

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Memet GÜZEL

**MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMALARINDA
JEOLJİK, JEOFİZİK, JEOTEKNİK VERİLERİN BİRLİKTE KULLANIMI
(KUZEY ADANA ÖRNEĞİ)**

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA 2009

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMALARINDA
JEOLJİK, JEOFİZİK, JEOTEKNİK VERİLERİN BİRLİKTE KULLANIMI
(KUZEY ADANA ÖRNEĞİ)

Memet GÜZEL

DOKTORA TEZİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 29/ 04/2009 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oy birliği**/oy çokluğu ile kabul edilmiştir

İmza.....	İmza.....	İmza.....
Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ	Yrd. Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP	Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
1. Danışman	2. Danışman	ÜYE

İmza.....	İmza.....
Prof. Dr. Hasan ÇETİN	Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

Enstitü Müdürü

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

**MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMALARINDA
JEOLOJİK, JEOFİZİK, JEOTEKNİK VERİLERİN BİRLİKTE KULLANIMI
(KUZEY ADANA ÖRNEĞİ)**

Memet GÜZEL

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

1. Danışman : Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ

2. Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP

Yıl : 2009, **Sayfa:** 200

Jüri : Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

Prof. Dr. Hasan ÇETİN

Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ

Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

Yrd. Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP

Bu çalışma, Kuzey Adana'da belirli bir bölgenin jeolojik, jeofizik, jeoteknik verilerinin bütünlük olarak kullanılarak mikrobölgeleme amacıyla yapılmıştır. İnceleme alanı, morfolojik açıdan değişken bir topoğrafyaya sahiptir. Jeolojik olarak, basen anakayasını oluşturan Handere Formasyonu ve bunun üzerine gelen kaliçi ile alüvyon birimlerden oluşmaktadır. Birimlerin kayma dalga hızı (Vs30) 238-742 m/s aralığındadır. Farklı litolojik özelliklerdeki Handere, kaliçi ve alüvyon birimler çalışma alanında, genel olarak, CH, CL, ML türü ince taneli, SM, SC, GC, GM türü ince tane içerikli kaba taneli ve GW, GP türü kaba taneli zeminlerden oluşmaktadır. İnceleme alanında Handere Formasyonu fazla eğimli kısımlarda duraysızdır.

Çalışma alanı için ilk olarak olasılıksal deprem tehlike analizi Poison olasılık dağılımı kullanılarak yapılmıştır. Deprem tehlike analizinin ikinci aşamasında deterministik deprem tehlike analizi yapılarak Adana bölgesi için Doğu Anadolu fay zonunda kırılması muhtemel çeşitli fay modelleri kullanılarak oluşturacağı deprem büyüklükleri kestirilmiştir. Olasılıksal ve deterministik deprem tehlike analizi birlikte kullanılarak proje depreminin büyüklüğü kestirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında zemin büyütme ve zemin hakim periyotları jeofizik (sismik) ölçümlerden çalışma alanı için kestirilmiştir. Kayma ve sıkışma dalgası hızından çeşitli zemin özellikleri belirlenmiş ve sunulmuştur. Sondajlardan ve laboratuardan elde edilen jeoteknik veri jeolojik ve jeofizik veri ile birlikte değerlendirilmiştir. Zemin büyütme değerleri kayma dalgası hızından amprik ilişkilerle kestirilmiştir. Bölge için depremsel yamaç stabilite analizi yapılmıştır.

Sismik mikrobölgeleme çalışmaları; deprem risk azaltma çalışmalarının başlangıç aşamasını oluşturur. Bu çalışmalar çok disiplinli çalışmalar olduğu kadar, mühendislik yapıları üzerinde depremin ürettiği yer hareketinin etkilerinin de iyi bir biçimde anlaşılmasına ihtiyaç gösterirler. İnceleme alanının mikrobölgeleme ölçütlerinden zemin büyütmesi, yamaç stabilitesi ve sıvılaşma tehlikesi haritalanmıştır. Bu ölçütlerin birleştirilmesiyle oluşturulan, inceleme alanı mikrobölgeleme haritasında tehlike düzeylerinin (A: Yüksek tehlike, B: Orta tehlike, C: Düşük tehlike/tehlikesiz) belirlendiği mikrobölgeleme haritası hazırlanmıştır. İnceleme alanı mikrobölgeleme haritasında yamaç duraysızlıklarının olduğu heyelanlı kesimler yüksek tehlike düzeyindedir.

Anahtar Kelimeler: Mikrobölgeleme, zemin büyütmesi, yamaç stabilitesi, Adana (Türkiye).

ABSTRACT

PhD. THESIS

INTEGRATED USE OF GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL AND GEOTECHNICAL DATA IN MICROZONATION STUDYS (NORTHERN ADANA CASE)

Mehmet GÜZEL

**DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

1st. Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ

2 nd. Supervisor : Assis. Prof. Dr. Ferhat ÖZÇEP

Year : 2009, **Page:** 200

Jury : Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

Prof. Dr. Hasan ÇETİN

Assoc. Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

Assis. Prof. Dr. Ferhat ÖZÇEP

Main purpose of this study is to provide the integrated use of geological, geophysical and geotechnical data in context of microzonation in Northern Adana (Turkey). Study area has morphologically variable topography. Geologically, the investigation area is occupied by Handere Formation and caliche and alluvial units. Shear wave velocity (V_{s30}) of these formations are between 238 and 742 m/s values. In the study area, Handere formation, caliche and alluvial units are generally composed of fine grained soils such as CH, CL, ML types and coarse grained soils with fine grains such as SM, SC, GC, GM types and coarse grained soils such as GW, GP types. Handere formation is unstable inclined areas.

For the study area, the probabilistic seismic hazard analysis was determined by using Poisson probabilistic approach. In the second phase of seismic hazard analysis, by using deterministic seismic hazard analysis, the magnitudes were estimated by the several rapture models of East Anatolian and Ecemiş Fault Zones in Adana region. By using both analysis (deterministic and probabilistic), magnitude of design earthquake were estimated for several distances by several attenuation relations. In the second phase of the study, soil amplification factors and site characteristic periods were determined and estimated by geophysical (seismic) measurements for the study area. From shear and compressional wave velocities, several soil properties were determined and presented. Geotechnical test data from boreholes and laboratory measurements were evaluated with geological and geophysical data. Soil amplification values estimated by empirical relationships by shear wave velocities. Seismic slope stability analysis was made for the study area.

Seismic microzonation can be considered as the preliminary phase of earthquake risk mitigation studies. It requires multi-disciplinary contributions as well as comprehensive understanding of the effects of earthquake generated ground motions on man made structures. In general, three zones are defined for every earthquake effect (such as soil amplification, liquefaction and slope instability). In the study area, each earthquake effect (soil amplification, liquefaction and slope instability) were mapped. The final map of microzonaton was prepared in tree zones (A: High, B: Medium and C: Low).In the microzonation map of the study area there is the high hazard for landslides/slope stability.

Key Words: Microzonation, soil amplification, slope stability, Adana (Turkey).

