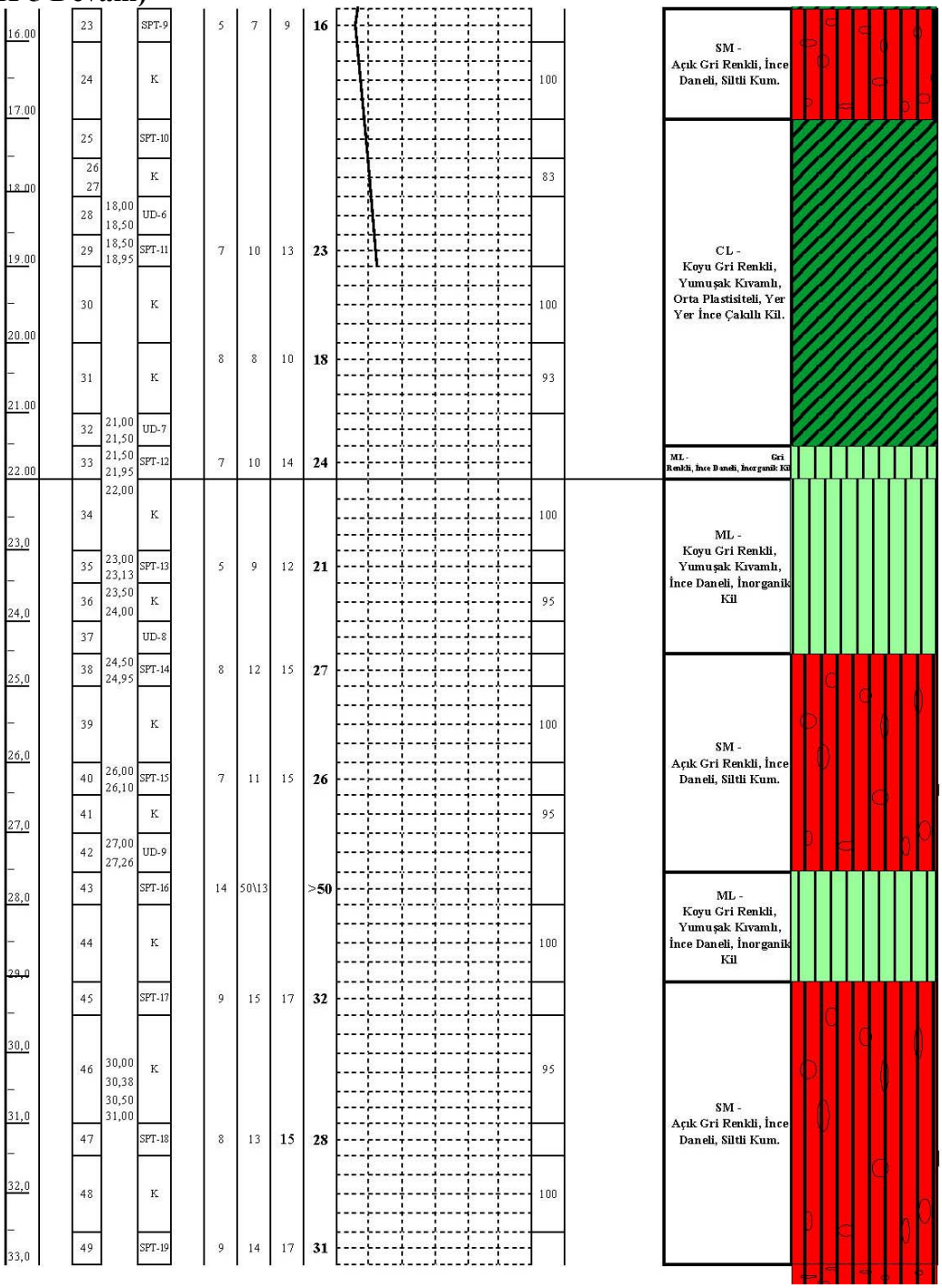
(EK-5 Devam)

RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ. — **SONDAJ LOGU**

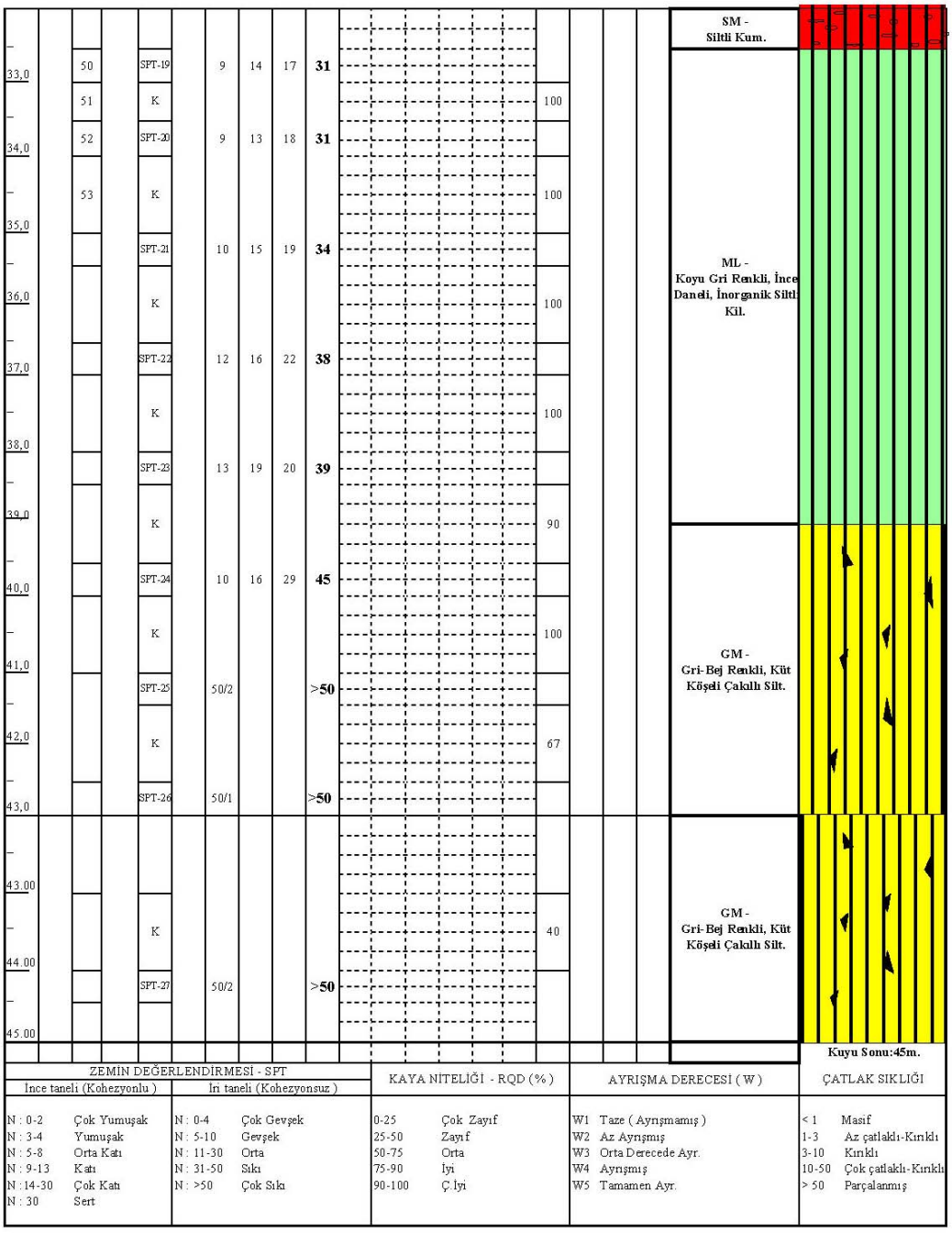
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLİ İLE ALİAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği : 45.00 m.	SONDAJ NO : 172
İLİ :	İZMİR-MENEMEN	YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma : Yer altı su seviyesine rastlanmamıştır. 2. Okuma :	SAYFA NO : 1
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :	Logu Hazırlayan: MURAT ÖZGÜL
Başlama Tarihi :	20.06.2009	Koordinat - Y :	Sondör: İMAM ZİREK
Bitiş Tarihi :	25.06.2009	Koordinat - Z (m):	

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Boruşu	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00		1	0,00	K							73				SM - Gri-Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Organik Madde İçerikli Siltli Kum.	
2.00		2	1,50 1,95	SPT-1		4	6	7	13							
3.00		3		K							100					
4.00		4	3,00 3,50	UD-1												
		5	3,50 3,95	SPT-2		5	7	8	15							
5.00		6		K							100					
6.00		7	5,00 5,50	SPT-3		7	9	11	20						CL - Koyu Gri Renkli, İnce Daneli, Az Kumlu Kil.	
		8		K							100					
7.00		9	6,00 6,50	UD-2												
		10	6,50 6,95	SPT-4		7	10	12	22							
8.00		11		K							100				ML - Koyu Gri Renkli, İnce Daneli, Az Kumlu, İnorganik Silt.	
		12	8,00 8,45	SPT-5		6	9	11	20							
9.00		13		K							100					
		14		UD-3												
10.00		15		SPT-6		7	9	12	21							
		16		K							100					
11.00		17		SPT-7		6	9	13	22							
12.00		18		K							95				ML - Koyu Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, İnce Daneli, İnorganik Kil.	
		19	12,00 12,50	UD-4												
13.00		20	12,50 12,95	SPT-8		7	10	14	24							
14.00		21		K							100				CL - Koyu Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Orta Plastisiteli, Yer Yer İnce Çakıllı Kil.	
15.00		22		UD-5												

(EK-5 Devam)


16.00
17.00
18.00
19.00
20.00
21.00
22.00
23,0
24,0
25,0
26,0
27,0
28,0
29,0
30,0
31,0
32,0
33,0
SPT-9
K
SPT-10
K
UD-6
SPT-11
K
K
UD-7
SPT-12
K
SPT-13
K
UD-8
SPT-14
K
SPT-15
K
UD-9
SPT-16
K
SPT-17
K
SPT-18
K
SPT-19
SM - Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli Kum.
CL - Koyu Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Orta Plastisiteli, Yer Yer İnce Çakıllı Kil.
ML - Koyu Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, İnce Daneli, İnorganik Kil
SM - Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli Kum.
ML - Koyu Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, İnce Daneli, İnorganik Kil
SM - Açık Gri Renkli, İnce Daneli, Siltli Kum.

