



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BATI ANTAKYA'NIN ZEMİN DURUMUNUN
İNCELENMESİ**

**Jeof. Müh. F. Selçuk Kızılkaya
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Hüseyin TUR**

Şubat, 2010

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BATI ANTAKYA'NIN ZEMİN DURUMUNUN
İNCELENMESİ**

**Jeof.Müh. F. Selçuk KIZILKAYA
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Hüseyin TUR**

Şubat, 2010

İSTANBUL

Bu çalışma/..../ 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışman Adı (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Yrd.Doç.Dr.Hüseyin TUR'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve çalışmamın uygulama kısmını destekleyen Hendese jeoteknik sahibi Jeofizik Mühendisi Fatih ADİL ve Antakya Belediyesi Çalışanı Yüksek Jeofizik Mühendisi İsamettin Çeker'e teşekkürü borç bilirim.

Şubat, 2010

Faik Selçuk KIZILKAYA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1.İNCELEME ALANININ TANITILMASI VE METOTLAR	3
2.2.COĞRAFİ KONUM VE MORFOLOJİ	5
2.3.JEOLOJİK DURUM.....	7
2.3.1.Genel Jeoloji.....	7
2.3.2.İnceleme Alanının Jeolojisi	11
2.4.TEKTONİK DURUM.....	12
2.4.1.Genç Tektonik Hareketler.....	13
2.4.2.Doğu Anadolu Fay Zonu.....	14
2.4.3.Ölü Deniz Fay Zonu.....	17
2.4.4. Hatay Amik Gölü Graben Morfolojisi.....	20
2.5. DEPREM DURUMU.....	20
2.6. AFET DURUMU.....	27

2.7. SU DURUMU.....	28
2.7.1. Yeraltı ve Yerüstü Suları.....	28
2.7.2. İçme ve Kullanma Suyu.....	29
3.MALZEME VE YÖNTEM.....	29
3.1. JEOFİZİK ETÜT ÇALIŞMALARI	29
3.1.1. Sismik Kırılma Yöntemi	29
3.1.1.1. Kırılma Dalgaları İletim Mekanizması	30
3.1.1.2. İki Tabakalı Hal	31
3.1.1.3. Üç Tabakalı Hal	34
3.1.1.4. Çok Tabakalı Hal	36
3.1.1.5. Eğimli Tabakalar	37
3.1.2. Yöntemin Çalışma Alanına Uygulanması	39
3.1.3. Elektrik Özdirenç Yöntemi	43
3.1.3.1. Özdirenç kavramı	44
3.1.3.2. Elektrod Dizilimleri ve Düşey Elektrik Sondajı.....	45
3.1.3.3. Eşdeğer Özdirenç ve İletkenlik	48
3.1.3.4. İki Katman Görünür Özdirenç Verilerinin Değerlendirilmesi.....	49
3.1.3.5.Yardımcı Nokta Kartlarıyla Değerlendirme	50
3.1.3.6. Bilgisayarla Nitel Değerlendirme Eğri Çakıştırma (Düz Çözüm).....	53
3.1.3.7. Bilgisayarla Nitel Değerlendirme Eğri Çakıştırma (Ters Çözüm(Ardışık Yaklaşma)).....	54
3.2. SONDAJ ÇALIŞMALARI VE ARAZİ DENEYLERİ	56

4.BULGULAR.....	58
4.1. DİNAMİK ELASTİK PARAMETRELER	58
4.1.1. Yoğunluk.....	58
4.1.2. Dinamik Elastisite Modülü	58
4.1.3. Poisson Oranı.....	59
4.1.4. Dinamik Bulk Modülü	59
4.1.5. Zemin Hakim Titreşim Periyodu	60
4.2. LABORATUAR DENEYLERİ	63
4.2.1 Dane Boyu Dağılım Analizleri	64
4.2.2 Atterberg Limitleri	65
4.2.3 Doğal Hacim Birim Ağırlık Deneyleri	65
4.2.4 Doğal Su Muhtevası	65
4.2.5 Tek Eksenli Basınç Deneyi	65
4.2.6 Nokta Yükleme Deneyi	65
4.3. ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN ÖZELLİKLERİ	66
4.3.1 Rezidüel Zemin Seviyelerinin Jeoteknik Özellikleri	68
4.3.1.1 Rezidüel Zemin Seviyelerinin Taşıma Gücü	69
4.3.1.2 Şişme Potansiyeli	71
4.3.1.3 Sıvılaşma Potansiyeli	72
4.3.1.4 Yamaç Duraylılığı	72
4.3.2 Kaya Kütlelerinin Jeoteknik Özellikleri	73
4.3.2.1 Taşıma Gücü	76
4.4. İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN	
DEĞERLENDİRMESİ	77

4.5. İNCELEME ALANININ ZEMİN BÜYÜTMESİ VE HAKİM TİTREŞİM PERİYODU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	79
4.5.1. Zemin Büyütmesinin Belirlenmesi	79
4.5.2. Zemin Hakim Titreşim Periyodunun Belirlenmesi.....	86
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	96
KAYNAKLAR	100
EKLER	104
ÖZGEÇMİŞ	105

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: İnceleme alanı yer bulduru haritası	3
Şekil 2.2	: İnceleme alanı uydu görüntüsü ve sınırlar	4
Şekil 2.3	: Hatay ili yıllık yağış sıcaklık ilişkisi.....	6
Şekil 2.4	: İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası	9
Şekil 2.5	: İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası	10
Şekil 2.6	: Ölü deniz fay zonu haritası	13
Şekil 2.7	: DAF arazi verisi dalgacık H1 çıktısı.....	16
Şekil 2.8	: Kilikya verisi dalgacık V2 çıktısı.....	19
Şekil 2.9	: Hatay ili deprem bölgesi haritası.....	22
Şekil 2.10	: İnceleme alanında görülen yamaç düzensizliklerinden görünüm.....	28
Şekil 3.1	: Kırılma dalgalarının iki tabakalı ortamda iletim mekanizması.....	30
Şekil 3.2	: İki tabakalı hal için en küçük zamanlı ışın yolları ve zaman-uzaklık eğrisi	31
Şekil 3.3	: Üç tabaka için en küçük zamanlı ışın yolları	34
Şekil 3.4	: Çok tabakalı durum için zaman-uzaklık eğrisi.....	36
Şekil 3.5	: α açısıyla dalan aşağı eğimli tabaka	37
Şekil 3.6	: Wenner elektrot dizilimi.....	46
Şekil 3.7	: Schlumberger elektrot dizilimi.....	46
Şekil 3.8	: Dipole-dipol elektrot dizilimi.....	47
Şekil 3.9	: Kare elektrot dizilimi	47
Şekil 3.10	: İki nokta elektrot dizilimi.....	48
Şekil 4.1	: Bozunma profili	66
Şekil 4.2	: İnceleme alanındaki kaya kütlelerinde belirlenen bozunma profili .	67
Şekil 4.3	: Rezidüel zeminler ile SPT sonuçlarının frekans dağılımı.....	68
Şekil 4.4	: Jeoteknik sondajlar ile rezidüel zemin kalınlığının frekans dağılımı	69
Şekil 4.5	: SPT taşıma gücü abağı	70
Şekil 4.6	: RQD değerlerinin frekans dağılımı.....	74
Şekil 4.7	: Sönmez ve Ulusoy tarafından modifiye edilen GSİ abağı.....	75
Şekil 4.8	: Batı Antakya'nın zemin büyütme haritası.....	84
Şekil 4.9	: Zemin büyütme haritasının imar planı ile çakışmış hali	85
Şekil 4.10	: Binanın salınımlar karşısında sismik rezonansı	87
Şekil 4.11	: Sismik izalatörlerin yerleştirilmesi	88
Şekil 4.12	: Hakim titreşim periyodunun magnitüt ve uzaklık değişimi.....	91
Şekil 4.13	: Değişik zeminlerin yer hareketi genliği üzerinde etkileri	92
Şekil 4.14	: Batı Antakya'nın zemin hakim titreşim periyodu haritası	94
Şekil 4.17	: Zemin hakim titreşim periyodu haritasının planla çakışmış hali	95
.....		

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: İnceleme alanı ve civarının deprem kayıtları	23
Tablo 3.1	: Sismik ölçüm hatlarının koordinatları.....	41
Tablo 3.2	: V_p ve V_s hızları	42
Tablo 3.3	: Düşey elektrik sondajı ölçüm hatlarının koordinatları.....	55
Tablo 3.4	: Sondaj kuyularına ait koordinatlar, kotlar ve derinlikler	57
Tablo 4.1	: Dinamik elastik parametreler	61
Tablo 4.2	: Kuyularda yapılan SPT ölçümleri ve laboratuvar sonuçları	63
Tablo 4.3	: SPT sonuçlarına göre taşıma gücü değerleri.....	71
Tablo 4.4	: Zemin büyütme parametreleri	80
Tablo 4.5	: Zemin hakim titreşim periyodu ve büyütme değerleri.....	81
Tablo 4.6	: Zemin yapı etkileşiminde risk seviyeleri	93
Tablo 4.7	: Kanai ve Tanaka'nın önerdiği sınıflama	95
.....		

SEMBOL LİSTESİ

d	: Yoğunluk (g/cm^3)
vp	: P dalga hızı (m/s)
Vs	: S dalga hızı (m/s)
v₀	: 1. Tabaka hızı (m/s)
v₁	: 2. Tabaka hızı (m/s)
i_c	: Kritik kırılma açısı
T₀	: Kesme zamanı (s)
T_n	: Toplam seyahat süresi (s)
i	: Katman numarası
α	: Tabaka eğimi
X_c	: Kesişme uzaklığı (m)
H	: Tabaka derinliği (m)
h_e	: Eşdeğer kalınlık (m)
t_i	: i'ninci katman kalınlığı (m)
k	: Yansıma katsayısı
R	: Direnç (Ω)
K	: Geometrik faktör
I	: Akım (Amper)
V	: Potansiyel (volt)
ρ	: Özdirenç (Ωm)
ρ_a	: Görünür özdirenç (Ωm)
ρ_i	: i'ninci katman özdirenci (Ωm)
ρ_e	: Eşdeğer özdirenç (Ωm)
ρ_L	: Boyuna özdirenç (Ωm)
ρ_T	: Enine özdirenç (Ωm)
T	: Enine direnç (Ωm^2)
SL	: Boyuna iletim

Ed	: Dinamik elastisite modülü (kg/cm^2)
Gd	: Dinamik kayma modülü (kg/cm^2)
g	: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
μ	: Poission oranı (boyutsuz)
K	: Dinamik bulk modülü (kg/cm^2)
Tpp	: Zemin hakim titreşim periyodu (s)
RQD	: Karot Yüzdesi (%)
J_v	: Hacimsel eklem katsayısı (eklem/m^3)
SR	: Yapısal özellik puanı
A	: Bağıl büyüme (boyutsuz)
AHSA	: Ortalama yatay spektral büyüme
M	: Kütle (kg)
K	: Rijitlik
LL	: Likit limit
PL	: Plastik limit
PI	: Plastik indeks
CH	:Yüksek plastisiteli inorganik killler,yağlı killler
SM	:Siltli kumlar,kötü derecelenmiş silt-kum karışımları
CL	:İnorganik killler,düşük-orta plastisiteli çakıllı killler,kumlu killler,siltli killler,yağsız killler

ÖZET

BATI ANTAKYA'NIN ZEMİN DURUMUNUN İNCELENMESİ

Deprem yer hareketi ve neden olduğu hasarın, zemin koşullarından önemli ölçüde etkilendiği çokça belgelenmiştir. Bu yüzden zemin koşullarının belirlenmesi ve deprem yer hareketini nasıl değiştirdiği Uygulamalı Jeofizik ve Mühendislik Sismolojisi'nde önemli bir araştırma alanıdır.

Bu çalışmada Batı Antakya'daki zemin koşulları ve değişkenliği incelenmiştir. Bu amaçla 33 jeoteknik araştırma sondajından, arazide toplanan örneklerin laboratuarda jeoteknik analizlerinden ve 33 sismik kırılma ve 31 Düşey Elektrik Sondaj profilinden elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Çalışma alanındaki zemin durumu, zemin hakim periyodu ve zemin büyütmesinin uzaysal dağılımlarının haritalanması yapılmıştır.

Yeni yerleşim alanının, yerleşime uygunluk haritasını tanımlamak için oluşturulan haritalar, çalışma alanının hazırlanan imar planı ile korole edilmiştir. Yerleşime uygunluk haritası korelasyon sonucunda çalışma alanında yerleşime “uygun”, “önemli uygun” ve “uygun olmayan” alt alanların belirlenmesiyle oluşturulmuştur.

SUMMARY

INVESTIGATION OF GROUND SITUATION OF WESTERN ANTAKYA

It has been extensively documented that the earthquake ground motion and the damage it causes is greatly affected by the site condition. Therefore determination of the site condition and how it changes the earthquake ground motion is an important research area in Applied Geophysics and Engineering Seismology.

In this study the site condition and its variability in the western Antakya are investigated. For this purpose the data coming from the 33 geotechnical investigation wells, the geotechnical analysis of the field collected samples in laboratory, and 33 seismic refraction and 31 Vertical Electrical sounding profiles are exploited. The soil condition in the study area is mapped by means of spatial distribution of dominant soil vibration period and ground amplification maps.

The generated maps are then correlated with the new settlement plan of the study area for defining the site suitability map of the new settlement area. The site suitability map of the study area is generated by defining the sub areas that are “suitable”, “precautionary suitable” and “not suitable” for the settlements from the correlation.

1. GİRİŞ

Antakya Belediyesi sınırları içerisinde bulunan ve Batı Antakya olarak tanımlanan 791 Ha'lık bölgeyi kapsayan çalışma alanında zemin durumu; sondajlar, sismik çalışmalar ve özdirenç elektrosu ile tanımlanmıştır.

Henüz yerleşime açılmamış inceleme alanında; Konut Yerleşme Alanları, Kentsel Çalışma Alanları, Yeşil Alanlar, Kentsel Sosyal Altyapı Alanları ve Kentsel Teknik Altyapı Alanlarının yapılması planlanmaktadır.

Belediye sınırları içerisine dahil edilen mücavir alanlarda imar planlarının yapılması için Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 10 nolu genelgesine göre İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporunun hazırlanması şart koşulmuştur. Bu noktadan hareketle Antakya Belediyesi tarafından İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu çalışmasının, 2005 yılında ihalesi yapılmış 2006 yılında da Bakanlık tarafından onayı alınarak uygulamaya koyulmuştur (Antakya Belediyesi, 2006).

Bu raporlar içerik ve kapsam olarak her ne kadar jeoteknik açıdan bir çok analiz ve çalışmayı öngörse de, jeofizik ve deprensellik açısından uygulamada bazı önemli konular kapalı kalmıştır. Özellikle zemin hakim titreşim periyodu ve zemin büyütmesi gibi jeofizik bilimi açısından iki önemli konunun planlama aşamasında dikkate alınması ve planların, bu etkileri de göz önüne alarak yapılması gereği bu tez çalışmasına ilham kaynağı olmuştur.

Hatay tektoniği, jeolojisi ve Meskun (Doğu) Antakya üzerine bir çok araştırmacı tarafından çeşitli makaleler yayınlanmış ve tez çalışmaları yapılmış ise de Batı Antakya için özel olarak Antakya Belediyesi tarafından yaptırılan 1. Etap İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu dışında bir çalışma bulunmamaktadır. Bölge üzerine yapılan güncel çalışmalardan bazılarını dile getirmek gerekirse; Hatay ve Doğu Akdeniz Bölgesi Tektoniği üzerine son yayınlanan çalışma, doktora tezi olarak Hakan Alp (2009) tarafından kaleme alınmıştır. Yine güncel doktora tez çalışmalarından Volkan Karabacak (2007) tarafından "Ölü Deniz fay zonunun Kuzey Kesiminin Kuvarterner Aktivitesi", Mustafa Kavuzlu (2006) "Altınözü (Antakya) ve Yakın Civarının Tektono-

Stratigrafisi” (Y. Lisans Tezi) yapılan çalışmalar içerisinde gösterilebilir. Diğer taraftan Hatay bölgesini ilgilendiren; “Misis Takımı Olarak Adlandırılan Arabistan, Afrika, Anadoludaki Kesişme Bölgelerinde Son Senozoik Gerilme yayılımı” (Över v.d., 2004), “Amik Havzası Üç Birleşim Alanı mı? (Arap, Afrika ve Anadolu levhası) (Över v.d., 2004), “Hatay Bölgesinde Kuvarterner Gerilme Rejimi Değişimi” (Över v.d., 2002), “Hatay Bölgesinde Etkin Gerilme Durumları” (Över v.d., 2001) yayınlanmış son makalelerdendir.

Bu tez çalışmasında mücavir alanlar içerisinde, sahibi olduğumuz Jeo-Ar Ltd. firması tarafından yapılan jeoteknik ve jeofizik saha etüt ve verileri, İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu, bölge içerisinde bulunan Jeoteknik ve jeofizik hizmetler veren firmaların farklı amaçlar için yapmış olduğu ölçüm sonuçları; saha çalışmaları ve arazi verileri olarak referans alınmış, diğer araştırmalarla beraber zemin durumu ortaya konulmuş ve söz konusu rapor içerisindeki eksik kalan noktalar aydınlatılmıştır. Diğer taraftan dinamik etkilerin planlamaya ne şekilde katkıda bulunacağı konusu gösterilmeye çalışılmıştır. Uygulamalı mühendislik jeofiziği kavramının muhtevasına örnek teşkil etmesi amacı ile, bir mühendislik probleminin jeofizik biliminin katkısı ile ne şekilde çözülebileceği noktasına işaret etmesi sebebi ile bu tez çalışmasının değerli olabileceği kanaatini taşımaktayım.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. İNCELEME ALANININ TANITILMASI VE METODLAR

İnceleme alanı, Antakya şehir merkezinin yaklaşık 3 km kuzeybatısında bulunan 791 Ha'lık alandır. Çalışma alanı, çevreyolunun güneydoğusundan başlayarak kuzeyde bulunan Karlısu yerleşim alanının güneyine kadar devam etmektedir. Bölgenin yer bulduru haritası Şekil 2.1.' de verilmiştir.



Şekil 2.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası



Şekil 2.2. İnceleme alanı uydu görüntüsü ve sınırlar.

İnceleme alanı Antakya Belediyesine ait 45 adet 1/1000 ölçekli harita paftalarında yer almaktadır ve 4009514,319-4014602,171 yatay, 508152,234-512965,179 düşey koordinatları arasında bulunmaktadır.

Bu tez çalışması, arşiv araştırması, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür. İnceleme alanında ve çevresinde daha önce yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmış, sahada yapılan jeolojik haritalamaya paralel olarak oluşturulan ve çalışmanın arazi kısmını kapsayan jeofizik etüt çalışmaları, araştırma çukuru ve sondaj çalışmaları sonucu alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yaptırılmıştır. Yerinde yapılan deneyler (Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)) ile laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen bulgular, jeofizik etütler ve arazi çalışmaları, değerlendirilmiştir.

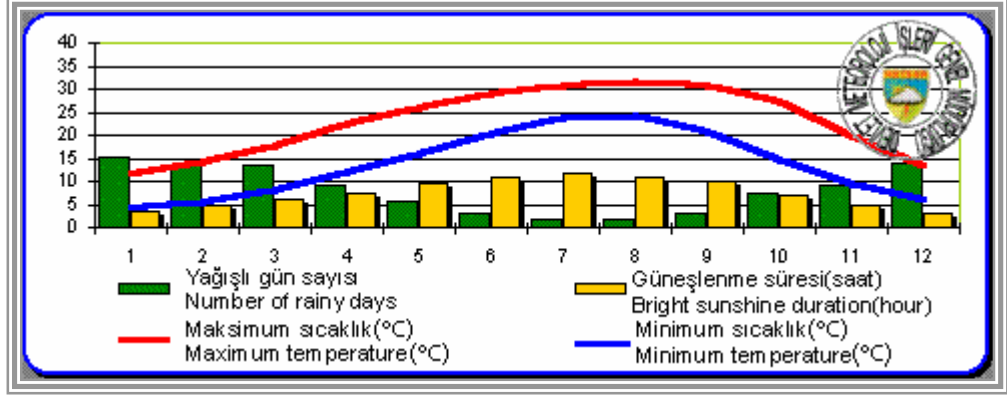
2.2. COĞRAFİ KONUM VE MORFOLOJİ

Çalışma sahası içerisinde Saraycık yerleşim alanı bulunmaktadır. Çalışma sahasının güneybatısında Günyazı, Doğanköy ve Ballöz; kuzeydoğusunda Ekinci; kuzeyinde Karlısu; batısında Kisecik; güneyinde Çekmece; güneydoğusunda ise Antakya merkez yerleşim alanı mevcuttur.

Antakya Merkez, Dört Yol, İskenderun, Samandağ, Yayladağı ve Kırıkhan ilçelerinde kışları ılık ve bol yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçer. Sıcaklık ve yağış ortalamaları yıllara göre değişmekle beraber ortalama yıllık sıcaklık 16-21 C° arasındadır. Ortalama yıllık yağış miktarı ise 570-1160 mm arasında değişmektedir.

Yağış iç kesimlerden kıyıya doğru gidildikçe azalmaktadır. Hatay ilinin tipik iklim özelliklerinden biri güney-batı yönünden esen hakim rüzgardır. Her mevsimde baskın olarak hissedilir ve hızı 30 m/sn'ye ulaşır. Denizden esen hakim rüzgarlar nedeniyle nispi nem ortalama % 69 civarında olup; yaz aylarında % 68, kış aylarında ise % 74

civarındadır. Hatay ili ve çevresine ait yıllık yağış-sıcaklık ilişkisi Şekil 2.3' de verilmiştir.



Şekil 2.3. Hatay ili yıllık yağış-sıcaklık ilişkisi

İnceleme alanı, güneydoğu toroslarının da başlangıcını oluşturan ve Hatay ilinin en büyük dağı konumundaki güneybatı-kuzeydoğu uzanımlı Amanos dağlarının doğu eteklerinin en uc kesiminde yer almaktadır. İnceleme alanının büyük bir bölümü orta-yüksek eğimli bir topoğrafyaya sahip olmakla birlikte bu bölgelerde eğim genellikle %10-40 arasında değişim göstermektedir. Çalışma alanının, özellikle kuzeyinde bulunan bazı kesimlerinde eğim artmakta olup %40'ın üzerine çıkmaktadır. İnceleme alanında en düşük kot 121 m, en yüksek kot ise 341 m'dir. İnceleme alanının eğim haritası EK-6' da verilmiştir.

İnceleme alanı sınırları içerisinde, Amanos dağlarının eteklerinden başlayarak kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Kisecik deresi ile Altın deresi geçmektedir. Her iki dere de Antakya şehir merkezinden geçmekte olan Asi nehrine boşalmaktadır. Bu iki dere haricinde bu derelerin kolları olarak nitelendirilebilecek irili ufaklı bir çok kuru dere bulunmaktadır.

İnceleme alanı içerisinde ve yakın çevresinde bulunan dereler ve bunların irili ufaklı tüm kolları bölgenin doğal drenaj ağını oluşturmakta olup, özellikle yağışlı mevsimlerde yerüstü sularının drenajı açısından büyük önem arz etmektedir.

2.3 JEOLojİK DURUM

Hatay Doğu Torosların güneye olan uzantısı, Amanos Dağları ile temsil edilir. Amanos Dağları, yaklaşık kuzey-güney gidişli bir dağ kuşayı olup Alt Paleozoikten günümüze kadar yaygın bir çökel istifini kapsar.

Bölgede temeli Kambriyen yaşı kuvars arenit, Zabuk formasyonunu oluşturup üstte uyumlu olarak başlıca dolomitik Koruk formasyonuna geçer. Daha üstte eşitli yaş kondağında şeyl türü litolojiden oluşan Sosink formasyonu bulunur. Kambriyen-Ordovisiyen 'de başlıca şeyl yapılışlı Kızla formasyonu yer alır. Silryende kuvarsitli Arılık formasyonu, Devoniyen de ise kuvarsit kumtaşı ile başlayan tedrici kireçtaşına geçen Hasanbeyli gurubu bulunur. Dolomit, şeyl, marn ardalanmalı istifile başlayan mesozoik yaşı ığlı gurubu Paleozoik birimler üzerine diskordansla gelir. zerine Denizgren gurubu, üst jura –st kretase yaş aralığında çökelmiş sığ deniz çökelleri ve bu gurubu oluşturan formasyonlar yanal-düşey yönde geçişlidir, çökelme ortamı tipik bir karbonat şelfidir.

Otokton birimler üzerinde bindirmeli, allokton olarak Alt-Orta Meastrichtiyen yaşı Kızıldağ ofiyoliti gelir. Otokton ve allokton birimler, geç otokton birimler tarafından transgresif olarak örtülür. Kretase transgresyonu ile başlayan sığ-derin deniz sedimantasyonu Eosen sonuna kadar kesintisiz devam etmiştir. Geç çökeller Pliyosen sığ deniz çökelleri ile temsil edilmekte olup diskordan olarak daha yaşı birimler üzerine gelmektedir (Yıldız ve Taptık, 2003).

2.3.1. Genel Jeoloji

Bölgenin kuzeyinde Amanoslar'da taban konglemerası niteliğindeki (altta Arılık kuvarsitine ait taban konglomerası üstte Arılık kuvarsiti) Triyas (Atan, 1969), kuvarsitle başlayan çökelmiş karbonatlarla devam etmiştir. Orta Amanoslar'da Arılık kuvarsitinin çok ince oluşu veya olmayışı bu bölgenin daha önce duraylılık kazandığı şeklinde yorumlanabilir.

Bölgede Jura (Malm) dan itibaren gözlediğimiz otokton Denizgören grubunun Santoniyen'e kadar çökelmiş olması, litoloji homojenliği, çökeltme koşullarının uzun bir süre duraylı kaldığı tektonikten pek fazla etkilenmediğini gösterir.

Ortam tipik bir karbonat şelfidir. Çok geniş bir yayılıma sahip olup, tüm Arap Platformunu kaplamıştır. Tektoniğe, değişen derinlik ve beslenmeye bağlı olarak yerel fasiyes değişimleri vardır. Bu çökeltme Keldağ'da Santoniyen sonuna kadar devamlıdır. Santoniyen sonunda yükselim sonucu ülke kara haline gelmiş ve aşındırılmıştır.

Üst Kratesedeki yükselim bölgedeki ofiyolit yerleşimi ile temsil edilir. Üst Maestrichtiyen'de deniz basmasına uğramış genç otokton birimler Kızıldağ ofiyolitleri ve otokton birimler üzerine konglomera ve kumtaşı ardalanması ile başlayan bir litoloji topluluğu ile transgresif olarak gelmişlerdir. Üst Maestrichtiyen yaşlı Yalaz Formasyonu sığ denize açılan yelpaze deltası ortamında çökelmiştir. Yalaz Formasyonu aynı yaşta ve bununla yanal – düşey yönde geçişli olarak yer alan Kaleboğazı Formasyonu açık derin deniz ortamında çökelmiştir. Bu ortam şartları Uluyar Formasyonunun çökeltimi (Paleosen) boyunca devam etmiştir.

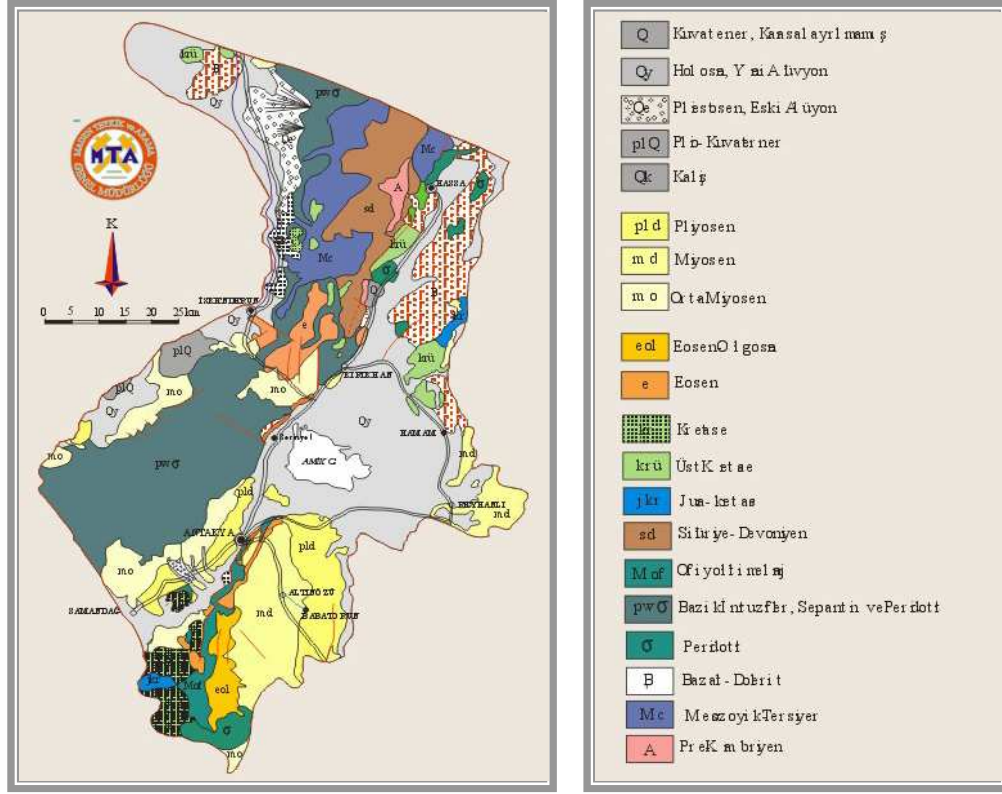
Eosen sırasında ise ortam açık denizel platformdur. Okçular Formasyonunun genellikle sığ (Resifal) karbonat platformu çökellerinden oluştuğunu, Kışlak Formasyonunun çökellerinin yine platform üzerinde fakat nispeten daha derinlerde olmuş ve zaman zaman açık denizle ilişkisi olduğunu söyleyebiliriz. Bölge Alt Miyosen boyunca karasal ortama dönüşmüştür. Bu zaman aralığında yükselen bölge Orta Miyosende deniz basmasına uğramıştır.

Orta-Üst Miyosen bölgede; Langiyen- Serevaliyen başı (Balyatığı Formasyonu – Sofular Formasyonu) sığ, Serevaliyen sonu-Tortoniyen başı (Tepehan Formasyonu – Nurzeytin Formasyonu) derin, Tortoniyen sonu Mesiniyen (Vakıflı Formasyonu) sığ deniz fasiyesinde gelişmiştir.

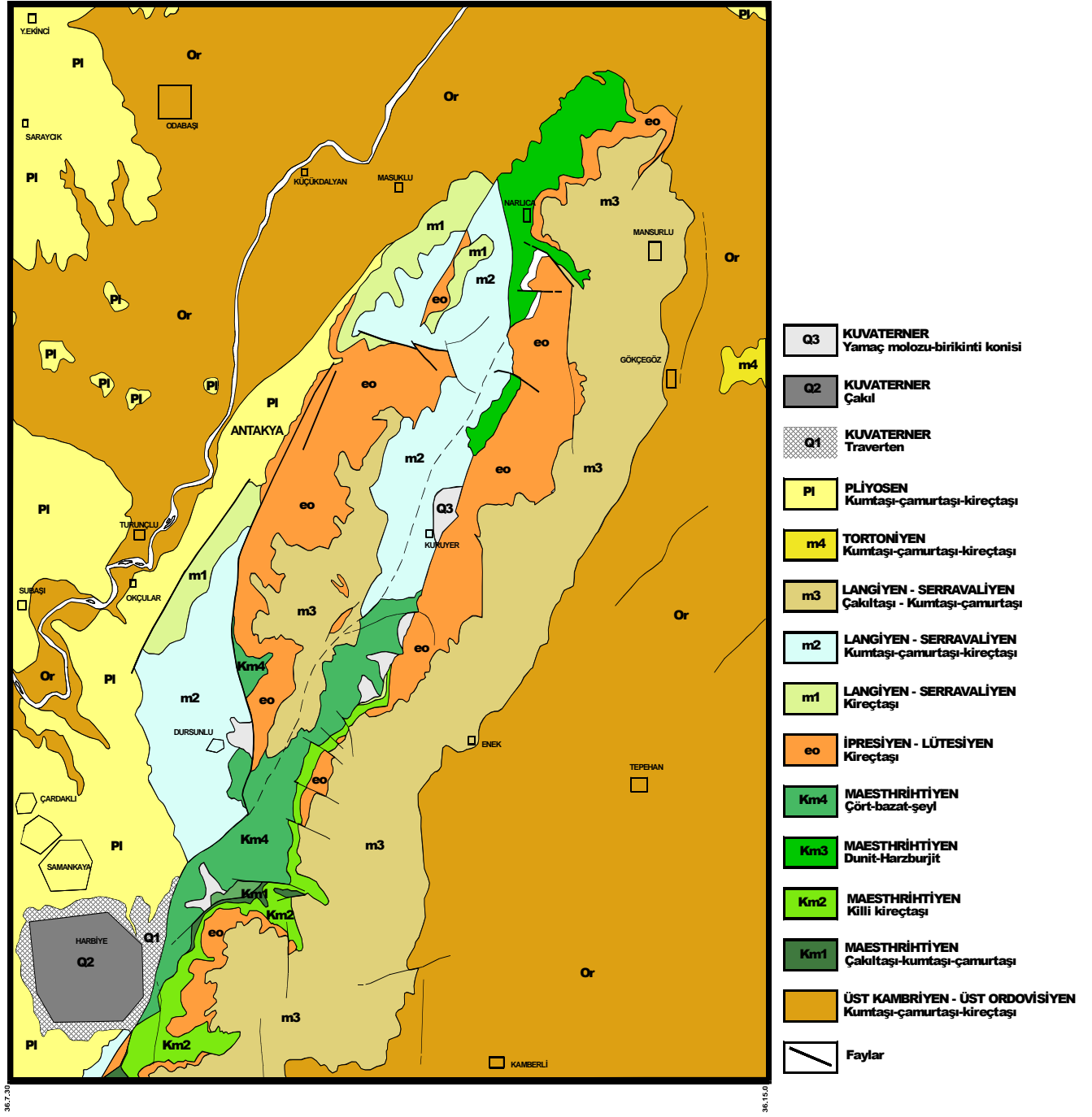
Pliyosen yaşlı Samandağı Formasyonu transgresif olarak kendisinden yaşlı formasyonlar üzerine gelmiştir. Sığ deniz koşullarının hüküm sürdüğü bir ortamda çökelmiştir.