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında, değerli görüş ve önerileri ile beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ'a ve danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP'e teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince, fikirleri, yapıcı eleştiri ve görüşleri ile aydınlanmamı sağlayan değerli hocalarım, Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ, Prof. Dr. Hasan ÇETİN ve Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince, sosyal ve teknik aşamalardaki desteklerinden dolayı Aysel GÜZEL'e, çeşitli aşamalardaki yardımlarından dolayı, Jeoloji Yük. Müh. A. Aslı COŞGUN'a, Jeoloji Müh. Özge TÜNÇDEMİR'e, ve Jeoloji Müh. Çağrı KARABULUT'a teşekkür ederim.

Tüm çalışmalarım boyunca göstermiş oldukları sabır, destek ve özveri dolu yardımları için aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması.....	5
1.1.1. Genel Bilgiler.....	5
1.1.2. Coğrafi Konum ve Morfoloji.....	8
1.1.3. İmar Durumu.....	10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	12
3. MATERYAL ve METOD	16
3.1. Mikrobölgeleme Teknikleri.....	17
3.1.1. Birinci Aşama; Genel Bölgeleme.....	19
3.1.2. İkinci Aşama; Ayrıntılı Bölgeleme.....	20
3.1.3. Üçüncü Aşama; Çok Ayrıntılı Bölgeleme.....	20
3.2. Mikrobölgeleme Çalışmalarında Veri Toplama ve Veritabanı Oluşturma	21
3.2.1. Mikrobölgeleme Çalışmalarında İhtiyaç Duyulan Temel Veriler.....	21
3.2.2. Verilerin Değerlendirilmesi, Ek İncelemeler, Ham Verilerin Haritalanması.....	21
3.2.3. Mikrobölgeleme Çalışmalarında Harita Ölçekleri ve Harita Oluşturma.....	23
3.3. Mikrobölgeleme Çalışmalarında Kullanılan Ölçütler.....	24
3.3.1. Zemin Büyütmesi Ölçütü.....	24
3.3.2. Zemin Sıvılaşması Ölçütü.....	26
3.3.2.1. Devirsel Kayma Gerilmesi Yaklaşımı İle Sıvılaşma Analizi.....	26

3.3.3. Yamaç Stabilitesi Ölçütü.....	26
3.3.4. Yüzeysel Faylanma Ölçütü.....	30
4. ARAŞTIRMA UYGULARI.....	31
4.1. Jeolojik Çalışmalar.....	32
4.1.1. Bölgesel Jeoloji.....	32
4.1.1.1. Handere Formasyonu (Th).....	32
4.1.1.2. Taraça-Kaliçi (Qtk).....	34
4.1.1.3. Alüvyon (Qal).....	37
4.1.2. Tektonik.....	37
4.1.3. İnceleme Alanının Jeolojisi.....	39
4.1.3.1. İnceleme Alanında Handere Formasyonu (Th).....	41
4.1.3.2. İnceleme Alanında Kaliçi (Qk).....	45
4.1.3.3. İnceleme Alanında Alüvyon (Qal).....	50
4.1.4. İnceleme Alanının Hidrojeolojisi.....	53
4.2. Jeofizik Çalışmalar.....	57
4.2.1. Sismik Uygulamalar.....	57
4.2.1.1. P ve S Dalgası Hızları (Vp, Vs).....	63
4.2.1.2. Sismik Hız Oranı Vp/Vs ve Sıvılaştırma Potansiyeli.....	70
4.2.1.3. Poisson oranı (μ).....	71
4.2.1.4. Kayma (Shear) Modülü (G - kg/cm ²).....	72
4.2.1.5. Elastisite (Young) Modülü (E- kg/cm ²).....	72
4.2.1.6. Yoğunluk (γ - g/cm ³).....	73
4.2.1.7. Sismik Hızlarla Belirlenen Emniyetli Zemin Taşıma Gücü (qa- kg/cm ²).....	73
4.2.1.8. Zemin Hakim Periyodu (To).....	73
4.2.1.9. Zemin Büyütmesi.....	74
4.2.1.10. Zemin Sınıfı.....	77
4.2.2. Rezistivite (DES) uygulamaları.....	80
4.3. Jeoteknik Çalışmalar.....	91
4.3.1. Sondaj Çalışmaları ve Arazi Deneyleri.....	91
4.3.2. Laboratuvar Deneyleri	97

4.3.3. Zemin ve Kaya Birimlerin Jeoteknik Özellikleri.....	101
4.3.4. Birleşik Zenin Sınıfı.....	103
4.4. Depremsellik ve Afet Dururmu.....	104
4.4.1. Deprem Durumu	104
4.4.1.1. Bölgesel Tektonizma.....	106
4.4.1.1.(1). Doğu Anadolu Fayı.....	109
4.4.1.1.(2). Ecemiş Fayı.....	118
4.4.2. Deprem Tehlike Analizi.....	119
4.4.2.1. Deterministik Deprem Tehlikesi.....	121
4.4.2.2. Probalistik (Olasılıksal) Deprem Tehlikesi.....	122
4.4.2.2.(1).Poisson Olasılık Modeli.....	123
4.4.2.2.(2).Gumbel Uç Değer Olasılık Dağılımı Modeli.....	124
4.4.2.3. İvme, Uzaklık, Azalım İlişkileri.....	125
4.4.3. İnceleme Alanı Deprem Tehlike Analizi.....	127
4.4.3.1.İnceleme Alanı Deterministik Deprem Tehlikesi Analizi.....	128
4.4.3.2. İnceleme Alanı Probabilistik Deprem Tehlike Analizi.....	132
4.4.4. Afet Durumu.....	145
4.4.4.1. Heyelan.....	145
4.5. Mikrobölgeleme Haritaları	153
4.5.1. İnceleme alanı Vs 30 haritası.....	154
4.5.2. İnceleme Alanı Zemin Hakim Periyodu Haritası.....	155
4.5.3. İnceleme Alanı Büyütme Haritaları.....	156
4.5.4. İnceleme Alanı Yamaç Stabilitesi Haritası.....	161
4.5.5. İnceleme Alanı Sıvılaşma Haritası.....	162
4.5.6. İnceleme Alanı Mikrobölgeleme Haritası.....	163
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	165
KAYNAKLAR.....	169
ÖZGEÇMİŞ.....	182
EKLER	
EK-1 SONDAJ LOGLARI	