(EK-5 Devam)

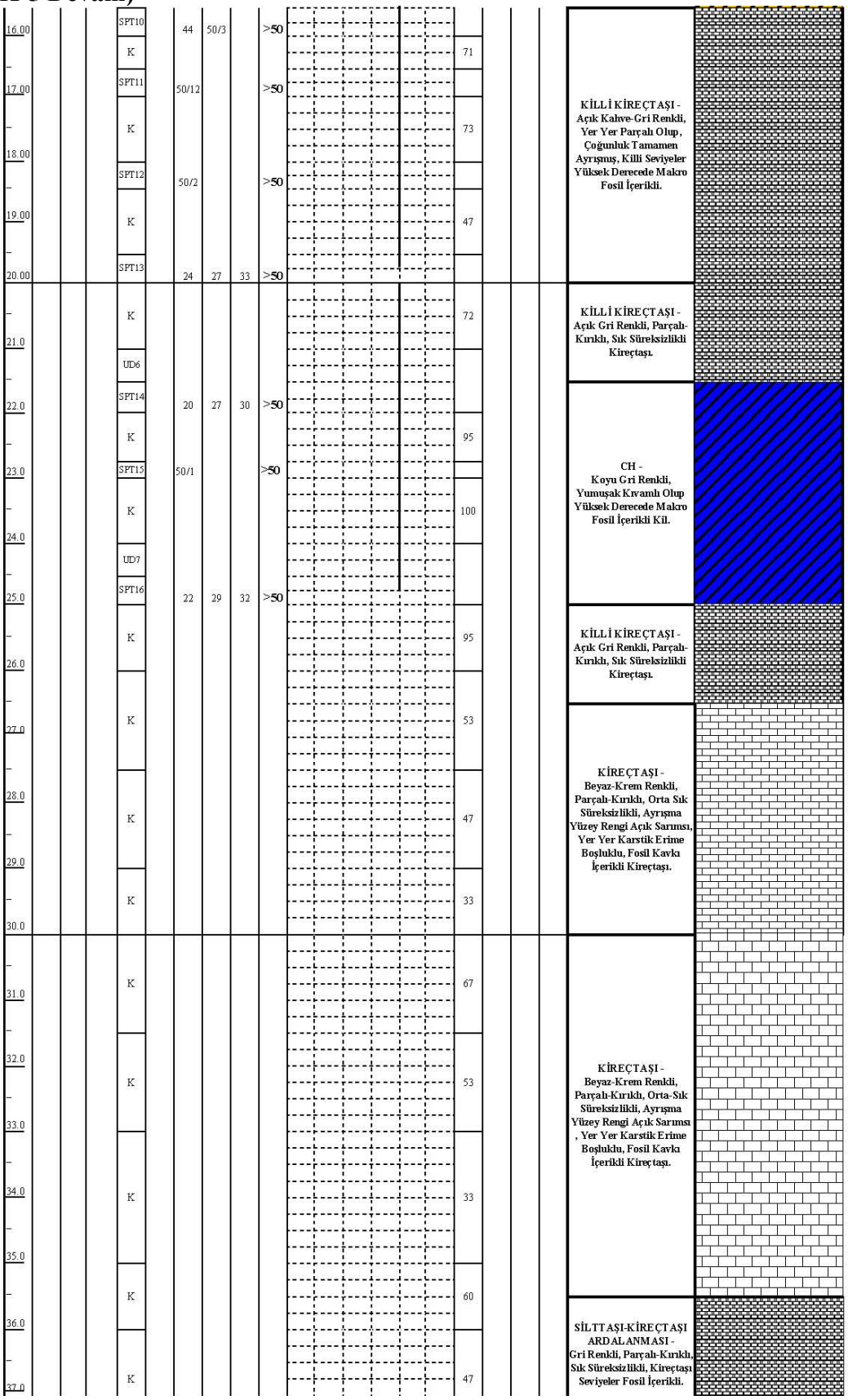

SM - Siltli Kum.
ML - Koyu Gri Renkli, İnce Daneli, İnorganik Siltli Kil.
GM - Gri-Bej Renkli, Küt Köşeli Çakıllı Silt.
GM - Gri-Bej Renkli, Küt Köşeli Çakıllı Silt.
Kuyu Sonu:45m.
33,0
34,0
35,0
36,0
37,0
38,0
39,0
40,0
41,0
42,0
43,0
43.00
44.00
45.00
SPT-19 9 14 17 31
SPT-20 9 13 18 31
SPT-21 10 15 19 34
SPT-22 12 16 22 38
SPT-23 13 19 20 39
SPT-24 10 16 29 45
SPT-25 50/2 >50
SPT-26 50/1 >50
SPT-27 50/2 >50
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT
İnce taneli (Kohezyonlu)
İri taneli (Kohezyonsuz)
N : 0-2 Çok Yumuşak
N : 3-4 Yumuşak
N : 5-8 Orta Katı
N : 9-13 Katı
N : 14-30 Çok Katı
N : 30 Sert
N : 0-4 Çok Gevşek
N : 5-10 Gevşek
N : 11-30 Orta
N : 31-50 Sıkı
N : >50 Çok Sıkı
KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)
0-25 Çok Zayıf
25-50 Zayıf
50-75 Orta
75-90 İyi
90-100 Ç.İyi
AYRIŞMA DERECESİ (W)
W1 Taze (Ayrışmamış)
W2 Az Ayrışmış
W3 Orta Derecede Ayr.
W4 Ayrışmış
W5 Tamamen Ayr.
ÇATLAK SIKLIĞI
< 1 Masif
1-3 Az çatlaklı-Kırıklı
3-10 Kırıklı
10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı
> 50 Parçalanmış

(EK-5 Devam)

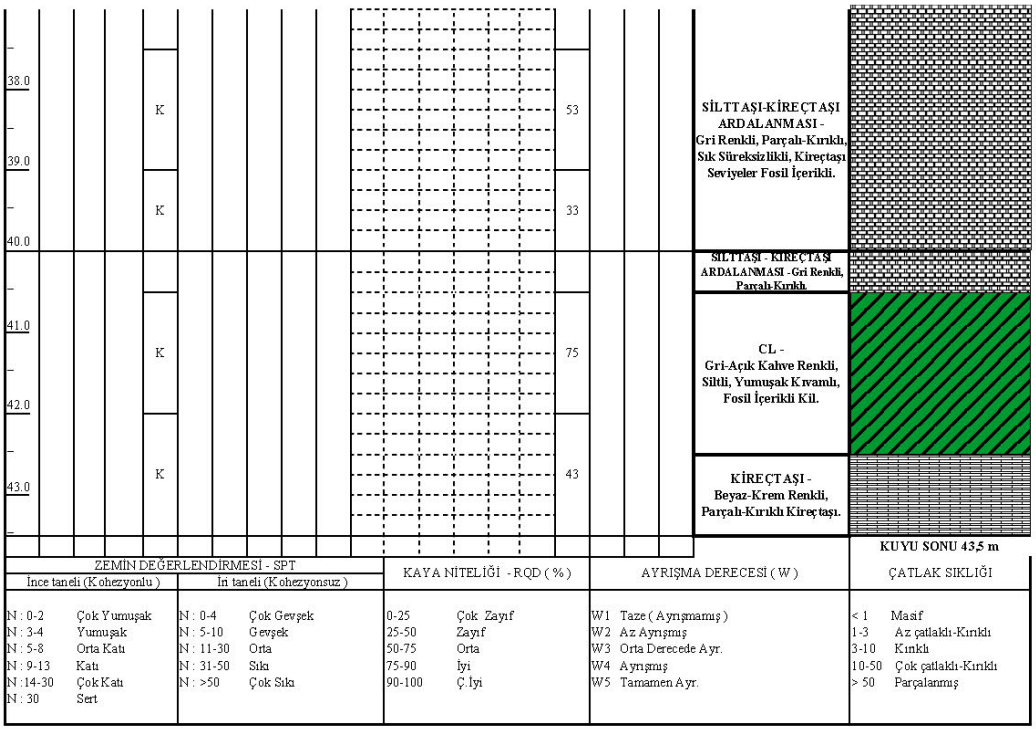
RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.				SONDAJ LOGU	
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALIAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	43.50 m.	SONDAJ NO :	246
		YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :		SAYFA NO :	1
İLİ :		2. Okuma :		Logu Hazırlayan	MURAT ÖZGÜL
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :			
Başlama Tarihi :	12.06.2009	Koordinat - Y :		Sondör	İMAM ZİREK
Bitiş Tarihi :	15.06.2009	Koordinat - Z (m):			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Boruşu	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00				K							54				DOLGU	
2.00				SPT1		6	9	13	22						CL - Gri Renkli, İnce Çakıllı, Kiremit Parçalı, Organik MadDE İçerikli Kil.	
3.00				K							95					
				UD1												
4.00				SPT2		5	7	11	18						CH - Yüksek Plastisiteli, İnporganik, Yağlı Kil.	
				K							82					
5.00				SPT3		6	10	13	23						KİLLİ KİREÇTAŞI - Gri-Krem Renkli, Tamamen Ayrışmış, Zemin Özelliği Kazanmış Kireçtaşı.	
6.00				K							100					
				UD2												
7.00				SPT4		8	12	14	26							
				K							67					
8.00				SPT5		50/1			>50						KİREÇTAŞI - Koyu Beyaz Renkli, Parçalı-Kırıklı, Sık Süreksizlikli, Ayrışma Yüzey Rengi Koyu Gri Renkli, Fosil İçerikli Kireçtaşı.	
9.00				K							33					
				UD3												
10.00				SPT6		50/1			>50							
				SPT7		50/2			>50							
11.00				K							53				KİREÇTAŞI - Koyu Beyaz Renkli, Parçalı-Kırıklı, Sık Süreksizlikli, Ayrışma Yüzey Rengi Koyu Gri Renkli, Fosil İçerikli Kireçtaşı.	
12.00				UD4												
13.00				SPT8		50/1			>50							
				K							67					
14.00				SPT9		24	30	42	>50							
15.00				K							90				SC - Killi Kum, Kil-Kum Karışımı.	
				UD5												