Travertenler, yamaç molozları, alüvyonlar ve deniz kumulları da bölgemizdeki güncel çökellerdir (Yıldız ve Taptık, 2003).

İnceleme alanının ve çevresinin genel jeoloji haritası Şekil 2.4. ve 2.5.' de verilmiştir.



Şekil 2.4. İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (Yıldız ve Taptık, 2003)



Şekil 2.5. İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, 2003)(1:25000)

2.3.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanının jeolojik yapısını, literatürde Samandağ Formasyonu olarak bilinen Pliyosen yaşlı sedimanter birimler oluşturmaktadır.

Samandağ formasyonu, kumtaşı, çakıltası, killi kireçtaşı, kıltaşı ve marn ar dalanmasından oluşmaktadır.

Samandağ formasyonu, sığ deniz koşullarının hüküm sürdüğü bir ortamda çökelmiş olup, ölçülmüş stratigrafi kesitlerinde 100-400 m. arasında değiştiği yapılan önceki çalışmalardan tespit edilmiştir.

Çakıltaları, sadece inceleme alanının orta kesiminde bulunan Doğanköy yerleşim alanının kuzeybatısında bulunan küçük bir tepe üzerinde mostra vermektedir. Çakıltaları, grimsi, sarı renkli, kahverengi, yer yer siyahımsı renkli olup, oldukça heterojen bir yapıya sahiptir. Çakıltaları, bulunduğu tepe üzerinde şapka şeklinde olup, kalınlığı 1-4m arasında bir kalınlığa sahiptir. Genellikle ayrışmış-bozunmuş, zayıf dayanımlı kaya özelliği göstermektedir. Çakıltaları, muhtemelen bölge genelinde aşırı derecede bozunmaya uğramış ve aşınmaya maruz kalarak özelliğini kaybetmiştir.

Kumtaşları sarımsı kahverengi, açık gri, kırmızımsı renklidir. Belirgin katmanlanmalı olup, kalınlığı 10-70 cm. arasında taneler iyi yuvarlaklaşmıştır, boylanması iyidir ve kötü çimentolu olup çok kolay dağılmaktadır.

Kumtaşları özellikle İnceleme alanının orta kesiminde bulunan Günyazı köyünde ve hemen kuzeyinde bulunan geniş alanlarda mostra vermektedir.

Killi kireçtaşları, inceleme alanının kuzey sınırında küçük bir bölgede mostra vermektedir. Beyaz, kirlili beyaz, açık sarı renkli olup, yer yer sağlam kayaç özelliği göstermesine karşın genellikle zayıf kaya özelliğindedir. Birim içerisinde ince tabakalar halinde kumtaşı-çakıltası bantları ile konglomera tabakaları yer almaktadır.

Marnlar, inceleme alanında özellikle topografyanın nispeten düz-az eğimli olduğu bazı bölgelerde gözlenebilmektedir. Açık kahverengi, sarımsı renkli olup, zayıf kaya özelliğindedir. Marnlar genellikle kıltaşı biriminin hemen üzerinde bulunmaktadır. Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 1-5 m arasında olup, genellikle bozunma ve aşınmaya bağlı olarak bazı sondajlarda kesilmemiştir.

Kıltaşları, inceleme alanının hemen hemen tamamında yer almaktadır. Kıltaşları, koyu yeşil renkli, mavimsidir. Yer yer kırık ve çatlaklar içeren kıltaşları, zayıf-orta dayanımlı kaya özelliğindedir. İnceleme alanının bazı kesimlerinde kıltaşlarını ince marn tabakası örtmektedir. Kıltaşları birçok kesimde, yol yarmalarında, dere yataklarında mostra vermektedir. İnceleme alanının A-3 boyutunda jeoloji-Lokasyon-Yerleşime Uygunluk haritası EK-1' de sunulmuştur.

2.4. TEKTONİK DURUM

Güneyde Gaziantep-Adıyaman sedimantasyon havzası ile Kuzey ve kuzeybatıda Ceyhan-Malatya (Anti Toros) masifi ile sınırlanır. Kuzeybatısındaki sınırlar tam olarak belirlenememekle birlikte Toros sınırı ile karışmaktadır.

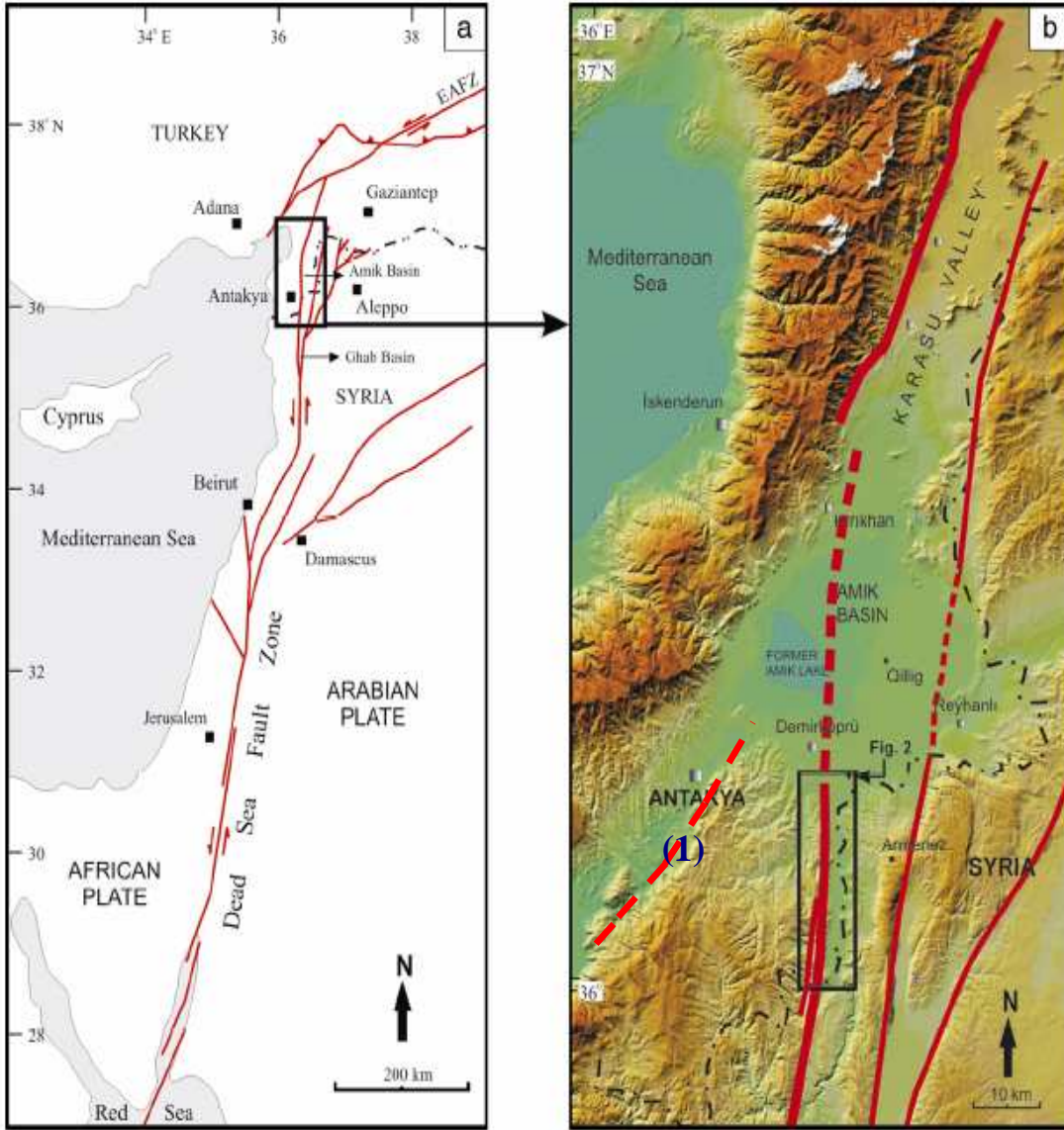
Amanos dağları, stratiğrafi bakımından hem Toroslar'ın hem de Gaziantep Adıyaman ön çukurunun karakterlerini taşırlar. Amanoslar, batıdan ve doğudan faylarla sınırlanmış yüksek bir horstur. Kendi bünyesinde N-S yönlü faylarla bloklaştırılmış olup, bu faylar Amanoslar'ı kısmen örten ultrabaziklerin çıkış yollarını oluşturur. Amanos dağlarının doğusunda orojenik filiş zonu Antakya güneyinden başlayarak Karasu vadisinde Amik gölü, Gölbaşı çöküntü havzasını takip eder. Bu zonda ultrabazik intrüzyonları birincil N-S sonra da NE-SW yönünü takip etmektedir. Çökmeler, filiş zonu tektoniğini doğuran hareketlerden ve mağmatik olaylardan sonra meydana gelmiştir. Hatta filiş zonunu örten transgresif Eosen kalker tabakarı, Eosen sonrası hareketlerle de ayrıca kıvrılmış Miyosenden sonraya ait çökmelerle kademelenmiştir.

Dünyanın önemli tektonik hatlarından biri olan Rift vadileri (Doğu Afrika), Lut Denizi çöküntüsü, sınırlarımız içinde Amik gölü, Gölbaşı çöküntüsü ile devam eder. Gaziantep

batısından itibaren görülen SW-NE doğrultulu kademeli fay atımları, yüzlerce metreyi bulur. Amik gölünden Gölbaşı'na kadar görülen su birikintileri ve alüvyon ovaları hep bu önemli çöküntü alanı üzerinde sıralanmış bulunmaktadır .

2.4.1. Genç Tektonik Hareketler

Genç tektonik hareketler, Amanoslar, İskenderun Körfezi ve Karasu Hatay graben alanında şekillendirerek bugün kü son konumlarını kazanmasını sağlayan hareketlerdir.



Şekil 2.6. (a) Ölü Deniz Fay Zonunun tektonik haritası ((Zilberman vd., 2000, Meghraoui vd., 2003 ve Westaway, 2003)'den basitleştirilerek hazırlanmış olup, Akyüz vd., 2006'den alınmıştır) ve (b) Antakya ve yakın çevresinin tektonik hatlarının sayısal yükseklik haritasındaki konumu (Akyüz vd., 2006). (1) no.lu fay MTA tarafından hazırlanan Antakya-P36-d2 paftasından aktarılmıştır.

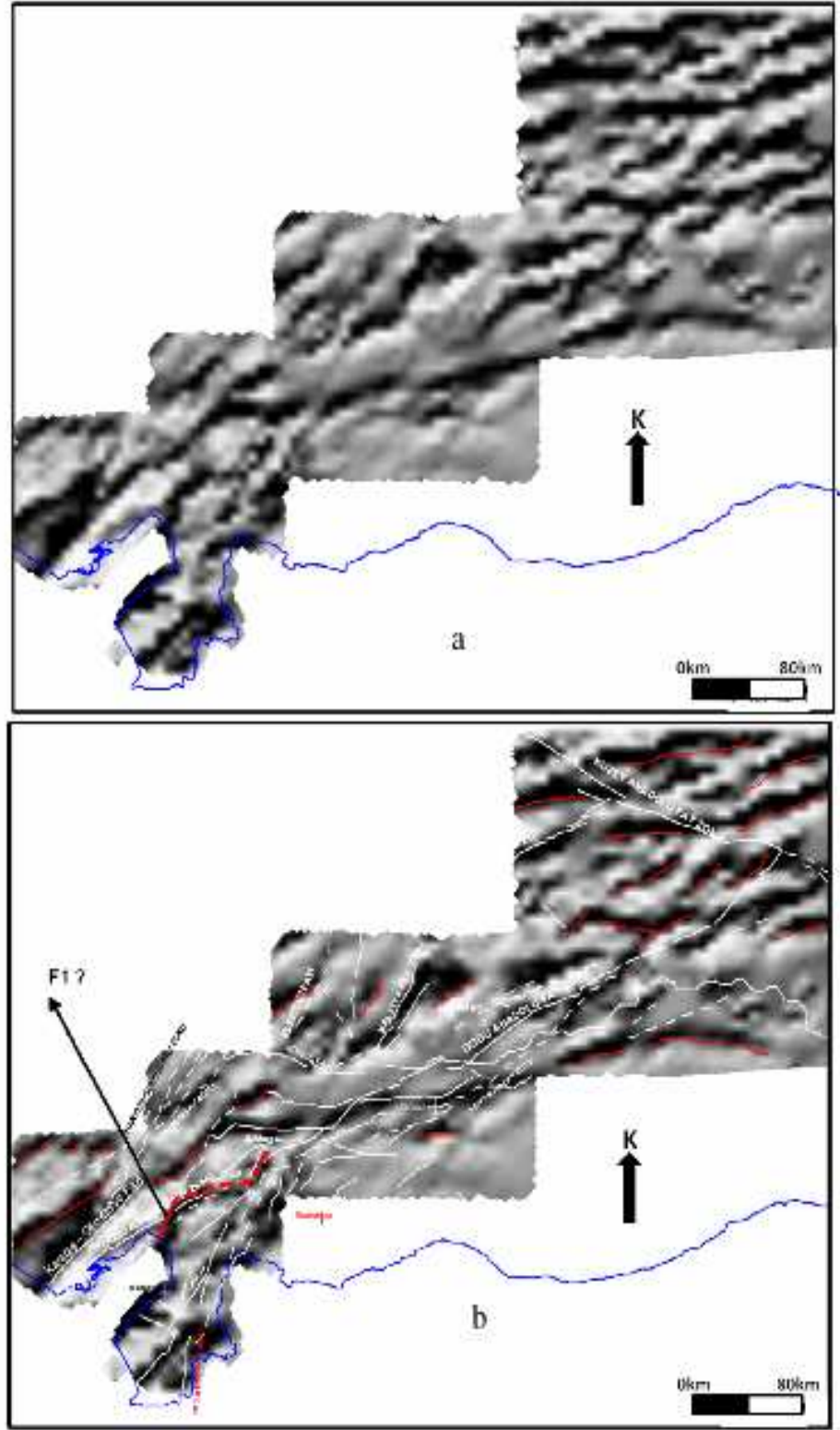
Bölgede belirlenen başlıca faylanmalar; Arabistan Bloğunun kuzey- kuzeydoğuya, Anadolu Bloğunun da batı yönde hareketi neticesinde bütün Türkiyede gözlenen genç tektonik hareketlerin bir sonucudur. Bu hareketler sonucu oluşan başlıca kırık ve kırık sistemleri meydana gelmiştir.

2.4.2. Doğu Anadolu fay zonu

Van Gölünün kuzeyinden başlayıp, Bitlis Hazar Gölü, Gölbaşı yönünde takip edilen Doğu Anadolu fay zonu, Gölbaşı – Türkoğlu arasında Karasu – Hatay grabeni içinde gözlenir (Yalçın, 1978). Kuzeydoğu Güneybatı, izli ve sol yönlü doğrultu atımlı olan fay Gölbaşı – Kahramanmaraş arasında kuzey yükselim alanını güneyden kesmiştir. Haydarlı-2 Kuyusunda bu durum belirlenmiştir. Doğu Anadolu fay zonuna paralel olan ve Amanos Dağlarını enine biçerek parçalayan faylar aynı makaslama sistemleri sonucunda gelişmiştir. Dört Yol- İslahiye Fayı Orta Amanoslarla Güney Amanosları birbirinden ayırır. Bu fay sol yönlüdür ve kuzey blok yükselmiştir. İskenderun - Güvenç Fayı, Güney Amanosları iki parçaya ayıran sol yönlü bir faydır. Burada da kuzey bloğu yükselmiştir.

Alp (2009); Bouger anomalisi değerlerine dalgacık dönüşümü tekniğini kullanarak elde ettiği sonuçlara göre Elbistan, Sürgü ve Malatya Fay zonlarının uzanımlarını tespit ettiği gibi Maraş' tan başlayarak İskenderun körfezine kadar uzanan bir süreksizlikten bahseder. Diğer taraftan Alp' in (2009) Dalgacık 1. Seviye çıktısında McKenzie 1970, 1972; Jackson and McKenzie 1984; Hampton 1987; Taymaz ve diğ.1991; Westaway 1994; Westaway and Arger 1996 'nin ileri sürdükleri Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Karlıova'dan güney-batı yönelimli olarak Türkoğlu'ndan geçtikten sonra Osmaniye boyunca Amanos fayıyla karşılaşarak Yumurtalık ve İskenderun Körfezini geçerek Kuzeyde Kıbrıs'a uzandığı görüşünü destekler niteliktedir (Alp, 2009). Şekil 2.7' de görülen çizgisellikler aynı tektonik rejim içinde gelişmiş farklı Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ikincil kolları olabileceği ihtimalini kuvvetlendirmektedir. Şekil 2.7' de kırmızı çizgiler; Alp (2009) tarafından önerilen çizgisellikler, beyaz çizgiler ise bölgede bilinen çizgiselliklerdir.

Şekil 2.7' de verilen dalgacık 1.seviye çıktısı sonucunda, bölgenin bilinen süreksizlikleriyle uyum gösterdiği söylenebilmektedir. KG doğrultulu Malatya fay zone ve Safrun fay zone dalgacık düşey çıktısından izlenebilmektedir. Burada önemli kabul edilebilecek ve tanımlanmaya çalışılacak çizgisellik Hatay Grabeni'ni bastan basa kesen KKD-GGB yönlü olan iki büyük çizgisellik olmuştur. Amonos Dağları boyunca ilerleyen ve DAF ve ÖDF'nin devamı olarak görülen bu çizgisellikler tek parça olup Maras'ın kuzey kesimlerine doğru devam etmektedir. Oysa 1973-2000 yılları arasında bu bölgedeki depremler bu alanda bir saçılma göstermektedir. Bunun nedeni bu yıllar arasında bu alanda bir sismik boşluğun olabileceği ihtimalidir.



Şekil 2.7. (a) DAF gravite verisi dalgacık H1 çıktısı yorumlanmamış genel görünüm (b) dalgacık H1 çıktısı genel yorumlanmış görünüm (Alp, 2009).

2.4.3. Ölü Deniz Fay Zonu

Maraş' tan başlayıp yaklaşık kuzey- güney yönde Ölü Denize ve oradan Kızıldeniz' e kadar ulaşan fay sistemi Karasu – Hatay Grabenini oluşturan başlıca sistemdir.

Graben alanının doğusunda gözlenen ve Narlı Sakçagöz arasında gizlenen güneye doğru Türkiye – Suruye devlet hududunu takip ederek Balık Gölü – Reyhanlı doğusunda devam eden Graben Doğu Fayı, Ölü Deniz fayına paralel gelişen bir faydır. Suriye' de daha belirgin görülen Ölü Deniz Fayı ise Amik Ovasında genç alivyonla örtülü olduğu için belirgin değildir. Ancak sismik kesitlerden Balık Gölü, Reyhanlı-1 Kuyusu Babatorun yönünde Suriye' ye geçmektedir. Gözlendiği kadarıyla Graben Batı Fayı ise Kahramanmaraş – Kırıkhan arasında Amanos Dağlarının Doğusunu sınırlayan ve düşey atımında oldukça fazla olduğu bir faydır.

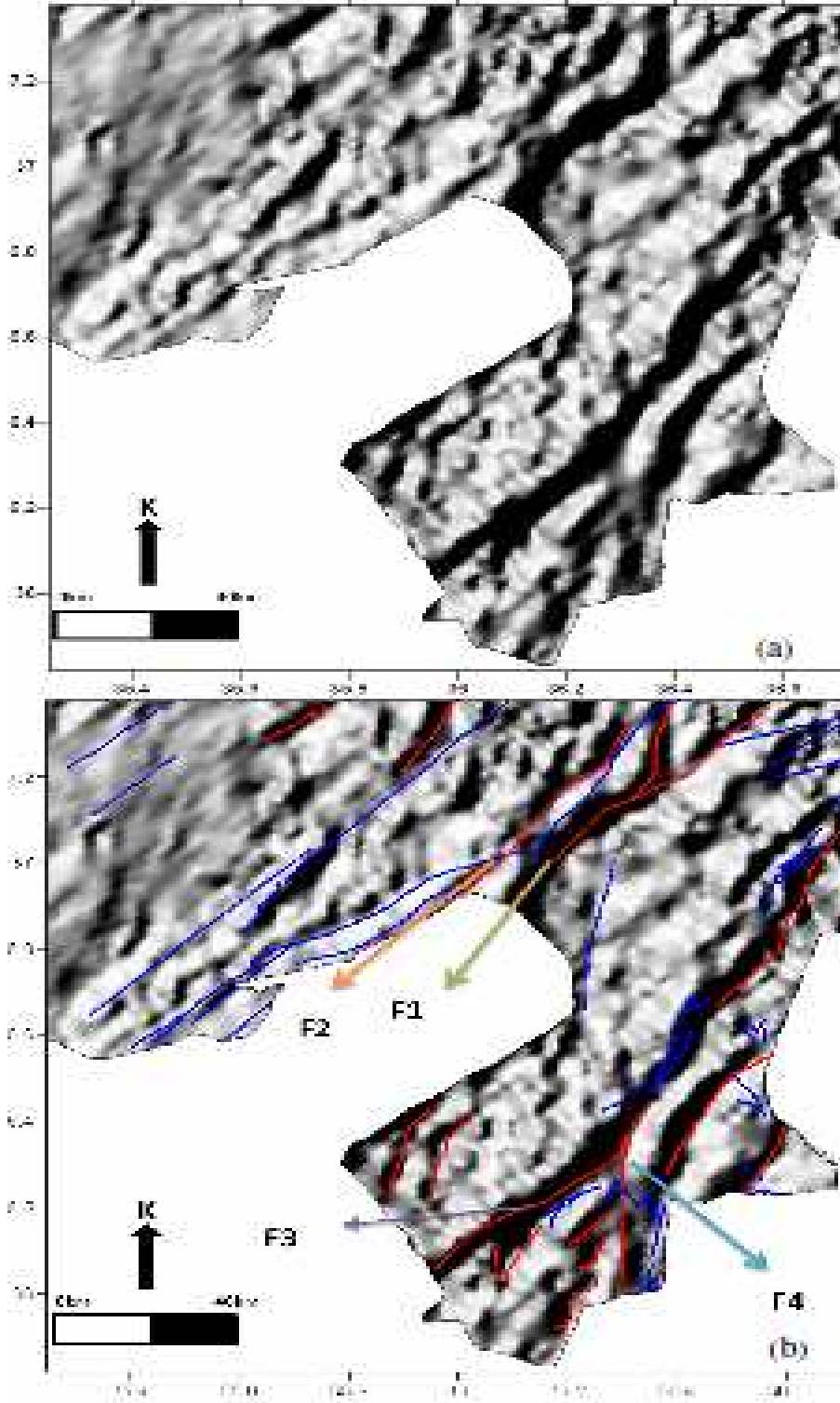
Amanos Dağlarının horst görünümü almasını sağlayan ve dağın batısını sınırlayan Erzin – İskendurun Fayı İskendurun Baseninin listrik faylarına dahil olmalıdır. Antakyada başlayıp Keldağı eteklerine kadar izlenen ve basamak tipi faylarla gelişen fay sistemi Asi Nehri graben alanını ve Samandağı Horstunu oluşturur.

Alp (2009)' a göre Hatay grabenini boylu boyunca kesen iki çizgisellik daha mevcuttur. Bu çizgisellikler dalgacık V1 çıktısında net olarak gözlenebilmektedir (Şekil 2.8). Bu çizgiselliklerinin uzanımına bakıldığında Perinçek ve Çemen (1990)' in aksine ÖDF ve DAF'nın bu bölgede birleşmediğine işaret etmektedir. Amanos fayı olarak düşünülen çizgisellik İskenderun Körfezi'nin güneyinden GB'ya doğru uzanmaktadır. Bu veriden çıkan sonuç bu olmakla birlikte Kilikya Bölgesi'nin daha büyük ölçekli veri ile irdelenmesi sonucu bazı farklılıkları da göstermektedir.

Bu çalışmalar sonrasında Kilikya Bölgesi'nde gravite ve manyetik verilerine uygulanan dalgacık dönüşümü sonuçları ışığında Alp (2009) tarafından getirilen yorumlar şöyledir. Dik olarak gravite verisinin dalgacık dönüşümü düşey 1. ve 2. seviye çıktılarında (Şekil 2.8), DAF verisinden elde edilen sonuçlara nazaran çizgisellikler çok daha net olarak elde edilmektedir. DAF verisinde F1 olarak gözlenmiş çizgisellik bu veride daha net olarak görülebilmektedir. Bu çizgisellik ayrıca bölgenin jeolojinde gözlenen ve körfezin

KD doğrultusunda yer alan Hatay ofiyolitleri ile Kuvaterner Alüvyon birlikleri arasında yüksek kontrast veren yapı sınırı ile de uyum göstermektedir. Burada dikkat çeken diğer önemli bir bulgu, F1 çizgiselliğinin hemen doğusunda ve Karataş Osmaniye Fay Zonu'nun KD'sunda yer alan F2 olarak adlandırılmış bir çizgiselliğin varlığıdır (Alp, 2009).

Över v.d. (2001)' ne göre; Antakya ve civarındaki etkin gerilme rejimi doğrultu atımlı rejimden açılma rejimine göre değişmektedir. Eosen yaşlı kireçtaşlarından güncel çökellere kadar tüm formasyonları etkileyen bu rejimler, bir yandan eski fay sistemlerini yeniden harekete geçirirken, diğer taraftan yeni fay sistemlerini oluşturmaktadır. Doğrultu atımlı gerilme rejimi Doğu Anadolu ile Ölü Deniz Fay üzerinde sol yönlü doğrultu atımlı hareketi sağlamaktadır. KB-GD yönlü sıkışma gerilmesine sahip olan bu rejim, olasılıkla bölgede Amanos masifinden Kahramanmaraş'a kadar uzanan ve Arabistan levhasının kuzeye doğru hareketine bağlı olarak gelişen sıkışma yapılarının oluşumundan sorumludur (Över v.d., 2001).



Sekil 2.8. (a) Kilikya verisi dalgacık V2 çıktısı yorumlanmış genel görünüm (b) dalgacık V2 çıktısı yorumlanmış genel görünüm (Alp, 2009).

2.4.4. Hatay, Amik Gölü, Graben Morfolojisi

Bu bölgede Filiş zonunun hemen batısında N-S yönünde uzanan bir çöküntü çukuru göze çarpar (Hatay, Amik Gölü). Dünyanın önemli tektonik hatlarından biri olan Doğu Afrika'nın Rift vadilerinin, Kızıldeniz, Lut Denizi çöküntüsünün kuzeye devamını teşkil eden Amik Gölü-Gölbaşı Grabeni, basamaklı topoğrafyası ile bir yandan Amanos çıkıntısını ve diğer yandan Gaziantep-Urfa platformunu sınırlandırır. Genç çöküntü morfolojisi arz eden bu zon üzerinde Amik Gölü, Gavur Gölü, Gölbaşı gibi bölgenin başlıca gölleri bulunur. Bunun gibi Karasu,Asi ve kısmen de Aksu nehirleri çöküntüyü takip eder. Bu graben 200-450 m. yükseklikte olup, uzunluğuna yarıklardan çıkmış bazalt akıntıları ve vadi içinde tabuler morfoloji tipleri ile karakterizedir (Yıldız ve Taptık, 2003).

2.5. DEPREM DURUMU

Yerküre üzerinde oluşan depremlerin büyüklüğü ve neden oldukları zararlar gözönüne alındığında iki ana deprem kuşağı en çok ilgi çeken bölgelerdir. Bunlardan biri Büyük Okyanusu çevreleyen ve özellikle Japonya üzerinde etkili olan Pasifik Deprem Kuşağı (yeryüzündeki depremlerin yaklaşık %81'i bu kuşakta meydana gelir), diğeri ise Cebelitarık'tan Endonezya adalarına uzanan ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz-Himalaya deprem kuşağıdır (%17'si de bu kuşakta oluşur). Genel olarak depremlerin, kabuğu oluşturan levhaların sınırlarında oluştuğu söylenebilir.

Türkiye'nin bulunduğu bölgede büyük levhalar arasında küçük birçok levhanın olması, Türkiye'nin büyük bir bölümünün deprem kuşağı içinde yer almasına neden olur.

Türkiye, üç büyük levhanın etkisi altındadır. Avrasya, Afrika ve Arap levhaları. Anadolu'nun büyük bir kısmının yer aldığı Anadolu levhası, Avrasya levhasının küçük bir bölümüdür .Bu levhalar arasındaki etkileşim şöyledir: Afrika levhası, Akdeniz'de Helenik-Kıbrıs Yayısı denilen bölgede, Avrasya (veya onun bir parçası olan Anadolu) levhasının altına dalar. Arap levhası ise Kızıldeniz'deki açılma nedeniyle kuzeye doğru hareket eder ve Anadolu levhasını sıkıştırır. Bu sıkıştırma sonucu Bitlis Bindirme Zonu

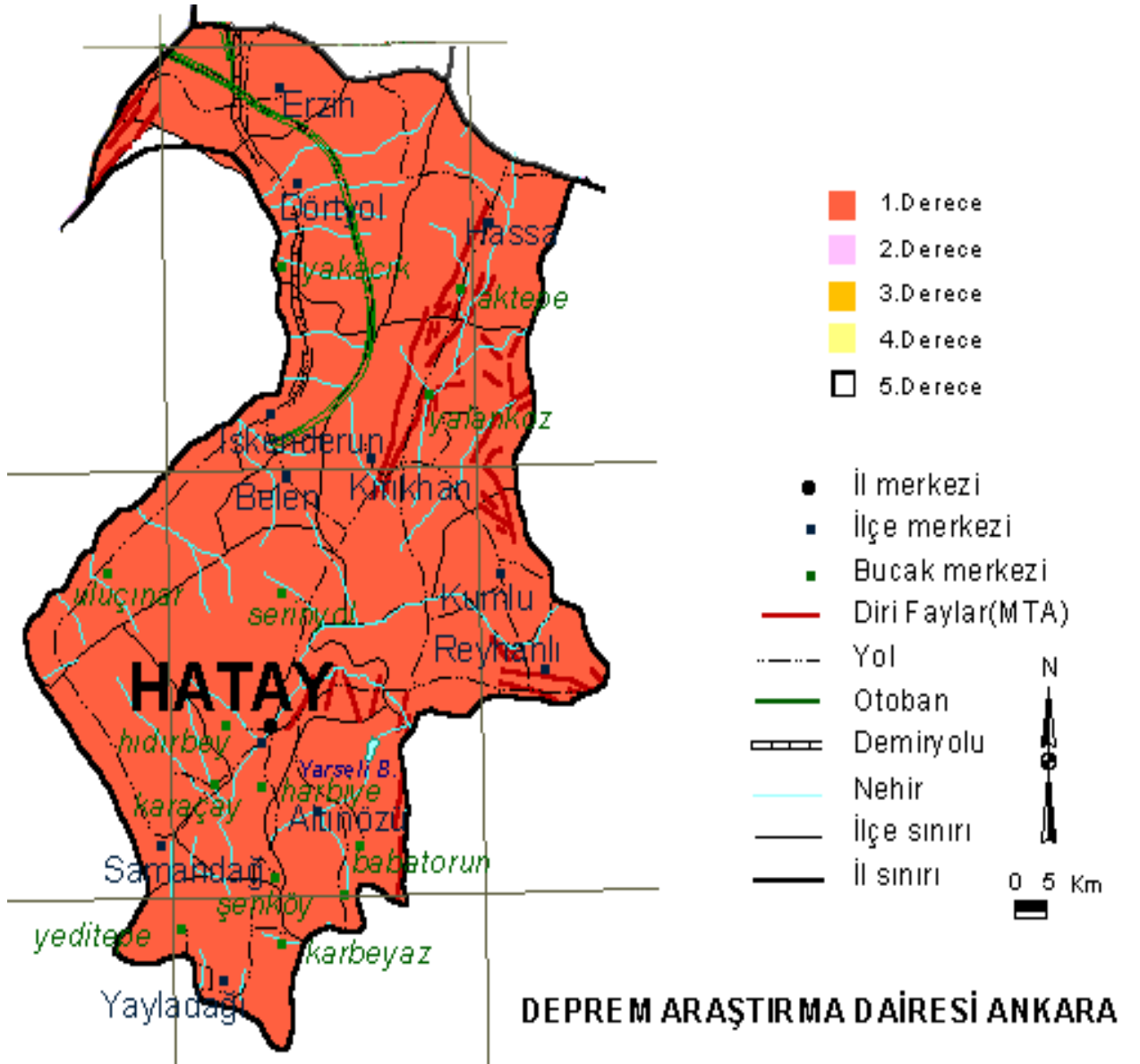
(Bitlis Kenet Kuşağı) oluşmuştur. Sıkıştırma halen sürdüğü için, Anadolu levhası kuzey ve güneydeki fay hatları boyunca batıya doğru hareket eder. Anadolu levhasının kuzey sınırı, bir bölümünde 17 Ağustos depreminin olduğu Kuzey Anadolu Fayı 'dır. Güney sınırını ise, Helenik-Kıbrıs Yayı ile Doğu Anadolu Fayı oluşturur. Arap levhasının sıkıştırması sonucu batıya kayan Anadolu levhasının sınırlarında ve Afrika levhasının Avrasya levhasının altına dalması sonucu Akdeniz'de ve Ege Graben Sistemi içerisinde depremler meydana gelir.