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. İnceleme alanı içerisinde bulunan heyelanlı kesimin görünümü.....	6
Şekil 1.2. İnceleme alanı yerbulduru haritası.....	7
Şekil 1.3. İnceleme alanına ait 1/1.000 ölçekli kadastral pafta taksimatı.....	8
Şekil 1.4. İnceleme alanının topoğrafik haritası.....	9
Şekil 1.5. İnceleme alanının morfolojik yapısını gösteren üç boyutlu görünümü.	10
Şekil 3.1. Yer hareketi / büyütme bazlı mikrobölgeleme çalışmalarının aşamaları	25
Şekil 3.2. Potansiyel heyelan kütlelerinin modeli.....	28
Şekil 3.3. Nı' in ivme ve yamaç açısına göre değişimi.....	29
Şekil 4.1. İnceleme alanının bölgesel jeoloji haritası.....	33
Şekil 4.2. İnceleme alanının jeoloji haritası.....	40
Şekil 4.3. İnceleme alanında handere formasyonunu kıltaşı, silttaşı, kumtaşı bileşenlerinin tabakalı görünümü.....	41
Şekil 4.4. İnceleme alanında Handere'nin kıltaşı, silttaşı, kumtaşı bileşenleri...	41
Şekil 4.5. İnceleme alanında Handere formasyonu içinde gözlenen jips birimler.	42
Şekil 4.6. İnceleme alanı heyelanlı bölge civarındaki, mevsimsel su akıntısı kıyısında jipsli birimlerin eriyip yeniden çökmesiyle oluşan yüzey tuzlanmaları.....	42
Şekil 4.7. İnceleme alanı heyelanlı bölgede açılan sondajda (Sk-15) jips birimler.....	43
Şekil 4.8. İnceleme alanında handere formasyonunda oluşan heyelanlı kesimden bir görünüm.....	44
Şekil 4.9. İnceleme alanında kaliçi birimlerde kalker yumrular ve çökelim evresinden kaynaklı düşey kolonumsu oluşumları inceleme	46
Şekil 4.10. İnceleme alanında kaliçinin farklı oluşum evreleri ve karbonat oranına bağlı farklı görünümü	46
Şekil 4.11. İnceleme alanında güney kısımlarda kaliçi biriminin bitkisel toprakla örtülmüş hali.....	47

Şekil 4.12. İnceleme alanında Çakalkuyusu Köyü civarı tepeler üzerinde kaliçinin üst kesimlerdeki sert kabuk halindeki görünümü.....	48
Şekil 4.13. İnceleme alanında Çakalkuyusu Köyü civarı tepeler üzerinde kaliçinin alt seviyelerinde (taraça) konglomeratik görünüm.....	48
Şekil 4.14. İnceleme alanında kaliçinin üst kısımlarının sertleşip kabuk görünümü aldığı hali.....	49
Şekil 4.15. İnceleme alanında alüvyon çökellerden bir görünüm	50
Şekil 4.16. İnceleme alanında (heyelanlı kesim) A-A' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit.....	51
Şekil 4.17. İnceleme alanı (heyelanlı kesim) B-B' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit.....	51
Şekil 4.18. İnceleme alanında C-C' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit.....	52
Şekil 4.19. İnceleme alanında D-D' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit.....	52
Şekil 4.20. İnceleme alanında E-E' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit.....	53
Şekil 4.21. İnceleme alanında, handere formasyonu içerisinde bulunan jips birimlerin hidrolojik döngü sonucu yüzeyde çökelmiş hali.....	55
Şekil 4.22. İnceleme alanındaki sismik uygulama lokasyonları.....	58
Şekil 4.23. İnceleme alanı 1. tabaka Vp hızları dağılım eğrileri.....	64
Şekil 4.24. İnceleme alanı 2. tabaka Vp hızları dağılım eğrileri.....	65
Şekil 4.25. İnceleme alanı 3. tabaka Vp hızları dağılım eğrileri.....	66
Şekil 4.26. İnceleme alanı 1. tabaka Vs hızları dağılım eğrileri.....	67
Şekil 4.27. İnceleme alanı 2. tabaka Vs hızları dağılım eğrileri.....	68
Şekil 4.28. İnceleme alanı 2. tabaka Vs hızları dağılım eğrileri.....	69
Şekil 4.29. Kayma dalgası hızına (Vs,30) bağlı zemin büyütme faktörünün grafik görünümü.....	77
Şekil 4.30. İnceleme alanındaki düşey elektrik sondaj uygulama lokasyonları..	81
Şekil 4.31. 2m derinlik için inceleme alanı eşrezistivite dağılım eğrileri.....	87
Şekil 4.32a. 5m derinlik için inceleme alanı eşrezistivite dağılım eğrileri.....	88
Şekil 4.32b. 10m derinlik için inceleme alanı eşrezistivite dağılım eğrileri.....	89
Şekil 4.32c. İnceleme alanı anakaya seviyesi eşrezistivite dağılım eğrileri.....	90
Şekil 4.33. İnceleme alanındaki zemin sondajı uygulama lokasyonları.....	92

Şekil 4.34. inceleme alanı 0-5m için ortalama SPT(N) sayıları dağılım eğrileri..	97
Şekil 4.35. İnceleme alanının, Ecemiş Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Afrika, Arabistan ve Anadolu Levhalarının kesişim sınırlarına göre konumu.....	108
Şekil 4.36. Doğu Anadolu Fay Zonu ve güzergahtaki fay segmentlerinin dağılımları	111
Şekil 4.37. DAFZ boyunca GPS vektörleri, plaka hareket yönleri, bazı depremlerin mekanizma çözümleri	112
Şekil 4.38. Doğu Anadolu Fay Zonu güzergahı ve Kahraman Maraş civarında gözlenen ikinci bir kolu.....	116
Şekil 4.39. İnceleme Alanının Doğu Anadolu Fay Zonu'na göre konumu ve fayın ülke sınırından itibaren güneye uzanımı.....	117
Şekil 4.40. Ecemiş Fayı, diğer adıyla Orta Anadolu Fayı'nın güzergahı ve inceleme alanına göre konumu	119
Şekil 4.41. Deterministik deprem tehlike analizinin aşamaları	121
Şekil 4.42. Probalistik deprem tehlike analizi aşamaları.....	123
Şekil 4.43. Türkiye geneli için 2008 yılında 1 aylık deprem kayıtları	135
Şekil 4.44. Türkiye geneli için deprem episentral derinliklerine göre bölgesel sismisite.....	135
Şekil 4.45. Türkiye geneli için deprem magnitüdlerine göre bölgesel sismisite.	136
Şekil 4.46. İnceleme alanı ve çevresi için 2008 yılı 1 aylık deprem kayıtları ...	136
Şekil 4.47. İnceleme alanı civarı depremleri.....	137
Şekil 4.48. İnceleme alanı çevresinde 1900-2008 yılları arasında oluşmuş 4,5 ve daha büyük depremlerin zamana göre dağılım grafiği.....	140
Şekil 4.49a. Poison olasılık modeli için magnitüt-oluşum sayısı ilişkisi.....	141
Şekil 4.49b. Joyner ve Boore 1981 azalım ilişkisine göre ivme aşılma olasılığı ilişkisi tehlike eğrisi.....	143
Şekil 4.50. Seçilen inceleme alanı tasarım depremi (Mw: 6,9) için farklı episentral uzaklıklara karşılık gelen ivme değerleri.....	144
Şekil 4.51. İnceleme alanı içinde bulunan 100 yıl mahallesinin batısında yer alan heyelanlı kesimden bir görünüm.....	145