(EK-5 Devam)


16.00
17.00
18.00
19.00
20.00
21.0
22.0
23.0
24.0
25.0
26.0
27.0
28.0
29.0
30.0
31.0
32.0
33.0
34.0
35.0
36.0
37.0
SPT10
K
SPT11
K
SPT12
K
SPT13
K
UD6
SPT14
K
SPT15
K
UD7
SPT16
K
K
K
K
K
K
K
44
50/3
>50
71
50/12
>50
73
50/2
>50
47
24
27
33
>50
72
20
27
30
>50
95
50/1
>50
100
22
29
32
>50
95
53
47
33
67
53
33
60
47
KİLLİ KİREÇTAŞI - Açık Kahve-Gri Renkli, Yer Yer Parçalı Olup, Çoğunluk Tamamen Ayrışmış, Killi Seviyeler Yüksek Derecede Makro Fosil İçerikli.
KİLLİ KİREÇTAŞI - Açık Gri Renkli, Parçalı-Kırıklı, Sık Süreksizlikli Kireçtaşı.
CH - Koyu Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı Olup Yüksek Derecede Makro Fosil İçerikli Kil.
KİLLİ KİREÇTAŞI - Açık Gri Renkli, Parçalı-Kırıklı, Sık Süreksizlikli Kireçtaşı.
KİREÇTAŞI - Beyaz-Krem Renkli, Parçalı-Kırıklı, Orta Sık Süreksizlikli, Ayrışma Yüzey Rengi Açık Sarımsı, Yer Yer Karstik Erime Boşluklu, Fosil Kavkı İçerikli Kireçtaşı.
KİREÇTAŞI - Beyaz-Krem Renkli, Parçalı-Kırıklı, Orta-Sık Süreksizlikli, Ayrışma Yüzey Rengi Açık Sarımsı , Yer Yer Karstik Erime Boşluklu, Fosil Kavkı İçerikli Kireçtaşı.
SİLTTAŞI-KİREÇTAŞI ARDALANMASI - Gri Renkli, Parçalı-Kırıklı, Sık Süreksizlikli, Kireçtaşı Seviyeler Fosil İçerikli.

(EK-5 Devam)



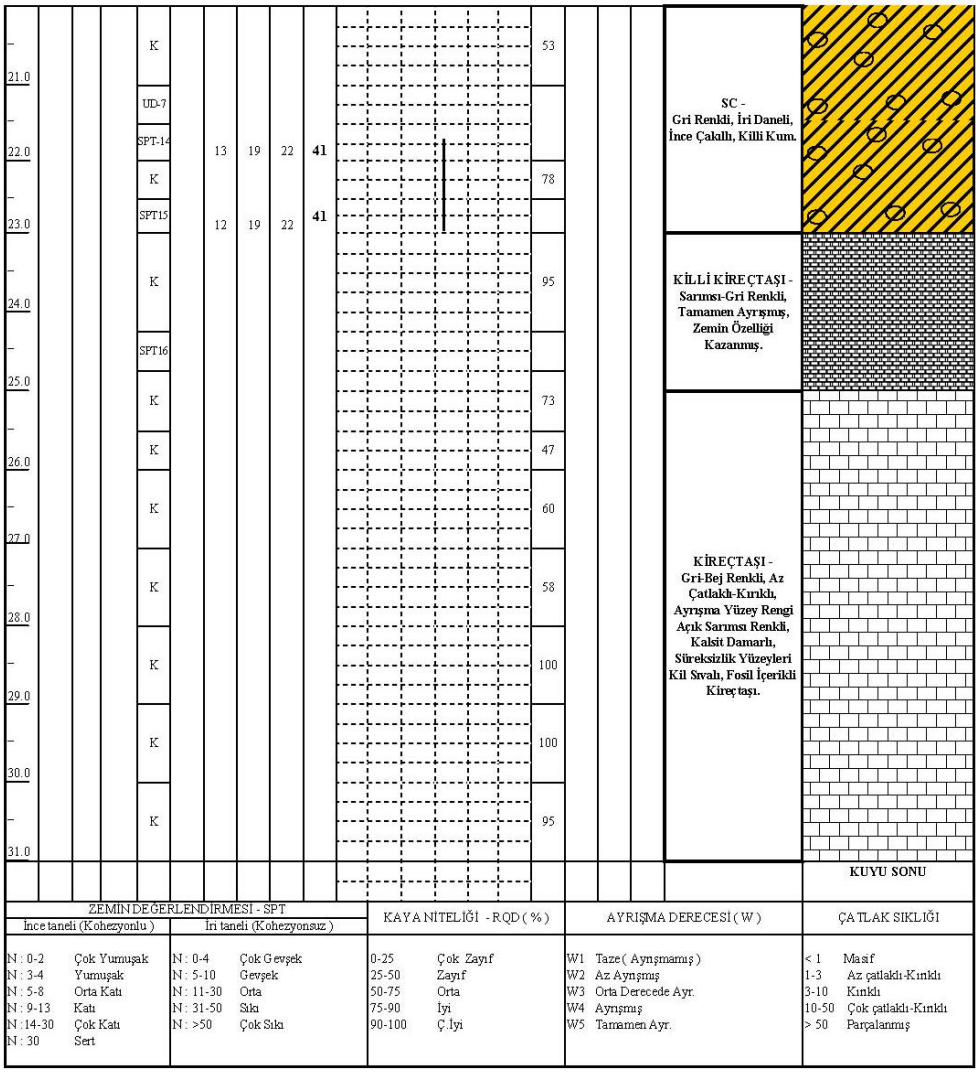
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI	
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)						
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1 Taze (Ayrışmamış)	< 1	Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derecede Ayr.	3-10	Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5 Tamamen Ayr.	> 50	Parçalanmış
N : 30	Sert							

(EK-5 Devam)

RADON MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.			SONDAJ LOGU	
PROJE ADI:	İZMİR METROPOLÜ İLE ALIAĞA VE MENEMEN İLÇELERİNDE GÜVENLİ YAPI TASARIMI İÇİN ZEMİNİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ	Kuyu Derinliği :	31.00 m.	SONDAJ NO : 277
		YERALTI SU SEVİYESİ 1. Okuma :		SAYFA NO : 1
İLİ :		2. Okuma :		Logu Hazırlayan: MURAT ÖZGÜL
SONDAJ METODU :	Sulu Sistem Rotary	Koordinat - X :		Sondör: İMAM ZİREK
Başlama Tarihi :	16.06.2009	Koordinat - Y :		
Bitiş Tarihi :	18.06.2009	Koordinat - Z (m):		