Doğu Anadolu Fayı ,kuzeyde Karlıova'dan başlayarak güneybatıya ve Kahramanmaraş üzerinden İskenderun Körfezi ve Akdeniz'e doğru uzanan, Anadolu levhasını güneyden sınırlayan ülkemizin ikinci büyük fay zonudur.Bu fay zonu Karlıova-Gölbaşı-Kahramanmaraş-Amik Ovası üzerinden Akdenize kadar uzanmaktadır. İsrail-Lübnan-Suriye-Türkiye üzerinden geçen Ölü Deniz Fayı, Hatay il sınırları içerisinde itibaren Doğu Anadolu Fayı adını almakta ve Kuzeydoğu yönünde uzanarak Kuzey Anadolu Fayı ile Karlıova civarında birleşmektedir .Hatay ve çevresi yaklaşık 550 km. uzunluğunda, sol yönlü doğrultu atımlı ve Karlıova-İskenderun arasında uzanan Doğu Anadolu Fayı'nın sismik bakımdan en etkin bölgeleridir.

Doğu Anadolu Fayı ,Türkoğlu civarında üç ve/veya dört kola ayrılmaktadır. Kollardan batıdaki, Ceyhan-Karataş-Osmaniye hattını, Hatay'ın doğusundan geçen kol, Altınözü İlçesinin hemen doğusundan Asi nehrine paralel olarak geçen Ölü Deniz fayına bağlanan hattı ve ortadaki kol, İslahiye-Hassa-Kırıkhan-Samandağı hattını oluşturmaktadır. 22 Ocak 1997'de olan magnitüdü Deprem Araştırma Dairesi tarafından MI=5.5 olarak verilen deprem Amik ovası'nın güneybatı sınırını oluşturan ortadaki kolda meydana gelmiştir.

Aletsel dönem depremleri olarak adlandırdığımız, 1900-2001 yılları arasında Hatay ili ve civarında magnitüdüleri, 4.0 ile 6.3 arasında değişen 100 adet deprem olmuştur.Aletsel dönemde oluşmuş depremlerin en büyük magnitüdü olanı ise Kıbrıs Adası'nın güneydoğusunda, 29.09.1981 tarihinde denizin içinde meydana gelmiş olup magnitüdü M=6.5'dir. En son hasar verici deprem ise ilimizde 22 Ocak 1997'de meydana gelmiştir.

Çalışma alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanmış ve Bakanlar Kurulunun 18/04/1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Hatay ili deprem bölgeleri haritası Şekil 2.9' da verilmiştir. Hatay ve yakın çevresinde, inceleme alanı merkez olmak üzere çizilen 100 km yarıçaplı bir çemberin içine düşen ve aletsel dönemde (1900 sonrası) meydana gelmiş tüm depremler esas alınarak, 1900 ile günümüz arasındaki süre içerisinde gerçekleşmiş, büyüklükleri 4'den fazla ($M>4$) olan, toplam 118 adet deprem belirlenmiş, bunların tarih zaman, enlem, boylam, derinlik ve büyüklükleri Tablo 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.9. Hatay ili deprem bölgesi haritası

Tablo 2.1. İnceleme alanı merkez olmak üzere çizilen 100 km yarıçaplı bir çemberin
İçine düşen ve aletsel dönemde meydana gelmiş deprem kayıtları

Tarih	Saat (GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik
26.01.2006	18:42	36.90	35.94	18	4.1
24.07.2005	11:36	36.96	36.03	22	4.1
19.11.2003	04:32	37.08	36.33	13	4.0
23.07.2003	21:37	37.42	36.23	8	4.0
26.02.2003	03:08	35.92	36.25	22	4.2
23.05.2002	01:08	37.39	36.34	9	4.8
11.03.2002	01:19	36.69	36.03	8	4.2
31.10.2001	12:33	37.22	36.13	3	5.2
18.10.2001	15:50	36.78	35.33	10	4.9
08.08.2001	23:36	37.01	36.11	6	4.0
25.06.2001	13:28	37.20	36.16	5	5.5
17.01.2001	12:09	36.96	36.27	8	4.9
27.05.2000	07:49	36.49	35.28	5	4.3
12.05.2000	04:01	37.00	36.16	10	4.8
18.01.2000	04:32	37.43	36.14	5	4.0
01.11.1999	19:56	37.30	36.33	5	4.0
10.06.1999	23:25	37.28	35.88	12	4.5
19.04.1999	00:16	36.98	37.03	14	4.4
15.01.1999	02:04	37.04	35.81	19	4.5
04.12.1998	04:59	36.98	35.59	14	4.3
18.10.1998	08:37	37.29	36.25	12	4.1
22.09.1998	04:58	36.98	36.94	0	4.1

20.09.1998	22:56	36.89	35.49	17	4.1
24.08.1998	02:00	36.84	35.45	29	4.1
17.07.1998	18:15	36.70	36.04	5	4.0
15.07.1998	03:32	36.86	35.65	8	4.0
04.07.1998	09:24	36.85	35.51	20	4.5
04.07.1998	02:15	36.85	35.47	35	5.1
28.06.1998	15:20	36.95	35.63	11	4.1
28.06.1998	03:59	37.00	35.68	6	4.9
27.06.1998	21:49	36.56	35.54	8	4.2
27.06.1998	20:50	36.84	35.56	21	4.1
27.06.1998	18:54	37.01	35.68	10	4.0
27.06.1998	14:15	37.23	35.74	8	4.1
27.06.1998	14:07	36.81	35.61	32	4.2
27.06.1998	13:55	36.96	35.52	18	6.3
03.01.1998	21:15	37.18	35.64	2	4.1
26.02.1997	22:47	36.07	36.27	20	4.0
23.01.1997	14:53	35.98	36.19	10	4.0
23.01.1997	07:09	36.16	36.33	3	4.0
22.01.1997	18:24	36.13	36.08	23	5.0
22.01.1997	17:57	36.14	36.12	23	5.5
06.01.1997	19:06	36.93	35.68	0	4.2
31.12.1996	15:51	36.52	37.44	12	4.0
13.11.1996	23:23	36.80	36.35	24	4.0
24.09.1996	16:28	37.18	35.67	28	4.1
15.08.1996	13:57	36.33	35.54	0	4.2
10.07.1996	17:08	37.38	36.19	8	4.1
19.06.1996	00:18	35.99	36.05	6	4.6

18.06.1996	23:44	35.99	36.14	11	4.5
05.06.1996	01:38	37.15	36.21	8	4.0
20.03.1996	11:48	36.91	36.10	23	4.3
13.04.1995	20:23	37.39	36.13	0	4.5
30.07.1994	10:37	37.33	36.15	0	4.5
10.02.1994	06:15	36.97	35.83	17	4.9
03.01.1994	21:00	37.00	35.84	26	5.0
21.07.1993	01:21	37.14	36.86	34	4.2
02.10.1991	19:03	37.37	36.04	10	4.3
26.09.1991	20:24	37.37	36.31	10	4.7
19.09.1991	02:14	36.14	35.83	10	4.2
14.09.1991	11:13	37.10	36.00	10	4.1
14.08.1991	13:41	35.99	35.81	51	4.4
11.08.1991	08:33	36.15	35.90	42	4.0
10.04.1991	01:08	37.31	36.14	33	5.2
15.10.1989	13:15	36.85	35.78	10	4.3
24.06.1989	03:09	36.71	35.93	46	4.9
06.03.1989	02:13	37.44	36.42	10	4.4
03.08.1988	20:42	35.88	35.65	56	4.6
01.01.1988	04:17	36.35	35.47	10	4.4
31.12.1987	17:26	37.02	36.02	10	4.2
20.11.1987	21:45	37.10	36.38	10	4.1
03.08.1986	01:33	37.19	37.16	39	5.0
22.06.1985	07:58	37.26	36.98	33	4.5
15.11.1984	03:28	37.12	36.28	39	4.3
24.11.1983	00:14	37.05	36.12	37	4.7
18.05.1982	19:38	37.10	36.40	54	4.1

11.02.1982	15:50	36.08	35.89	33	4.2
19.01.1982	18:38	35.93	35.61	46	4.5
30.06.1981	07:59	36.17	35.89	63	4.7
24.02.1981	22:41	36.44	36.18	36	4.4
19.02.1981	02:41	36.35	36.42	52	4.6
02.01.1980	12:52	36.56	36.38	32	4.6
09.02.1978	21:10	37.07	36.84	42	4.4
11.12.1977	22:48	37.31	36.20	68	4.7
30.07.1976	07:23	36.71	35.90	58	4.3
01.01.1975	00:30	36.67	36.49	35	4.8
13.09.1974	04:55	37.40	36.06	59	4.2
17.08.1971	04:29	37.09	36.77	35	5.0
15.07.1971	06:15	37.20	36.80	34	4.6
11.07.1971	20:12	37.16	36.85	19	5.0
01.07.1971	23:15	37.17	36.91	0	4.5
29.06.1971	11:13	37.33	36.72	12	4.5
29.06.1971	09:08	37.11	36.85	35	5.0
24.05.1969	11:49	36.82	35.31	44	4.4
30.05.1968	12:32	36.30	36.20	0	4.3
07.04.1967	18:33	37.36	36.24	32	4.8
07.04.1967	17:07	37.43	36.17	38	4.6
26.06.1966	13:17	36.84	35.92	58	4.8
25.11.1965	02:06	37.24	36.22	50	4.5
01.04.1965	01:11	35.95	35.77	40	4.1
17.11.1964	22:50	36.81	35.33	4	4.6
02.02.1964	06:26	36.51	35.80	81	4.1
10.09.1961	16:17	37.02	36.11	0	4.7

16.07.1956	00:21	35.72	36.01	0	4.5
24.03.1953	21:17	37.02	37.00	10	5.2
22.10.1952	17:00	37.25	35.65	70	5.6
12.07.1951	06:51	36.60	36.30	0	4.8
08.04.1951	21:38	36.58	35.85	50	5.8
14.01.1950	22:19	36.50	35.80	0	4.5
14.07.1947	07:03	37.14	36.32	70	4.4
20.03.1945	07:58	37.11	35.70	60	6.0
14.06.1936	17:01	36.64	35.85	70	5.5
25.09.1933	09:46	37.00	35.50	0	5.0
17.12.1930	02:02	36.10	36.20	0	4.1
04.08.1929	15:12	36.50	36.00	0	4.7
23.08.1928	06:15	36.50	36.00	0	4.7
21.12.1923	14:11	36.20	36.00	0	4.0
25.12.1915	06:06	36.47	36.14	10	5.2

2.6. AFET DURUMU

İnceleme alanı ve yakın çevresi Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayınlanan ve Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" 'na göre 1. Derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. İnceleme alanı ve yakın çevresi deprem açısından oldukça hassas ve riskli durumdadır.

İnceleme alanı, ekte sunulan haritadan da görüleceği üzere drenaj ağına da bağlı olarak engebeli bir topografyaya sahiptir. İnceleme alanında, topografyası, yüzey drenaj ağı ve zemin özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, özellikle eğimin fazla olduğu kesimlerde yamaç duraysızlığı sorunları beklenmektedir (Şekil 2.10). Bunun dışında inceleme alanında çığ ve kaya düşmesi gibi bir sorun beklenmemektedir.



Şekil 2.10. İnceleme alanında görülen yamaç duraysızlıklarından bir görünüm

İnceleme alanında bulunan derelerin su seviyelerinin de mevsimsel yağışlara bağlı olarak yükselmesi muhtemeldir. Dolayısı ile inceleme alanında yer alan irili ufaklı tüm derelerin su baskını ihtimali konusunda Devlet Su İşleri'nin görüşünün alınması ve bu görüşler doğrultusunda hareket edilmesi gerekmektedir.

2.7. SU DURUMU

2.7.1. Yeraltı Ve Yerüstü Suları

İnceleme alanı sınırları içerisinde, Amanos dağlarının eteklerinden başlayarak kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Kisecik deresi ile Altın deresi geçmektedir. Her iki derede Antakya şehir merkezinden geçmekte olan Asi nehrine boşalmaktadır. Bu iki dere haricinde bu derelerin kolları olarak nitelendirilebilecek irili ufaklı bir çok kuru dere bulunmaktadır.

Kisecik deresi yılın dört mevsimi akışkan olup, buna karşın Altın deresi özellikle sıcak yaz mevsiminde kurumaktadır.

İnceleme alanı içerisinde ve yakın çevresinde bulunan dereler ve bunların irili ufaklı tüm kolları bölgenin doğal drenaj ağını oluşturmakta olup özellikle yağışlı mevsimlerde yerüstü sularının drenajı açısından büyük önem taşımaktadır.

2.7.2. İçme Ve Kullanma Suyu

İnceleme alanında, içme ve kullanma suyu ihtiyacı, şehir şebekesinden sağlanmaktadır. İnceleme alanında yeraltı suyu için gerekli jeolojik-jeofizik etütleri yapılarak içme ve kullanma suyu temin edilebileceği tahmin edilmektedir. Bu etütler neticesinde açılacak olan sondaj kuyularından elde edilecek suyun fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçlarının uygun olması halinde içme ve kullanma suyu olarak değerlendirilmesi mümkündür.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. JEOFİZİK ETÜT ÇALIŞMALARI

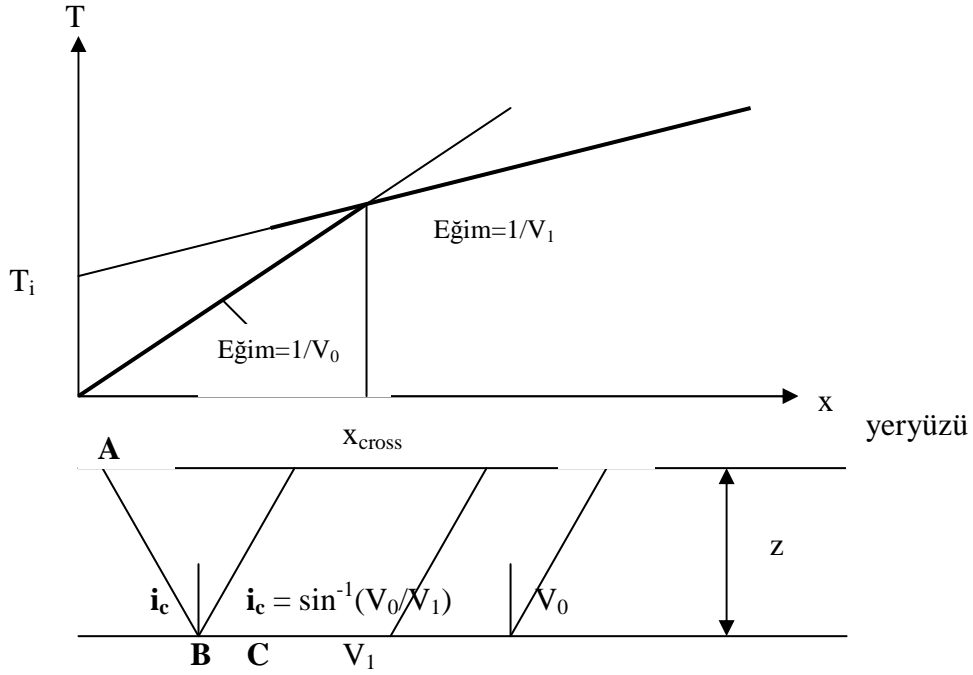
3.1.1.Sismik Kırılma Yöntemi

Refraksiyon atışında sismik sinyaller, haritalanan yatay derinliğe kıyasla atış noktasından büyük mesafelerde kaydedilirler. Patlama ile elde edilen dalgalar, yer içinden geçerek büyük yatay ve düşey mesafeler katederler. Çeşitli kaynak – alıcı uzaklıklarında yol almaları için gereken zamanlar, yayılımları boyunca içinden geçtikleri yer altı formasyonlarının derinlikleri ve hızları hakkında bilgi verirler.

dik olan ışın, sınır boyunca ikinci ortamdaki hızla yoluna devam edecektir. Şekilden de görüldüğü üzere;

$$\sin i_c = \frac{BE}{BC} = \frac{V_0 t}{V_1 t} = \frac{V_0}{V_1} \quad (3.1)$$

3.1.1.2. İki Tabakalı Hal



Şekil 3.2. İki tabakalı hal için en küçük zamanlı ışın yolları ve zaman uzaklık eğrisi

Kesme Zamanı (intercept time)

Atış noktasına göre çeşitli uzaklıklara yerleştirilmiş jeofonların uzaklıklarıyla, ilk gelen dalga zamanlarına göre yol – zaman eğrileri çizilir. Birinci doğru parçası, jeofonlara doğrudan gelen dalgaya aittir.

$$T_0 = \frac{x}{V_0} \quad (3.2)$$

Belirli bir uzaklıktan sonraki jeofonlara ilk gelen dalganın, yolunun bir kısmını ikinci tabakadaki hız ile kat ettiği görülür. Bu da eğrinin ikinci doğru parçasıdır. T_1 kırılan dalganın kat ettiği yol esnasında geçen süredir.

T_1 , ABCD yolu boyunca toplam zaman olmak üzere;

$$T_1 = \frac{AB}{V_0} + \frac{BC}{V_1} + \frac{CD}{V_0} \quad (3.3)$$

ve,

$$AB = CD = \frac{z}{\cos i_c} \quad , \quad BC = x - 2z \tan i_c \text{ 'dir.}$$

Snell yasasından kritik açı i_c ise;

$$\sin i_c = \frac{V_0}{V_1} \quad , \quad \cos i_c = \left(1 - \frac{V_0^2}{V_1^2}\right)^{1/2} \quad , \quad \tan i_c = \frac{V_0}{\sqrt{V_1^2 - V_0^2}} \text{ olur.}$$

Bütün bu ifadeleri, (3.3) denkleminde yerine koyarsak,

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{2z}{V_0 \cos i_c} + \frac{x}{V_1} - \frac{2z \tan i_c}{V_1} \\ &= \frac{x}{V_1} + \frac{2z}{V_0 \cos i_c} - \frac{2z \sin i_c}{V_1 \cos i_c} \\ &= \frac{x}{V_1} + \frac{2z}{V_0 \cos i_c} - \frac{2z \sin^2 i_c}{V_0 \cos i_c} \\ &= \frac{x}{V_1} + \frac{2z}{V_0 \cos i_c} (1 - \sin^2 i_c) \\ &= \frac{x}{V_1} + \frac{2z \cos i_c}{V_0} \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$T_1 = \frac{x}{V_1} + \frac{2z \sqrt{V_1^2 - V_0^2}}{V_1 V_0} \quad (3.5)$$

bulunur. ($T_1 - x$) grafiği çizildiğinde, eğimi $1 / V_1$ olan bir doğru olduğu görülür. Bu doğru;

$$T_i = 2z \frac{\sqrt{V_1^2 - V_0^2}}{V_1 V_0} \quad (3.6)$$

zamanında (T) eksenini (x=0) 'da keser. Burada **T_i kesme zamanı** olarak bilinir.

Derinlik (depth)

Yol – zaman eğrisinden süreksizliğe olan derinlik hesaplanabilir. Yol – zaman eğrisinden ölçülebilen parametreler, T, x, V₀, V₁ olduğu için, derinlik denklemini bu parametreler cinsinden yazabiliriz. Derinlik denklemini 3 şekilde yazabiliriz.

Kesişme Uzaklığından (crossover distance) derinlik tayini

x_c uzaklığında, iki doğrusal segman kesişirler. Bu uzaklıktan daha düşük mesafelerde direk gelen dalga alıcıya ilk ulaşır, bu uzaklıktan daha büyük mesafelerde, ara yüzeyde kırılan dalga alıcılara ilk gelir. Bu yüzden bu uzaklığa **kesişme uzaklığı** denir. Bu sebepten;

$$\frac{x_c}{V_0} = \frac{x_c}{V_1} + \frac{2z\sqrt{V_1^2 - V_0^2}}{V_1 V_0} \quad \text{olur. } z \text{ için denklemini çözersek,}$$

$$z = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_1 - V_0}{V_1 + V_0}} \quad (3.7)$$

elde edilir

Kesme zamanından (intercept time) derinlik tayini

$$T_i = 2z \frac{\sqrt{V_1^2 - V_0^2}}{V_1 V_0} \quad \text{kesme zamanı bağıntısını, } z \text{ için yazarsak;}$$

$$z = \frac{T_i}{2} \frac{V_1 V_0}{\sqrt{V_1^2 V_0^2}} \quad (3.8)$$

bulunur.

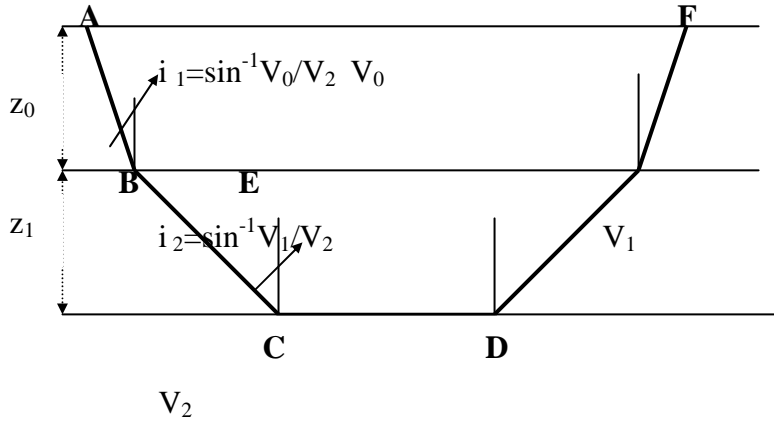
Eğrinin T₁ kısmı üzerindeki bir noktadan derinlik tayini

$$T_1 = \frac{x}{V_1} + \frac{2z\sqrt{V_1^2 - V_0^2}}{V_1V_0} \quad \text{denkleminin } z \text{ için basitçe çözümü}$$

$$z = \frac{V_1V_0}{2\sqrt{V_1^2 - V_0^2}} \left(T_1 - \frac{x}{V_1} \right) \quad (3.9)$$

şeklindedir.

3.1.1.3. Üç Tabakalı Hal



Şekil 3.3. Üç tabaka için en küçük zamanlı ışın yolları

Her bir yol parçası için zamanlar

$$T_{AB} = \frac{AB}{V_0} = \frac{z_0}{V_0 \cos i_1} = \frac{z_0}{V_0 \sqrt{1 - (V_0/V_2)^2}} = T_{EF} \quad (3.10)$$

$$T_{BC} = \frac{BC}{V_1} = \frac{z_1}{V_1 \cos i_2} = \frac{z_1}{V_1 \sqrt{1 - (V_1/V_2)^2}} = T_{DE} \quad (3.11)$$

olurken, A'dan F'ye toplam seyahat zamanı;

$$T = T_{AB} + T_{BC} + T_{CD} + T_{DE} + T_{EF}$$

$$T = \frac{2z_0}{V_0 \sqrt{1 - (V_0/V_1)^2}} + \frac{2z_1}{V_1 \sqrt{1 - (V_1/V_2)^2}} + \frac{CD}{V_2} \quad (3.12)$$

olarak ifade edilebilir. Burada,

$$CD = x - 2z_0 \tan i_1 - 2z_1 \tan i_2$$

$$= x - 2z_0 \frac{V_0}{V_2 \sqrt{1 - (V_0/V_2)^2}} - 2z_1 \frac{V_1}{V_2 \sqrt{1 - (V_1/V_2)^2}} \quad (3.13)$$

olur. Terimleri yeniden düzenleyerek,

$$T = \frac{x}{V_2} + \frac{2z_0 \sqrt{V_2^2 - V_0^2}}{V_2 V_0} + \frac{2z_1 \sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2 V_1} \quad (3.14)$$

ve kesme zamanı,

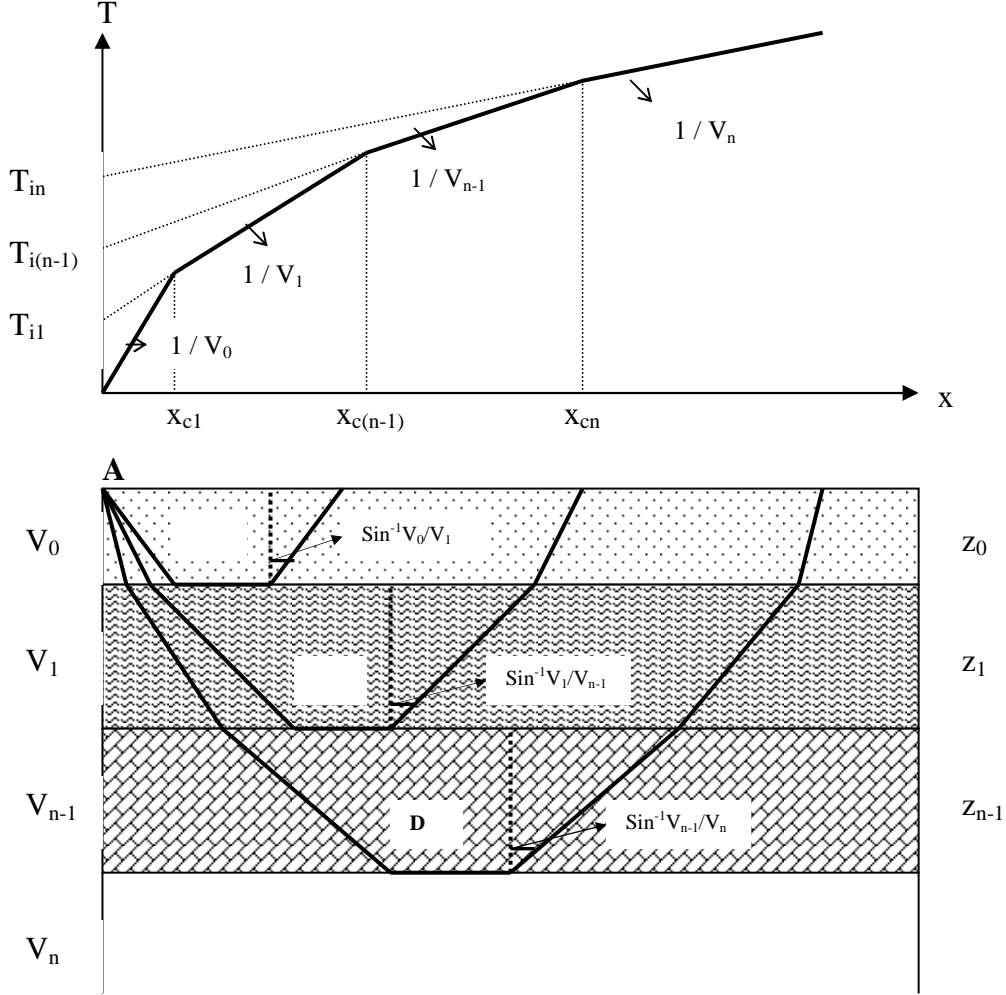
$$T_{i2} = T - \frac{x}{V_2} = \frac{2z_0 \sqrt{V_2^2 - V_0^2}}{V_2 V_0} + \frac{2z_1 \sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2 V_1} \quad (3.15)$$

bulunur. Son bağıntıyı z_1 için çözümlenerek,

$$z_1 = \frac{1}{2} \left(T_{i2} - \frac{2z_0 \sqrt{V_2^2 - V_0^2}}{V_2 V_0} \right) \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \quad (3.16)$$

elde edilir. Altındaki ara yüzeye olan derinlik z_0 ve z_1 'in toplamıdır. Burada z_0 , iki tabakalı ortam formülüyle hesaplanır.

3.1.1.4. Çok Tabakalı Hal



Şekil 3.4. Çok tabakalı durum için zaman uzaklık eğrisi

Çok tabakalı durumlar için; toplam seyahat süresi (T_n), kesme zamanı (T_i), derinlik (z) bağıntıları aşağıda verildiği gibidir.

$$T_n = \frac{x}{v_n} + \frac{2z_0 \sqrt{v_n^2 - v_0^2}}{v_0 v_n} + \frac{2z_1 \sqrt{v_n^2 - v_1^2}}{v_1 v_n} + \frac{2z_2 \sqrt{v_n^2 - v_2^2}}{v_2 v_n} + \dots + \frac{2z_{n-1} \sqrt{v_n^2 - v_{n-1}^2}}{v_{n-1} v_n} \quad (3.17)$$

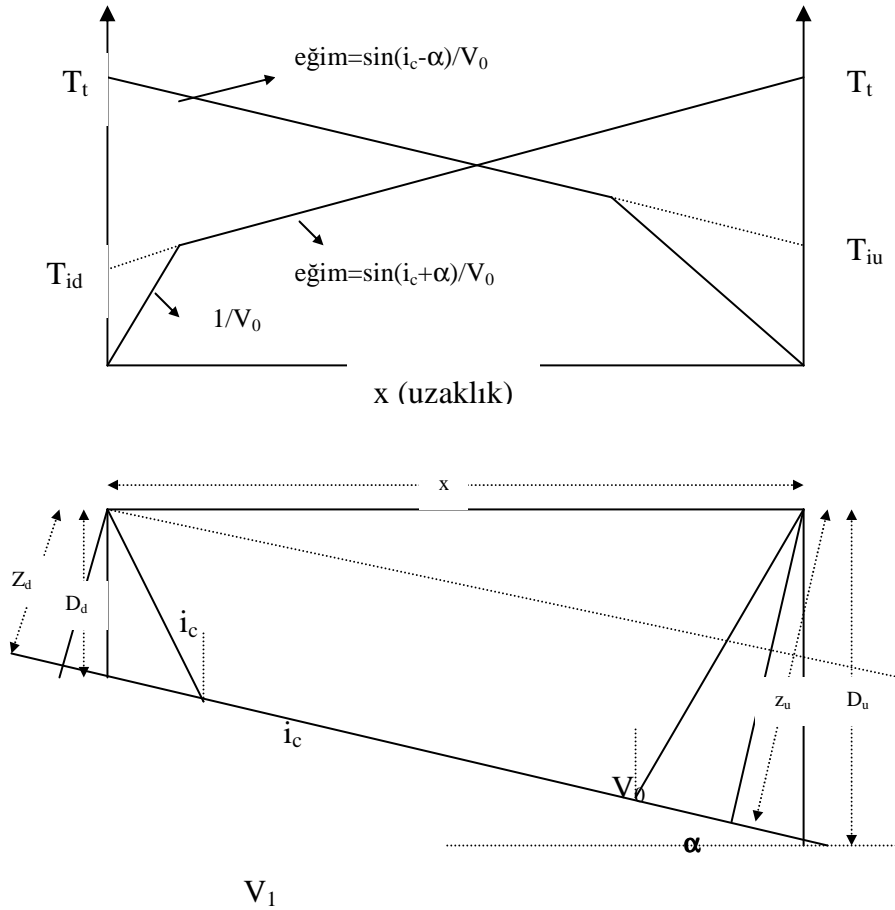
$$T_i = \frac{2z_0\sqrt{v_n^2 - v_0^2}}{v_0v_n} + \frac{2z_1\sqrt{v_n^2 - v_1^2}}{v_1v_n} + \dots + \frac{2z_{n-1}\sqrt{v_n^2 - v_{n-1}^2}}{v_{n-1}v_n}$$

(3.18)

$$z_{n-1} = \frac{v_{n-1}v_n}{2\sqrt{v_n^2 - v_{n-1}^2}} \left(T_i - \frac{2z_0\sqrt{v_n^2 - v_0^2}}{v_0v_n} - \frac{2z_1\sqrt{v_n^2 - v_1^2}}{v_1v_n} - \dots - \frac{2z_{n-2}\sqrt{v_n^2 - v_{n-2}^2}}{v_{n-2}v_n} \right)$$

(3.19)

3.1.1.5. Eğimli Tabakalar



Şekil 3.5. α açısıyla dalan aşağı eğimli tabaka.

Tabakalar arası ara yüzeyler birbirine paralel olmadığı zaman, hız - zaman grafiği bütün tabakaların doğru hızlarını direk vermez. Bir sismik kırılma testi sonucu olarak verilen Şekil 3.5' de eğim aşağı yönündeki görünür hız (V_{2D}), eğim yukarı yönündeki görünür hızdan (V_{2U}) daha düşüktür. Snell Kanunu' na göre,

$$\sin(i_c + \alpha) = \frac{v_1}{v_{2D}} \quad (3.20)$$

$$\sin(i - \alpha) = \frac{v_1}{v_{2U}} \quad (3.21)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} \frac{v_1}{v_{2D}} - \sin^{-1} \frac{v_1}{v_{2U}} \right) \quad (3.22)$$

bulunur.

Burada α ara yüzeyin eğimidir.

Üst tabakanın, ara yüzeye dik olarak hesaplanmış, her kaynak noktasındaki kalınlığı,

$$D_d = \frac{v_1 T_{id}}{2 \cos \alpha} \quad (3.23)$$

$$D_u = \frac{v_1 T_{iu}}{2 \cos \alpha} \quad (3.24)$$

olarak verilir.

2. tabakanın gerçek hızı,

$$v_2 = \frac{2v_{2D}v_{2U}}{v_{2D} + v_{2U}} \cos \alpha \quad (3.25)$$

bağıntısıyla bulunur.