Şekil 4.52. İnceleme alanı heyelanlı kesimde bulunan 100. Yıl Mahallesi'nin batısında yer alan heyelanlı kesimde gelişmiş heyelan aynası.....	146
Şekil 4.53. İnceleme alanı içindeki heyelanlı kesimde, gelişmiş heyelan aynası ve yarım bırakılmış bazı konut inşaatları.....	146
Şekil 4.54. Heyelanlı kesimin eğim yukarısında bulunan kaliçi birimi ve handere formasyonu dokanağı.....	147
Şekil 4.55. İnceleme alanında handere formasyonunun bozuşmuş üst kısımlarındaki eğim aşağı gelişen karmaşık kitlesel hareketler	148
Şekil 4.56. Heyelandan oturulamaz hale gelen bazı konutlar ve çevresinin görünümü.....	151
Şekil 4.57. Heyelan etkisiyle gelişen gerilme çatlakları.....	151
Şekil 4.58. İnceleme alanı Vs30 haritası.....	154
Şekil 4.59. İnceleme alanı zemin hakim periyodu haritası.....	155
Şekil 4.60. İnceleme alanının Midorikawa (1987)'ya göre büyütme haritası.....	158
Şekil 4.61. İnceleme alanının Joyner ve Fumal (1984)'a göre büyütme haritası..	159
Şekil 4.62. İnceleme alanının Borchardt ve ark. (1991)'na göre zayıf hareket büyütme haritası.....	159
Şekil 4.63. İnceleme alanının Borchardt ve ark. (1991)'na göre kuvvetli hareket zemin büyütme haritası.....	160
Şekil 4.64. İnceleme alanı yamaç stabilite haritası.....	162
Şekil 4.65. İnceleme alanı sıvılaşma tehlikesi haritası	163
Şekil 4.66. İnceleme alanı mikrobölgeleme haritası.....	164

ÇİZELGELER DİZİNİ**SAYFA**

Çizelge 3.1. Mikrobölgeleme aşamaları.....	18
Çizelge 3.2. Mikrobölgeleme çalışmalarında ihtiyaç duyulan temel veriler.....	21
Çizelge 3.3. Mikrobölgeleme çalışmalarında ihtiyaç duyulan jeolojik, jeofizik ve jeoteknik veriler.....	22
Çizelge 3.4. Deprem etkisi için genellikle tanımlanan üç risk bölgesi/seviyesi....	23
Çizelge 3.5. Yamaçlar için hesaplanan güvenlik faktörleri ile tehlike seviyeleri..	30
Çizelge 4.1. Adana’da Ocak ve Aralık ayları için 40 yıllık ortalama iklim ve yağış verileri.....	56
Çizelge 4.2. İnceleme alanı dinamik (sismik), elastik parametreleri.....	59
Çizelge 4.3. Bazı zemin ve kayalar için Vp ve Vs hızları.....	70
Çizelge 4.4. Türk deprem yönetmeliğinde yerel zemin sınıflarına bağlı olarak To zemin hakim periyodu ve tepki spektrumlarının (TA-TB) hakim periyot aralığı.....	74
Çizelge 4.5. Yüzey jeolojisi ve göreceli büyütme faktörü arasındaki ilişkiler.....	75
Çizelge 4.6. Kayma dalgası hızına (Vs,30) bağlı zemin büyütme ilişkileri.....	76
Çizelge 4.7. Eurocode 8’de Vs30’a göre zemin sınıflaması	78
Çizelge 4.8. NEHRP hükümlerinde ve Uniform Building Code’da Vs30’a göre zemin sınıflaması	78
Çizelge 4.9. Çeşitli depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerindeki kayma dalgası hızına (Vs30) bağlı yapılan zemin sınıflamaları.....	78
Çizelge 4.10. Türkiye afet yönetmeliğine göre zemin grupları.....	79
Çizelge 4.11. Türkiye afet yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları.....	80
Çizelge 4.12. Düşey elektrik sondaj istasyonları ve görünür rezistivite değerleri.	82
Çizelge 4.13. İnceleme alanındaki birimlerin özdirenç değerleri.....	91
Çizelge 4.14. Zemin araştırma sondajlarının, koordinatları, derinlikleri, YAS durumu ve litolojileri.....	92
Çizelge 4.15. SPT N30 değerlerinin derinlikle değişimi.....	95

Çizelge 4.16. SPT değerlerine göre kohezyonsuz zeminlerde, nisbi yoğunluk, relatif sıklık, kohezyonlu zeminlerde kıvamlılık ve serbest basınç değerler.....	96
Çizelge 4.17. SPT-N darbe sayılarının, bağıl yoğunluğun ve içsel sürtünme açısının tahmininde kullanımı.....	96
Çizelge 4.18. Laboratuvar deneyleri.....	98
Çizelge 4.19. inceleme alanı zemin sınıfları ve LL, PL,W(n) değerleri.....	104
Çizelge 4.20. Çeşitli ivme-uzaklık azalım ilişkileri.....	126
Çizelge 4.21. Çeşitli araştırmacılara göre fay boyu (L) & magnitüd (M) ilişkisi	128
Çizelge 4.22. Doğu Anadolu Fayı için, kırılması olası 50 km fay boyu için, deterministik yaklaşımla deprem magnitüdü kestirimleri.....	130
Çizelge 4.23. Ecemiş Fayı için, kırılması olası 25 km fay boyu için, deterministik yaklaşımla, deprem magnitüdü kestirimleri.....	131
Çizelge 4.24. Çalışma bölgesini de içeren Türkiye geneli tarihsel depremler ...	132
Çizelge 4.25. İnceleme alanını içeren yaklaşık 150 km çapındaki alanda 1900-2008 yılları arasında olmuş 4,5 ve daha büyük depremler.....	137
Çizelge 4.26. Poisson dağılımı ile deprem tehlike analizi verileri ve sonuçları....	141
Çizelge 4.27. Poisson olasılık dağılımı ile hesaplanan farklı büyüklükteki depremlerin farklı zaman süreleri için oluşum olasılıkları ve aşılma oranları.....	142
Çizelge 4.28. Poisson olasılık dağılımı ile hesaplanan farklı büyüklükteki depremlerin 50 yıl için aşılma oranları.....	142
Çizelge 4.29. European Seismological Commission'a (ESC) göre, ivme değeri-tehlike düzeyleri ilişkisi.....	143
Çizelge 4.30. Büyüklüğü 6,9 olan tasarım depreminin 50 yıl ve % 18,9 aşılma oranı için 30 km episantral uzaklık ve 15 km odak derinliğinde beklenen ivme değerine karşılık tehlike düzeyi.....	143
Çizelge 4.31. Yamaç hareketleri	149
Çizelge 4.32. Heyelan bölgesi sondaj verileri.....	152
Çizelge 4.33. Heyelanlı kesime ait sismik veriler.....	153
Çizelge 4.34. İnceleme alanı büyütme değerleri.....	156

1. GİRİŞ

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda 'Mikrobölgeleme Çalışmalarında Jeolojik, Jeofizik Jeoteknik Verilerin Birlikte Kullanımı: Kuzey Adana Örneği' Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Mikrobölgeleme çalışmaları, jeolojik, jeofizik, jeoteknik çalışmalarla, yerleşime açılacak alanlarda, afet tehlikelerini, yerleşime açılmış alanlarda ise afet risklerini, yerel ölçekte, kullanılabilir, haritalara işleyerek, güvenli, yeni yerleşim alanları oluşturmak ve mevcut yerleşim alanlarında afet durumunda zarar azaltma amaçlı uygulamaların planlanmasını sağlamak amacıyla, yapılan çalışmalar olarak açıklanabilir.