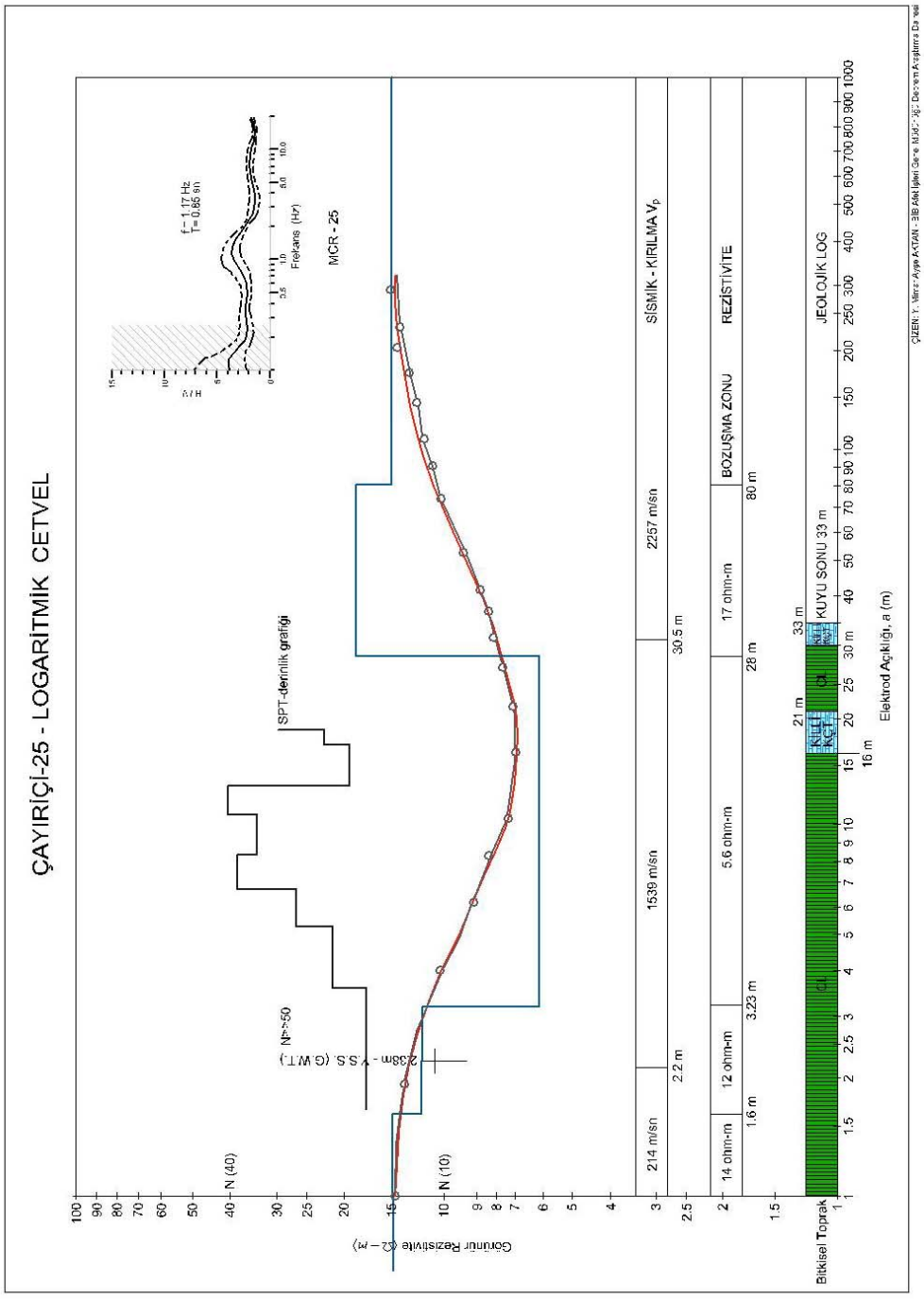
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri: Muh. Boruşu	SPT Darbe Sayıları 15	30	45	N	Standart Penetrasyon Grafiği 20 30 40 50 60	Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı	Zemin Tanımlaması	Jeolojik Kesit
1.00				K							67				BİTKİSEL TOPRAK	
2.00				SPT1		6	9	13	22							
3.00				K							72				CL - Sarımsı Kahve Renkli, Organik Madde İçerikli, Yer Yer Karbonatlı, Siltli, Kumlu, İnce Çakıl İçerikli Kil.	
4.00				UD1												
				SPT2		7	10	12	22							
5.00				K							92					
6.00				SPT3		9	13	17	30							
				K							95					
7.00				UD2												
				SPT4		6	10	15	25						CL - Gri-Kahve Renkli, Çakıllar Köşeli Olup Kumtaşı Orijinli Çakıllı Kil	
8.00				K							100					
				SPT5		15	28	37	>50						SC - Gri Renkli, İri Daneli, Killi Kum.	
9.00				K							100					
10.00				UD3												
				SPT6		7	9	16	25							
11.00				SPT7		6	8	11	19						SC - Killi Kum, Kil-Kum	
				K							95				MH - Açık Gri Renkli, Elastik, İnorganik Silt.	
12.00				UD4												
13.00				SPT8		4	6	6	12							
				K							90				CL - Açık Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı, Orta Plastisiteli, İnce Daneli, Siltli Kil.	
14.00				SPT9		5	7	7	14							
15.00				K							95				MH - Açık Gri Renkli, Elastik, İnorganik Silt.	
				UD5												
16.00				SPT10		6	8	11	19							
17.00				K							90				ML - Koyu Gri Renkli, Yumuşak Kıvamlı Silt.	
				SPT11		5	7	9	16							
18.00				K							100				MH - Açık Gri Renkli, Elastik, İnorganik Silt.	
19.00				UD6												
				SPT12		8	11	15	26							
				K							33				SC - Gri Renkli, İri Daneli, İnce Çakıllı, Killi Kum.	
20.00				SPT13		7	13	16	29							

(EK-5 Devam)



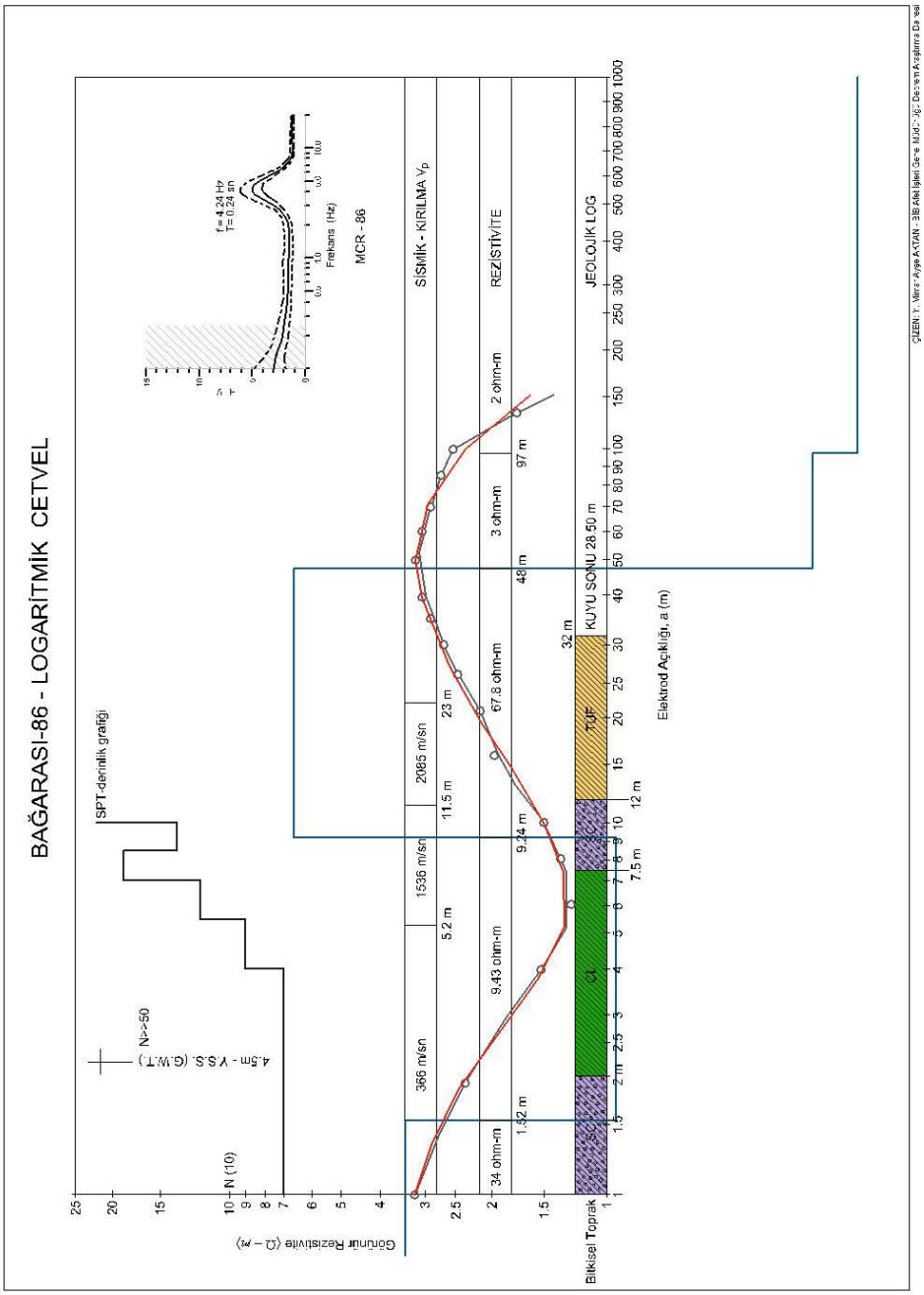
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI	
İnce taneli (Kohezyonlu)		İri taneli (Kohezyonsuz)							
N : 0-2	Çok Yumuşak	N : 0-4	Çok Gevşek	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	< 1	Masif
N : 3-4	Yumuşak	N : 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-Kırıklı
N : 5-8	Orta Katı	N : 11-30	Orta	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayr.	3-10	Kırıklı
N : 9-13	Katı	N : 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4	Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-Kırıklı
N :14-30	Çok Katı	N : >50	Çok Sıkı	90-100	Ç.İyi	W5	Tamamen Ayr.	> 50	Parçalanmış
N : 30	Sert								

EK-6



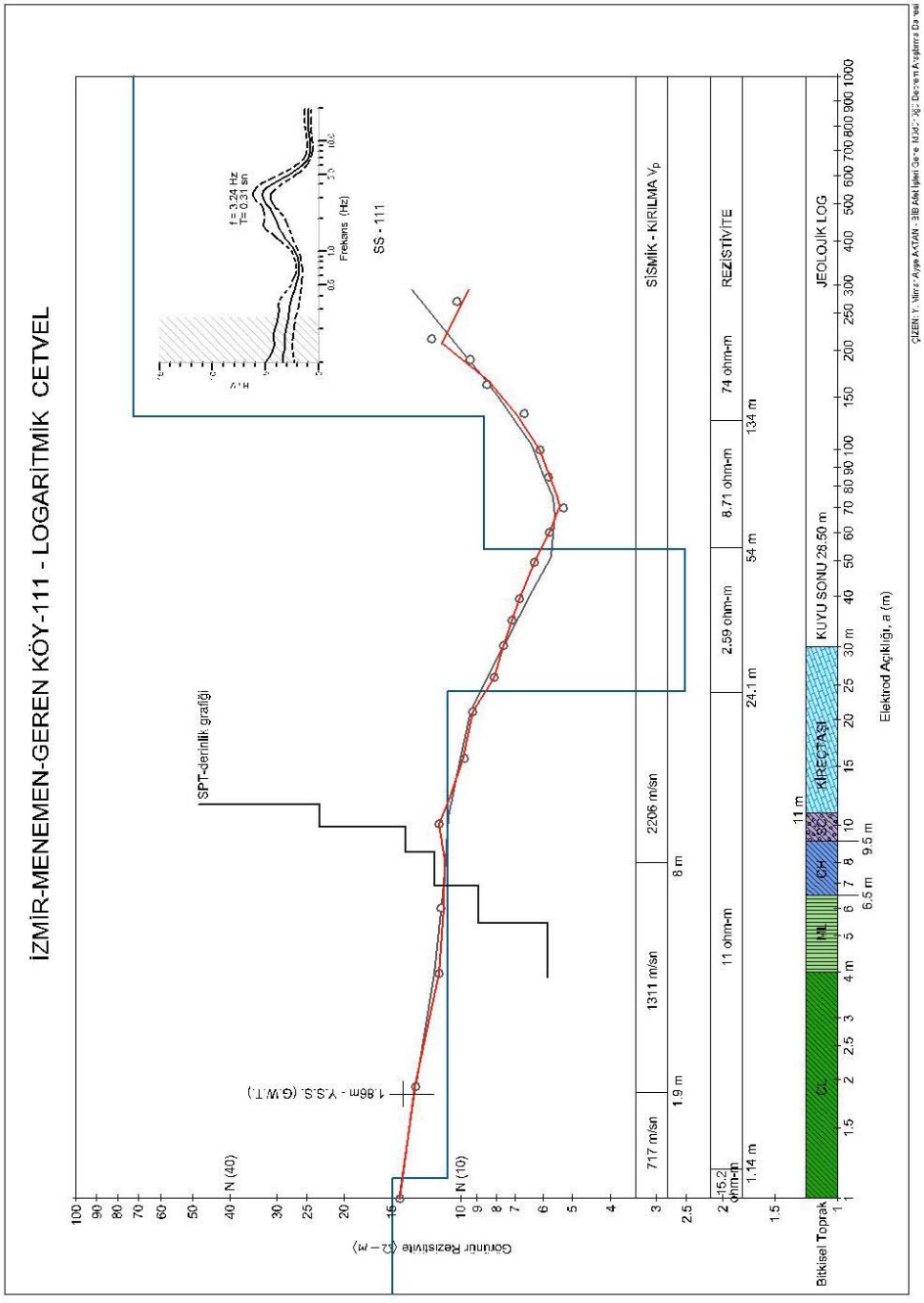
Şekil 25 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT ve zemin hakim frekansı değerleri