SP_1 ve SP_2 kaynak noktalarından çıkan, D noktasındaki alıcıda kayıt edilen, seyahat süreleri T_{D1} ve T_{D2} olan dalganın davranışı şekil 3.5' de gösterilmiştir. Bu şekilden hareketle, toplam seyahat süresi,

$$T_t = \frac{AB}{v_1} + \frac{BCEF}{v_2} + \frac{FG}{v_1} = \frac{z_1}{v_1 \cos i_c} + \frac{s - z_1 \tan i_c - z_2 \tan i_c}{v_2} + \frac{z_2}{v_1 \cos i_c} \quad (3.26)$$

Sismik dalganın SP1 ve SP2 kaynaklarından çıkıp, D noktasındaki alıcıya ulaşması için geçen seyahat süreleri,

$$T_{D1} = \frac{AB}{v_1} + \frac{BC}{v_2} + \frac{CD}{v_1} = \frac{z_1}{v_1 \cos i_c} + \frac{x_D - z_1 \tan i_c - z_D \tan i_c}{v_2} + \frac{z_D}{v_1 \cos i_c} \quad (3.27)$$

$$T_{D2} = \frac{FG}{v_1} + \frac{EF}{v_2} + \frac{DE}{v_1} = \frac{z_2}{v_1 \cos i_c} + \frac{(s - x_D) - z_2 \tan i_c - z_D \tan i_c}{v_2} + \frac{z_D}{v_1 \cos i_c} \quad (3.28)$$

bağıntılarıyla verilir.

(3.26), (3.27) ve (3.28) bağıntılarının kombinasyonundan,

$$T_{D1} + T_{D2} - T_t = \frac{2z_D}{v_1} \frac{1 - \sin^2 i_c}{\cos i_c} \quad (3.29)$$

bağıntısı elde edilir.

Buradan alıcının bulunduğu D noktasındaki tabaka kalınlığı hesaplanmak istenirse,

$$z_D = \frac{1}{2} \frac{(T_{D1} + T_{D2} - T_t)v_1}{\cos i_c} \quad (3.30)$$

bulunur.

3.1.2 Yöntemin Çalışma Alanına Uygulanması

Sismik kırılma etüt çalışmalarında 12 kanallı “Geometrics” marka ölçüm cihazı kullanılmıştır. Çalışmalar esnasında enerji kaynağı olarak balyoz kullanılmıştır. Enerjinin zemine daha kolay yayılabilmesi için disk şeklinde 5 cm kalınlığında plaka kullanılmıştır.

Yapılan, sismik çalışmalar sonucunda zeminin (S-7 ve S-24 profili hariç) 2 tabakadan oluştuğu ortaya konmuştur. S-7 ve S-24 nolu sismik ölçüm profilleri ise üç tabakadan oluşmaktadır.

En üstte yer alan rezidüel tabakanın kalınlığı 1.3 ile 3.5 m arasında değişmektedir. Bu tabakaların boyuna dalga hızı (V_p) 172-846 m/s iken enine dalga hızı (v_s) 53-639 m/s arasındadır. Altteki tabakanın boyuna dalga hızı (V_p) 704-2547 m/s iken enine dalga hızı (v_s) 322-1000 m/s arasında değişmektedir.

Tabakaların yoğunlukları ise, 1.12-2.33 gr/cm³ aralığında olup, Poisson oranları ise 0.1-0.47 arasındadır.

Zemin hakim titreşim periyotları ise inceleme alanında oldukça farklılık göstermekte olup 0.24-0.63 arasında değişmektedir.

Sismik serimler, inceleme alanının durumu dikkate alınarak yapılan sondajlara ve diğer arazi çalışmaları ile korelasyonu sağlayacak şekilde yapılmıştır. Araziye yapılan sismik ölçüm hatları EK-1' de verilmektedir. İnceleme alanında toplam 33 noktada karşılıklı atışlı sismik kırılma ölçüsü alınmıştır (Tablo 3.1). Açılım yönleri seçilirken birimlerin mostradaki uzanımları ve topografik koşullar göz önüne alınmıştır. Sismik kırılma çalışmaları, 3-6 m jeofon aralıkları ile 36-72 m profiller boyunca alınmıştır. Arazi verileri SIP Version 4.1 programında değerlendirilmiştir. İnceleme alanında yapılan sismik ölçümlerinden elde edilen V_p ve V_s hızları Tablo 3.2.' de verilmiştir.

Rimroc Geophysics Inc. firması tarafından hazırlanan SIP programı DOS altında çalışmaktadır. Yazılımın tam sürümü anasürücüye atıldıktan sonra SIP klasörü içerisinde her biri farklı arayüze sahip 5 adet modül bulunmaktadır. Bunların herbiri farklı işleve sahip SIPIK, SIPIN, SIPPEDT, SIPT2, SIPLLOT modülleri olup ayrı ayrı dos ekranında çalışmaktadır. SIPIK modülü; kullanılan sismik cihazın türüne göre ayarların yapıldığı, kayıtların düzenlendiği, dalga biçimi ve atış türü ile ilgili düzenlemelerin yapıldığı modüldür. SIPIN modülünde; serim sayısı, serim geometrisi, varış zamanları, katman atamaları ve eğim düzeltmeleri gibi işlemler yapılır. SIPPEDT modülünde; data dosyalarının görüntülenmesi, serim ve hız verilerinin kontrolü, jeofon verileri ve serim konumlarının görüntülenmesi, T-D grafiğinin görüntülenmesi ve verilerin yeniden gözden geçirilmesi gibi işlemler yapılır. SIPT2 modülünde; giriş veri dosyaları, hız analizi tabloları, zaman uzaklık eğrileri, derinlik modeli tablo ve kesitlerinin görüntülenmesi ve yazıcıdan çıktı alınması gibi işlemler yapılır. SIPLLOT modülünde ise

hazırlanan kesitler üzerinde çizim türleri ve kriterleri belirlenerek çıkış dosyaları yazdırılır.

Tablo 3.1. Sismik ölçüm hatlarının koordinatları

Tarih	X	Y	Z	PROFİL BOYU (m)	AÇILIM YÖNÜ
S-1	510690,4	4010448,3	139	36	D-B
S-2	510855,1	4010674,6	131	36	D-B
S-3	511168,3	4011096,9	151	36	D-B
S-4	511525,9	4011571,5	172	36	K-G
S-5	511730,8	4011848,5	174	36	K-G
S-6	511897,1	4011455,2	150	72	D-B
S-7	511365,5	4011984,9	194	36	D-B
S-8	510966,9	4012399,9	184	36	K-G
S-9	510729,2	4012630,0	189	36	K-G
S-10	510411,2	4012952,2	175	36	G-K
S-11	511092,8	4011448,4	153	36	G-K
S-12	511045,6	4011905,9	172	72	G-K
S-13	510922,8	4012867,3	224	36	K-G
S-14	508649,3	4011957,5	257	36	D-B
S-15	509000,6	4012115,0	227	36	K-G
S-16	509154,2	4012421,7	227	36	B-D
S-17	509623,6	4012837,0	186	36	K-G
S-18	510098,7	4013230,8	227	36	G-K
S-19	509518,8	4014362,7	223	36	K-G
S-20	509648,4	4013904,3	199	36	K-G
S-21	509817,2	4013361,6	184	72	D-B
S-22	509987,8	4012720,4	175	36	B-D
S-23	510187,8	4012124,4	150	36	K-G
S-24	508437,2	4012781,5	269	36	G-K
S-25	508731,9	4012359,1	229	36	K-G
S-26	509444,1	4011592,2	215	36	D-B
S-27	509800,6	4011210,3	182	36	G-K
S-28	510313,5	4010647,5	165	36	D-B
S-29	511101,5	4010101,1	120	36	D-B

S-30	511220,3	4010266,6	132	36	G-K
S-31	511398,4	4010558,0	145	36	G-K
S-32	511772,9	4011105,0	162	36	G-K
S-33	512328,6	4011912,6	152	36	B-D

Tablo 3.2. V_p , V_s hızları ve derinlikler

Serim No	Tabaka	V_p (m/s)	V_s (m/s)	H (m)
S-1	1	336	79	2.16
	2	1775	477	
S-2	1	327	104	2.21
	2	1782	525	
S-3	1	299	107	2.34
	2	1743	435	
S-4	1	295	63	3.34
	2	1216	721	
S-5	1	190	73	1.35
	2	1667	394	
S-6	1	285	111	2.65
	2	1588	493	
S-7	1	185	114	1.57
	2	1083	322	7.17
	3	2190	595	
S-8	1	341	145	2.35
	2	1623	359	
S-9	1	221	87	1.68
	2	704	491	
S-10	1	217	66	2.08
	2	1659	595	
S-11	1	288	82	2.52
	2	1831	510	
S-12	1	353	137	2.42
	2	1638	533	
S-13	1	324	78	1.41
	2	1557	402	
S-14	1	206	108	1.53
	2	1529	513	
S-15	1	224	118	1.4
	2	1911	594	
S-16	1	191	85	1.77
	2	1679	601	
S-17	1	208	95	1.97
	2	1787	612	
S-18	1	409	91	2.10
	2	1883	518	
S-19	1	846	639	0.46
	2	2200	722	
S-20	1	318	267	2.04
	2	2386	723	
S-21	1	306	122	2.47
	2	1747	526	
S-22	1	220	95	1.57
	2	1876	498	
S-23	1	245	104	1.81
	2	1746	546	

S-24	1	227	119	1.22
	2	1161	329	5.68
	3	3202	1289	
S-25	1	285	161	1.89
	2	1949	681	
S-26	1	304	146	0.96
	2	1644	556	
S-27	1	468	293	1.71
	2	1413	561	
S-28	1	197	113	2.20
	2	1712	855	
S-29	1	286	155	2.75
	2	1951	617	
S-30	1	240	105	3.53
	2	1614	1000	
S-31	1	303	109	2.96
	2	2547	483	
S-32	1	241	83	2.83
	2	1597	579	
S-33	1	172	53	1.3
	2	1670	368	

3.1.3. Elektrik Özdirenç (Rezistivite) Yöntemi

Elektrik özdirenç yöntemi ile, yeraltındaki yapıların dizilimi, yapısal bileşimi, matrix yapısı, gözenekliliği, su içeriği, süreksizliği, v.b. fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma ile sahada yapılan jeolojik gözlem, hidrolojik bilgi ve değerlendirmeler ile jeofizik sonuçların korelasyonu yapılarak , hidrolojik durum ve değerlendirmeler aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Homojen yarı sonsuz uzay gibi ideal bir ortamın içinde, dört elektrotlu bir dizinim ile yer içine gönderdiğimiz akımın akış çizgileri bir dipolün ürettiği akım çizgilerine benzerdir. Böyle bir ortamda, dört elektrotlu bir dizinimle saptanan özdirenç değeri yarı sonsuz uzayın gerçek özdirencine eşittir. Ama gerçek durumda özdirenç farklı litolojiler ve jeolojik yapılar tarafından belirlenir ve yeraltı gerçekte homojen değildir. Bu karmaşa yer içinin homojen olduğunu kabul eden dört elektrot yöntemiyle ölçüm yaparken hiç dikkate alınmaz. Bu tür ortamlar üzerindeki ölçmelerin sonucunda hesaplanan özdirenç değeri yer altında bulunan hiçbir yapının gerçek özdirencine eşit

değildir. Bu nedenle, karmaşık ortamlar üzerindeki ölçmelerden elde edilen özdirenç değeri, görünür özdirenç olarak adlanır. Görünür özdirenç değeri, aşağıdaki farklı özdirençteki yapıların tümün özdirencine eşdeğer bir özdirence sahip tekdüze yarı uzayın özdirenci gibi de düşünülebilir.

Örnek olarak yatay katmanlı bir ortamda özdirenç bakalım. İki katmanlı bir ortamda iletken yarı uzay üzerinde duran ilk katmanın kalınlığı d ve özdirenci ρ_1 olsun, yarı uzayın özdirenci ρ_2 olsun. Eğer akım elektrotları birbirine çok yakın olursa yani $L \ll d$ olursa, akımın büyük bölümü ilk katmanda kalacaktır. Dolayısı ile bulunan özdirenç ilk katman özdirenci olan ρ_1 'e yakın olacaktır. Elektrot aralaması arttıkça akım çizgilerinin ulaştığı derinlik artar. Oransal olarak daha fazla akım ikinci (daha az rezistif) katmandan akar. Elektrot aralığı ilk katmanın aralığından daha büyük olduğunda ($L \gg d$) bulunan özdirenç ikinci katmanın özdirencine yakındır. Bu iki uç durum arasında ölçülen voltajdan saptanan özdirençler görünür özdirençtir. Görünür özdirenç kesin olarak iki katmanın özdirencini de temsil etmez.

3.1.3.1. Özdirenç (Rezistivite) Kavramı

Gerçekte ölçülen yerin direnci ($R=V/I$) ise, direnç belli bir yer katmanının içinden geçen elektrik akımına direnci, katmanın kalınlığı ve onu oluşturan malzemenin özdirencinin çarpımı ile belirlenir ($R_1=t_1 \cdot \rho_1$). Yatay katmanlı bir ortamın yüzeyinde ölçtüğümüz direnç ise bütün katmanların dirençlerinin toplamıdır. Yani, yer yüzünde ölçtüğümüz direnç, her bir katmanın kendi özdirenci ve kalınlığına bağlıdır. Bu nedenle, karmaşık ortamlar üzerinde ölçülen değerin (R), dizininin geometrik faktörü (K) ile çarpılmasıyla elde edilen özdirenç değeri, görünür özdirenç olarak adlanır.

Özdirenç yöntemi yapay kaynaklı, aktif bir yer-elektrik yöntemidir. Yani, yer yüzeyine yerleştirilen bir çift elektrotla yer içine akım gönderilerek yer uyarılır ve yerin tepkisi ölçülür. Özdirenç yöntemi, ohm yasasının, arazide uygulanmasına dayanır. Bir başka deyişle, yer yüzeyinde belli aralıkla çakılmış iki elektrottan, yer içine belli büyüklükte bir akım gönderilerek, bu akımın oluşturduğu potansiyel farkı yer yüzeyinde ölçülür. Bilinen akım (I) ve ölçülen potansiyel kullanılarak (V), ohm kanunu uyarınca

verdiğimiz akıma karşı yerin gösterdiği direnç (R) saptanır. Biz jeofizikte ölçtüğümüz direnç yerine, maddenin (kayaçların) fiziksel bir özelliği olan özdirençle ilgileniriz. Özdirenç (ρ), kullandığımız elektrot dizininin yer yüzeyinde serildiği uzunluk (Geometrik faktör K) ile yerin direnci (R) çarpılarak saptanır. Bu yolla elde ettiğimiz büyüklük, yer altında bulunan bütün birimlerin tek tek özdirençlerini değil, tümünün karmasından oluşmuş bileşke bir özdirenç değeridir (görünür özdirenç).

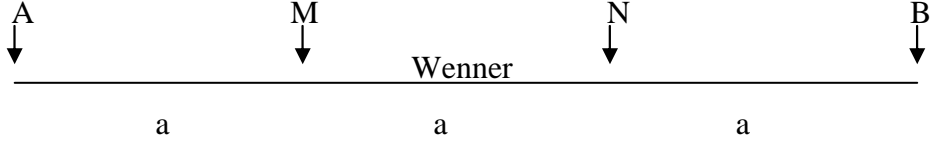
Yerin elektriği iletebilme yeteneği, arazi üzerinde ve yerden yere değişir. Bu değişim izlenerek, yer içi yapısı haritalanır. Dolayısıyla kayaçların elektriği iletme mekanizmasını anlamak özellikle önemlidir.

3.1.3.2. Elektrod Dizilimleri ve Düşey Elektrik Sondajı

Bu ölçü tekniğinin uygulanışında arazide bir simetrik elektrod dizilimi (Wenner veya Schlumberger) daha yaygın kullanılır (Şekil 3.6 ve 3.7' de her iki dizilimin görünümü verilmiştir). Bu dizilimin merkezi DES noktasıdır. Ölçülen görünür özdirenç değerleri bu noktanın altına atanırlar. DES tekniğinde bu merkez noktada yayılı bulunan elektrod dizilimindeki akım ve gerilim elektrodları arası belli bir sistematik içerisinde daha geniş açılarak ölçüler alınır.

Wenner dizilimine göre bütün elektrodlar eşit aralıklarla dizilmiştir (Şekil 3.6). Ortadaki O noktasına göre simetrik bir dizilim söz konusudur. Eşit elektrot aralığı nedeni ile K dizilim katsayısı kolaylıkla hesaplanması, ölçüm duyarlılığına daha az gereksinim duyulması ve verilerin doğrudan değerlendirilebilmesi yöntemin avantajları arasında sayılabilir. Ancak yüzeye yakın yanal elektriksel süreksizliklere duyarlılığının fazla olması, her yeni ölçüm için tüm elektrotlarının yer değiştirme zorunluluğundan dolayı işçiliğin artması yöntemin zorlukları arasında gösterilebilir.

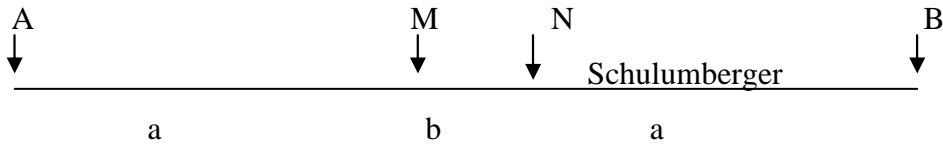
$$\text{Wenner: } \rho_a = 2\pi a \frac{\Delta v}{I}$$



Şekil 3.6. Wenner elektrot dizilimi

Schlumberger diziliminde akım elektrodları (A ve B) birbirlerinden $2r$ kadar bir uzaklığa yerleştirilmiştir. Gerilim elektrodları (M ve N) ise $2r > 5MN$ olacak şekilde yerleştirilmiştir (şekil 3.7’de gösterilmiştir). Ortadaki O noktasına göre simetrik dizilim söz konusudur. Wenner yöntemine göre daha az işçilik ister. Ancak verinin ilk değerlendirilmesi yapılmalıdır.

$$\text{Schlumberger: } \rho_a = \frac{\pi a^2}{b} \left[1 - \frac{b^2}{4a^2} \right] \frac{\Delta v}{I} \quad a \geq 5b$$



Şekil 3.7. Schlumberger elektrot dizilimi

Dipole-dipole elektrik diziliminde akım ve gerilim elektrod çiftleri birbirlerinden ayrı olarak arazide yerleştirilir. Her iki çiftin aralarında n çarpanı ($n=1, 2, 3$ gibi tamsayı) kadar ($n \times$ elektrod aralığı) bir uzaklık vardır (yukarıda gösterilmiştir). Bu dizilim türü daha çok yapay polarizasyon (**IP**) uygulamalarında tercih edilir. n -aralıklamasına bağlı olarak yapılan çizim tekniği ile elde edilen IP andıran kesitleri maden jeofiziğinde

başarılı bir uygulamadır. Ayrıca özel jeolojik problemlerin çözümünde yukarıda verilen bazı Dipol dizilim türlerinin kullanıldığı bilinmektedir.

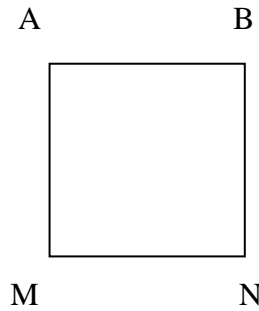
$$\text{Dipole-dipole: } \rho_a = \pi n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta v}{I}$$



Şekil 3.8. Dipole-dipol elektrot dizilimi

Kare elektrot diziliminde elektrotlar, potansiyeller ve düşey mesafeler aynı uzaklıktadır. Bu dizim türü son yıllarda sığ yeraltı araştırmaları ve yanal süreksizliklerin tespitinde etkin olarak kullanılmaktadır.

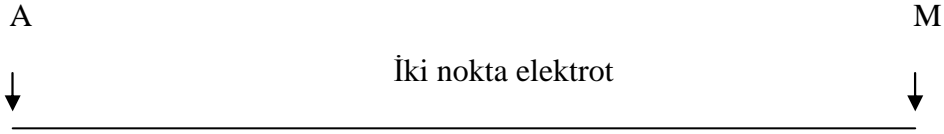
$$\text{Kare dizilim: } \rho_a = \pi a(2 + \sqrt{2}) \frac{\Delta v}{I}$$



Şekil 3.9. Kare elektrot dizilimi

İki nokta elektrot diziminde akım ve potansiyel elektrotlarının birer tanesi sonsuzda yer almaktadır. Bu yönü ile yanal yöndeki süreksizlik ayrımlarının tayininde hızlı ve kolay ölçüm olanağı sağlamaktadır.

İki nokta elektrot: $\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta v}{I}$ burada $\Delta v = v(a)$ dır.



Şekil 3.10. İki nokta elektrot dizilimi

3.1.3.3. Eşdeğer Özdirenç ve İletkenlik

Bir jeolojik kesitte farklı litolojiye sahip pek çok katman bulunabilir. Bu katmanlardan herhangi ikisinin özdirenci aynı ise jeolojik olarak farklı litolojideki katmanlar jeoelektrik yöntemler için fark göstermezler. Bir başka deyişle litolojik olarak var olan iki katman jeoelektrik için tek bir birimdir. Bunun aksine, aynı birimin yer altı su tabakasının üstünde kalan kuru kısmı ve altında kalan ıslak kısmı litolojik bir sınır tanımlamaz yani kayaç aynı kayaçtır. Ancak su içeriği, kayaçların elektriksel özdirencini önemli ölçüde düşürdüğünden, litolojik (jeolojik) bir sınır olmasada jeoelektrik bir sınır vardır. Jeoelektrik yöntemlerde amaç, litolojilere ya da aynı litolojide değişen fiziksel koşullara göre özdirençleri farklı olan ortamlar arasındaki sınırları belirlemektir.

Yatay katmanlı bir yer altı jeolojisindeki, bir jeoelektrik birim (bir katman) ρ_i katman özdirenci ve katmanın t_i kalınlığı ile temsil edilir. "i" burada katman numarasıdır. (i=1 ise ilk katman i=2 ise ikinci katman). Bu iki parametreden başka her bir katmanın katman özdirenci ve kalınlığından elde edilen dört parametreden söz etmek mümkündür. Bunlar boyuna iletim SL (ms); enine direnç T (Ωm^2); boyuna özdirenç ρ_L (Ωm) ve enine özdirenç ρ_T (Ωm)'dir. Ortamda yer alan her katman için boyuna iletim ve enine dirençlerin toplamı Dar-Zouruk parametreleri olarak bilinir. Boyuna iletim ve enine direnç kavramları çok katmanlı bir ortamda üzerinde ölçüm yapılması dolayısıyla, gerçek özdirençlerin bilinmemesi durumunda önem kazanır. Kendi özdirenci ve kalınlığı olan n sayıda katman içeren bir ortam düşünelim. Boyuna iletim ve enine direnç tüm katmanların özdirenç ve kalınlık oranlarının toplamı ile elde edilmiş

parametrelerdir. Bu parametrelerden elde edilen özdirenç bu katmanların birlikte oluşturduğu özdirence eşdeğer olacaktır. Dolayısı ile bu ortam özdirenci tüm bu katmanlarınkinin hiç birine eşit olmadığı halde tüm ortaminkine eşdeğer olan tek bir katmanla temsil edilebilir.Eşdeğer kalınlık eşdeğer özdirencin büyüklüğüne bağlı olarak katmanların toplam kalınlığından farklı olabilir.

Eşdeğer katman kavramı modellemede çok önemlidir.Çünkü dört elektrotlu, açınımlar homojen bir yer düşünülerek geliştirilmiştir.Dolayısı ile çok karmaşık bir ortam birden çözümlenemez.Karmaşık ortam çözümü için durumu basite indirmek gerekir.Çok katmanlı bir ortam önce iki katmanlı kabul edilerek değerlendirme yapılmaktadır. Yapılan ölçümlerden elde edilen eğrinin ilk iki katmanın etkisini taşıyan değiştirgenlerin değeri bulunur.Ancak üç katmanın özdirencini bulmak istediğimizde yeniden iki katman yaklaşımını kullanabilmemiz için,ilk katmanı tek bir katmana çevirmemiz gerekir.Bunun için, kalınlığı ve özdirenci ilk iki katmaninkine eşdeğer olan tek bir katman tanımlamamız gerekir. Bu katman üstteki ilk iki katmanın yerine geçirilerek,ilk katman gibi değerlendirilir. Üçüncü katman ise ikinci katman (alttaki yarı sonsuz katman) gibi değerlendirilerek işlem yapılır. Arazi eğrisinden yer altı modelini çözümlemek için bilgisayar veya elle işlem yapılmaktadır. Her iki durumda da eşdeğer katman kavramı problemi yalınlaştırdığından, çözüme ulaşmakta çok önemli bir kolaylık sağlamaktadır.

3.1.3.4. İki Katman Görünür Özdirenç Verilerinin Değerlendirilmesi

İki katmandan oluşmuş bir yer yuvarının saptanması beklenen üç parametresi vardır. Bunlar;birinci katmanın özdirenci ρ_1 , kalınlığı t_1 ve ikinci katmanın özdirenci ρ_2 dir. Bu parametreler, arazi eğrisi ile iki katman model eğrilerinin karşılaştırılması ile bulunabilir. Bu karşılaştırma hem arazi hem de model eğrinin çift logaritmik kağıtta çizimi ile gerçekleştirilebilir. Görünür özdirenç eğrisinin çift logaritmik kağıtta çiziminin iki nedeni vardır. Birinci neden, görünür özdirenç ve açılım uzaklığının geniş bir aralıkta değişmesi halinde,görünür özdirenç eğrisinin çiziminin olanaklı olması ve küçük açılım değerleri için özdirenç değişimlerinin iyi bir duyarlılıkta belirlenmesidir. İkinci neden ise; çift logaritmik kağıtta çizilmiş bir eğrinin yatay ve düşey eksenlerinde gösterilen büyüklüklerin birer sabit sayı ile çarpılmaları durumunda eğrinin şeklinin

değişmemesi yalnızca yerinin kaymasıdır. Bu özellik çakıştırma (eğri çakıştırma) ile yoruma izin verilir. $\rho_1 = 1\Omega m$ ve $t_1 = 1m$ alınarak, $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ oranının veya $k=$

$\frac{(\rho_2-\rho_1)}{(\rho_2+\rho_1)}$ yansıma katsayısının çeşitli değerleri için model eğriler hesaplanır veya bu tür bir eğri grubu hazır olarak bulunabilir.

Arazi eğrisi saydam bir kağıda çizilerek, abak üzerine üzerine konur. Arazi eğrisinin ve abağın yatay ve düşey eksenleri birbirine paralel kalacak şekilde, arazi eğrisi abak üzerinde gezdirilir. Arazi eğrisi ve model eğrilerinden birinin biriyle çakışması durumunda, abağın merkezi arazinin bulunduğu kağıdın üzerine bir + işareti ile işlenir. Bu işaretin yatay eksen değeri ilk katman kalınlığı t_1 ve düşey eksen değeri ilk katman öz direnci ρ_1 'e eşittir. Arazi eğrisinin abak üzerinde kaydırılması, arazi eğrisi ile aynı fonksiyonel özelliğe sahip, fakat katman parametre değerleri birer sabit ile çarpımı kadar farklı eğrinin aranması demektir. Çakıştırma işleminin tamamlanması ile bu sabitler ve dolayısıyla katman parametreleri saptanmış olur. İkinci katmanın öz direnci ise, çakışmanın sağlandığı model eğrinin son kısmında yazılı olan $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ oranı veya k yansıma katsayısından bulunabilir.

3.1.3.5. Yardımcı Nokta Kartlarıyla Değerlendirme

Çakıştırma yoluyla değerlendirmede, doğanın çok çeşitli durumları için, arazi eğrisiyle çakışacak model eğri bulunamayabilir. Ayrıca çakıştırma yöntemi için çok fazla sayıda model eğri hazırlamak gerekir. Katman sayısı arttıkça bu iş daha da güçleşir. Çakıştırma yoluyla değerlendirme çok kere başarısızlıkla sonuçlanabilir. Değerlendirmeyi basitleştirmek ve pratikleştirmek için yardımcı nokta kartı yöntemi çok kere tercih edilir.

Bu değerlendirme yöntemi üç ve dört katman arazi eğrilerinin çözümünde kullanılır. Daha az doğrulukla beş katman arazi eğrilerinin değerlendirilmesine olanak verir. Yöntem esas olarak iki katman model eğrileri yardımıyla üç katman arazi eğrilerinin

değerlendirilmesi için verilmiştir. İlk iki katmanın değerlendirilmesi çakıştırma yoluyla yapılır.

İlk iki katman; birinci ve ikinci katmanların kalınlıkları yerine, eşdeğer kalınlık h_e , öz dirençleri yerine eşdeğer öz direnci ρ_e olan tek katman haline getirilir. Böylece üç katman arazi eğrisi, birinci katman kalınlığı h_e ve öz direnci ρ_e olan iki katman eğrisine dönüşür ve iki katman abaklarıyla yorumlanabilir.

Yardımcı nokta kartları yöntemi ilk kez Ebert (1943) tarafından sunulmuş, Orellana ve Mooney (1966), Ebert (1943)'in yöntemini geliştirmişlerdir. Ayrıca, bu konudaki tüm çalışmalar Zohdy (1965)'in makalesinde toplanmıştır. Bu yöntemin geliştirilmesinde bu güne kadar yalnız Shulumberger açılımı ele alınmıştır. İki katmanın eşdeğer tek katmana indirgenmesi (daha önce söz edilmişti) verilmiştir. Şimdi üç katman durumunda akımın, katmanlar içinde ana yönelmesine göre, örnek olarak H tipi eğriler için indirgeme işlemi görelim.

H tipi eğriler

H tipi ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$): Bu tip eğrilerde birinci katman ikinciden dirençlidir. Üçüncü katman ikinciden, bazı hallerde de birinciden de dirençlidir. Kırılma yasaları gereğince akımın ilk iki katmandaki doğrultusu, yaklaşık olarak katmanlara paralel olacaktır. Böylece yatay doğrultuda izotrop iki katman, aynı kalınlıktaki tek katmana indirgenecektir.

$$h_e = t_1 + t_2 \quad (3.31)$$

bu nedenle T enine direnç ihmal edilir. Boyuna iletkenlik S, iki tabakanın boyuna iletkenlikleri toplamıdır.

$$S = S_1 + S_2 = \frac{t_1}{\rho_1} + \frac{t_2}{\rho_2} = \frac{h_e}{\rho_e} \quad (3.32)$$

h_e 3.32 denklemde yerine konup, ρ_e yazılırsa,

$$\rho_e = (t_1 + t_2) \left(\frac{t_1}{\rho_1} + \frac{t_2}{\rho_2} \right) = \rho_s \quad (3.33)$$

elde edilir.

(3.32) ve (3.33) denklemleri çift logaritmik kağıda çizilirse (3.32) denklemi düşey eksene paralel bir doğruyu, (3.33) ise yatay eksenle 45° lik açı yapan bir doğruyu temsil eder.

İki doğrunun kesim noktasının (H noktasının) koordinatları; $\mu = \rho_2/\rho_1$, $\gamma = t_2/t_1$ kısaltmaları ile

$$\text{yatay eksen} = X_H/t_1 = 1 + \gamma$$

$$\text{düşey eksen} = Y_H/\rho_1 = (1 + \gamma)/(1 + \gamma/\mu) \quad (3.34)$$

olarak yazılabilir.

Bu denklemlerden, “yardımcı H nokta kartı” diye bilinen μ ve γ nın çeşitli değerleri için çizilen eğriler elde edilir.

H tipi eğri için yardımcı nokta kartları ile değerlendirme işlemi şöyledir (Q tipi eğri de benzer yolla değerlendirilir);

1. Arazi eğrisinin sol yarısı iki katman model eğrileriyle karşılaştırılır. Eğrinin ilk kısmı iki katman problemi gibi ele alınarak, karşılaştırma yöntemiyle ilk + işareti konur ve t_1, ρ_1, ρ_2 bulunur. ρ_2/ρ_1 oranı not olarak alınır.
2. Birinci + işareti, H tiپیardımcı nokta kartının merkezine konur ve ρ_2/ρ_1 oranını veren eğri, kesik çizgilerle çizilir.
3. Yeniden iki katman model eğrileri alınır. Model eğrilerinin merkezi, kesik çizilmiş çizgi üstünde kalacak şekilde ve eksenler birbirine paralel olarak gezdirilir. Arazi eğrisinin sağ bölümü iki katman model eğrilerden biriyle karşılaştığı anda, ikinci + işareti işaretlenir. Çakışmanın sağlandığı eğrinin ρ_2/ρ_1 oranı not edilir. Aslında bu ikinci ρ_2/ρ_1 oranı, ρ_3/ρ_e dir. İkinci + işaretinin eksen değeri ρ_e ye eşit olduğundan ve ρ_3/ρ_e oranı bilindiğinden ρ_3 hesaplanabilir.
4. Arazi eğrisi yeniden yardımcı nokta kartı ile karşılaştırılır. Bu karşıtırmada birinci + işareti, yardımcı nokta kartının merkezine konmalıdır. İkinci işaretin, yardımcı nokta kartında kesik çizgilerle verilmiş t_2/t_1 kalınlık oranı çizgilerine paralel olarak absisi kestiği yer (t_2+t_1) yi verir. t_1 bilindiğinden t_2 hesaplanabilir. t_1 ve t_2 katmanların

kalınlıklarıdır. h_1 ve h_2 ise katmanların alt sınırlarının derinlikleridir. İkinci katmanın derinliği h_2 , t_1 ve t_2 kalınlıklarının toplamıdır.

A tipi ve benzer yardımcı nokta kartına sahip K tipi eğrilerin yardımcı nokta katlarıyla değerlendirilmesi.