Kent veya bölge planlaması insanların içinde yaşadığı fiziksel çevrenin sistemli ya da fonksiyonel amaçlarla düzene sokulması ve bu hedef doğrultusunda yapılan tasarım, kaynak sağlama, donatım, alt yapı ve inşaat çalışmalarının örgütlenmesi olarak tanımlanabilir. "Depremel/Sismik Mikrobölgeleme (Earthquake/Seismic Microzoning)" ise, Sherif (1982) tarafından "Deprem hasarlarını azaltmak için düzenli arazi kullanımını amaçlayan bir işlem" olarak tanımlanıp "Arazilerin bir plan içerisinde düzenli olarak kullanımını gerçekleştirmek için deprem etkisi karşısında jeolojik, jeofizik ve jeoteknik faktörleri birleştirerek ekonomik, sosyal ve politik açıdan uyumlu ve kullanılabilir bölgelerin oluşturulması ile ilgilenmek" biçiminde ayrıntılandırılmaktadır. Bu anlamda mikrobölgeleme çalışmaları kent ve bölge planlama çalışmalarına temel oluşturan önemli öğelerden birini oluşturmaktadır. Ülkemizi özellikle büyük kentlerimizi tehdit eden deprem tehlikesi düşünüldüğünde konunun önemi kendiliğinden açığa çıkmaktadır.

Kent planlaması; nüfus artışının bir sonucu olarak genişleyen kentsel alanlarda önemli bir çalışma olarak öne çıkmaktadır. İnsan yerleşimleri ile doğal çevre arasındaki denge, kentleşme nedeniyle bozulmaktadır (De Mulder, 1996). Toplumun genel refahı ve yaşam kalitesinin gelişebilmesi için, kent planlaması uygulamaları bu çatışmaları / dengesizlikleri azaltmak zorundadır (Bell ve ark., 1987; Bell, 1998). Böyle bir planlama, çeşitli insan gereksinimleri için multi-

displiner yaklaşımda olmak zorundadır (De Mulder, 1996). Bununla birlikte, kent planlamasında jeolojik, jeofizik ve jeoteknik veriler; doğal afetlerin tanımlanması, kontrolü ve zararlarının azaltılması konusunda artan derecede önemli olmaya başlamıştır (Bell ve ark., 1987; Legget, 1987; Hake, 1987).

Deprem tehlikelerine karşı mikrobölgeleme, Hays (1980) ile Sharma ve Kovacs (1980) tarafından “yer sarsıntısı altında zeminin gösterdiği davranışa göre veya yamaç duraylılığına göre coğrafi bir bölgenin küçük bölgelere bölünmesi” olarak tanımlanmıştır. Nigg (1982) mikrobölgelemenin amacının “depremden sonra oluşabilecek hasarı en aza indirgeyebilecek doğru plan ve politikaların uygulanması için riskli bölgelerin küçük parçalara bölünmesi” olduğunu söylemiştir. Finn (1991) mikrobölgelemeyi, “yerel zemin koşullarını dikkate alarak yapı tasarımı için sismik tehlikelere karşı hesapların geliştirmesini içeren prosedürler” olarak tanımlamıştır.

1993 yılında, Uluslararası Zemin Mekaniği ve ‘Temel Mühendisliği’ (daha sonra ‘Jeoteknik Mühendisliği’) Birliği (ISSMFE)’nin Deprem Jeoteknik Mühendisliği Komitesi üyeleri tarafından üç temel olay olan “zemin büyütmesi”, “yamaç duraylılığı” ve “sıvılaşma” için mikrobölgeleme ilkelerinin anlatıldığı bir rehber çalışma yapılmıştır (ISSMFE, 1993, Özçep, 2005). Bu çalışma, özü ve felsefesi korunmak şartıyla 1999’da revize edilmiştir (ISSMGE/TC4, 1999). 1998’de Avrupa Jeofizik Birliği Nice (Fransa)’daki, 23. Genel Kurulunda “Deprem Riskinin Azaltılması - Kentsel Alanlarda Sismik Mikrobölgeleme” isimli bir sempozyum organize etmiştir. Benzer kapsamda sempozyum bir sonraki genel kurulda da yapılmış ve sempozyumda sunulan bildiriler “Pure and Applied Geophysics” isimli dergide özel sayı olarak yayımlanmıştır (Pure and Applied Geophysics, Vol 158, No: 12). Ansal (2004)’ın editörlüğünü yaptığı kitapta mikrobölgenin ilkeleri ve son gelişmeleri ortaya konmuştur.

1999 Kocaeli depreminden sonra ülkemizde de mikrobölgelemenin ilkeleri ve yasal konumu üzerine çalışmalar başlamıştır. Bu kapsamda, Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü (Disaster Risk Management Institute) ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü yönetiminde İsviçre Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı (SDC) tarafından yapılan mali destekle ortak bir çabanın ürünü olarak; “Belediyeler için Mikrobölgeleme: El Kitabı” ve “Belediyeler için Mikrobölgeleme:

Bilimsel Son Durum” isimli iki rehber çalışma yapılmıştır (Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü, 2004a, b).

Sismik mikrobölgeleme çalışmalarının büyük bir çoğunluğu dünyada deprem beklenen bölgelerde yapılmıştır (Marcellini ve ark., 1982, 1998; Astroza ve Monge, 1991; Lasterico ve Monge, 1972; Faccioli ve ark., 1991; Chavez-Garcia ve Cuenca, 1998; Lungu ve ark., 2000; Faccioli ve Pessina, 2001; Fah ve ark., 1997). Ülkeler olarak baktığımızda, İtalya (Marcellini ve ark., 1998); İspanya (Cid diğ., 2001; Jimenez ve ark., 2000), Yunanistan (Lachet ve ark., 1996) ve Japonya (Abeki ve ark., 1995) göze çarpmaktadır.

1966 Varto depreminden bu yana meydana gelen her deprem, doğru olmayan arazi kullanım kararlarının istenilmeyen sonuçlarını ülkemizde açıkça ortaya koymuştur. Örneğin, 1967 Adapazarı depreminde Sapanca gölünün kıyısındaki bir otel kompleksinde aşırı düzeyde görülen yana yatmalar zemin sıvılaşmasının getirdiği ek riskleri göstermiştir. 1970 Gediz, 1974 İzmir yakınlarında oluşan depremlerdeki hasar ve kayıplar da bunlara örnek olarak verilebilir .