(EK-6 Devam)



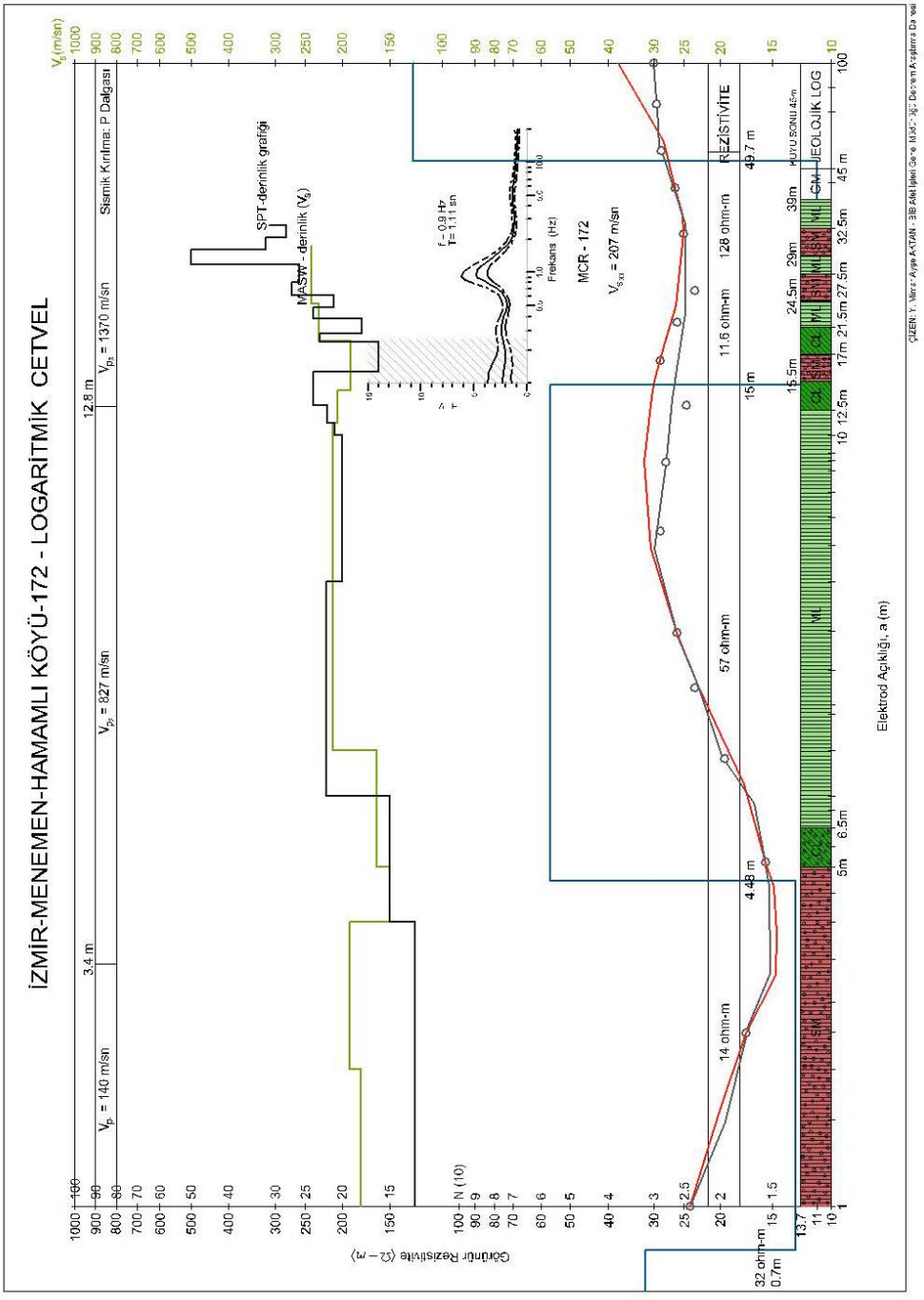
Şekil 86 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT ve zemin hakim frekansı değerleri

(EK-6 Devam)



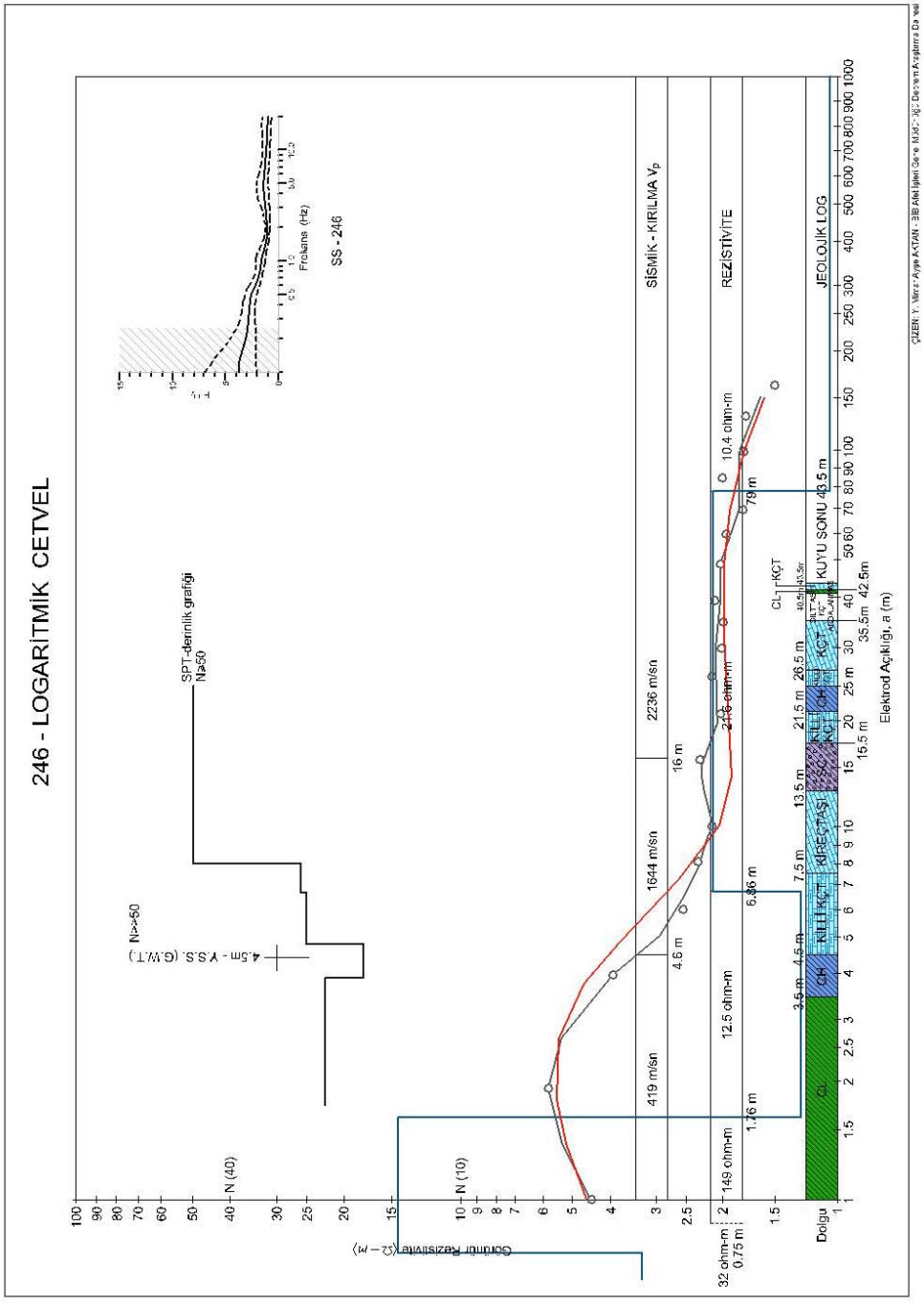
Şekil 111 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT, Vp, Vs, zemin hakim frekansı değerleri

(EK-6 Devam)