1. İki katman model eğrileriyle, arazi eğrisinin ilk bölümü değerlendirilir.
2. Arazi eğrisi, ρ_2/ρ_1 oranına göre yardımcı nokta kartında düşey eksen üzerindeki, aynı oran için verilen başlangıç noktasına konur. ρ_2/ρ_1 oranını veren eğri kesik çizgilerle çizilir.
3. Yeniden model eğri alınır ve H tipi için anlattığımız yolla ikinci + işareti işaretlenir. Çakışmanın sağlandığı eğrinin ρ_2/ρ_1 oranı not edilir. Aslında bu ikinci ρ_2/ρ_1 oranı ρ_3/ρ_1 dir. İkinci + işaretinin düşey eksen değeri ρ_e ye eşit olduğundan ve ρ_3/ρ_e oranı bilindiğinden ρ_3 hesaplanabilir.
4. arazi eğrisi yeniden yardımcı nokta kartı ile karşılaştırılır. Bu karşıtırmada birinci + işareti, yardımcı nokta kartında ilk ρ_2/ρ_1 oranı, başlangıç noktasına gelmelidir. t_2/t_1 oranı için kesik çizgilerle eğriler verilmiştir. İkinci + işareti bu eğrilerden hangisi üzerindeyse, eğri takip edilerek yardımcı nokta kartının absisini kestiği yer bulunur. Bu noktanın arazi eğrisinin absisini kestiği değer, (t_1/t_2) olduğundan ve t_1 bilindiğinden t_2 hesaplanabilir.

3.1.3.6. Bilgisayarla Nitel Değerlendirme Eğri Çakıştırma (Düz Çözüm)

Wenner veya Schumberger eğrileri için model eğriler bilgisayar yardımı ile hesaplanabilir. Bu konuda ilk çalışma Gosh (1971) tarafından yapılmıştır. Bilgisayar yardımıyla (n) katmanlı ve parametreleri bilinen bir modelin tepkisi üretilir (model eğri). Bu tepki araziden elde edilen yer tepkisi ile (arazi eğrisi) kıyaslanır. Yeterli uyum sağlanamamışsa bilgisayara tanımlanan model parametrelerinden birisi insan tarafından bir karar verilerek, bilgisayar ortamında değiştirilir. Yeni modelin tepkisi bilgisayarla hesaplanarak arazi eğrisi ile kıyaslanır. Arazi eğrisi ile yeterli uyumu gösteren tepkiyi veren modelin parametreleri problemin çözümü olarak seçilir. Model tepkisinin hesaplanması ve karşılaştırılması çoğukez çok karmaşık bir fonksiyonla hesaplanabilen görünür öz direnç eğrisi üzerinden yürütülmez. Görünür öz direnç fonksiyonunun içinde yer alan ve yalnızca model parametrelerinin basit cebrik bir fonksiyonu olan Çekirdek

fonksiyonları kullanılır. Bu nedenle arazi eğrisine bir lineer dijital filtrelere uygulanarak görünür özdirenç verileri de çekirdek fonksiyonuna dönüştürülür .

3.1.3.7. Bilgisayar Yardımıyla Nitel Değerlendirme (Ters Çözüm (Ardışık Yaklaşma))

Ters çözüm yöntemi model tepkisini sürekli olarak insan kontrolü ile yeniden hesaplama gereğini ortadan kaldırır. İnsan bir kez bir yer altı modeli tanımlayarak bilgisayara tanıtır. Bilgisayar bu modelin tepkisini bir kez hesaplar. Ters çözüm tekniklerinin pek çoğu arazi verisi ile üretilen model tepkisi arasındaki farkı en küçük yapmaya dayanır. Bilgisayar bunun için ardışık olarak model parametrelerini ayarlar ve arazi verisi ile model tepkisinin farkını belirlenen sınırlar içinde kalacak şekilde küçültecek tepkiyi üreten modeli belirler. Ters çözüme arazi eğrisinden kalkarak model parametrelerinin otomatik olarak çözme yolu da denebilir. Zohdy 1989' da özdirenç eğrilerinin otomatik ters çözümü için bir yöntem geliştirmiştir. Daha pek çok araştırmacı, görünür özdirenç eğrilerinin değerlendirilmesi için farklı ters çözüm algoritmaları önermişlerdir.

Çalışma alanında, sismik ölçüm çalışmaları ve sondaj çalışmalarına ilave olarak bu çalışmalar ile korelasyonu sağlayacak şekilde ayrıca 31 adet Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçüsü alınmıştır (Tablo 3.3.). Veriler WinSev 6 programında değerlendirilmiştir.

W-Geosoft firması tarafından hazırlanan versiyon 6.1.0 WinSev 6 programında Schulumberger, Wenner ve Dipole açılım türlerine göre değerlendirme yapmak mümkündür. Program arayüzünde 6 adet ana menü mevcuttur. Bunlar SEV Model, Bilog, Print Bilog, Bilog Setup, Profile Data ve SEV Profile menüleridir. Öncelikle arazide elde edilen görünür özdirenç, akım, potansiyel ve konum değerleri Sev model menüsünde program veritabanına uygun olarak girilir. Burada COMPUTE seçeneği ile hesaplanan sonuçlar Bilog menüsünde logaritmik cetvel üzerinde görülür. Bilog menüsünde tabaka kalınlıkları, derinlikler ve tabaka özdirençleri okunur. Ayrıca bazı filtre ve süzgeçleme işleri de bu menüde yapılabilir. Bilog Setup menüsünde hesaplanacak açılım türü, renklendirmeler, akım ve potansiyel elektrotları arasındaki mesafe limitleri gibi bir takım düzenlemeler yapıldıktan sonra Print Bilog menüsünde logaritmik kağıt arka planı ile beraber çıktı almak mümkündür. Profile Data

menüsünde oluşturulacak yer elektrik profili ile ilgili birim renklendirmesi, ölçek gibi ayarlar yapıldıktan sonra SEV profile menüsünde yer elektrik profili ortaya çıkar. Aynı zamanda bu menü profil üzerinde bazı düzenlemeler yapmaya da olanak sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında oluşturulan DES profilleri ve logaritmik kağıt arka planlı eğri çıktılarının hazırlanmasında (EK-11) bu yöntemler izlenmiştir.

Düşey elektrik sondaj çalışmaları, 50m'lik profiller boyunca alınmıştır. Açılım yönleri seçilirken topografik koşullar dikkate alınmıştır. Arazide yapılan düşey elektrik sondaj hatları EK-1' de görülebilir.

Tablo 3.3. Düşey elektrik sondaj ölçüm hatlarının koordinatları

Tarih	X	Y	Z	PROFİL BOYU (m)	AÇILIM YÖNÜ
DES-1	508623,6	4012544,7	243	50	K-G
DES-2	508950,8	4012187,2	220	50	K-G
DES-3	509286,3	4011803,0	212	50	K-G
DES-4	509650,1	4011389,4	200	50	G-K
DES-5	509816,2	4011186,6	178	50	D-B
DES-6	510269,6	4010715,3	162	50	D-B
DES-7	510848,4	4010660,6	131	50	D-B
DES-8	511337,1	4011320,3	165	50	K-G
DES-9	511757,1	4011881,2	169	50	G-K
DES-10	511346,1	4012009,4	194	50	D-B
DES-11	510947,5	4012428,1	168	50	G-K
DES-12	510704,9	4012647,8	192	50	K-G
DES-13	510400,1	4012976,2	173	50	K-G
DES-14	511158,9	4011013,9	138	50	K-G
DES-15	511099,2	4011486,0	156	50	K-G
DES-16	511027,7	4011930,8	170	50	K-G
DES-17	510916,4	4012894,1	225	50	K-G
DES-18	508632,1	4011943,3	264	50	K-G
DES-19	509178,1	4012439,4	228	50	D-B
DES-20	509651,0	4012862,8	186	50	G-K
DES-21	510122,8	4013253,2	223	50	D-B

DES-22	509515,6	4014389,3	225	50	K-G
DES-23	509647,0	4013937,0	199	50	D-B
DES-24	509807,3	4013395,7	185	50	K-G
DES-25	509975,4	4012757,0	177	50	D-B
DES-26	510178,6	4012151,1	151	50	K-G
DES-27	511213,6	4010244,0	130	50	K-G
DES-28	511392,7	4010525,5	149	50	K-G
DES-29	511749,1	4011087,2	160	50	K-G
DES-30	512097,3	4011579,2	145	50	K-G
DES-31	512340,8	4011935,8	153	50	K-G

3.2. SONDAJ ÇALIŞMALARI VE ARAZİ DENEYLERİ

İnceleme alanındaki zeminlerin jeolojik ve litolojik durumları ve mühendislik parametrelerinin tespit edilmesi amacıyla derinlikleri 9.00 m ile 20.00m arasında değişen toplam 34 adet sondaj kuyusu açılmıştır. İnceleme alanında açılan sondaj kuyularının koordinatları, kotları ve derinlikleri Tablo 3.4' de verilmiştir.

Açılan sondaj kuyularından örselenmiş zemin numuneleri ve karot numuneler alınmıştır. Yerinde SPT ölçümleri yapılarak zemin jeoteknik özellikleri ortaya koyulmuş ve buralardan alınan örselenmiş numuneler laboratuvara gönderilmiştir. Bu sonuçların genel bir özeti Tablo 4.2' de verilmiştir. Sondaj kuyuları, inceleme alanını oluşturan tüm birimleri karakterize edecek şekilde planlanmış ve açılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada elde edilen verileri desteklemek, formasyonların düşey yöndeki değişimini gözlemsel olarak tespit etmek amacıyla inceleme alanındaki mevcut bir çok çıkma ve yarmalardan da yararlanılmıştır.

Sondaj kuyularında geçilen zemin tabakalarının alt ve üst derinlikleri, tanımlamaları, yapılan yerinde deney sonuçları ve derinlikleri, numune alınan seviyeler, yeraltı suyu seviyesi ve diğer tüm gözlemler ile değerlendirmeler sondaj arazi logları'na işlenmiş ve örnekleri EK-7' de verilmiştir. A-3 boyutlu sondaj lokasyon haritası ise EK-1' de verilmiştir.

Tablo 3.4. Sondaj kuyularına ait koordinatlar, kotlar ve derinlikleri

Tarih	X	Y	Z	DERİNLİK (m)
SK-1	510900,4	4010693,3	133	10,50
SK-2	509502,2	4012213,1	222	20,00
SK-3	509072,4	4012545,8	233	10,00
SK-4	508801,1	4012907,7	247	20,00
SK-5	508550,6	4012723,9	245	10,00
SK-6	510027,7	4010638,4	189	9,50
SK-7	508755,1	4012257,7	233	10,00
SK-8	510159,2	4010450,0	175	20,00
SK-9	508734,8	4011825,0	250	9,50
SK-10	509702,6	4011279,4	191	10,00
SK-11	509201,3	4011860,8	230	10,00
SK-12	511083,1	4011126,2	160	10,00
SK-13	510928,3	4011426,4	159	10,00
SK-14	510878,0	4011680,4	157	20,00
SK-15	510335,0	4012151,8	166	10,00
SK-16	510706,4	4011877,4	169	10,00
SK-17	512000,8	4011534,1	141	9,00
SK-18	511594,3	4011649,1	169	9,00
SK-19	510631,6	4012683,2	186	9,50
SK-20	510770,3	4012118,8	172	10,00
SK-21	511365,4	4011930,7	196	10,00
SK-22	510457,4	4012963,6	175	18,50
SK-23	511965,4	4012100,3	154	20,00
SK-24	511174,0	4012572,2	199	10,00
SK-25	510775,8	4013244,1	255	9,50
SK-26	509814,1	4014331,6	308	10,00
SK-27	509991,1	4013869,4	267	10,00
SK-28	510083,2	4013268,0	224	10,00
SK-29	512263,3	4011773,0	152	10,00
SK-30	512369,4	4011196,0	140	19,00
SK-31	512912,0	4011341,5	130	10,00
SK-32	511822,2	4010910,0	158	10,00
SK-33	511787,9	4010372,8	149	10,00
SK-34	511435,5	4010171,8	146	20,00

4.BULGULAR

4.1. DİNAMİK ELASTİK PARAMETRELER

Elastik parametreler cisimlerin gerilimler altında, hacim ve biçim değişimlerini kontrol eden parametrelerdir. Kayaçların deformasyonları da birinci derecede bu parametrelere bağlıdır. Cisimlerin elastik özelliklerini kontrol eden parametreler;

4.1.1. Yoğunluk

P dalga hızı kullanılarak bulunur. Dinamik elastik parametrelerin hesaplanmasında kullanılır.

$$d = 0.31 * V_p^{0.25} \quad (4.1)$$

d ; yoğunluk (gr/cm³)

V_p; boyuna dalga hızı (m/s)

4.1.2. Dinamik Elastisite Modülü (Young Modülü)

P ve S dalga hızları ve yoğunluk biliniyorsa hesaplanabilir. Elastisite modülü, mekanik anlamda cisimlerin katılığının ya da sertliğinin bir belirtisidir.

$$Ed = 3 * Gd * \frac{(V_p / V_s)^2 - 4/3}{(V_p / V_s)^2 - 1} \quad (4.2)$$

Ed ; Dinamik elastisite modülü (kg/cm²)

V_p ; boyuna dalga hızı (m/s)

V_s; enine dalga hızı (m/s)

Gd ise dinamik kayma (Rijidite) modülü olarak bilinir ve şu şekilde hesaplanır:

S dalga hızı ve yoğunluğa bağlı bir modül olmak üzere, elastik dalgaları denetleyen önemli bir parametredir. Yatay yüklere karşı çalışılan alanın, yani zeminin direncini verir.

$$Gd = V_s^2 * \frac{d}{q} \quad (4.3)$$

Gd ; dinamik kayma modülü (kg/cm²)

Vs ; enine dalga hızı (m/s)

d; yoğunluk (gr/cm³)

q; yerçekimi ivmesi (m/sn²)

4.1.3. Poisson Oranı (μ)

P ve S dalga hızları oranı ile bulunur. Bu oran hiçbir zaman 0.5' i geçmez ve boyutsuzdur. Özellikle zemin ve kayaların suya doygunluk derecelerinin bulunmaları açısından önemlidir. Bu oran kuru ve porozitesi yüksek zeminlerde düşük, suya doygun zeminlerde yüksek değerler almaktadır.

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2} \quad (4.4)$$

Vp ; boyuna dalga hızı (m/s)

Vs ; enine dalga hızı (m/s)

4.1.4. Dinamik Bulk Modülü

Kayacın sıkışmazlığını ifade eden modüldür.

$$K = Ed / 3 * (1 - 2\mu) \quad (4.5)$$

K ; Dinamik bulk modülü (kg/cm^2)

E_d ; Dinamik elastisite modülü (kg/cm^2)

μ ; poisson oranı (boyutsuz)

4.1.5. Zemin Hakim Titreşim Periyodu

Deprem zararlarından elde edilen tecrübelerden açıkça görülmüştür ki, zemin şartları ile deprem hasarları arasında ilişki mevcuttur. Çeşitli tecrübelerden elde edilen bilgiler çok küçük bir yerleşim alanı içinde bile, deprem etkilerinin dikkate değer şekilde farklılıklar gösterdiği ortaya koymaktadır.

Zeminlerin deprem anındaki davranışlarında en üstteki tabakanın sismik davranışı büyük rol oynamaktadır. Bundan dolayı zeminin titreşimi ile ilgili amplitüd ve periyotlar üst seviyedeki toprağın titreşimine çok daha fazla bağlıdır. Bu konu bölüm 4.8’ de daha detaylı bir şekilde irdelenecektir.

$$T_{pp} = 4(h_1 / V_{s1}) + 4(50-h_1)/V_{s2} \quad (2 \text{ tabakalı})$$

(4.6)

$$T_{pp} = 4(h_1 / V_{s1}) + 4(h_2 / V_{s2}) + 4(50-h_1+h_2)/V_{s3} \quad (3 \text{ tabakalı})$$

T_{pp} ; Zemin hakim titreşim periyodu(s)

V_s = S dalga hızı (m/s)

h = tabaka kalınlığı

İnceleme alanında yapılan sismik ölçümler neticesinde elde edilen V_p ve V_s dalga hızları sayesinde inceleme alanının genel olarak dinamik elastik parametreler 4.1-4.6’ da verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen dinamik elastik parametreler Tablo 4.1.’ de verilmiştir.

Tablo 4.1. Dinamik elastik parametreler

Serim	H (m)	Vp/Vs	D (gr/cm ³)	μ	Gd (kg/cm ²)	Ed (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	Tpp
S-1	2,16	4	1,33	0,471	83	244	1388	0,51
	-	4	2,01	0,461	4578	13378	57291	
S-2	2,21	3	1,32	0,444	143	412	1219	0,45
	-	3	2,01	0,452	5551	16127	56557	
S-3	2,34	3	1,29	0,427	148	421	956	0,53
	-	4	2,00	0,467	3790	11119	55799	
S-4	3,34	5	1,28	0,476	51	151	1050	0,47
	-	2	1,83	0,229	9516	23389	14380	
S-5	1,35	3	1,15	0,413	61	173	334	0,57
	-	4	1,98	0,470	3075	9043	50945	
S-6	2,65	3	1,27	0,411	157	443	825	0,48
	-	3	1,96	0,447	4756	13762	43007	
S-7	1,57	2	1,14	0,194	148,58	354,79	193,18	0,42
	7,17	3	1,78	0,452	1843,87	5352,81	18399,65	
	-	4	2,12	0,46	7508	21924,74	91699,11	
S-8	2,35	2	1,33	0,390	280	778	1176	0,60
	-	5	1,97	0,474	2536	7477	48448	
S-9	1,68	3	1,20	0,408	90	255	463	0,47
	-	1	1,60	0,026	3850	7903	2781	
S-10	2,08	3	1,19	0,449	52	150	491	0,45
	-	3	1,98	0,426	7004	19979	45113	
S-11	2,52	4	1,28	0,456	86	250	945	0,50
	-	4	2,03	0,458	5274	15380	60952	
S-12	2,42	3	1,34	0,411	252	712	1338	0,43
	-	3	1,97	0,441	5603	16145	45443	
S-13	1,41	4	1,32	0,469	80	235	1274	0,56
	-	4	1,95	0,464	3174	9216	43012	
S-14	1,53	2	1,17	0,310	137	359	316	0,43
	-	3	1,94	0,437	5102	14657	38517	
S-15	1,40	2	1,20	0,308	167	437	379	0,37
	-	3	2,05	0,447	7232	20922	65209	

Serim	H (m)	Vp/Vs	d (gr/cm ³)	μ	Gd (kg/cm ²)	Ed (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	Tpp
S-16	1,77	2	1,15	0,377	83	229	309	0,40
	-	3	1,98	0,427	7168	20449	46384	
S-17	1,97	2	1,18	0,368	106	291	368	0,40
	-	3	2,02	0,434	7549	21644	54298	
S-18	2,10	4	1,39	0,474	115	340	2178	0,46
	-	4	2,04	0,459	5479	15990	65100	
S-19	0,46	1	1,67	0,164	6827	11412	2864	0,28
	-	3	2,12	0,440	11067	31866	88001	
S-20	2,04	1	1,31	0,0695	933	570	79	0,30
	-	3	2,17	0,449	11325	32831	108244	
S-21	2,47	3	1,30	0,406	193	542	957	0,44
	-	3	2,00	0,450	5545	16082	53774	
S-22	1,57	2	1,19	0,385	108	299	434	0,46
		4	2,04	0,462	5060	14796	65056	
S-23	1,81	2	1,23	0,390	133	369	559	0,42
	-	3	2,00	0,446	5974	17274	53124	
S-24	1,22	2	1,20	0,311	170,40	446,62	392,84	0,24
	5,68	4	1,81	0,456	1958,67	5704,99	21779,70	
	-	2	2,33	0,40	38746	108743,67	187428,19	
S-25	1,89	2	1,27	0,266	330	836	594	0,33
	-	3	2,06	0,430	9552	27329	65505	
S-26	0,96	2	1,29	0,350	276	745	828	0,38
	-	3	1,97	0,435	6102	17519	45215	
S-27	1,71	2	1,44	0,178	1238	2916	1508	0,37
	-	3	1,90	0,406	5982	16826	29972	
S-28	2,20	2	1,16	0,255	148	372	253	0,30
	-	2	1,99	0,334	14577	38887	39009	
S-29	2,75	2	1,27	0,292	306	791	634	0,38
	-	3	2,06	0,444	7843	22658	67965	

Serim	H (m)	Vp/Vs	D (gr/cm ³)	μ	Gd (kg/cm ²)	Ed (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	Tpp
S-30	3,53	2	1,22	0,382	135	372	523	0,32
	-	2	1,96	0,188	19649	46704	24987	
S-31	2,96	3	1,29	0,426	154	438	983	0,50
	-	5	2,20	0,481	5138	15221	136015	
S-32	2,83	3	1,22	0,433	84	241	597	0,46
	-	3	1,96	0,424	6570	18715	41221	
S-33	1,30	3	1,12	0,448	32	91	290	0,63
	-	5	1,98	0,474	2684	7914	51690	

4.2. LABORATUVAR DENEYLERİ

Sondaj çalışmalarını sırasında alınan örselenmiş örnekler ile karot örnekler üzerinde, Akademi Zemin ve Kaya Mekaniği laboratuvarında yapılan deneyler özetlenmiştir. SPT ölçümleri ve laboratuvar sonuçları ise Tablo 4.2.' de verilmiştir. Örnekleme kuyularından alınan örnekler üzerinde zemin ve kaya mekaniği deneyleri yaptırılmıştır. Yapılan laboratuvar deneylerine ilişkin toplu sonuçlar ile örnek laboratuvar deney föyleri ise EK-10' da sunulmuştur.

Tablo 4.2. Kuyularda yapılan SPT ölçümleri ve laboratuvar sonuçları.

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Elek Analizi No.4 Kalan (%)	Elek Analizi No.200 Kalan (%)	Atterberg L. LL (%)	Atterberg L. PL (%)	Atterberg L. PI (%)	Sınıf
SK-1	SPT-1	1.5	29.8	0	88.6	58	22	36	CH
SK-1	SPT-2	3	44.7	0.8	78	50	25	25	CH
SK-2	SPT-1	1.5	26.4	0	77.4	53	26	27	CH
SK-3	SPT-1	1.5	31	0	79.7	52	25	27	CH
SK-5	SPT-1	1.5	32.4	0.8	73.3	50	24	26	CH
SK-7	SPT-1	1.5	30.9	0	84.7	61	24	37	CH
SK-7	SPT-2	3	36.1	0	86.8	59	26	33	CH

SK-8	SPT-1	1.5	38.1	1.7	67.8	57	24	33	CH
SK-8	SPT-3	4.5	30.5	0	99.9	58	25	33	CH
SK-9	SPT-1	1.5	32	0	83.9	62	24	38	CH
SK-9	SPT-2	3	34.2	1.4	71.7	59	25	34	CH
SK-10	SPT-1	1.5	30.9	0	86.8	56	27	29	CH
SK-11	SPT-1	1.5	26	0	89.6	57	26	31	CH
SK-11	SPT-2	3	29	0	85.2	55	25	30	CH
SK-13	SPT-1	1.5	29.9	0	93	59	23	36	CH
SK-14	SPT-1	1.5	31	0	86.8	60	25	35	CH
SK-17	SPT-1	1.5	33.8	1.1	56.8	50	24	26	CH
SK-18	SPT-1	1.5	24.7	2.7	63.9	57	25	32	CH
SK-18	SPT-2	3	23.8	1	26.9		NP		SM
SK-18	SPT-3	4.5	25.8	0	12.9		NP		SM
SK-19	SPT-1	1.5	32	0	83.8	55	24	31	CH
SK-19	SPT-2	3	29.1	0	82.6	58	24	34	CH
SK-21	SPT-1	1.5	19.1	0	8.7		NP		SM
SK-21	SPT-3	4.5	26.1	0	26.8		NP		SM
SK-22	SPT-1	1.5	36	0	81.9	56	26	30	CH
SK-25	SPT-1	1.5	30.7	2.7	51.3	51	25	26	CH
SK-25	SPT-2	3	29.3	0	94.2	49	24	25	CL
SK-28	SPT-1	1.5	32.5	0	93.8	54	25	29	CH
SK-28	SPT-2	3	31.2	0	79.8	53	26	27	CH
SK-29	SPT-1	1.5	40.2	0	91.9	71	29	42	CH
SK-29	SPT-2	3	39.6	0	91.8	73	33	40	CH
SK-30	SPT-2	3	34.1	0	99.9	70	28	42	CH
SK-31	SPT-1	1.5	46.9	0	91.9	73	33	40	CH
SK-33	SPT-2	3	37.8	0	84.2	73	34	39	CH
SK-34	SPT-1	1.5	34.1	0	99.9	71	29	42	CH

4.2.1. Dane Boyu Dağılım Analizleri

Sondajlar sırasında özellikle üst seviyelerde kesilen rezidüel zeminin Birleştirilmiş Mühendislik Sınıflamalarının yapılması amacıyla yapılan SPT deneyinden alınan

toplam 35 adet örselenmiş örnek üzerinde Dane Boyu Dağılım Analizi deneyleri yaptırılmıştır.

4.2.2. Atterberg Limitleri

Zeminlerin Birleştirilmiş Mühendislik Sınıflamalarının yapılmasında ve içerdiği ince tanelerin (kilin) türü ve su ile olan davranışının yorumlanması amacıyla yine rezidüel zemin içerisinden alınan örselenmiş örnekler üzerinde 31 adet Atterberg Limitleri deneyi yaptırılmıştır.

4.2.3. Doğal Birim Hacim Ağırlık Deneyleri

Taşıma kapasitelerinin hesaplanmasında birim hacim ağırlık değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, örnekleme kuyularından alınan karot örnekler üzerinde 117 adet Doğal Birim Hacim Ağırlık deneyi yaptırılmıştır.

4.2.4. Doğal Su Muhtevası

Zeminlerin sınıflandırılması amacı ile örnekleme kuyularından alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde 35 adet Doğal Su Muhtevası deneyi yaptırılmıştır.

4.2.5. Tek eksenli Basınç Deneyi

Taşıma güçlerinin hesaplanmasında kullanılmak üzere sondaj kuyularından belirli aralıklarla olmak üzere toplam 83 adet Tek Eksenli Basınç deneyi yapılmıştır.

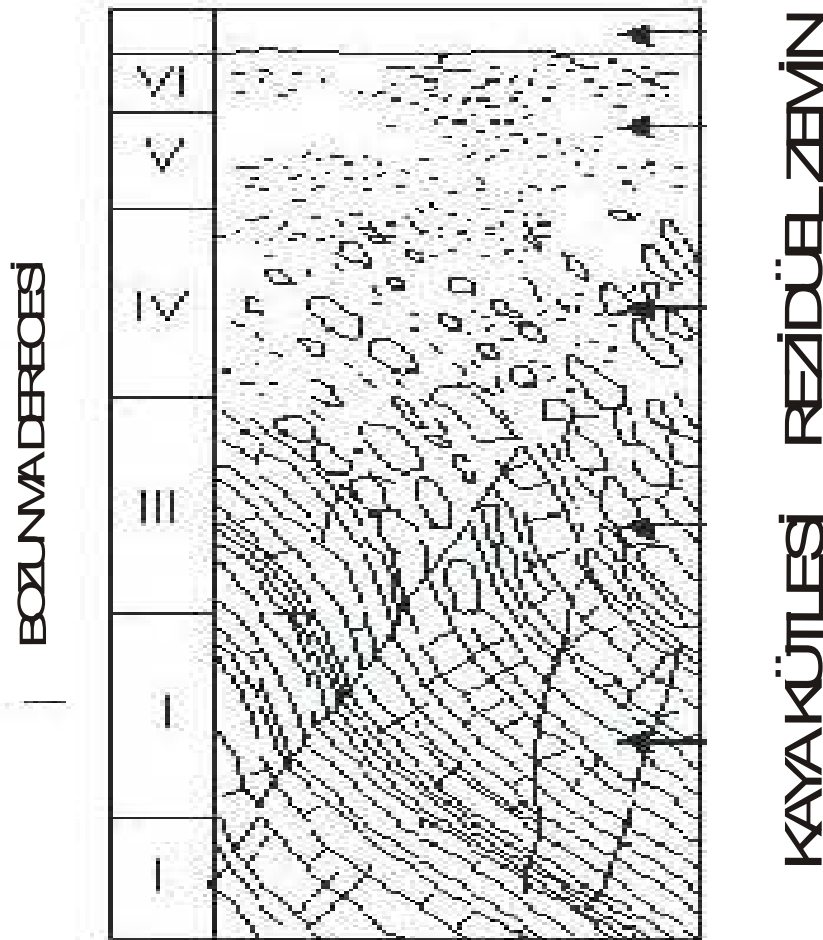
4.2.6. Nokta Yükleme Deneyi

Kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta-yükü dayanım indeksinin tayini amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve bazı kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde kayaç malzemesinin dayanım parametresi

olarak kullanılır. Sondaj kuyularından alınan karot numuneler üzerinde toplam 34 adet Nokta Yükleme Deneyi yapılmıştır.

4.3. ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanını oluşturan sedimanter birimler yer yer yüzeylenirken, topoğrafyanın eğimine de bağlı olarak, hemen üzerinde rezidüel zemin seviyeleri de bulunmaktadır. İnceleme alanındaki bu profil yukarıdan aşağıya bitkisel toprak (BT), rezidüel zemin (R) ve sedimanter kaya külesinden oluşmaktadır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Bozunma profili



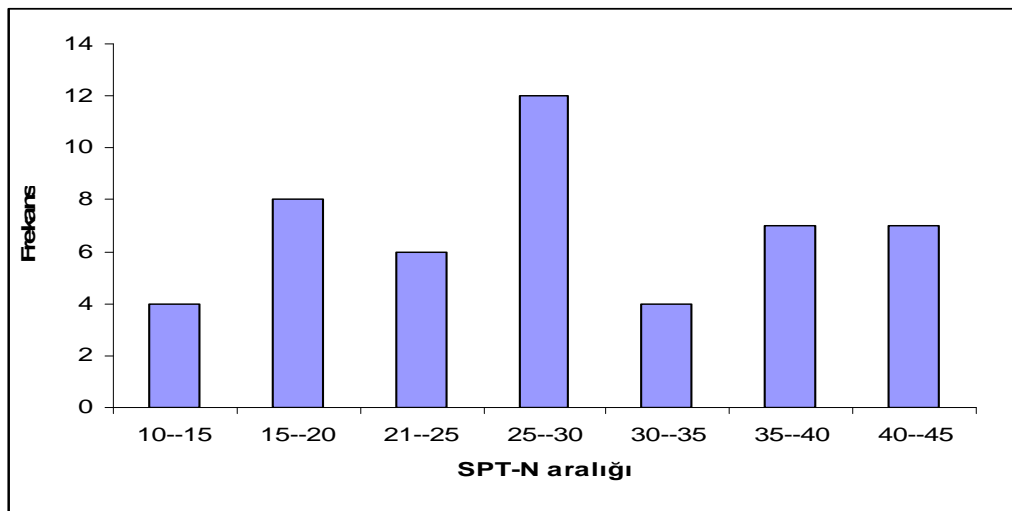
Şekil 4.2 İnceleme alanında yer alan kaya kütlelerinde belirlenen bozunma profili

4.3.1. Rezidüel Zemin Seviyelerinin Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanı içerisinde yapılan 34 adet sondaja ait profillerde rezidüel zemin seviyelerinin kalınlığının yer yer 5 m'yi bulmaktadır. Buna karşın inceleme alanında kıltaşı-kumtaşı-marn ardalanmasından oluşan kaya kütlelerinin yüzelelendiği kesimler de vardır. Bu nedenle inceleme alanında rezidüel zemin kalınlığının oldukça değişken olduğunu söylemek mümkündür. Bu durum inceleme alanında sismik kırılma yöntemiyle belirlenen rezidüel zemin kalınlıklarıyla uyumludur.

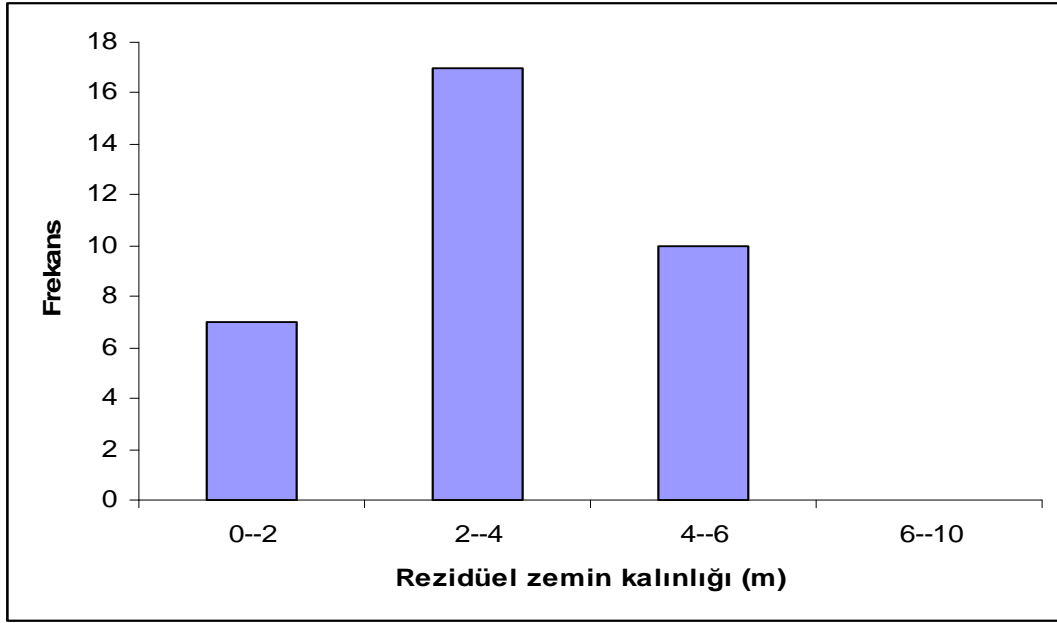
Sondaj çalışmaları sırasında içerdiği ana kayanın kalıntıları olan çakıllardan dolayı örselenmemiş örnek alınması mümkün olmamıştır. İnceleme alanında yapılan 34 adet jeoteknik sondajın rezidüel zemin niteliğindeki kesimlerinde toplam 48 adet SPT deneyi gerçekleştirilmiştir.