Türkiye’de yerel deprem tehlikelerinin belirlenmesinde jeolojik, jeofizik ve jeoteknik verilerin bir bütün halinde kullanıldığı ve bunun bir kentin fiziksel planlamasına yansıtıldığı ilk arazi kullanım planlaması veya başka deyişle ilk mikrobölgeleme çalışması 1968 yılında İmar ve İskan bakanlığı Deprem Araştırma Bölümü tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı kent Aydın ilinde bulunan Kuyucak kasabasıdır. Daha sonra mikrobölgeleme çalışması Gediz kasabası için yapılmıştır. Benzeri çalışmalar 1970’de Adapazarı, 1974’de İzmit İli için, daha sonra da Bolu, Gerede ve Erzincan gibi kentler için yapılmıştır. Erdik ve ark., (2000) deprem master planı bağlamında İzmir ilinin mikrobölgeleme çalışmasını yapmıştır. Uluslararası ortaklı ilk ciddi mikrobölgeleme çalışması, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve JICA (Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı)’ca imzalanan anlaşma gereği, “İstanbul İli Sismik Mikrobölgeleme Dahil Afet Önleme / Azaltma” ismi ile başlatılmıştır. Bu mikrobölgeleme projesi kapsamında, muhtemel bir depremde, İstanbul’da hasar riski yüksek alanların belirlenmesi konusunda mahalle bazında binaların (örnekleme yapılarak) ve alt yapının hasargörebilirliği incelemelerinin yapılması hedeflenmiş ve söz konusu çalışma, İstanbul için mevcut verilerin

toplanması (Harita, zemin ve yapı bilgileri, nüfus verileri v.b. dökümanlar) tamamlanmış ve saha incelemeleri (sondaj, jeolojik-jeofizik-jeoteknik ölçümler ve bina ölçümleri v.s) yapılmıştır (Özçep, 2007).

Yerküre üzerinde inşaa edilen yapılar, yerçekimi etkisinin yanında, özellikle depremler ve diğer doğal afetler sırasında maruz kalacakları karmaşık dinamik kuvvetlere karşı yıkılmadan kalabilmek için, statik bir dizaynın yanısıra, zemin-yapı ilişkisinin doğru kurulması, lokal ve çevresel afet, tehlike ve risklerinin de analizini gerektirmektedir. Doğru bir zemin-yapı-çevre ilişkisi ise, yapılaşma öncesinde, gerekli zemin araştırmaları yapılarak, zeminin mühendislik özelliklerinin yanısıra, dinamik, yerel ve çevresel afetlerin, olası tehlike ve risklerinin analiz edildiği mikrobölgeleme çalışmalarıyla sağlanabilir. Bu açıdan mikrobölgeleme çalışmaları, bilinen jeolojik etüdlere veya ülke bazında düzenlenip ölçeklendirilen, tek tip zemin varsayımıyla sunulan deprem haritası benzeri genel çalışmalardan farklı olarak, yerel ölçekte afet tehlikelerini ve risklerini belirleme amaçlı çok disiplinli uygulamalardır. Mikrobölgeleme çalışmaları, bir yerleşim biriminin gelişme planı veya çevre düzeni planlarının hazırlanmasına esas olacak şekilde yapılabileceği gibi, imar planlaması amacıyla da daha büyük ölçekte ve daha detaylı olarak hazırlanabilirler.

Depremsellik açısından, oldukça aktif bir coğrafyada yer alan ülkemizde, özellikle, 1999-Marmara Depreminden sonra, yapılaşma öncesinde, yapı-zemin-çevre analizlerinin yapıldığı, genel ve ağırlıklı olarak yerel ölçekli veriler içeren mikrobölgeleme çalışmalarının önemi ve gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada, Kuzey Adana'da kısmen yapılaşmış ve yapılaşma sürecinde olan kesimde düzenli bir plan içerisinde kullanımını sağlamak için, deprem etkisi karşısında jeolojik, jeofizik ve jeoteknik veriler kullanılarak, deprem tehlikesi ve risklerinin kullanılabilir ölçekte haritalanması amacıyla, mikrobölgeleme ilkeleleri doğrultusunda, bölgenin "İmar Planına Esas, Jeolojik Jeofizik Jeoteknik etüt" çalışmalarından (yayınlanmamış rapor); jeofizik çalışmalar (64 adet sismik kırılma, 100 adet düşey elektrik sondaj uygulaması), jeolojik veriler ve jeoteknik (17 adet sondaj çalışması ve laboratuvar deneyleri) veriler kullanılmıştır.

Çalışmada, elde edilen topoğrafik harita bilgileri, jeolojik, jeofizik ve jeoteknik saha verileri ile, inceme alanının;

Topoğrafik haritası,

Üç boyutlu görüntülerle oluşturulan inceleme alanının morfolojik yapısı,

İnceleme alanının jeoloji haritası,

İnceleme alanının farklı kesimlerde ve yönlerdeki jeolojik kesitleri,

İnceleme alanı, arazi uygulamaları (sondaj, sismik, rezistivite) lokasyon haritaları,

V_{s30} (30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hızı) haritası,

T_0 (Zemin Hakim Titreşim Periyodu) haritası,

Borcherdt ve ark. (1991)'na göre zayıf hareket zemin büyütme haritası,

Borcherdt ve ark. (1991)'na göre kuvvetli hareket zemin büyütme haritası.

Joyner ve Fumal (1984)'a göre zemin büyütme haritası,

Midorikawa (1987) 'ya göre zemin büyütme haritası,

İnceleme alanının yamaç stabilite haritası,

İnceleme alanının sıvılaşma haritası,

İnceleme alanının milrobölgeleme haritası oluşturulmuştur.

Çalışmada, deprensellik açısından, bölgede oluşmuş 1900-2008 tarihleri arasındaki deprem kayıtları ve bölgeyi etkileyen büyük fay zonlarından, Doğu Anadolu Fay Zonu ile Ecemiş Fayının olası depremlere kaynak olacağı göz önüne alınarak bölgenin deprem tehlike analizi yapılmıştır. Deterministik ve olasılıksal (Poisson olasılık modeli) yaklaşımlar kullanılarak, çalışma alanı için tasarım depremi kestirilmiş, belirli süreler için oluşum olasılıkları ve aşılma oranları hesaplanmıştır.

1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

1.1.1. Genel Bilgiler

İnceleme alanı Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinde, hızlı bir kentleşme dolayısıyla, yapılaşma sürecinde bulunan Alana İlının kuzeye doğru genişleyip, geliştiği yelpazede yer almaktadır.