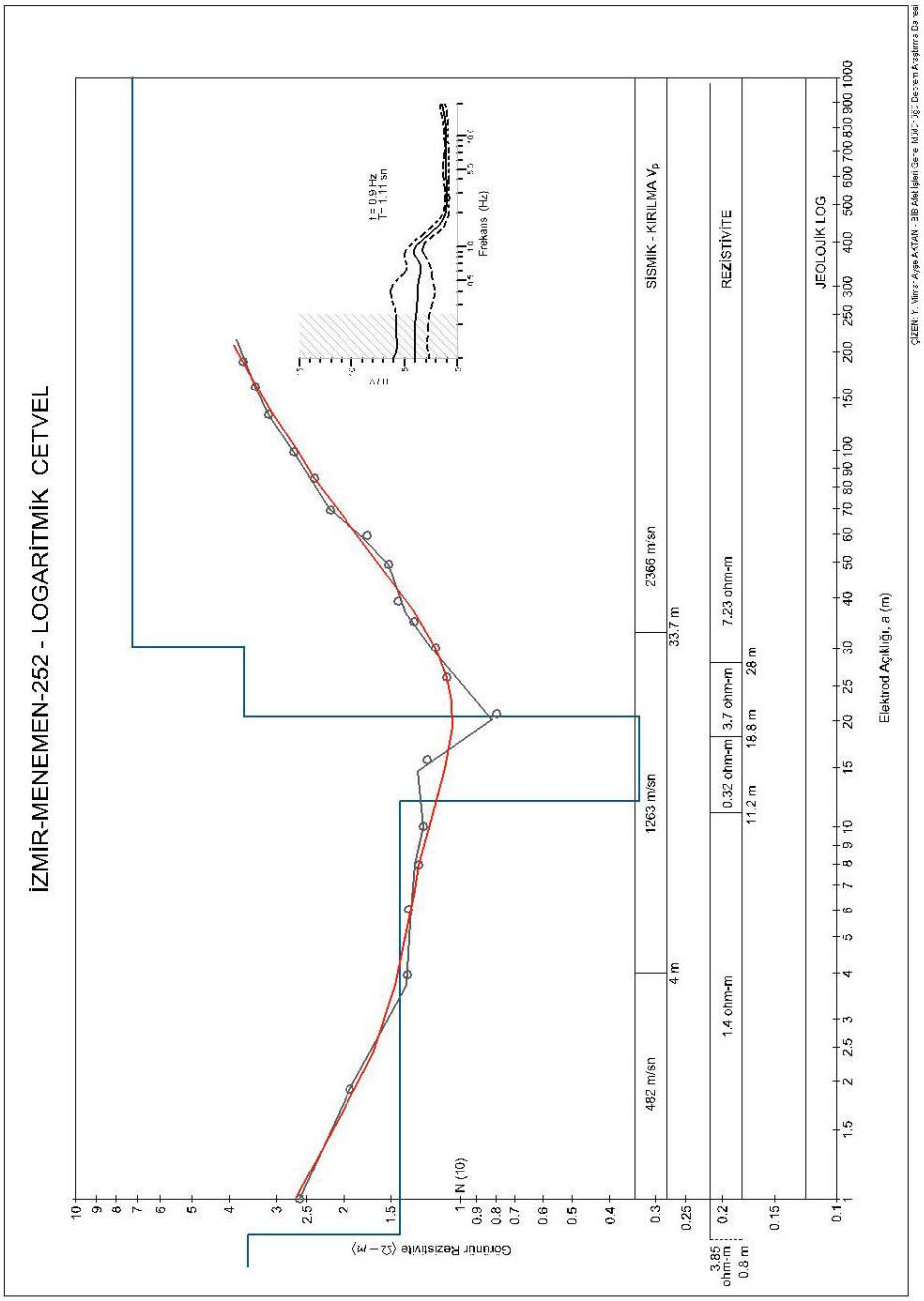
Şekil 172 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT ve zemin hakim frekansı değerleri

(EK-6 Devam)



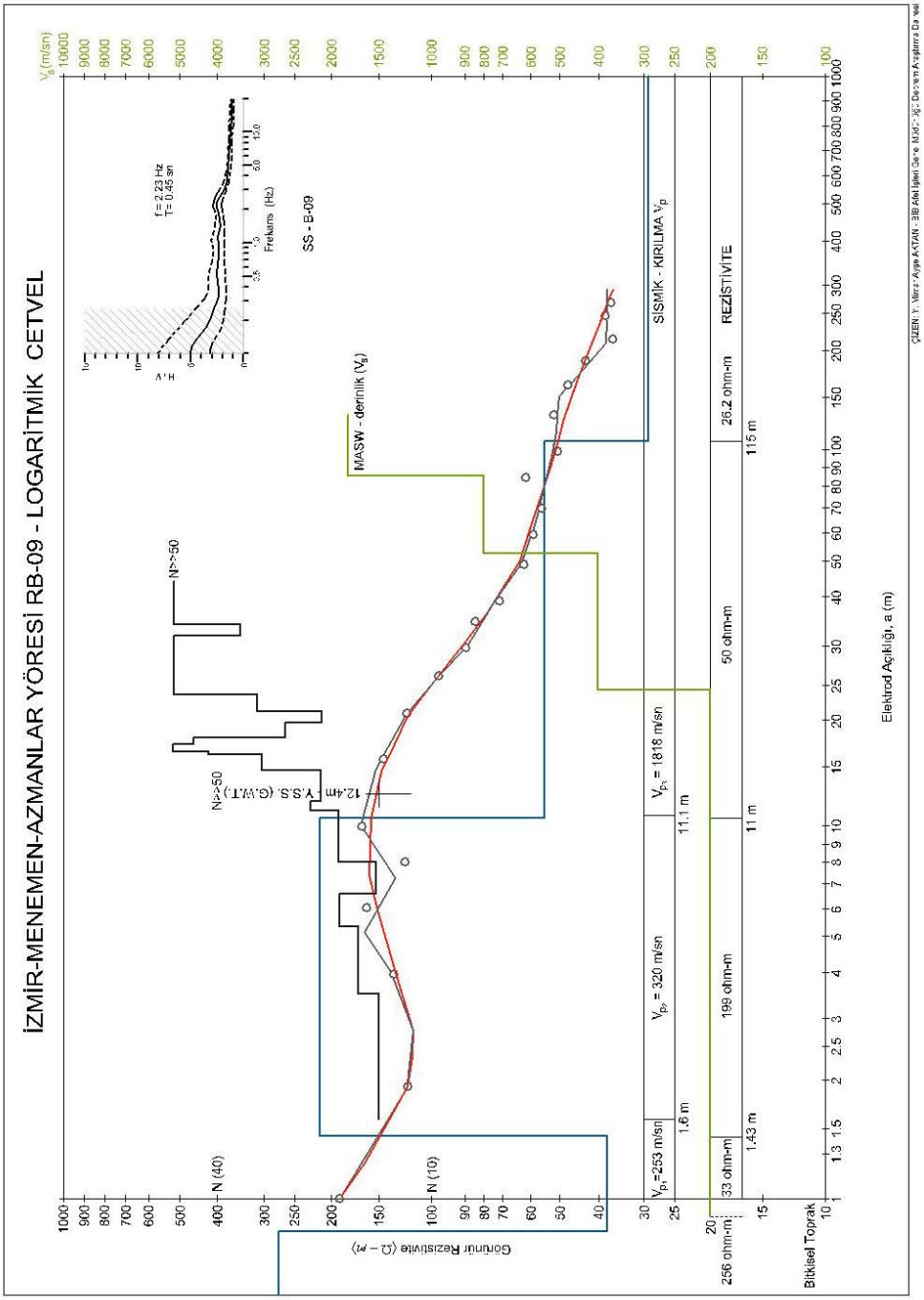
Şekil 246 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT ve zemin hakim frekansı değerleri

(EK-6 Devam)



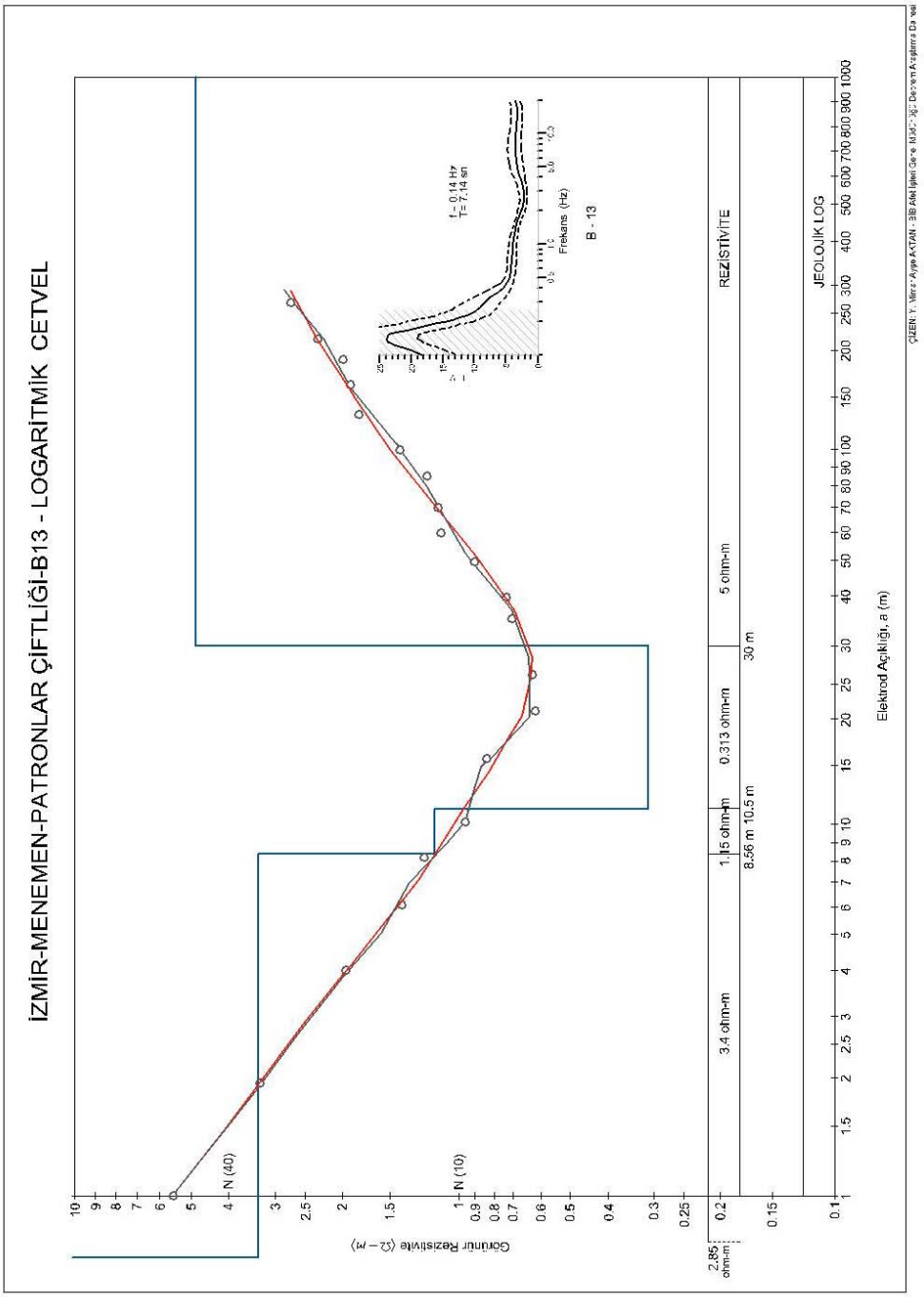
Şekil 252 nolu noktadaki rezistivite ve zemin hakim frekansı değerleri