Rezidüel zemin seviyelerinde gerçekleştirilen SPT_N darbe sayılarının frekans dağılımı Şekil 4.3.' de verilmiştir. Sedimanter kaya kütlelerine doğru dayanımın artışına paralel olarak SPT-N değerleri de artmakta ve SPT-N>50 üzerine çıkmaktadır. Buna karşın, 10 ile 15 arasında SPT-N darbe sayısına sahip 4 adet deney seviyesinin varlığı da görülmektedir. İnceleme sahasındaki jeoteknik sondajlarda gerçekleştirilen 48 adet SPT deneyinde elde edilen ortama SPT-N değeri ise 27.7 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. İnceleme alanındaki jeoteknik sondajlarda rezidüel zeminlerde uygulanan SPT deney sonuçlarının frekans dağılımı.

İnceleme alanı içerisinde rezidüel zeminin kalınlığı topoğrafyaya bağlı olarak değişimler göstermektedir. Bazı lokasyonlarda sedimanter kaya kütlesi yüzeyleyirken, bazı lokasyonlarda ise rezidüel zemin kalınlığı 5 m'yi bulabilmektedir. İnceleme alanı içerisinde gerçekleştirilen 34 adet jeoteknik sondaj kullanılarak yapılan değerlendirmede rezidüel zemin kalınlığı ortalama 2.7 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4.).



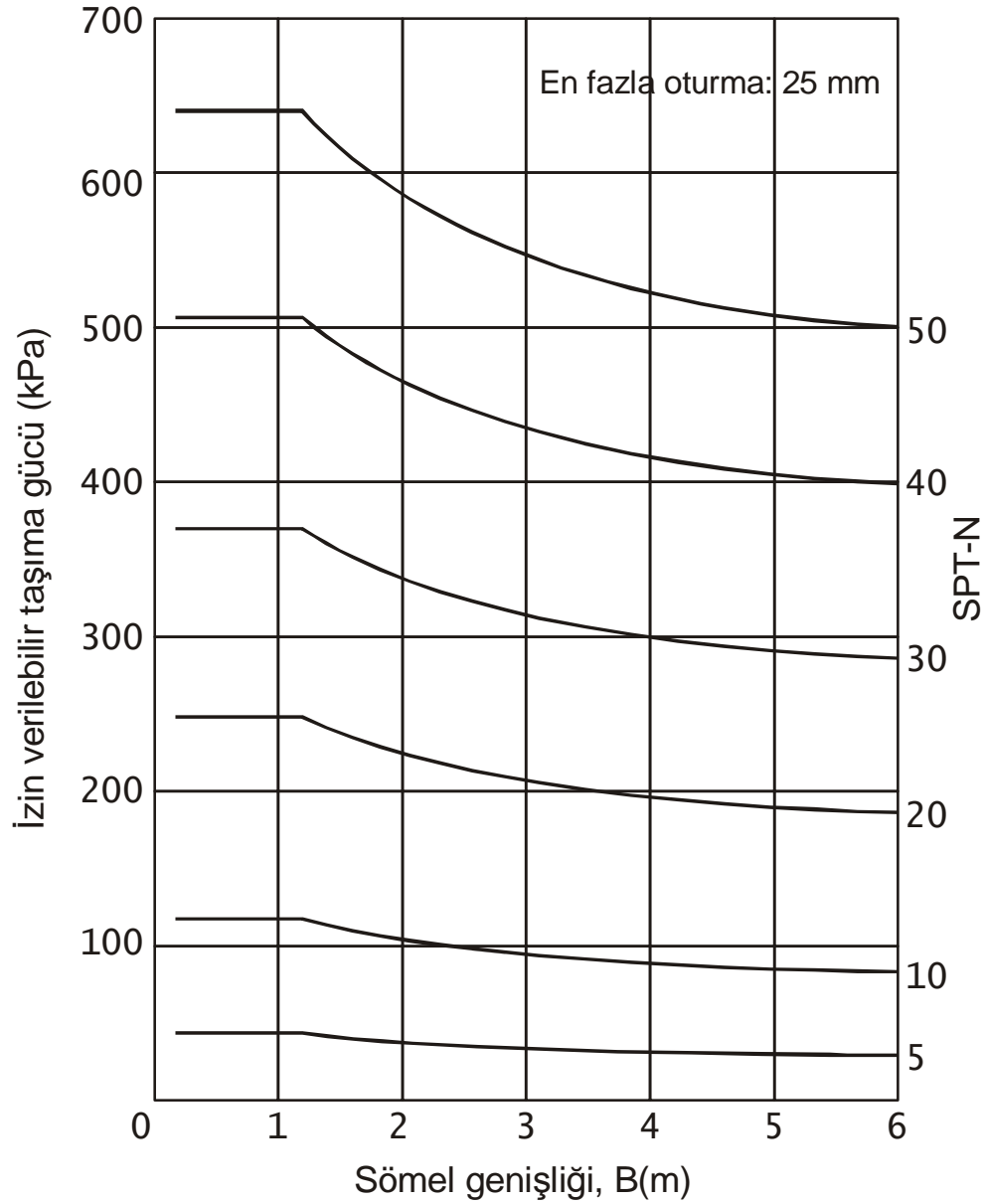
Şekil 4.4. İnceleme alanındaki jeoteknik sondajlardaki rezidüel zemin kalınlığının frekans dağılımı

4.3.1.1. Rezidüel Zemin Seviyelerin Taşıma Gücü

İnceleme alanı içerisinde rezidüel zemin seviyesini kesen sondaj kuyularında, içerdiği çakıl ve bloklardan dolayı rezidüel zemin seviyelerinden örselenmemiş örnek alınamamıştır. Bununla birlikte tüm sondajlarda 1.5 m'de bir Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Bu nedenle, inceleme alanındaki bozunma profilinin zemin seviyelerini oluşturan kesiminin taşıma gücü değerlendirmeleri, çakıl ve blokların varlığından dolayı refü vermeyen SPT değerleri kullanılarak yapılmıştır.

Zemin seviyelerinin taşıma güçleri hakkında genel bir fikir elde edilebilmesi için yapılan hesaplamalarda temel türü olarak şerit temel esas alınmış olup, temel genişliği 2

m, temel derinliği ise 1 m olarak kabul edilmiştir. Bozunma profilinin zemin seviyelerinde açılan toplam 17 adet sondaj lokasyonu için 2 m temel genişliği dikkate alınarak Şekil 4.5'deki abaktan, 25 mm oturma için, izin verilebilir taşıma güçleri belirlenmiştir. SPT değerlerinin esas alındığı taşıma gücü değerlendirmeleri bilgisayar ortamında hesaplanarak, toplu sonuçları Tablo 4.3.' de, bilgisayar çıktılarının bazı örnekleri ise EK-8' de verilmiştir.



Şekil 4.5. SPT-Taşıma gücü abağı (Terzaghi ve Peck, 1967)

Tablo 4.3. SPT değerlerinin esas alındığı Taşıma Gücü değerlendirmeleri

Sondaj No	Ortalama Düzeltilmiş SPT	25 mm Oturma İçin İzin Verilebilir Taşıma Gücü	
		kPa	kg/cm ²
SK-1	28,99	339,4	3,45
SK-4	35,70	421,27	4,29
SK-5	28,89	338,2	3,44
SK-7	22,03	254,39	2,59
SK-8	33,75	397,53	4,05
SK-9	25,11	291,91	2,97
SK-10	29,22	342,17	3,48
SK-11	28,31	331,09	3,37
SK-13	31,83	373,99	3,81
SK-14	28,89	338,20	3,44
SK-17	28,18	317,22	3,23
SK-18	23,55	272,90	2,78
SK-19	26,08	303,78	3,09
SK-22	32,96	387,84	3,95
SK-25	27,18	317,20	3,23
SK-30	34,43	405,84	4,13
SK-31	26,35	307,04	3,12

İnceleme alanında SPT deneyi sonuçları kullanılarak belirlenen en düşük taşıma gücü değeri 2 m genişliğinde ve 1m derinliğinde şerit temel için 2.59 kg/cm² 'dir.

4.3.1.2. Şişme Potansiyeli

İnceleme alanındaki rezidüel zeminin türediği ana kaya kıltaşı-kumtaşı ve marn kaya malzemelerinden oluşmaktadır. Ana kayanın litolojik yapısı killi bir rezidüel zeminin oluşumunu da beraberinde getirmiştir. Bu nedenle SPT örnekleri üzerinde gerçekleştirilen Atterberg limitleri ve tane boyu dağılım analizi deney sonuçları dikkate alındığında Likit Limitlerin %50'nin üzerinde olduğu ve zemin sınıflarının ise CH grubu olduğu görülmektedir. CH grubu zeminler su içeriğindeki değişime duraylı

zeminler olup, hafif yapıların yapıldığı sığ derinliğe sahip mühendislik uygulamalarını şişme problemi yaratabilmeleri nedeniyle olumsuz etkileyebilirler.

4.3.1.3. Sıvılaşma Potansiyeli

Depremlerin yarattığı ani gerilim artışları suya doymun gevşek zeminlerde dayanımın yok olmasına neden olabilmektedir. Bu olaya sıvılaşma adı verilmektedir. Kısaca sıvılaşma için gerekli ortam koşulları şöyle sıralanabilir. Sığ yeraltı su seviyesi, kumlu-siltli gevşek zemin (ince tane oranı, %35'ten az ve kil miktarı <%15 den az), yeterli büyüklükte bir deprem.

Tektonik açıdan oldukça aktif bir bölgede yeralan inceleme alanının depremselliği yüksektir. Buna karşın zemin profili sedimanter kaya kütlelerinin bozunması ile oluşmuştur. Rezidüel zemin seviyeleri killi zeminlerdir. Sıvılaşma potansiyeli tanımına göre siltli kumlu zemin ve su varlığı olası sıvılaşma riskini gerekli kılar. Bir diğer kriter % 15 den az killi malzeme varlığı (0.005 mm.'den küçük malzeme), LL<35% ve su muhtevası likit limitin % 90' nına eşit ya da daha fazla ise sıvılaşma beklenir. Ancak inceleme alanında rezidüel zemin sıvılaşması muhtemel siltli kumlu zemin özelliklerinden oldukça uzaktır. Ayrıca açılan sondajların çoğunluğunda statik yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Bu nedenle, inceleme alanındaki rezidüel zeminlerin sıvılaşma potansiyeli yoktur.

4.3.1.4. Yamaç Duraylılığı

İnceleme alanı, drenaj ağının şekillendirdiği engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. İnceleme alanında yamaç eğimleri yer yer % 40'ın üzerinde değerlere sahip olabilmektedir. İnceleme alanı içerisinde özellikle rezidüel zemin oluşumlarının nispeten kalın olduğu ve eğimin de arttığı kesimlerde yamaç duraysızlığı sorunları gözlenmektedir. Aktif yamaç duraysızlıklarının yoğunluklu olarak gözlemlendiği kesimler inceleme alanının kuzeyindedir. İnceleme alanı içerisindeki aktif yamaç duraysızlıkları eğimin nispeten daha fazla olduğu (%40'dan fazla) bölgelerde görülmesine karşın, daha düşük eğimli sahalarda da deprem ve yoğun yağış gibi tetikleyici faktörlerle lokal bazı duraysızlıkların yaşanması da söz konusu olabillir. Bu nedenle, inceleme alanı

içerisinde heyelanların varlığı özellikle yerleşime uygunluk açısından yapılacak değerlendirmelerde önemli bir faktör olarak değerlendirilmelidir.

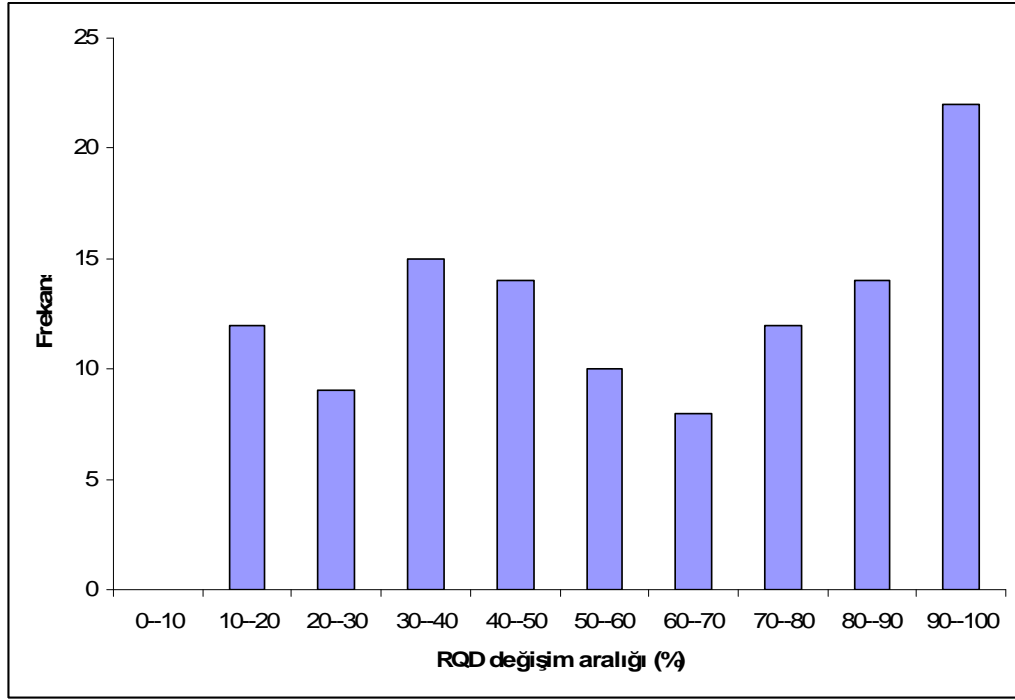
4.3.2. Kaya Kütlesinin Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanında yer yer mostra vermekle birlikte kalınlığı 5 m'ye kadar ulaşan rezidüel zeminin hemen altında yer alan kıltaşı-kumtaşı ve marn sedimanter kayalardan oluşan kaya kütlesi, karotlu jeoteknik sondajlara ait loglar kullanılarak kütleli anlamda değerlendirilmiştir.

Kütleli sınıflamaları Jeolojik Dayanım İndeksine (GSI, Sönmez ve Ulusay, 2002) göre yapılmış olup, Hoek ve Brown yenilme ölçütüne göre dayanım parametreleri belirlenmiştir. Hoek ve Brown yenilme ölçütünün GSI'nın yanı sıra girdi olarak dikkate aldığı diğer bir parametre ise, kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı olup, tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri ise sondaj karot numuneleri üzerinde uluslararası standartlara uygun olarak yaptırılan deneylerle belirlenmiştir.

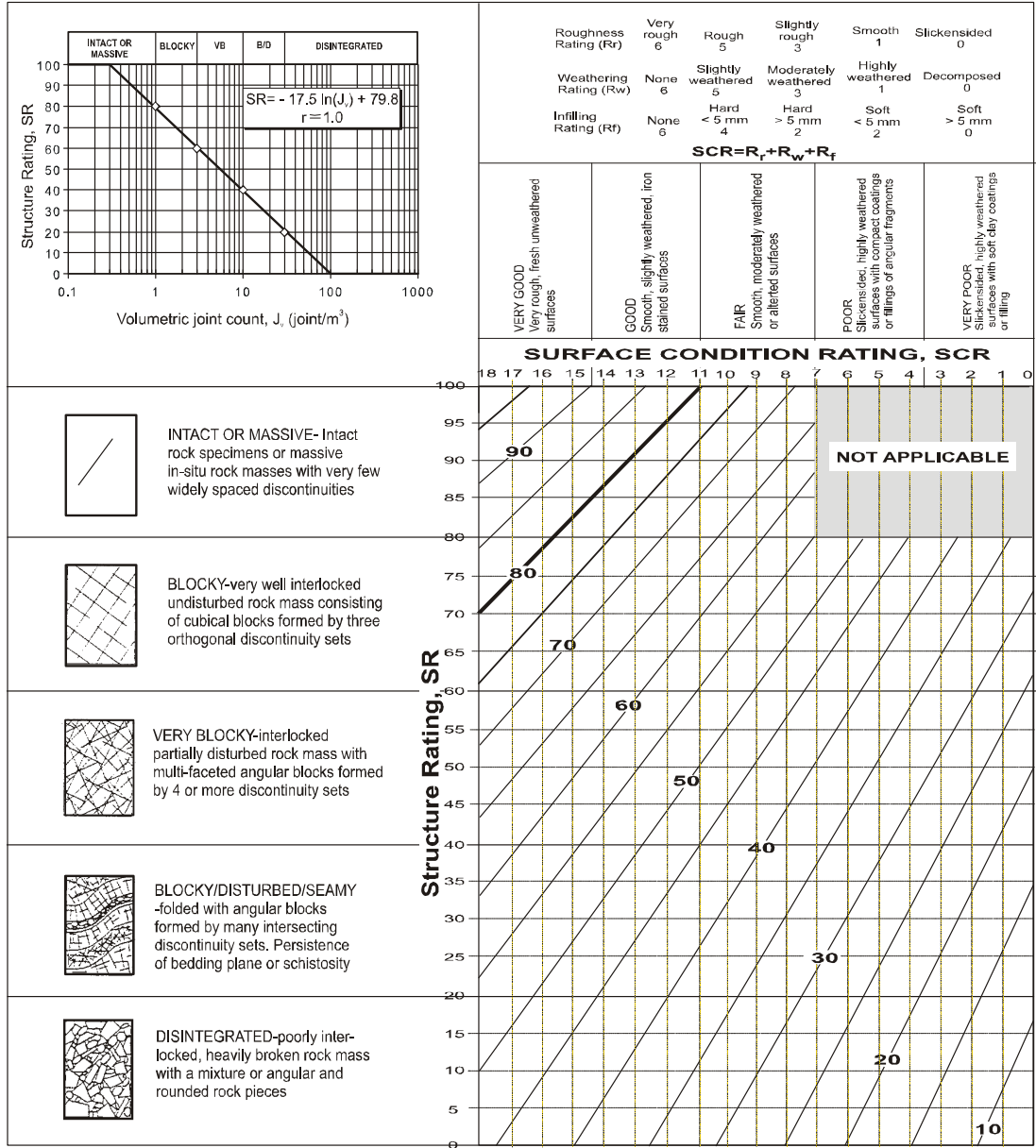
Bu değerlendirmeler kullanılarak öncelikle kaya kütlesi Hoek ve Brown (1997) tarafından önerilen ve Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından modifiye edilen Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strength Index, GSI) kullanılarak sınıflandırılmıştır.

İnceleme alanı içerisinde yapılan 34 adet jeoteknik sondajın kaya kütlesi içerisinde gerçekleştirilen bölümleri karot örnekleri alınarak incelenmiştir. Bu kesimlerdeki karotlara ait RQD değerleri dikkate alınarak frekans dağılımları çıkarılmıştır. Şekil 4.6.' dan da görüleceği üzere RQD değerleri %10'dan büyük olup, %30-%40 arasında bir yoğunlaşma olmakla birlikte, %70'in üzerinde de bir artış söz konusudur. RQD değerlerinin genel ortalaması ise % 57 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.6. RQD değęerlerinin frekans dağılımı.

Jeolojik dayanım indeksinin belirlenmesinde süreksizlik yüzeylelerinin özelliklerinin yanı sıra kullanılan diğer bir parametre ise Yapısal Özellik Puanı (SR)'dır. SR değeri ise hacimsel eklem katsayısına (J_v) bağlı olarak belirlenmektedir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından modifiye edilen GSI abağı

Bir metre küplük örnek hacmi içerisindeki eklem sayısını ifade eden hacimsel eklem katsayısı, RQD'ye bağı olarak aşağıdaki eşitlikten belirlenebilmektedir.

$$RQD=115-3.3J_v \quad (8.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte RQD için inceleme sahasının genel karakteristiğini yansıtması açısından hesaplanan ortalama değer (% 57) girildiğinde $J_v=17.6$ eklem/m³ olarak belirlenmektedir. $J_v=17.6$ eklem/m³ değeri için SR ise 30 olarak belirlenmiştir.

Süreksizliklerin bozunma durumu az-orta ($R_w=4$) dolgu özellikleri ise genellikle dolgunsuz yer yer kil dolgulu ($R_f=5$) olup, pürüzlülük açısından pürüzlü olarak sınıflandırılmıştır ($R_r=5$). Bu özellikler dikkate alınarak süreksizlik yüzey koşulu (Surface Condition Rating, SCR) 14 olarak belirlenmiştir. SR=30 ve SCR=8 için kaya kütlelerinin GSI puanı ise 48 olarak belirlenmiştir.

4.3.2.1. Taşıma Gücü

GSI ve kaya malzemesinin özellikleri dikkate alınarak kaya kütlelerinin taşıma gücü değerlendirmeleri Hoek ve Brown yenime ölçütü dikkate alınarak yapılmıştır.

GSI=48 olarak alınmış, sağlam kayacın m_i parametresi Hoek ve Brown (1997) tarafından önerilen abaktan kaya malzemesi için 9.3 (kıltaşı-kumtaşı-marn için ortalama değer) olarak alınmıştır.

Hoek ve Brown yenilme ölçütünün diğer bir girdi parametresi olan sağlam kayaca ait tek eksenli sıkışma dayanımı, laboratuvar çalışmaları ile belirlenen tüm değerler birlikte yorumlanarak belirlenmiştir. Tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri 20 kg/cm² ile 40 kg/cm² arasında yoğunlaşmakta olup, tüm deneylerin ortalaması ise 39.5 kg/cm² (3.9 MPa) olarak belirlenmiştir. Taşıma gücü değerlendirmelerinde de ortalama değer kullanılmıştır.

Kaya kütlelerine ait bu değerler kullanılarak kaya kütlelerinin dayanımlarının ifade edilmesinde dünya literatüründe çalışmalarda yaygın bir biçimde kullanılan Hoek ve Brown yenilme ölçütü esas alınarak taşıma gücü hesaplamaları bilgisayar ortamında yapılmış analiz çıktısı örneklerinden bazıları Ek-8' de verilmiştir.

Analizlerde 2 m genişliğinde ve 1 m temel derinliğinde şerit temel dikkate alınmış, kazı aşamasında kaya kütesinin örseleneceği de dikkate alınarak örselenmiş kaya kütesi koşulunda değerlendirmeler yapılmıştır. 3 güvenlik katsayısı için izin verilebilir taşıma gücü 2.44 kg/cm^2 olarak hesaplanmıştır.

Bu tezdeki tüm jeolojik ve jeoteknik hesaplamalarının sadece esas alınan temel türü ve boyutları için geçerli olduğu dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla bu rapordaki tüm bu yapılan jeoteknik hesaplamalarda verilen bu değerler fikir verici niteliktedir. Her türlü alt yapı ve üst yapılarda parsel bazlı zemin etütlerinde tüm bu hesaplamalar mutlaka temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalıdır ve çıkan sonuçlara göre hareket edilmelidir. Hiç bir suretle tez içerisindeki veriler temel tasarımına esas veriler olarak kullanılmamalıdır.

4.4. İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ

İnceleme alanının jeolojik yapısını, kıltaşı-kumtaşı ve marn aralanmasıyla oluşan sedimanter istif oluşturmaktadır. Sedimanter istifin hemen üzerinde yer yer kalınlığı 5 m'yi bulan rezidüel zemin yer almaktadır.

İnceleme alanı, jeolojik ve jeoteknik özellikler dikkate alınarak yerleşime uygunluk yönünden 3 (üç) gruba ayrılmıştır (Antakya Belediyesi, 2006). Bunlar;

Uygun Alan (UA)

Önlemlenmiş Alan (ÖA)

Uygun Olmayan Alanlar (UOA)

Uygun Alan (UA)

İnceleme alanının güney-güneydoğusunda yer alan ve eğimin genellikle %10'dan az olduğu kesimler yerleşime uygunluk açısından değerlendirildiğinde Uygun Alan (UA) olarak tanımlanmıştır. Bu alanlarda yapılan sondaj çalışmalarında rezidüel zemin kalınlığının genellikle 1.0-3.0 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ancak yer yer rezidüel zeminin kalınlığı 4.0m'yi bulmaktadır.

Dolayısı ile her türlü yapılaşma öncesi mutlaka sondaj ve zemin etütlerinin parsel bazında yapılması şarttır. Özellikle de rezidüel zemin kalınlığının tespit edilerek hafredilmesi ve temelin kaya kütlesi içerisine oturtulması gerekmektedir.

Önlemlenilen Alan (ÖA)

İnceleme alanında eğimin %40'dan az olduğu ve rezidüel zemin kalınlığının kısa mesafelerde değişkenlik gösterdiği alanlarda, deprem veya yoğun yağış gibi tetikleyici faktörlerle birlikte bazı lokal duraysızlıklar gelişebilir. Bundan dolayı yerleşime uygunluk değerlendirmesinde bu alanlar Önlemlenilen Alan (ÖA) olarak değerlendirilmiştir.

Bu alanlarda her türlü yapılaşmalarda parsel bazlı sondajlı zemin etütlerinde, özellikle komşu parsellerin konumları ve topoğrafyalarının da dikkate alındığı şev duraylılığı analizleri yapılmalıdır. Rezidüel zemin kalınlığının tespit edilmesi ve bu zonun kazılarak hafredilmesi ve temelin kaya kütlesi içerisine oturtulması gerekmektedir.

Yapılaşma esnasında oluşması muhtemel her türlü şevlerin yapılaşma öncesinde uygun projelendirilmiş çeşitli destek yapıları ile (istinat, kademelendirme vb.) iyileştirilmesi, şev analizlerinin yapılarak uygun projelendirilmiş drenaj sistemleri ile desteklenmesi gerekmektedir.

Uygun Olmayan Alanlar (UOA)

İnceleme alanının kuzeyindeki ve hemen hemen orta bölümünde yer alan, eğimin genellikle %40'dan fazla olduğu ve aktif yamaç duraysızlığının gözlemlendiği alanlar Uygun Olmayan Alan (UOA) olarak değerlendirilmiştir.

Uygun olmayan alan olarak değerlendirilen bölgeler içerisinde yer yer %40'dan daha az eğimli alanlar da bulunmaktadır. Ancak topografik bütünlüğün sağlanması açısından daha az eğimli olan bazı lokal kesimler de uygun olmayan alan içerisine dahil edilmiştir.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk haritası Ek-1'de eğim haritası ise Ek-6' da verilmektedir.

4.5. İNCELEME ALANININ ZEMİN BÜYÜTMESİ VE HAKİM TİTREŞİM PERYODU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Depremler sırasında yapısal hasarlar üzerinde önemli rol oynayan davranışlardan biri de zemin büyütmesi ve yapı-zemin rezonans durumudur. Bu davranış şekli rezidüel ve rejyonel jeolojik koşullarla yakından ilişkilidir. Bu özelliğin incelenmesi sismik ve mikrotremör çalışmaların analizleri ile mümkündür. Özellikle son yıllarda yaşanan depremler bu iki etkiye dikkat çekmiştir.

4.5.1. Zemin Büyütmesinin Belirlenmesi

Yeryüzüne yakın ve sağlam bir kaya üzerinde yer alan zemin, deprem nedeniyle oluşan dalgaları filtreleyerek bazı periyottaki genlikleri arttırırken bazı periyottaki genlikleri de azaltabilmektedir. Bu olgu genellikle “**zemin büyütmesi**” olarak bilinmektedir (Özçep v.d., 2005). Yer içinde bir deprem meydana geldiğinde, sismik dalgalar kaynaktan yola çıkarlar ve yer içinde hızla yayılırlar. Bu dalgalar yer yüzeyine eriştiklerinde birkaç saniyeden dakikalara varan sürelerde titreşimler üretirler. Belirli bir yerdeki titreşimin süresi ve şiddeti, deprem kaynağına olan uzaklığa, depremin büyüklüğüne ve o yerin zemin özelliklerine bağlıdır. Sismik dalgalar kaynaktan yer yüzüne kadar olan seyahatlerinin büyük bir bölümünü yer kabuğunu oluşturan sert kaya içinde geçirmelerine karşın, seyahatlerinin son bölümü özellikleri kayaya göre oldukça farklı olan yumuşak zemin tabakaları içinde geçirirler. Bu zemin tabakalarının özellikleri yer yüzünde gözlenen titreşimin doğasını büyük ölçüde belirler. Zemin tabakaları, sismik dalgalar için adeta bir süzgeç gibidir. Bazı frekanslardaki sismik dalgalar sönmülmektedirken bazıları da büyütülür. Sismik dalgaların zemin tabakaları içinde geçirdiği değişimlerin tümüne lokal zemin etkisi adı verilir. Genellikle bu değişim genliklerin artması şeklinde gözlemlendiğinden lokal zemin etkisi terimi zemin büyütmesi, zemin transfer fonksiyonu veya zemin tepkisi olarak da adlandırılır. Teoride zemin büyütmesi terimi, sismik dalgaların yer yüzüne yakın yumuşak zemin tabakaları içinden geçerken genliklerinin artmasına karşılık gelir. Bunun nedeni zemin tabakalarının sahip olduğu düşük hız ve yoğunluk, yani düşük empedans değeridir. Pratikte ise zemin büyütmesi terimi, sismik dalgaların iki yakın yer arasında gösterdiği, (nedeni empedans farkı olsun olmasın), herhangi bir farkı temsil etmek için kullanılır (Yalçınkaya, 2004).

Zemin büyütmesi ve hakim titreşim periyodu hesaplamalarında Mikrotromür kayıtları önemli bir yer tutar. Günümüz koşullarında yüksek hassasiyete sahip mikrotromür cihazları üretilmiş olmasına rağmen bu cihazların pahalı olması ve mevcut piyasa şartlarında kullanımı yaygın olmadığından bu çalışmada sismik cihazlardan hesaplanan büyütme ve hakim titreşim periyodu değerleri kullanılmıştır.

Mikrobölgeleme ve büyütme miktarını belirlemede esas alınacak parametre yüzeyden derine ilk 30 m derinlik için ortalama makaslama dalgası hızıdır (V_s , 30). Büyütme değerlerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler Tablo 4.4.' de verilmiştir.

Tablo 4.4. Büyütme Parametreleri

ARAŞTIRMACILAR		BAĞINTILAR
Midorikawa (1987)		$A=68V_s^{-0.6}$
Joyner ve Fumar (1984)		$A=23V_s^{-0.45}$
Borcherdt vd. (1991)	Zayıf Hareket	$AHSA=700/V_s$
	Kuvvetli Hareket	$AHSA=600/V_s$

A=Bağıl Büyüme, AHSA=Ortalama Yatay Spektral Büyüme, V_{s30} =30 m için K.D. Hızı m/s

Çalışma kapsamında Midorikawa bağıntısına göre Batı Antakya için sismik ölçümlerden hesaplanan zemin büyütmesi ve hakim titreşim periyodu değerleri Tablo 4.5.' de verilmiştir.