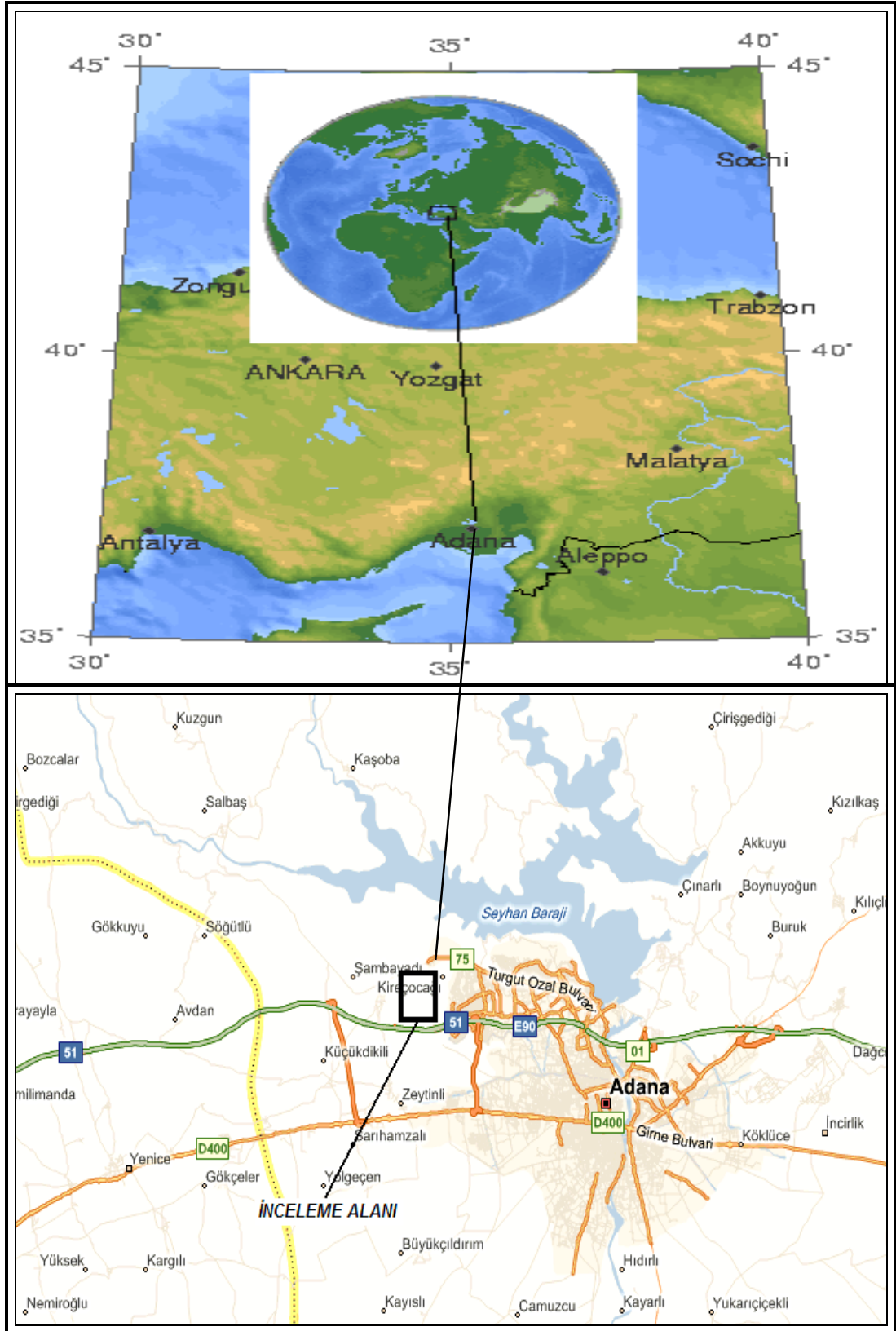
Alanın doğu sınırları boyunca uzanan 100. Yıl Mahallesi'nin batı yakasında bulunan yerleşime açılmış ve kısmen yapılaşmış ancak heyelan nedeniyle yaklaşık 50 konutun etkilendiği 24 konutun oturulamaz duruma geldiği gerekçesiyle boşaltıldığı, heyelanlı bir kesim de inceleme alanı sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. İnceleme alanı içerisinde bulunan heyelanlı kesimin görünümü

Bu çalışmada, bu heyelanlı bölge “heyelanlı kesim” olarak adlandırılmış olup, konu edilen metin kısımlarında da “heyelanlı kesim” olarak anılacaktır. Bu heyelanlı kesim çalışma alanında İmar Durumu başlığı altında detayları verilmiş olan 22-İ-I, ve kısmen 22-İ-IV nolu paftaların içinde bulunmaktadır. Ayrıca, Afet Durumu başlığı altında, heyelanlı kesime ilişkin yapılmış çalışmalara detaylarıyla değinilerek, heyelanın etkileri ve boyutlarıyla ilgili bulgulara yer verilmiştir.

İnceleme Alanının yer bulduru haritası Şekil 1.2' de verilmiştir.