(EK-6 Devam)



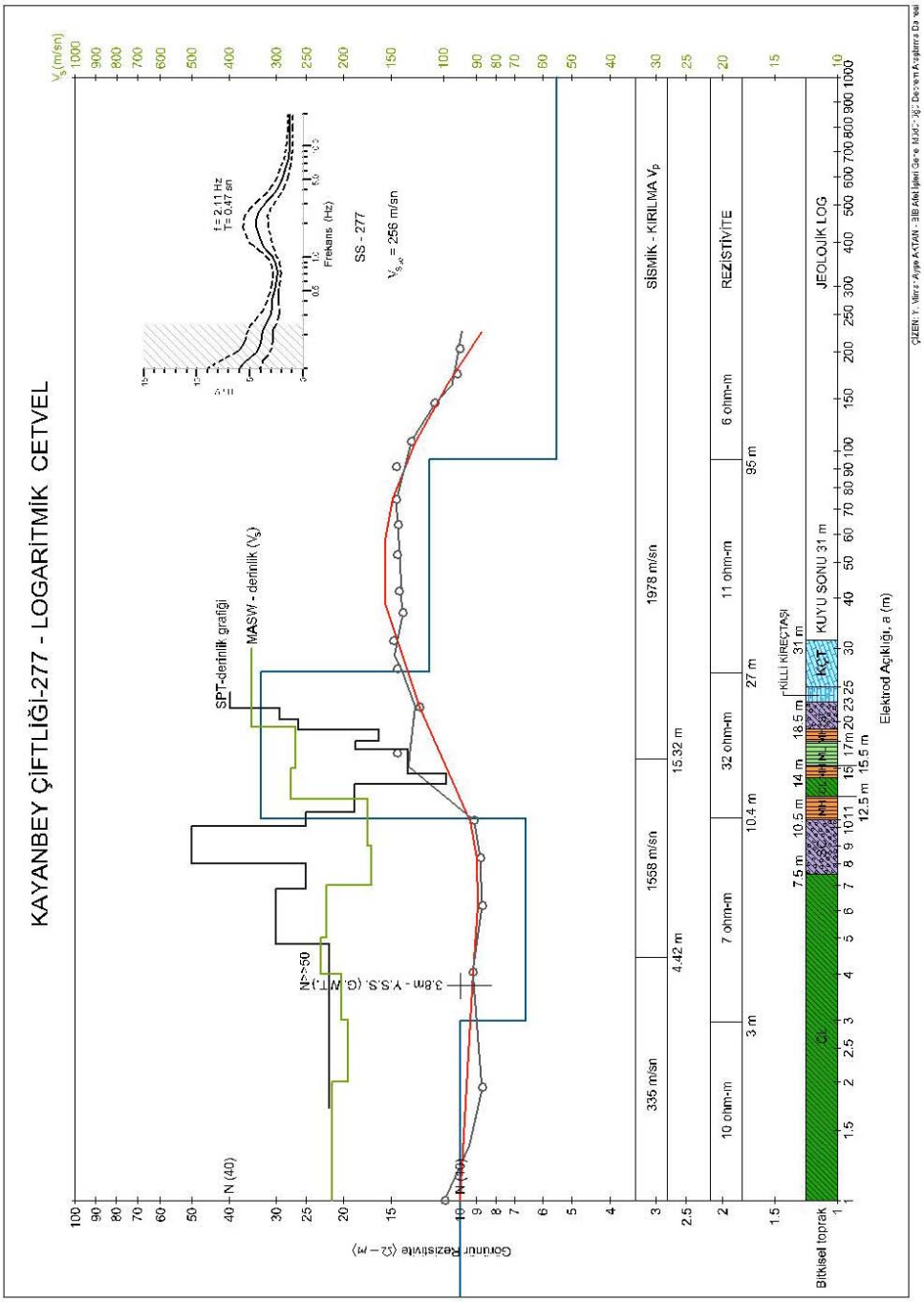
Şekil RB09 nolu noktadaki rezistivite, SPT ve zemin hakim frekansı değerleri

(EK-6 Devam)



Şekil B13 nolu noktasındaki rezistivite ve zemin hakim frekansı değerleri

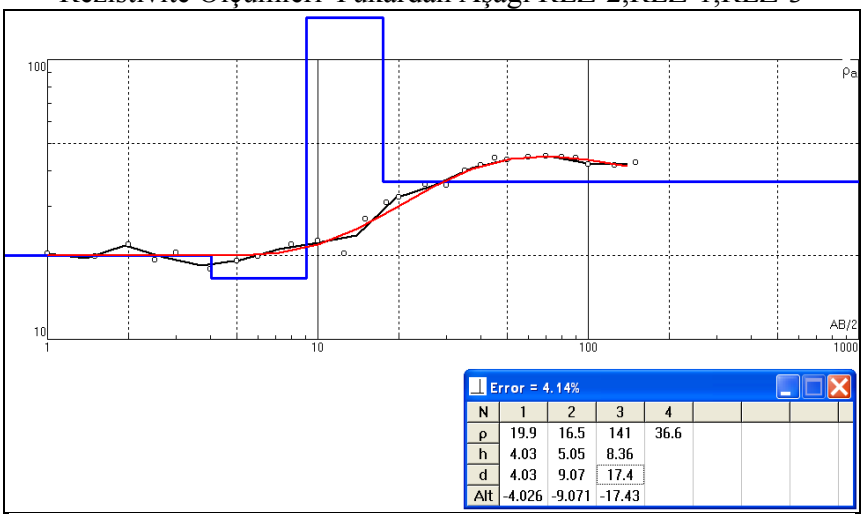
(EK- 6 Devam)



Şekil 277 nolu sondaj noktasındaki rezistivite, SPT,Vs,Vp ve zemin hakim frekansı değerleri

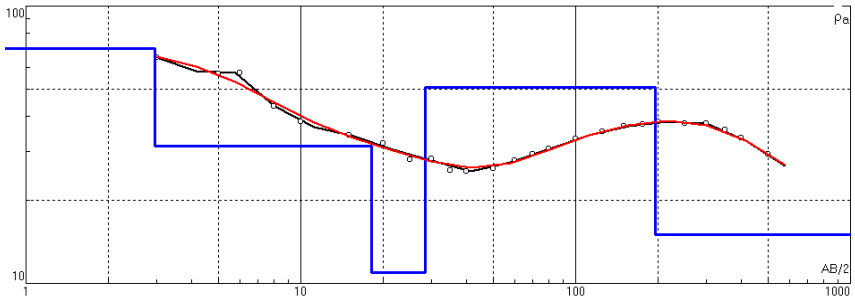
EK-7

Rezistivite Ölçümleri Yukardan Aşağı REZ-2,REZ-1,REZ-3



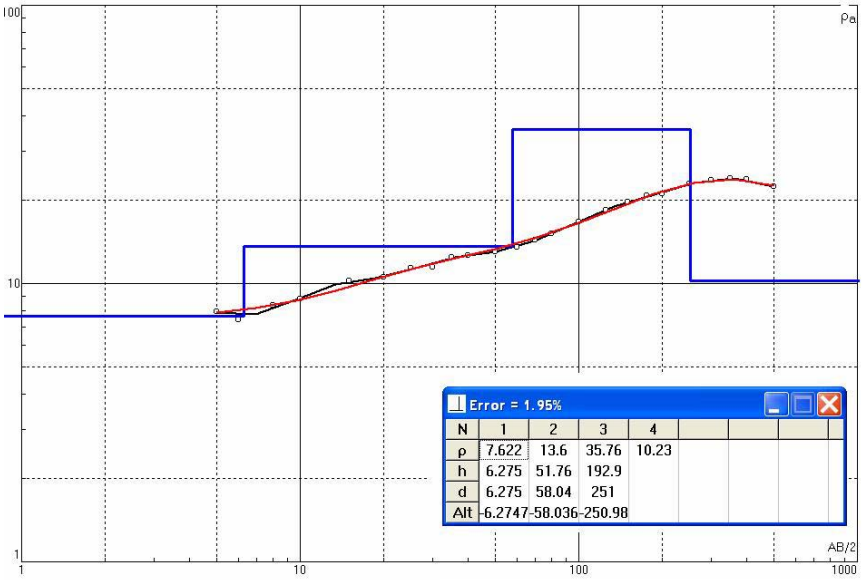
Error = 4.14%

N	1	2	3	4
ρ	19.9	16.5	141	36.6
h	4.03	5.05	8.36	
d	4.03	9.07	17.4	
Alt	-4.026	-9.071	-17.43	