Tablo 4.5. Zemin Büyütmesi ve Zemin Hakim Titreşim Periyodu değerleri

NO	Y	X	ZHTP	Büyütme
S-1	510690.5	4010448.8	0.51	2.00
S-2	510855.2	4010675.1	0.45	1.90
S-3	511168.4	4011097.0	0.53	2.00
S-4	511526.1	4011571.8	0.47	2.10
S-5	511731.0	4011848.8	0.57	2.10
S-6	511897.2	4011455.3	0.48	1.90
S-7	511365.7	4011985.3	0.42	1.80
S-8	510967.0	4012400.3	0.60	2.10
S-9	510729.3	4012630.6	0.47	1.90
S-10	510411.2	4012952.7	0.45	1.90
S-11	511092.6	4011448.0	0.50	2.00
S-12	511045.7	4011906.4	0.43	1.80
S-13	510922.9	4012867.5	0.56	2.10
S-14	508649.4	4011957.7	0.43	1.80
S-15	509000.0	4012114.2	0.37	1.60
S-16	509154.5	4012421.9	0.40	1.80
S-17	509623.7	4012837.8	0.40	1.70
S-18	510098.8	4013231.4	0.46	1.90
S-19	509518.7	4014363.1	0.28	1.30
S-20	509648.6	4013904.2	0.30	1.40
S-21	509817.1	4013362.1	0.44	1.80
S-22	509987.8	4012720.3	0.46	1.80
S-23	510188.2	4012124.8	0.42	1.80
S-24	508437.6	4012759.6	0.24	1.40
S-25	508731.9	4012359.3	0.33	1.50
S-26	509444.2	4011592.8	0.38	1.60
S-27	509800.7	4011210.7	0.37	1.60
S-28	510313.4	4010647.4	0.30	1.50
S-29	511171.4	4010095.7	0.38	1.70
S-30	511220.3	4010266.5	0.32	1.60
S-31	511398.6	4010558.5	0.50	2.00
S-32	511772.7	4011105.0	0.46	2.00
S-33	512328.6	4011912.6	0.63	2.30

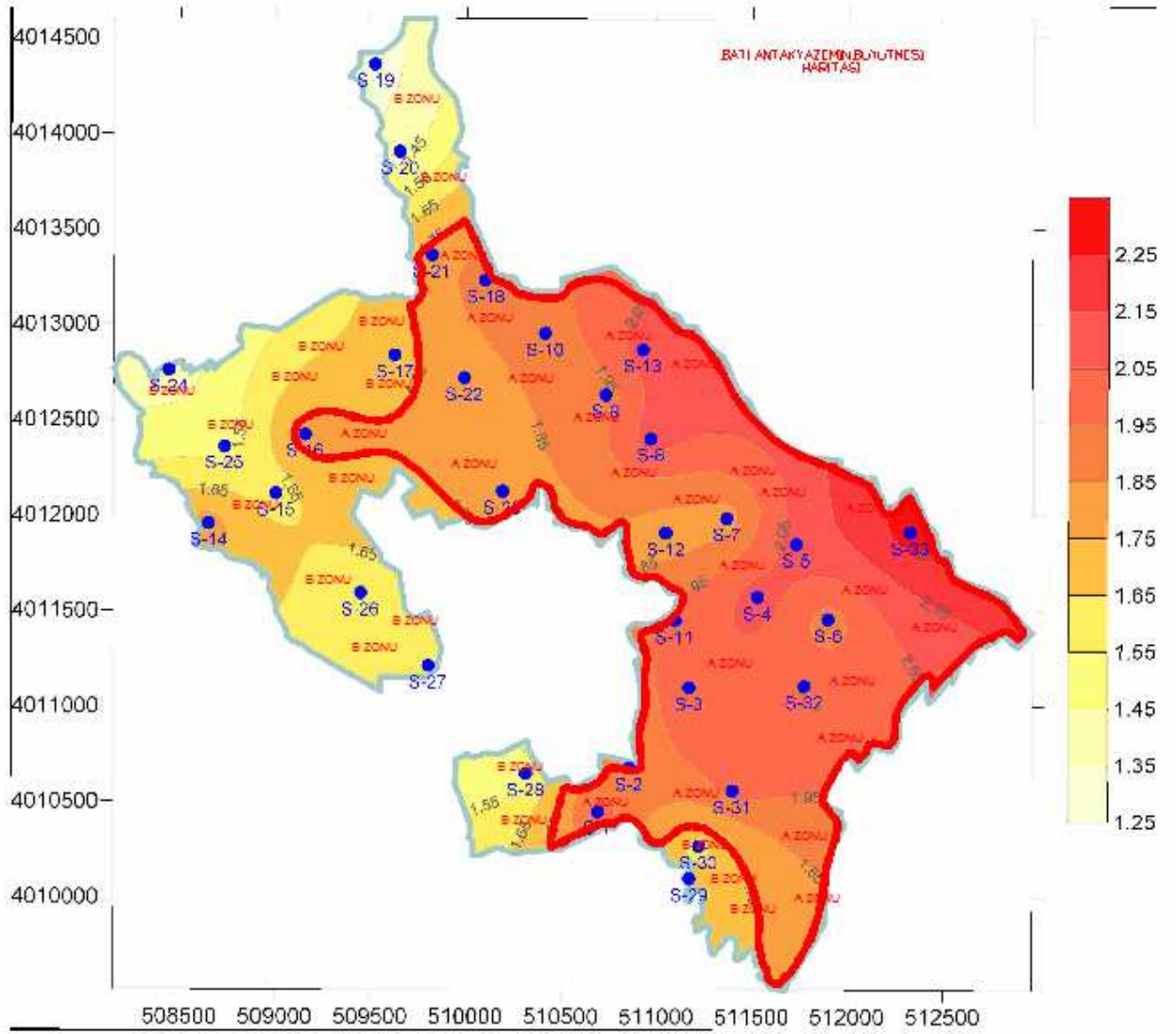
Zemin büyütmesini etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir: 1- Empedans oranı ve rezonans etkisi, 2- Basen altı topografyasına bağlı olarak oluşan odaklanma, 3- Basen kenarlarından oluşan yüzey dalgaları, 4- Doğrusal olmayan zemin davranışı, 5- Topografya etkisi. Zeminin kayma dalgası hızı, zemin büyütmesini değerlendirmek için kullanışlı indeks özelliğidir. Büyütme faktörünün, anakaya–zemin tabakası sismik kayma dalgası hızları ile doğru orantılı olduğu bulunmuştur. Anakayanın kayma dalgası hızının geniş bir alanda nispeten sabit olarak bulunduğu yerlerde; her bir lokalite için bağlı büyütme miktarı zemin tabakasının kayma dalgası hızından elde edilebilir. Oluşan bir depremden sonra deprem odağından yayılan dalga karakteri sabit olarak kalmaz. Deprem odağına ait olan ve deprem dalgası yayılım ortamına ait olan özelliklerce deprem dalgası denetlenir. Deprem oluşum mekanizması, eğer faylanma varsa fayın durumu, atım miktarı, yönü, iç merkez derinliği, depremin süresi gibi depremin odağına ait parametrelerin yanısıra, deprem dalgalarının yayılım yönü boyunca yer alan ortamların jeofizik özellikleri de deprem dalgalarının etkilediği yerlerdeki karakteristik özelliklerini belirler. Deprem dalgaları iç merkezden belirli bir açı ile ayrıldıktan sonra ilerledikleri ortamlar boyunca, çeşitli tabakalı veya tabakasız yer oluşum biçimlerini geçerler. Bu yayınımları sırasında, sismik prensipler çerçevesinde kırılmalar ve yansımalar uğrayarak yeryüzüne ulaşırlar. Kırılmalar ve yansımalar genellikle karmaşık olur. Tabakalar arasındaki empedans farklılıkları, dalgaların geliş açıları ve diğer katman özellikleri ile kırılmalar ve yansımalar belirlenir. Genellikle sert birimlerden göreceli olarak daha yumuşak birimlere geçen dalgaların genlikleri büyür. Dolayısı ile ivme gibi özellikleri de büyür. Bu durum oluşan herhangi bir depremden gözlenebilir.

Genellikle yerleşim birimlerinin kurulduğu bölgeler doğrudan anakaya ile ilişkili bölgeler değildir ve ana kaya üzerinde belli kalınlıkta bir altere zon veya örtü tabakası bulunan yerlerdir. Ülkemizde önemli yerleşim birimleri, azımsanmayacak kadar kalın örtü tabakası bulunan bölgelerde yer almaktadır. Bolu, Düzce, Adapazarı, Bursa bu tür deprem büyütme riski olan yerler olarak sayılabilir. Yer fiziksel ve jeolojik yapısı yer salınımlarını önemli ölçüde etkilediği için, mühendislik yapılarının tasarım ve inşaat aşamalarında yerin bu özellikleri iyi incelenmelidir. Fakat yer materyalinin erozyon, farklı depolanma, tektonik şekillenme ve bozuşma gibi faktörlerden etkilenerek çok çeşitlilik göstermesi, mikrozonlama çalışmalarını zorlaştırmaktadır.

Yer büyütmesi 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 katkı sağlamışlardır (Aki, 1993). Genel bir kanı olarak her iki ekol de, 0.2 saniyeden uzun periyotlarda zemin karakteri taşıyan yerler, sağlam kaya karakteri taşıyan yerlere göre 2-3 kat büyütme gösterirken 0.2 saniyeden kısa periyotlarda bu ilişki tersine dönmektedir. Episantra olan uzaklığın 50 km'den fazla olduğu yerlerde, yerel koşullar depremin ivmesine büyük ölçüde etki etmektedir. Yatay yer ivmesi, sert ana kayalarda en az, alüvyonlarda yüksek ve daha gevşek çamur benzeri yapılarda daha yüksek değerler alarak etkilenmektedir (Aki, 1993).

Episentra yakın bölgedeki veya belli bir uzaklıktaki yer etkilerinin farklı oluşunu, Aki 1993'de anlatıldığına göre; Sommerville ile Yoshimura 1990 yılında Moho süreksizliğinden güçlü yansımaların episentra 100 km yakın yerlerde yüksek genliklere yol açabileceğini savunmuşlar, Joyner ve Boore ise 1988 yılında bu etkilerin kaynak yönü ve yayılım doğrultusunun birleşik etkilerinden oluşabileceğini belirtmişler, Idriss ise bu etkileri, yerin doğrusal olmayan (non lineer) davranışıyla açıklamıştır (Aki, 1993).

Aki, istasyonlarda kaydedilen yerel depremlerden gelen P, S ve yüzey dalgalarından sonra gelen sürekli titreşimleri (codalar) inceleyerek, coda dalgalarından bulunan büyütme faktörleri ile S dalgalarından hesaplanan büyütme faktörleri arasında uyumlar gözlemiştir.

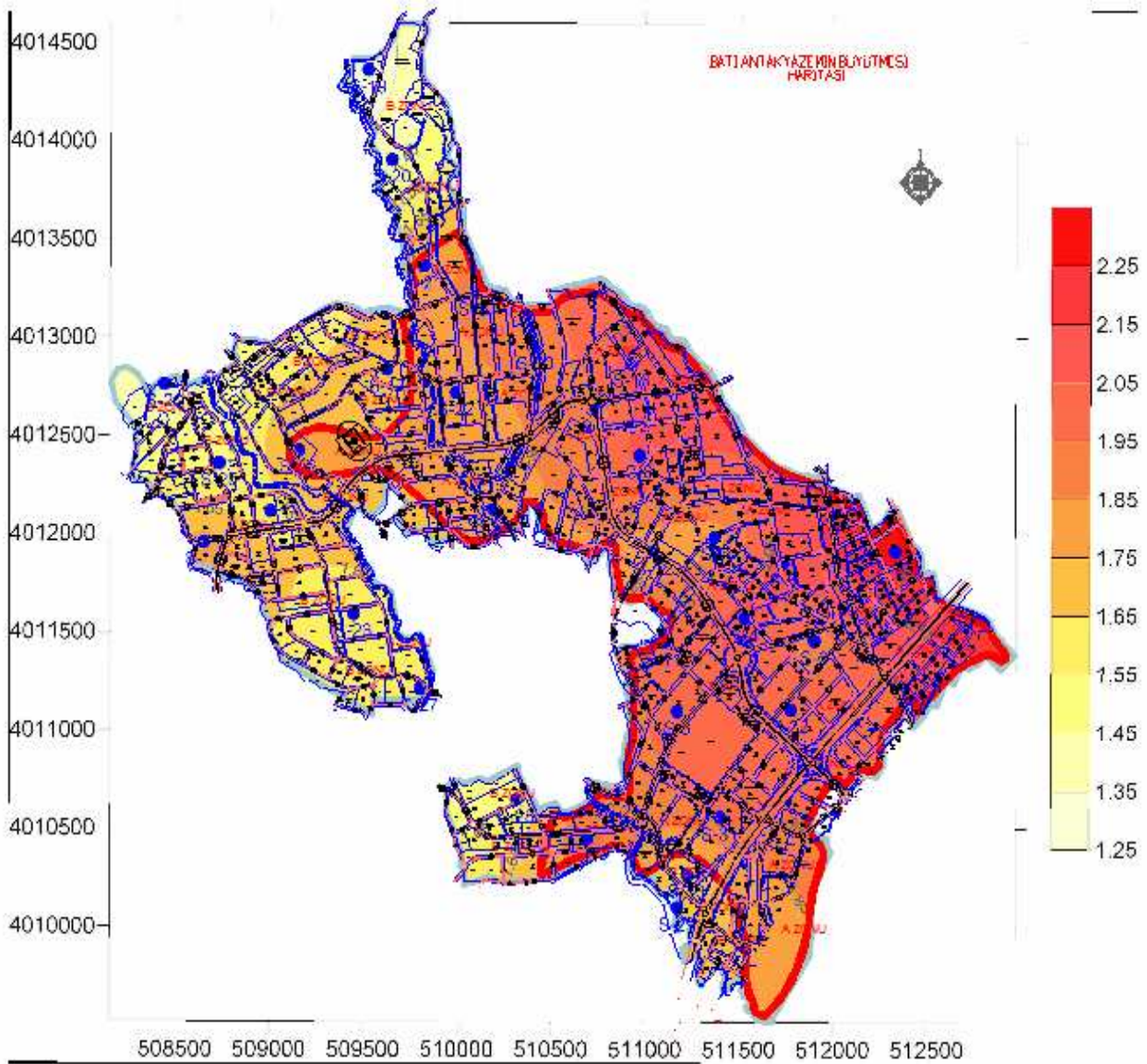


Şekil 4.8. Midorikawa bağıntısına göre hazırlanan Batı Antakya'nın zemin büyütme haritası

Midorikawa (1987) bağıntısına göre hazırlanan zemin büyütme haritası incelendiğinde (Şekil 4.8.) büyütme değerleri 2.25 ile 1.25 arasında değişmektedir. İnceleme alanının kuzey kesimlerine gidildikçe bu değerlerin göreceli olarak arttığı görülür. Sondaj verileri ve sismik hızlarla karşılaştırıldığında bu bölgelerde bozmuş, kısmen bozmuş marn seviyelerinin yaklaşık 3 ile 6 m. arasında değiştiği görülür. Dokanıklarda su varlığının olması ve örtü kalınlığının güney kesimlere göre göreceli fazlalığı, büyütme değerlerinin artışına işaret edebilir. Diğer taraftan 1. tabaka için kayma dalga hızları 50 ile 150 m/sn arasında değiştiğinden sondaj verileri ile uyum söz konusudur. Bu sonuçlar da kuzey kesimlerinde büyütme değerlerindeki göreceli artışı açıklar. Şekil 4.9.' da büyütme ile mevcut imar planının çakışmış şekli görülmektedir. Ayrıca A-3 ölçekli

haritası Ek-5' de verilmiştir. İmar planına esas jeolojik-jeoteknik etüd raporunda bu bölgeler, şev analizi gerektiren önlemleri alanlar olarak tanımlanmıştır. Yapılanmadan önce gerekli önlemlere riayet edilmelidir.

Bu verilerden, inceleme alanını etkileyecek büyük bir depremde, bu alandaki zeminlerin deprem dalgalarını büyüteceği anlaşılmaktadır. Şu anda yapılaşmanın olmadığı Batı Antakya'da büyütme fonksiyonu göz önüne alınmalı, bu değerin öngördüğü önlem çerçevesinde statik hesaplamalar yapılmalı ve projelendirilmelidir. Ancak şu anda bilinen statik hesap programlarında zemin büyütme değerleri fonksiyonel olarak kullanılmamaktadır.



Şekil 4.9. Batı Antakya'nın zemin büyütme haritasının imar planı ile çakışmış hali

4.8.2. Zemin Hakim Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Aktif deprem kuşağında yer alan ülkemizde can ve mal kayıplarının önüne geçilmesi için zemin koşulları iyi bilinmelidir. Bu koşullar içerisinde Hakim titreşim periyodu önemli bir yer tutar. Olası bir depremde, deprem kaynağından yayılan dalgaların periyodu ile zemin üzerinde bulunan yapıların periyodunun aynı olması durumunda rezonans hali gerçekleşecek ve yapılar mühendislik açısından sağlam olsa bile ciddi hasarlar oluşacaktır.

Kentleşmenin yoğun olduğu ve yeni sahaların açılacağı Antakya'da nerelere kaç kat ya da sn lik periyot değerlerine sahip yapıların inşa edilebileceği, kentin gelecekte güvenli ve düzenli yapılaşmalara sahip olabilmesine büyük katkılar sağlayacaktır.

Zeminlerin deprem anındaki davranışlarında en üstteki tabakanın sismik davranışı büyük rol oynamaktadır. Bundan dolayı zeminin titreşimi ile ilgili amplitüd ve periyotlar üst seviyedeki toprağın titreşimine çok daha fazla bağlıdır.

Kanai ve Tanaka, topografik olarak yüksek ve sert zeminlerde titreşim periyodunun 0,1 ile 4 s arasında değiştiğini, diğer taraftan yumuşak ve alüvyoal zeminlerde alüvyon kalınlığına bağlı olarak 1 s' lik değerler aldığını belirtmişlerdir.

$$T_{pp} = 4(h_1 / V_{s1}) + 4(50-h_1)/V_{s2} \quad (2 \text{ tabakalı})$$

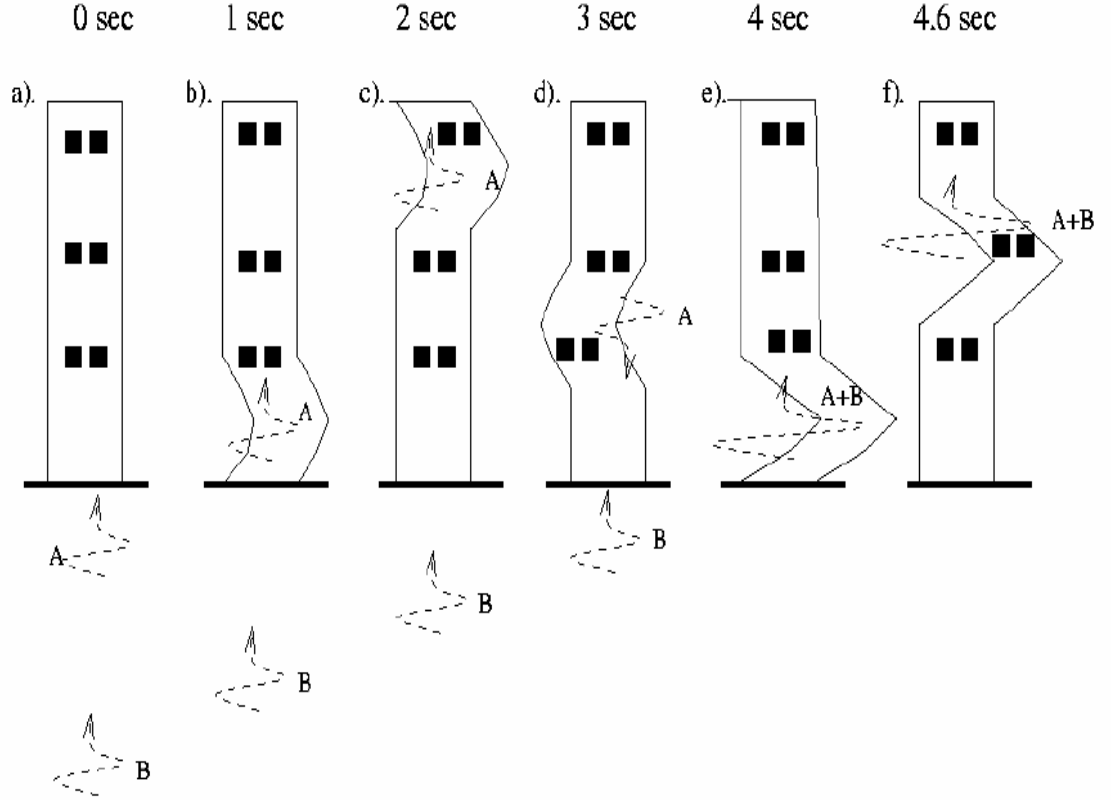
(4.7)

$$T_{pp} = 4(h_1 / V_{s1}) + 4(h_2 / V_{s2}) + 4(50-h_1+h_2)/V_{s3} \quad (3 \text{ tabakalı})$$

T_{pp} ; Zemin hakim titreşim periyodu(s)

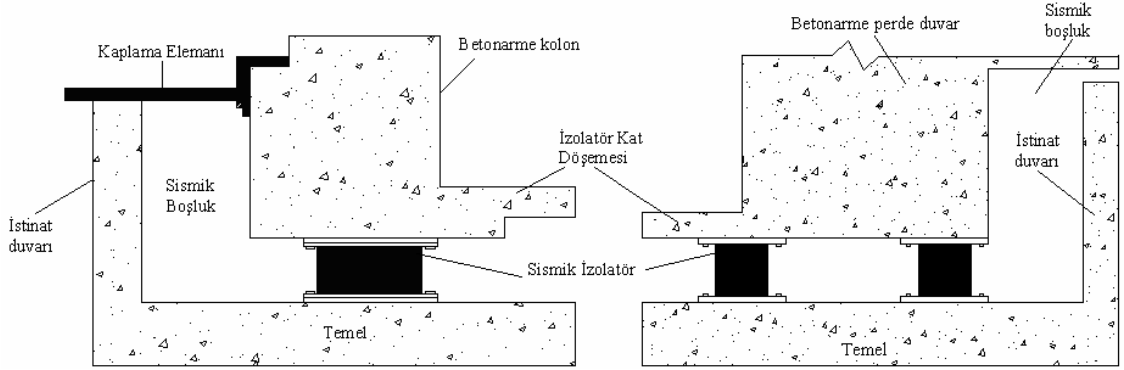
V_s = S dalga hızı (m/s)

h = tabaka kalınlığı



Şekil 4.10. Binaların salınımlar karşısında sismik rezonansı (Tokgöz, 2002).

Şekil 4.10.' da salınımlar karşısında zemin baskın titreşim periyodu ile binanın titreşim periyodunun nasıl rezonansa girdiği görülmektedir. Dolayısı ile yer bilimlerinin mühendislik konusu olmakla kalmamış aynı zamanda yapı mühendisliğinin sahası içerisine girmiştir. Binaların zeminlerinde çeşitli izolatörlerin kullanımı ile hakim titreşim periyodunun arttığı ve bunun da binanın zemin rezonansından uzaklaştığını ortaya koyduğu çeşitli araştırmacılar tarafından doğrulanmıştır (Pekgökgöz v.d, 2007). Küçük ve orta büyüklükteki az katlı binaların hakim titreşim frekansları depremlerin baskın olan frekans aralığına girmekte bu nedenle rezonans olayı meydana gelmektedir. Rezonans olayından dolayı kısa periyotlu yapılar, birinci titreşim periyodu daha yüksek olan çok katlı yapılara göre daha çok zarar görmektedir. Bu nedenle hakim titreşim periyodu 1 sn den küçük olan küçük ve orta büyüklükteki binalar için sismik izolatörler düşünülmelidir.



Şekil 4.11. Kolon ve temel, betonarme perde ve temel arasında sismik izolatörlerin yerleştirilmesi (Pekgökgöz v.d., 2007)

Genel bir kanı olarak değinildiği gibi, 0.2 saniyeden uzun periyotlarda zemin karakteri taşıyan yerler, sağlam kaya karakteri taşıyan yerlere göre 2-3 kat büyütme gösterirlerken 0.2 saniyeden kısa periyotlarda bu ilişki tersine dönmektedir. Episantra olan uzaklığın 50 km.' den fazla olduğu yerlerde yerel koşullar depremin ivmesine büyük ölçüde etki etmektedir. Yatay yer ivmesi, sert ana kayalarda en az, alüvyonlarda yüksek ve daha gevşek çamur benzeri yapılarda daha yüksek değerler olarak etkilenmektedir (Aki, 1993). Bölge için oluşturulan hakim periyot haritasına bakıldığında (Şekil 4.14); bölgede en düşük periyot 0.24 en yüksek periyot 0.64 değerindedir. Büyütme haritasında olduğu gibi zemin hakim titreşim periyodu haritasında da şehrin kuzey kesimlerinde hakim titreşim periyodu büyük değerler almaktadır. Bu bölgede yer etkin periyodu 0.48 saniye ile 0.64 saniye arasında değişmektedir ve bölge, çevresinden belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi hakim titreşim periyodu daha büyük olan bölgelerin, hakim titreşim periyodu daha küçük olan bölgelere göre jeolojik olarak daha yumuşak, az sıkışmış, çimentolanması daha az, genellikle alüvyonal karakterli bölgeler olduğu görülmektedir. Bu tür bölgeler jeofizik veriler ışığında sismik S dalga hızı, kesme direnci düşük olan, yanal yöndeki yüklerle karşı dayanımsız ve deprem mühendisliği açısından da az sağlam ve sakıncalı bölgeler olarak nitelendirilen yerlerdir.

Diğer taraftan hakim periyot değeri 0.10 – 0.25 saniye arasında değişen yerler ise; çimentolanması daha iyi sismik S dalga hızı daha yüksek ve yer mühendisliği açısından

nispeten daha sağlam bölgeler olarak değerlendirilmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile hakim titreşim periyodu haritasına ve yer büyütme katsayısı haritasına bakıldığı zaman haritalar üzerinde A ve B zonu olarak iki bölge belirlemek mümkündür (Şekil 4.8 ve 4.14). Ayrıca A-3 ölçekli haritaları EK-2 ve EK-3' de verilmiştir. A zonu deprem çekincesi açısından B zonuna göre daha çekinceli ve yapılacak olan şehircilik çalışmalarında daha dikkatli çalışmaların yapılması gereken bir bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer yandan B zonu ise yer mühendislik verilerine göre daha sağlam bir bölge olarak görülmektedir. Sismik verilerinden elde edilen sonuçlara göre büyük olasılıkla A zonundaki örtü tabaka kalınlığının da B zonundakine oranla daha kalın olması beklenebilir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında B zonu içerisinde kalan alanlar A zonunda yer alan alanlara göre nispeten daha sağlam yer koşullarına sahiptir. A zonu içerisinde yer alan bölgelerin, deprem sarsıntı hareketini ve buna bağlı gelişen yapısal hasarları arttırıcı yer yapısına sahip oldukları söylenebilir. Daha ayrıntılı ve daha keskin sınırlı bir zonlama yapabilmek için, bölgede bundan sonra yapılacak olan mikrobölgelendirme çalışmalarında ölçüm noktalarının sayısını ve sıklığını arttırmak önerilebilir.

Bu bağlamda, çalışmanın başlangıç aşamasında ilgilenilen alanın büyüklüğüne bağlı olarak çok kısa aralıklarla bölgenin zemin hakim titreşim periyot haritası çıkarılması gerekmektedir. İkinci aşamada mevcut mühendislik yapılarının kat envanteri çıkarılır. Üçüncü aşamada kabaca her kat için titreşim periyodu 0.1 sn olacak şekilde düşünülerek zemin yapı etkileşimi (sitestructure interaction) durumu ortaya konmaya çalışılır. Normal şartlarda yapıların titreşim periyotlarını kestirim yollarından biri de sallama masası (shaking table) yöntemidir. Fakat bu oldukça karmaşık ve pahalı bir işlemdir. Ya da değişik matematiksel analizlerle sayısal modellemelere gidilmesidir. Burada dikkat edilmesi gereken başka özellikler de mevcut mühendislik yapıların; kat sayısı, kullanılan malzemenin rijitliği (elastik özellikleri) ve donatı özellikleridir. Mühendislik yapılarının hakim periyodu basit bir amprik bağıntı ile

$$(T_{\text{yapı}} = \text{Bina Kat Adedi} \times 0.1 = \text{sn}) \text{ belirlenebilir.} \quad (4.8)$$

Fakat bu bağıntı kullanılarak belirlenen mühendislik yapılarının titreşim periyotları birçok durumda yanlış bulunabilmektedir (Özçep v.d., 2007). Ancak çoğu zaman

analitik olarak binaların titreşim periyotlarının ölçümü zor olduğundan pratikte bu bağıntı kullanılabilir.

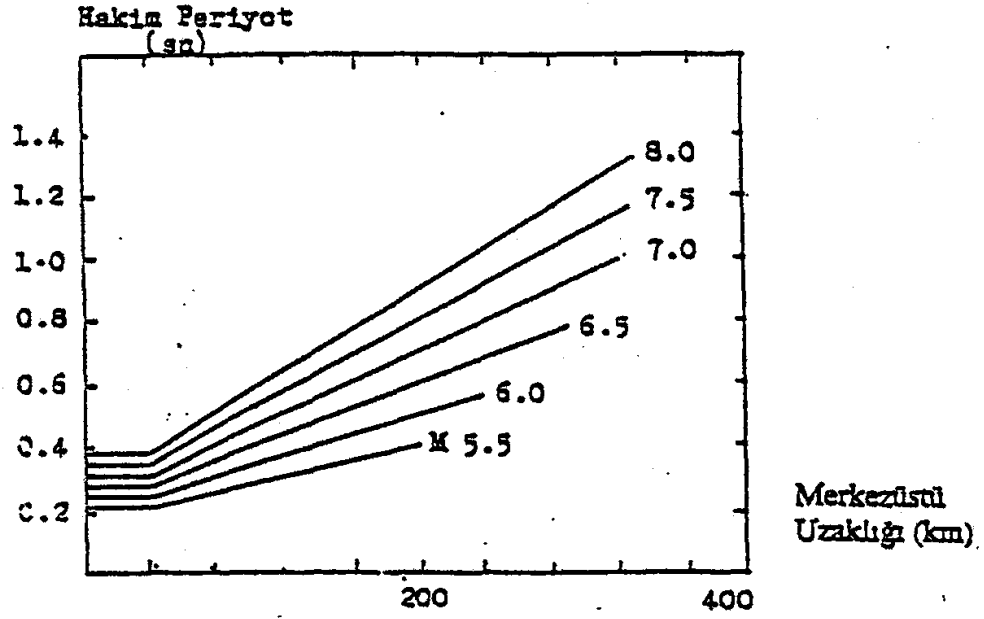
Yapıların titreşim periyotları gerçekte zemin yapı etkileşiminin bir sonucu olduğu için zemin koşullarının yanısıra yapı koşulları da bağlayıcıdır. Periyot, binanın ağırlığı, kat adedi ve taşıyıcı sistemin yatay yükelerle karşı rijitliğine bağlıdır. Binaların birinci mod ampirik titreşim periyodu için bir diğer bağıntı;

$$T=(0.005\sim 0.1)N \text{ ile verilir.} \quad (4.9)$$

Bir başka değişle 10 katlı ($N=10$) bir binanın 1. mod titreşim periyodu 1.0 sn olarak alınabilir. Eğer taşıyıcı sistem perde duvarlı ise bu yaklaşık 0.7 sn dir. Çok katlı binaların kat adetleri ile beraber doğal periyotlarının ilk birkaç tanesi önemlidir. Çünkü yüksek moddaki titreşimlerin gerektirdiği enerji çok büyük olduğu için binalar genellikle ilk birkaç ya da en çok 5 modda titreşim yaparlar. Bunun yanısıra ilk birkaç moddaki titreşimlerin süperpozisyonundan oluşur. Bunların periyotları, kütle ve rijitlik arasında

$$T = \sqrt{m/k} \text{ şeklinde bir ilişki mevcuttur.} \quad (4.10)$$

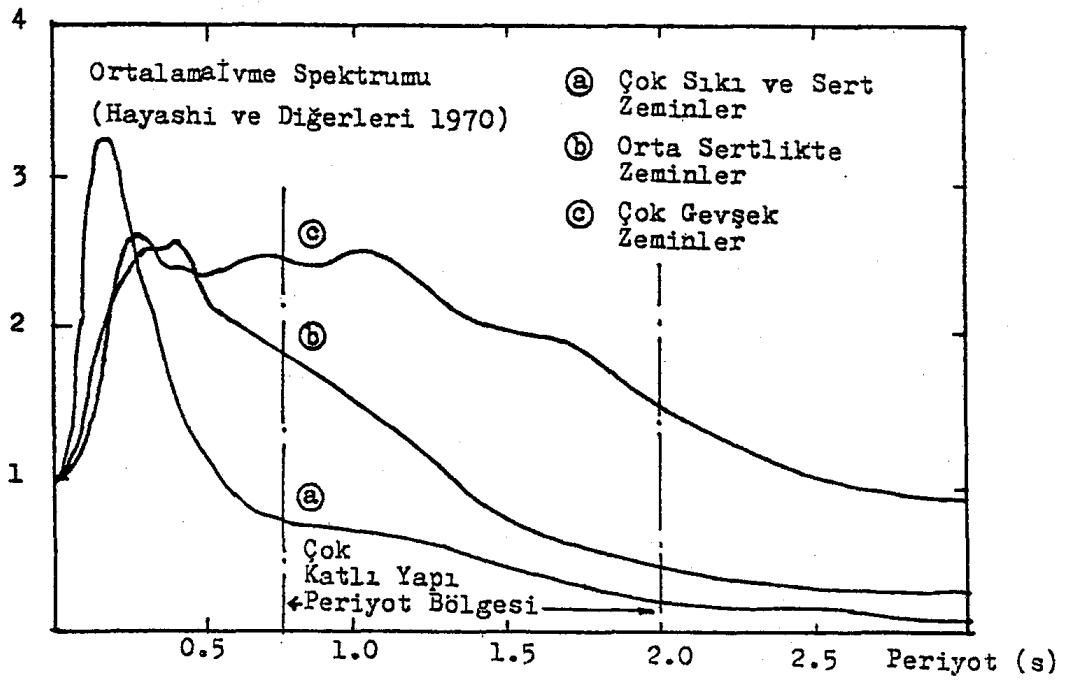
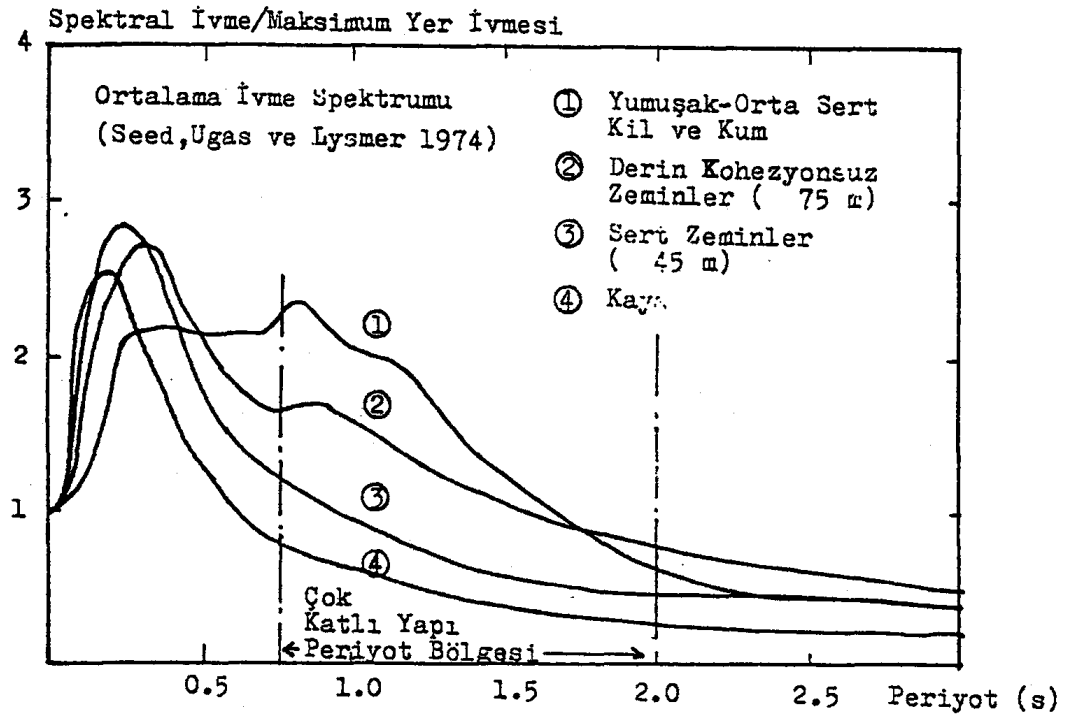
Yer hareketi içerisindeki yüksek frekanslı kısa periyotlu titreşimler fazla uzağa gidememektedir. Uzaklara kadar giden sarsıntı dalgaları daha küçük frekanslı ve daha büyük periyotludur. Çok katlı binaların doğal titreşim periyotlarının daha uzun olduğu dikkate alınırsa depremlerden daha çok etkileneceği hemen anlaşılacaktır. Deprem magnitudü, hakim titreşim periyodu ve uzaklık değişimi Şekil 4.12.' de verilmiştir.