Error = 2.59%

N	1	2	3	4	5
ρ	70.3	31.3	11	50.9	15
h	2.94	15.1	10.2	166	
d	2.94	18.1	28.3	194	
Alt	-2.941	-18.08	-28.26	-194.3	



Error = 1.95%

N	1	2	3	4
ρ	7.622	13.6	35.76	10.23
h	6.275	51.76	192.9	
d	6.275	58.04	251	
Alt	-6.2747	-58.036	-250.98	

(EK-7 Devam)

(REZ-1)			(REZ-2)			(REZ-3)		
AB/2	MN	Ro (ohm.m)	AB/2	MN	Ro (ohm.m)	AB/2	MN	Ro (Ohm.m)
3	1	65.37	1.0	0.5	25.95	5	2	7.9
5	2	57	1.5	0.5	19.77	6	2	7.4
6	2	57.2	2.0	0.5	21.75	8	2	8.37
8	2	43.62	2.5	0.5	21.59	10	2	8.8
10	2	38.23	3.0	0.5	22.5	15	2	10.25
15	2	34.22	2.5	1.0	17.12	20	2	10.56
20	2	31.88	3.0	1.0	18.47	25	2	10.71
25	2	30.4	4.0	1.0	17.76	30	2	10.81
30	2	30.72	5.0	1.0	19.25	25	10	12.13
25	10	25.87	6.0	1.0	19.63	30	10	12.19
30	10	25.81	5.0	2.0	18.97	35	10	12.41
35	10	25.56	6.0	2.0	20.05	40	10	12.58
40	10	25.44	8.0	2.0	21.82	50	10	12.98
50	10	25.98	10.0	2.0	23.7	60	10	13.5
60	10	27.7	12.5	2.0	16.89	70	10	14.3
70	10	29.27	10.0	4.0	21.3	80	10	15.12
80	10	30.55	12.5	4.0	24.19	100	10	17
100	10	32.39	15.0	4.0	26.82	125	10	18.6
125	10	34.76	18.0	4.0	30.72	100	40	16.3
100	40	33.92	20.0	4.0	32.3	125	40	18.19
125	40	35.88	25.0	4.0	35.83	150	40	19.57
150	40	36.86	30.0	4.0	38.61	175	40	20.7
175	40	37.44	25.0	10.0	35.5	200	40	21.02
200	40	38.32	30.0	10.0	32.45	250	40	22.8
250	40	38.15	35.0	10.0	39.99	300	40	23.44
300	40	37.92	40.0	10.0	42.04	250	100	22.93
250	100	37.47	45.0	10.0	44.48	300	100	23.61
300	100	37.47	50.0	10.0	44.91	350	100	23.8
350	100	35.72	60.0	10.0	45.71	400	100	23.7
400	100	33.54	50.0	20.0	42.78	500	100	22.36
500	100	29.19	60.0	20.0	43.8			
			70.0	20.0	45.28			
			80.0	20.0	44.79			
			90.0	20.0	44.3			
			100.0	20.0	43.0			
			125.0	20.0	41.82			
			150.0	20.0	42.8			

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Bekir TÜZEL
Doğum Yeri ve Yılı : Edremit-1969
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu :

Lise : Yeni Levent Lisesi / İstanbul 1983-1986
Lisans : İTÜ Jeofizik Mühendisliği 1986-1990
Yüksek Lisans : SDÜ. Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı 2004-2006

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

Bayındırlık ve İskan İl Müdürlüğü, Artvin 1990-1992
BİB Afet İşleri Gen. Müd. Depr. Arş. Dai. 1993-2003
BİB Afet İşleri Gen. Müd. Depr. Arş. Dai. 2003-

Yayınlanları:

1. Tüzel, B., Sömer, A., 1995. Sismik İstasyon Yerlerinin Tesbiti İçin Sinyal-Gürültü Oranları Araştırması, Türk Haritacılığının 100. yılı Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği ve Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Kongresi Bildiri Kitabı, 942 S.

2. Nurlu, M., Özmen, B., Temiz, A., Kuterdem, K., Erenbilge, Tüzel, B., T., Gürbüz, M., Sipahi, Ö., 2002. GIS Teknikleri Kullanılarak Kastamonu İli (Türkiyenin Kuzeyi) Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Oluşturulması, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 187-189 S.

3. Nurlu M., Özmen B., Güler H.,Öztürk F., Çoruh E., Somer A., Tüzel B. ve Karakaya S., 1998. Deprem zararlarının azaltılması araştırma merkezi, 51. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özleri kitapçığı, 24.

4. Tüzel, B., Çoruh, E., Beyhan, M., 2002. Çay (Afyon) Depremi Moment Magnitüd Hesabı ve Tahmini İvme Dağılımı ,3 ŞUBAT 2002 Çay(Afyon) Depremi Raporu, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, Rapor No:4083.1, 45-57 S.

5. Tüzel, B., 2002. İzmir Tahtalı Barajının Titreşim Periyodunun Belirlenmesi ve Büyütmesinin İncelenmesi Raporu, KASIM 2002, Afet İşleri Genel Müdürlüğü,Deprem Arş Dai.

6. Tüzel, B., Kara V., 2004. Isparta İlinin Deprem Tehlikesi ve Kent Merkezinin Zemin Büyütmeleri, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası,Türkiye 16. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Bildiri Özetleri Kitabı,259,264 s.

7. Beyhan M., Tüzel, B., Yokoi T., 2004. EDCVEC Ağı Mw Hesabı İçin Yer Etkisi Çalışması, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası,Türkiye 16. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Bildiri Özetleri Kitabı,259,264 s.

8. Beyhan M., Çoruh E., Tüzel B., 2005. Edcve Ağı Deprem Kayıtlarının Kaynak Parametrelerinin İncelenmesi, Kocaeli 2005 Deprem Sempozyumu 23-25 Mart 2005, Bildiri Kitapçığı

9. Çeken, U., Beyhan, G., Tüzel, B., 2007. "Strong Ground Motion Attenuation Relationship Model For Marmara Region", International Earthquake Symposium-Kocaeli 2007, Abstracts, p. 16, 22-24 October, 2007, Kocaeli.

10. Denizlioğlu Z. A., Tüzel B., İravul Y., Alkan M. A., 2007. National Strong Ground Motion Network, International Earthquake Symposium Kocaeli 2007, Turkey.

11. Tüzel B., İravul Y., Kılıç T., Öztürk Akca C., Kartal R. F., Eravcı B., Zünbül S., 2007, National Seismic Network System of Turkey (USAG), International Earthquake Symposium Kocaeli 2007, Turkey.

12. İnan, S., Ergintav, S., Saatçılar, R., Tüzel, B., İravul, Y., TURDEP Türkiye'nin Deprem Riski Yüksek - ancak tektonik rejimleri farklı - Bölgelerinde Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yaklaşımlarla Araştırılması Projesi, ATAG 11. Çalıştayı, Kasım 2007, Gebze-Kocaeli.

13. Denizlioğlu Z. A., Tüzel B., İravul Y., Akkar S., 2007. Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesi Veri Tabanının Uluslararası Ölçütlere Göre Derlenmesi Projesi, ATAG 11. Çalıştayı, Kasım 2007, Gebze-Kocaeli.

14. İnan, S., Ergintav, S., Saatçılar, R., Tüzel, B., İravul, Y., 2007, Turkey Makes Major Investment in Earthquake Research, EOS Vol.88, Num.34.

15. Tapirdamaz, M. C., Karakisa, S., Tan, O., Kartal, R.F., Tarancioğlu, A., Zünbül S., Yanik, K., Kaplan, M.,Iravul, Y., Ergintav, S., Şaroğlu, F., Koçyiğit, A., Altunel, E., Saatçilar, R., Tüzel, B., Inan, S., 2008. 30 Temmuz 2005 ve 20 Aralık 2007 Bala(Ankara) Depremleri ve Bölge Tektoniği ile İlişkisi, Türkiye 18. Uluslararası Jeofizik Kongresi, Ekim 2008, Ankara

16. İnan, S., Ergintav, S., Saatçilar, R., Tüzel, B., İravul, Y., Çakmak, R., Özel, N., Tatar, O., 2008. Türkiye'nin Deprem Riski Yüksek - Ancak Tektonik Rejimleri Farklı –Bölgelerinde Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yöntemlerle Araştırılması Projesi – TÜRDEP, Türkiye 18. Uluslararası Jeofizik Kongresi, Ekim 2008, Ankara

17. Alkan M.A., Özmen Ö., Kuru T., Apak, A,.,Kökbudak D., İravul, Y., Tüzel, B.,2008. Türkiye Ulusal İvme Ölçer Ağı,Türkiye 18. Uluslararası Jeofizik Kongresi, Ekim 2008, Ankara

18. Zünbül, S., Kadirioğlu, F.T., Kartal, R.F., Türkoğlu, M., İravul, Y., Tüzel, B.,2008. ATAG 12. 3 ve 4 Eylül 2008 Bozova-Şanlıurfa Depremleri,Çalıştayı, Kasım 2008, Akçakoca-Düzce.

19. Yulmetyev, R., Khusnutdinoff, R., Tezel, T., Iravul, Y., Tüzel, B., 2009. The study of dynamic singularities of seismic signals by the generalized Langevin equation. Journal of Physica A, 388, 17, 3629–3635.