Şekil 4.12. Hakim titreşim periyodu, magnitüt ve uzaklık değişimi

Yapıdaki hasar, asal titreşim periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirine çok yakın olmasından dolayı oluşan rezonans ile ilgili ise, yapının dinamik özellikleri değiştirilerek yapı periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirinden uzaklaştırılması sağlanabilir. Bunun için zeminin dinamik özellikleri de belirlenmelidir. Daha sonra yapı periyodunun uzatılması ya da kısaltılması veya yapının daha esnek ya da rijit bir konuma getirilmesi ile, yapı periyodu, zemin hakim periyodundan uzaklaştırılabilir. Yapının yükü arttırılırsa periyodu uzar, ancak aynı zamanda yapıya gelen deprem yükü artar bu yüzden yapının taşıma gücünün de arttırılması gerekir. Yapının rijitliği arttırılırsa periyodu kısalır. Yapıya yeni elemanlar eklenmesi ve kesitlerin genişletilmesi hem rijitliğini hem de taşıma gücünü arttıracaktır. Yapının sönüm oranının arttırılması ve katlar arasında rijitlik değişimlerinin uyumlu olmasının sağlanması da yapının dinamik özelliklerini iyileştiren önlemlerdir. Rijitliğin üst katlardan aşağıya doğru giderek artması, katlar arasında ani ve büyük rijitlik farklarının olmaması: üst kattan gelen perde duvarın zemin katta yapılmaması ya da zemin katta yapılan perde duvarların üst katlarda kesilmesi, yapının dinamik özelliklerini iyileştiren önlemlerdir.

Depremde zemin hakim titreşim periyodunda etkili olan bir diğer faktör de yerel zemin koşullarıdır. Şekil 4.13 yer hareketinin periyot kapsamını göstermektedir.



Şekil 4.13. Değişik zeminlerin yer hareketinin genliği üzerindeki etkileri

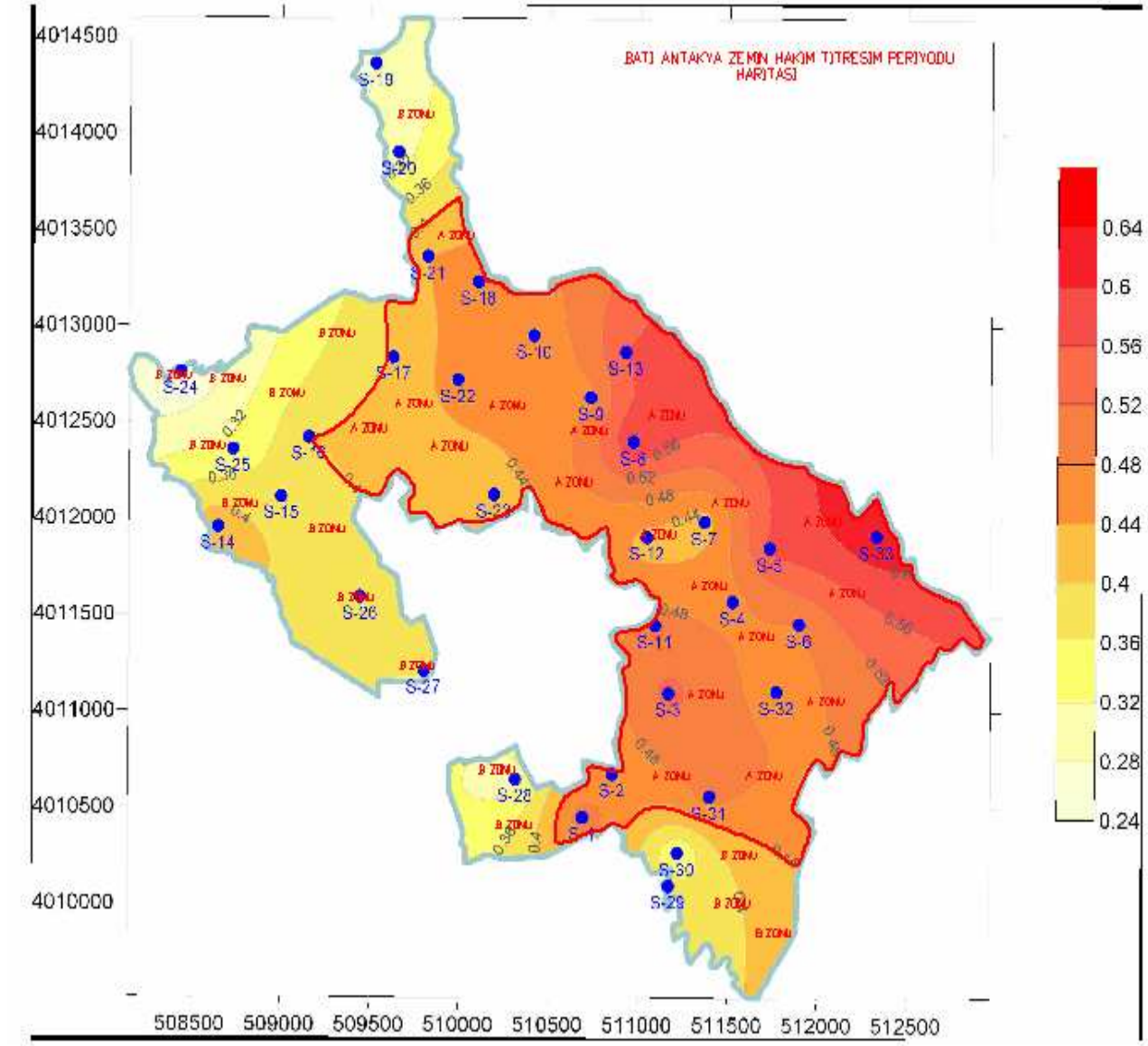
Bir sonraki aşamada mevcut zemin-yapı etkileşimi neticesinde ilişki 5 aşamaya ayrılarak incelenir (Tablo 4.6.). Bunlar; çok riskli, riskli, orta riskli az riskli ve risksiz durumlara karşılık gelir. Çok riskli durum, zemin-yapı ilişkisinin olduğu veya titreşim periyotlarının çakıştığı durum olan rezonans durumunu, risksiz durum ise titreşim periyotlarının birbirinden çok uzak olduğu durumu yansıtmaktadır.

Tablo 4.6. Zemin Yapı etkileşiminde risk seviyeleri (Özçep Vd., 2008)

RİSK DÜZEYİ	ZEMİN PERİYODU-YAPI PERİYODU (sn)
Çok Riskli	$T_z = T_y * 1$
Riskli	$T_z = T_y * 2$
Orta Riskli	$T_z = T_y * 3$
Az Riskli	$T_z = T_y * 4$
Risksiz	$T_z = T_y * 5$

Deprem konusunda çalışmalar yerel ve bölgesel bazda gerçekleştirilmektedir. Bölgesel bazda alanlar kentsel planlamaya ve kentsel dönüşüm çalışmalarına altlık olacak sismik mikrobölgeleme haritaları, yerel bazdakiler ise, (parsel bazında) bina (ve her türlü yapı) ile zemin/deprem ilişkisini ortaya koyan mühendislik çalışmalarıdır. 17 Ağustos 1999 deprem öncesine oranla gerek nicelik ve gerekse nitelik olarak her iki grup çalışma da düzey artmasına rağmen halen çağdaş ülkeler düzeyinde olmadığımız açıktır. Zemin ve deprem konusunda çalışmalar yerel ve bölgesel bazda iki kapsamda incelenebilir: “tanı koyma” ve “tedavi”. Zemin ve binalarımızın deprem etkilerine göre tanımlandırılması başka deyişle teşhisi bilimsel esaslara göre yapılmamaktadır. Tanı koyma/teşhis önemli bir problem olurken bir diğer problem tedavi/iyileştirme dir. Zemin ve binalarınız niteliksiz (kötü) ise tedavi ile iyileştirilebilir/güçlendirilebilir. Bu teknikler tüm dünyada uygulanırken bizim ülkemiz bu teknolojiler konusunda da çok geridir. Maliyet, etkinlik, hızlilik ve güvenilirlik açısından mikrotremor ölçümleri zemin-yapı etkileşimini belirlemeye baz teşkil eden zemin ve yapıların hakim periyotlarının belirlenmesinde tüm dünya ülkelerinde oldukça sıklıkla kullanılan alternatif bir yöntemdir.

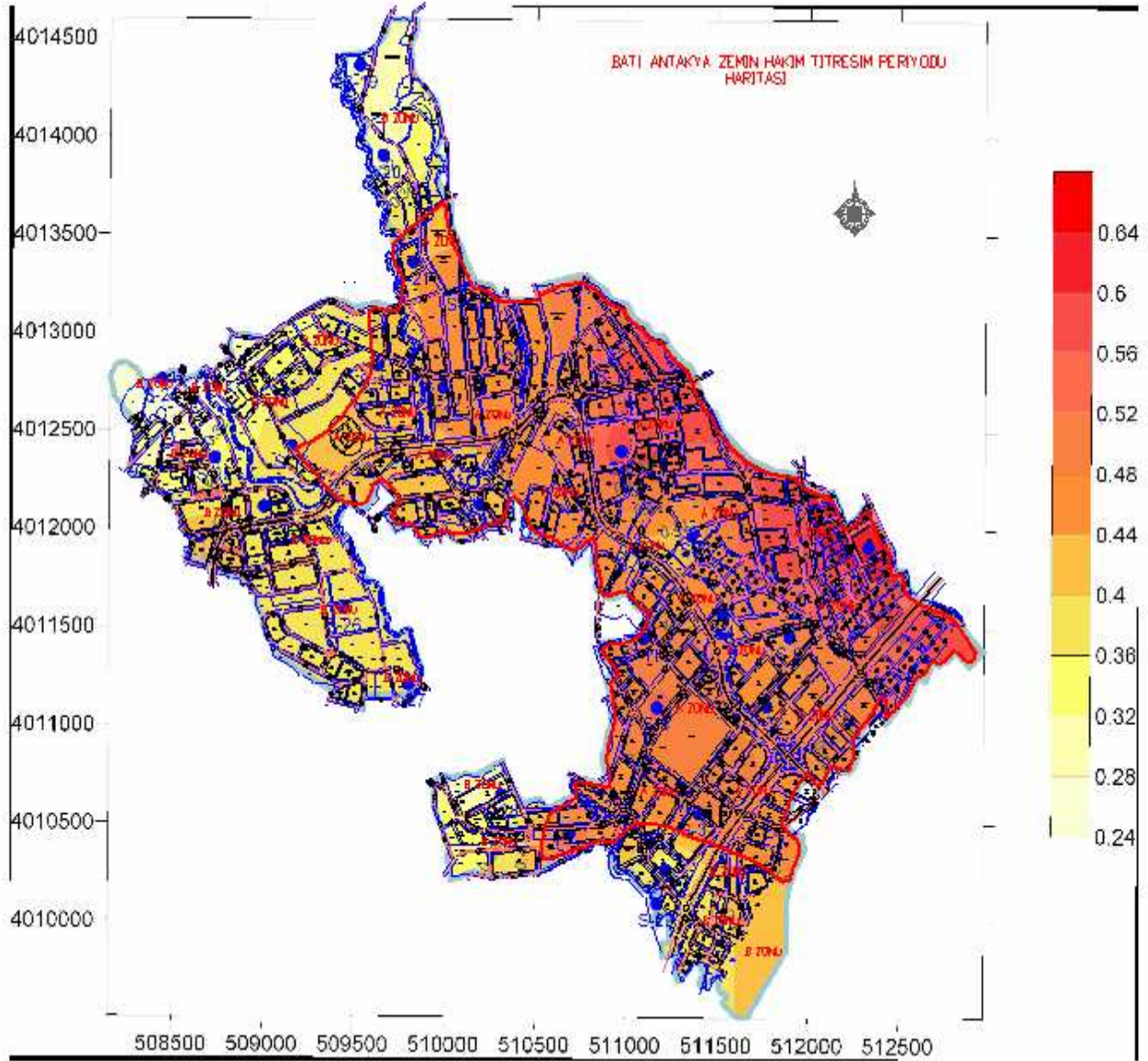
Sonuç olarak büyütme ve hakim titreşim periyodu üzerinde yapılan çalışmalar ve sonuçlarına bakıldığında, depremden sonra oluşan hasarın nedenlerinin belirlenmesinde ve hatta depremden önce oluşacak yapı hasarının tahmin edilmesinde önemli verilere ulaşıldığı görülmektedir. Dolayısıyla, özellikle kent merkezlerinde depremden önce mikrotrömür ile zemin hakim periyot ve zemin büyütmelerinin belirlenmesi ile deprem sırasında kent merkezinde oluşabilecek hasarın dağılımının ve hatta zemin ve yapı periyoduna göre ne tür binaların ağır hasar görebileceğinin tahmini yapılabilmektedir.



Şekil 4.14. Batı Antakya'nın zemin hakim titreşim periyodu haritası

Tablo 4.7. Kanai ve Tanaka (1961)' nin önerdiği sınıflama

SINIF	TANIM	H. PERİYOT
1	Temel kaya, sert kumlu çakıl gibi geniş alanlar kaplayan sahalar	<0.2
2	Kumlu çakıl, kumlu sert kil (loam) ve benzeri diluvial veya alüvyon alanlarda kalınlıkları 5 m veya daha derin alanlarda	0.2-0.4
3	Alüvyon, kalınlığı 5 m veya daha fazla ve II. tip birimlerden ayrılabilen basit alanların etkin periyodları	0.2-0.6
4	Delta tipi alüvyon depozitler ve çamur gibi 30 m veya daha fazla derinliğe sahip alanlar	>0.6



Şekil 4.15. Batı Antakya'nın zemin hakim titreşim periyodu haritasının imar planı ile çakışmış hali

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

1. İnceleme alanı ve yakın çevresi Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayınlanan ve Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" 'na göre 1. Derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır.

2. İnceleme alanının jeolojik yapısını, literatürde de Samandağ Formasyonu olarak adlandırılan, Pliyosen yaşlı kilitaşı-kumtaşı-çakilitaşı-marn-killi kireçtaşılarının ardalanması oluşturmaktadır.

3.İnceleme alanında, Konut Yerleşme Alanları, Kentsel Çalışma Alanları, Yeşil Alanlar, Tarım Alanları, Kentsel Sosyal Altyapı Alanları ve Kentsel Teknik Altyapı Alanlarının yapılması planlanmaktadır.

4. İnceleme alanı, güneydoğu toroslarının da başlangıcını oluşturan ve Hatay ilinin en büyük dağı konumundaki güneybatı-kuzeydoğu uzanımlı Amanos dağlarının doğu eteklerinin en uç kesiminde yer almaktadır. İnceleme alanının büyük bir bölümü orta-yüksek eğimli bir topoğrafyaya sahip olmakla birlikte bu bölgelerde eğim genellikle %10-40 arasında değişim göstermektedir. Çalışma alanının, özellikle kuzeyinde bulunan bazı kesimlerinde eğim artmakta olup %40'ın üzerine çıkmaktadır. İnceleme alanında en düşük kot 121 m, en yüksek kot ise 341 m'dir.

5. İnceleme alanı, jeolojik ve jeoteknik kriterler dikkate alınarak yerleşime uygunluk yönünden 3 (üç) gruba ayrılmıştır. Bunlar; Uygun Alanlar (UA), Önemli Alanlar (ÖA), Uygun Olmayan Alanlar (UOA)

6. İnceleme alanı Zemin Hakim Titreşim Periyodu ve Zemin Büyütmesi yönünden A zonu ve B zonu olarak iki gruba ayrılmıştır.

7. İnceleme alanının güney-güneydoğusunda yer alan ve eğimin genellikle %10'dan az olduğu kesimler yerleşime uygunluk açısından değerlendirildiğinde Uygun Alan (UA) olarak tanımlanmıştır. Bu alanlarda yapılan sondaj çalışmalarında rezidüel zemin kalınlığının genellikle 1.0-3.0 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ancak yer yer rezidüel zeminin kalınlığı 4.0m'yi bulmaktadır. Dolayısı ile her türlü yapılaşma öncesi, sondajlı parsel bazlı zemin etütlerinin yapılması şarttır. Özellikle de rezidüel zemin kalınlığının tespit edilerek hafredilmesi ve temelin kaya kütlesi içerisine oturtulması gerekmektedir.

8. İnceleme alanında eğimin %40'dan az olduğu ve rezidüel zemin kalınlığının kısa mesafelerde değişkenlik gösterdiği alanlarda, deprem veya yoğun yağış gibi tetikleyici faktörlerle birlikte bazı lokal duraysızlıklar gelişebilir. Bundan dolayı, yerleşime uygunluk değerlendirmesinde bu alanlar Önemli Alan (ÖA) olarak değerlendirilmiştir. Bu alanlarda her türlü yapılaşmalarda parsel bazlı sondajlı zemin etütlerinde, özellikle komşu parsellerin konumları ve topoğrafyalarının da dikkate alındığı şev duraylılığı analizleri yapılmalıdır. Rezidüel zemin kalınlığının tespit edilmesi, bu zonun kazılarak hafredilmesi ve temelin kaya kütlesi içerisine oturtulması gerekmektedir. Yapılaşma esnasında oluşması muhtemel her türlü şevlerin yapılaşma öncesinde uygun projelendirilmiş çeşitli destek yapıları ile (istinat, kademelendirme vb.) iyileştirilmesi, şev analizlerinin yapılarak uygun projelendirilmiş drenaj sistemleri ile desteklenmesi gerekmektedir.

9. İnceleme alanının kuzeyinde yer alan, eğimin genellikle %40'dan fazla olduğu ve aktif yamaç duraysızlığının gözlemlendiği alanlar Uygun Olmayan Alan (UOA) olarak değerlendirilmiştir. Uygun olmayan alan olarak değerlendirilen bölgeler içerisinde yer yer %40'dan daha az eğimli alanlar da bulunmaktadır. Ancak topografik bütünlüğün sağlanması açısından daha az eğimli olan bazı lokal kesimler de uygun olmayan alan içerisine dahil edilmiştir.

10. Yapılan hesaplamalar sonucunda genel olarak taşıma, oturma, sıvılaşma problemleri beklenmemektedir. Ancak, tüm bu yapılan jeoteknik hesaplamalarda verilen bu değerler fikir verici niteliktedir. Her türlü alt yapı ve üst yapılarda mutlaka parsel bazlı zemin

etütlerinde ayrıntılı olarak tüm bu hesaplamalar, gerçek temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalıdır ve çıkan sonuçlara göre hareket edilmelidir.

11. Zemin Hakim Titreşim Periyodu ve Zemin Büyütmesine göre yapılan zonlanma esas alınarak bina kat yükseklikleri yeniden düzenlenmeli ve plana işlenmelidir. B zonu olarak tarif edilen bölgeler, yüksek ve çok katlı yapılaşmaya daha müsait olup A zonu olarak gösterilenler ise kat adedi yönünden sakıncalı yerlerdir.

12. Sismik çalışmalar sonucunda zeminin (S-7 ve S-24 profili hariç) 2 tabakadan oluştuğu ortaya konmuştur. S-7 ve S-24 nolu sismik ölçüm profilleri ise üç tabakadan oluşmaktadır. En üstte yer alan rezidüel tabakanın kalınlığı 1.3 ile 3.5 m arasında değişmektedir. Bu tabakaların boyuna dalga hızı (V_p) 172-846 m/s iken enine dalga hızı (v_s) 53-639 m/s arasındadır. Alttaki tabakanın boyuna dalga hızı (V_p) 704-2547 m/s iken enine dalga hızı (v_s) 322-1000 m/s arasında farklı değerler almaktadır. Tabakaların yoğunlukları ise, 1.12-2.33 gr/cm³ arasında değişmektedir. Poisson oranları 0.1-0.47 arasında değişmekte olup, zemin hakim titreşim periyotları, inceleme alanında 0.24-0.63 arasındadır.

13. Küçük ve orta büyüklükteki az katlı binaların hakim titreşim frekansları depremlerin baskın olan frekans aralığına girmekte, bu nedenle rezonans olayı meydana gelmektedir. Rezonans olayından dolayı kısa periyotlu yapılar, birinci titreşim periyodu daha yüksek olan çok katlı yapılara göre daha çok zarar görmektedir. Bu nedenle hakim titreşim periyodu 1 sn den küçük olan küçük ve orta büyüklükteki binalar için sismik izolatörler düşünülmelidir.

14. Her türlü yapılaşmalarda olası yeraltı sularının temeli etkilememesi için en uygun drenaj sistemiyle temelden uzaklaştırılması ve yalıtımının yapılması gerekmektedir. Yer altı sularının, atık suların, ayrıca yüzey sularının drenajının yapılması gerekmektedir.

15. İnceleme alanında yer alan irili ufaklı tüm derelerin, su baskını yaratabilme olasılığı açısından, Devlet Su İşleri'nin görüşünün alınması ve bu görüşler doğrultusunda hareket edilmesi gerekmektedir.

16. Her türlü yapılaşmalarda Bayındırlık ve İskan Bakanlığı “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik “ hükümlerine kesinlikle uyulmalıdır.

17. Yapılan tüm bu çalışmalar Batı Antakya'nın zemin durumunu ortaya koymak üzere, İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu çalışmaları ile birlikte yürütülmüş ve bu tezde verilen jeoteknik jeofizik veriler zeminin genel karakterizasyonuna yönelik olup, bire bir parsellerde temel tasarımına teşkil edecek veriler olarak düşünülmemelidir. Her türlü yapılaşma esnasında sondajlı jeolojik-jeoteknik-jeofizik parsel bazlı zemin etüdlerinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AKİ, K.,1993., Local Site Effects on Weak and Strong Ground Motion. Tectonophysics, 218; 93-111.
- AKİ, K. and RİCHARDS, P.G., 1980, Quantitative Seismology, W.H. Freeman and Co., San Francisco, California, Vol. 1, Page 137, ISBN 0-7167-1058-7.
- AKGÜN, S., BEKLER T., Mikrotremor Yönteminin Zemin Problemlerindeki Uygulamaları ve Çanakkale'den Örnekler, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020 Çanakkale, 2007.
- ALP, H., 2009, Doğu Akdeniz Bölgesi Jeofizik Verilerine Dalgacık Analiz Yöntemi Uygulanarak Bölgenin Tektonik Yapısının Araştırılması, İ. Ü., Fen Bilimleri Enst., Jeof. Müh. Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- ANTAKYA BELEDİYESİ, 2006., İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu.
- ATAN, O. R., 1969, Eğribucak - Karacaören .(Hassa) - Ceylanlı – Dazevleri (Kırıkhan) arasındaki Amanos dağlarının jeolojisi: M.T.A. Yayını., No. 139.
- AYGÜN, A., Çanakkale Kenti Yerleşim Alanının Sivillasma Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- BAŞOKUR, A. T., GÖKTEN, E., SEYİTOĞLU, G.,VAROL, B., ULUGERGERLİ, E., İŞİK, V., CANDANSAYAR, E. ve TOKGÖZ, E. Jeoloji ve Jeofizik Çalışmalar Işığında 03.02.2002 Çay(Afyon) Depreminin Mekanizması, Hasarın Nedenleri ve Bölgenin Deprem Etkinliği. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2002.
- B.İ.B., 1994, Zemin ve Temel Etüdü Raporunun Hazırlanmasına İlişkin Esaslar.
- B.İ.B.A.İ.G.M.D.A.D., 1996, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.
- CEYHAN U., KARABULUT S, ÖZÇEP F,, GÜNDOĞDU O., Kayma dalgası hızı kullanılarak mikrobölgeleme çalışmaları: Büyükçekmece (İstanbul) Bölgesi.
- CRAIG, R. F., 1992, Soil Mechanics.
- ERGUVANLI, K., 1982, Mühendislik Jeolojisi.

- HAMPTON, M.R., 1987, Constraints on Arabian plate motion and extensional history of The Red Sea, *Tectonics*, 6(6), 687-705.
- HOEK E., BROWN E.T., 1997: "Practical Estimates of Rock Mass Strength", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol. 34, No. 8, pp. 1165-1186.
- JACKSON, J.A. ve MCKENZIE, D.P., 1984., Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between Western Turkey and Pakistan, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 77, 185-246.
- JFMO., 1996, Türkiye'nin Deprem Tehlikesi.
- KAGAMI, H., S. OKADA, K. SHIONO, M. ONER, M. DRAVINSKI and A.K. MAL, Observation of 1 to 5 Second Mikrotremors and Their Application to Earthquake Engineering. Part III. A Two-Dimensional Study Site Effects in.
- KANAİ, K., and TANAKA, T., 1961, On Mikrotremors. VII, *Bull. Eartq. Res. Inst.,Tokyo Univ.*, 39, pp 97-114.
- KARABACAK., V., 2007, Ölü Deniz Fay Zonu Kuzey Kesiminin Kuvaterner Aktivitesi, 2007, Osmangazi Ü., Fen B. Enst., Jeo. Müh. Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- KARABULUT S. , ÖZEL O., ÖZÇEP F., 2009. e-Journal of New World Sciences Academy 2009, Volume: 4, Number: 3, Article Number: 1A0041.
- KAVUZLU, M., 2006, Altınözü (Antakya) ve Yakın Civarının Tektono-Stratigrafisi, Çukurova Ü., Fen B. Enst., Jeo. Müh. Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi.
- KAYA, H., ÖZÇEP F., Zemin Büyütmesi ve Dinamik Yamaç Stabilitesinin Mikrobölgeleme Amaçlı Birlikte Kullanımı : Esenyurt (İstanbul) Örneği Integrated Use of Soil Amplification and Dynamic Slope Stability in the Microzonation Studies : Esenyurt (İstanbul) Example stanbul17th INTERNATIONAL GEOPHYSICAL CONGRES & EXHIBITION by UCTEA , NOVEMBER TÜRKİYE 17. ULUSLARARASI JEOFİZİK KONGRE VE SERGİSİ, 14-17, 206 14-17, 206.
- KETİN, İ., 1983 Türkiye Jeolojisi'ne Genel Bir Bakış.
- LERMO, J. and CHAVEZ-GARCÍA F. J., Are Mikrotremor Useful Site Response Evolution, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.84, No.5, pp. 1350- 1364, 1994.
- MCKENZIE, D.P., 1970, The Plate Tectonics Of The Mediterranean Region, *Nature*, 226, 239-241.

- MCKENZIE, D.P., 1972, Active Tectonics Of The Mediterranean Region, *Geophys. J. Astr. Soc*, 30 (2), 109-185.
- MİDORİKAWA, S, 1987, Prediction of Iseismal Map in the Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake, *Journal of Structural Engineering*, Vol.33B, pp. 43-38 (in Japanese with English abstract).
- NAKAMURA, Y., A Method of Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface, QR of RTRI 30, no .1, February, 25 – 33, 1989.
- ÖVER, S., ÜNLÜGENÇ, U. C., ÖZDEN, S., 2001, Hatay Bölgesinde Etkin Gerilme Durumları, Hacettepe Ü. Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 23, 1-14.
- ÖVER, S., ÜNLÜGENÇ, U. C., BELLIER, O., 2002, Quaternary stress regime change in the Hatay region (SE Turkey), *Geophys. J. INT.*, 148, 649-662.
- ÖVER, S., KAVAK, K., Ş., BELLIER, O., ÖZDEN, S., 2004, Is the Amik Basin (SE Turkey) a triple-junction area? Analyses of SPOT XS imagery and seismicity, *INT. J. REMOTE. SENSING*, Vol. 25, No. 00, 1-17.
- ÖVER, S., ÜNLÜGENÇ, U. C., ÖZDEN, S., 2004, Late Cenozoic stress distribution along the Misis Range in the Anatolian, Arabian, and African plate intersection region, SE Turkey, *TECTONICS*, VOL. 23.
- ÖZÇEP F. , AŞÇI M., ALPASLAN N., YAS T., GÜNDOĞDU D., Statik ve Dinamik Etkiler altında Zemin Davranışı, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005.
- PEKGÖKGÖZ R. K., GÜREL M.A., KÖMÜR M., ÇILI F., Analysis of a building with seismic Base isolation system *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma Vol./Cilt 25 ssue/Sayı 319.07.2007.
- PERİNÇEK, D. ve ÇEMEN, Đ., 1990, The structural relationship between The East Anatolian and Dead Sea Fault Zones in Southeastern Turkey, *Tectonophysics*, 172, 231-240.
- SEED and DEALBA, 1986.
- TAYMAZ, T., EYIDOĞAN, H. ve JACKSON, J.A., 1991, Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian fault zone, *Geophys. J. Int.*, 106, 537-550.

TERZAGHİ, K., and PECK, R.B., 1967, Soil Mechanics in Engineering Practice John Wiley and Sons, New York.

TOKGÖZ, O. E., Bolu ve Yakın Çevresinde Mikrotremor Verileriyle Yer etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2002.

ULUSAY R., 2001, Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler,. JMO Yayın NO. 38.

ULUSAY, R. ve SÖNMEZ, H., 2002, Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası. Yayın no. 60, 243 syf.

WESTAWAY, R., 1994, Present day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *J. Geophys. Res.*, 99, 12071-12090.

WESTAWAY , R. ve ARGER, J., 1996, The Gölbaşı Basin, Southeastern Turkey: A Complex Discontinuity In A Majör Strike-Slip Fault Zone, *J. Geol. Soc. London*, 153, 729-744.

YALÇIN, N., 1978, K. Maraş-Gaziantep arasındaki allokton birimlerin ayırtlanması ve ilişkileri: İ.Ü.F.F. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü Kitaplığı, yayınlanmamış.

YALÇINKAYA E., Bir Boyutlu Modeller İçin Zemin Büyütmesine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C. 17, S. 1, SS. 47-56, Y. 2004 47.

YETİŞ C., 1991, Ahmet ACAR Jeoloji Sempozyumu Bildiriler 289-301.

YILDIZ H., ve TAPTIK M.A., 2003 Hatay İlinin jeolojisi, MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana.

[www.sayisalgrafik.com/ deprem/tr_deprem.mwf](http://www.sayisalgrafik.com/deprem/tr_deprem.mwf) .

<http://www.die.gov.tr/TURKISH/ISTATIS/Esg2/06ANKARA/iklim1.html>

<http://www.hatay.gov.tr/iklim.asp>

<http://mantle.geop.itu.edu.tr/~jeotermal/jeoelek.html>

EKLER

- EK-1 :A-3 boyutunda yerleşime uygunluk-lokasyon-jeolojik harita
- EK-2 :A-3 boyutunda zemin hakim titreşim periyodu haritası
- EK-3 :A-3 boyutunda ölçekli zemin hakim titreşim periyodu haritası ile imar planının çakışmış hali
- EK-4 :A-3 boyutunda zemin büyütme haritası
- EK-5 :A-3 boyutunda ölçekli zemin büyütmesi haritası ile imar planının çakışmış hali
- EK-6 : A-3 boyutunda eğim haritası
- EK-7 : Örnek Sondaj logları
- EK-8 : Örnek Taşıma gücü hesapları
- EK-9 : Sismik profiller
- EK-10 : Örnek Deney Föyleri
- EK-11 : DES Sonuçları

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Burdur'da doğdum. İlk öğrenimimi Antakya, orta ve lise öğrenimimi Kırşehir'de tamamladım. 1990 yılında girdiğim İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Bölümünden 1994 yılında mezun oldum. Aynı yıl içerisinde aynı üniversitenin yüksek lisans eğitimine başladım. Ayrıca aynı yıl Fazıl İ. Verdi Sondaj Ltd. Şti.'nde Şantiye şefliği görevine başladım.1998 yılı sonuna kadar çalıştığım şirketimle Türkiye çapında birçok Zemin-Maden ve Su Sondajı, Forekazık ve Perde Kazık inşaatlarına imzama attım.1999 yılında Vatani Görevimi Gölcük'te tamamladım.Aynı yıl memleketim olan Antakya'da Selçuk Jeofizik adlı mühendislik büromu kurarak ticari ve mühendislik faaliyetlerime başladım.2001 yılında ise Jeoloji Mühendisi arkadaşım ile ortak olarak Jeo-Ar Jeoloji Jeofizik Yeraltı Araştırmaları Sondaj Ltd.Şti.'ni kurduk.Faaliyetimiz devam etmektedir.1995 yılında ders aşamasını tamamlayıp yarım kalan Yüksek Lisans tez çalışmamı 2009 Mart'ta aftan yararlanarak başladım.Ayrıca 2001 yılında başladığım siyasi faaliyetlerim, 2004-2009 arası Antakya Belediye Meclis üyeliği ve 2009 yerel seçimlerinden sonra ise Antakya Belediyesi Başkan Yardımcılığı göreviyle devam etmektedir.