Şekil 1.2. İnceleme alanı yerbulduru haritası

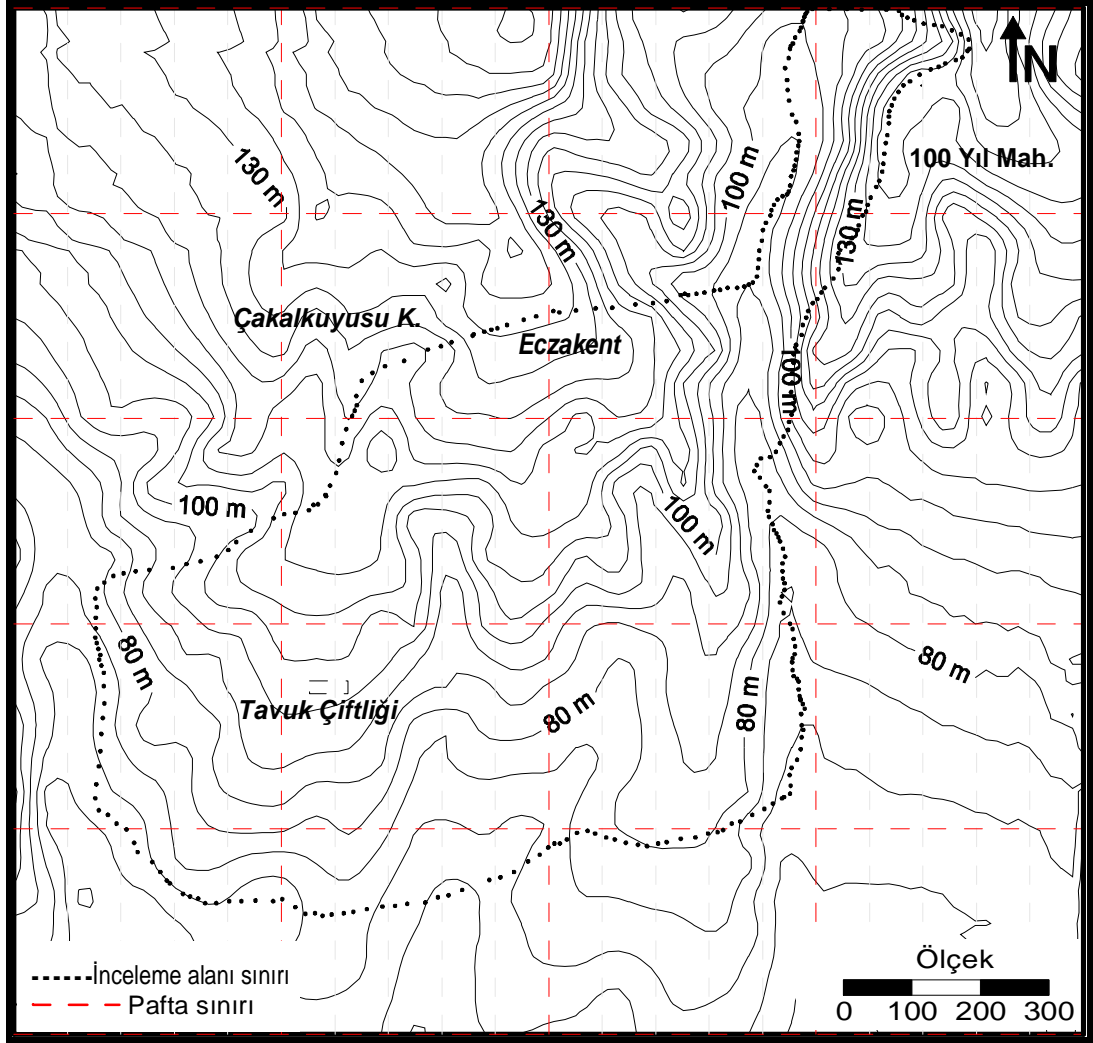
1.1.2 Coğrafi Konum ve Morfoloji

İnceleme alanı coğrafi olarak 1/25.000 ölçekli Adana - N34-d3 paftasında 4.100.000-4.104.000 enlem ve 697.000-700.000 boylam çizgileri arasında, kadastral taksimatı Şekil 1.3 'de verilen 1/1000 ölçekli 20-G-II, 20-H-I, 20-H-II, 21-G-II, 21-G-III, 21-H-I, 21-H-II, 21-H-III, 21-H-IV, 22-H-II, 22-H-III, 22-H-IV, 22-İ-I, 22-İ-IV paftaların içinde bulunmaktadır.

	G		H		i	
22	4102900			22-H-II	22-İ-I	
	4102300					
	4101700		22-H-IV	22-H-III	22-İ-IV	
21	4101100	21-G-II	21-H-I	21-H-II		
	4100500	21-G-III	21-H-IV	21-H-III		
20	4099900	20-G-II	20-H-I	20-H-II		
	429900	430700	431500	432300	433100	

Şekil 1.3. İnceleme alanına ait 1/1.000 ölçekli kadastral pafta taksimatı

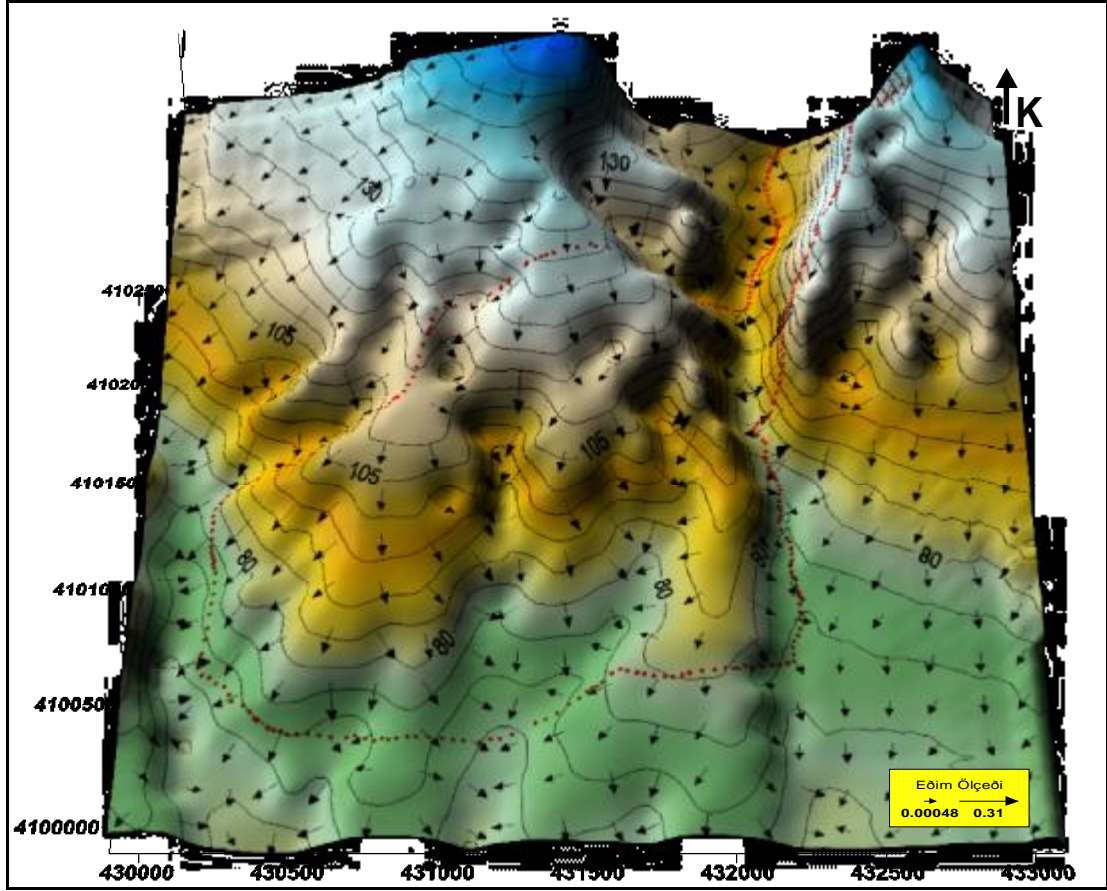
Çalışmaların, arazi uygulamaları lokasyon belirlemelerinde, veri toplama ve değerlendirme aşamalarında 1/1000 ölçekli paftalar kullanılmıştır. İnceleme alanının topoğrafik haritası Şekil 1.4'te verilmiştir.



Şekil 1.4 İnceleme alanının topoğrafik haritası

Değişken eğim derecelerine sahip inceleme alanında hakim eğim güneye doğrudur. Ancak saha içerisinde yer alan küçük dereler ve 100. Yıl Mahallesi'nin batısındaki derenin iki yanındaki yamaçlarda yer yer lokal eğim yönlerinin, dere akım yönlerine verev bazen de dik olduğu söylenebilir. Alanın genel morfolojik yapısının gözlenebildiği üçboyutlu görünümü Şekil 1.5'te verilmiştir.

İnceleme alanının en düşük topoğrafik kotu, güney sınırlarda 68 metrelere başlamaktadır. Kuzeye doğru genel bir yükselim gösteren topoğrafya sahanın kuzeydoğu sınırında (aynı zamanda heyelanlı bölgenin kuzeydoğusu) 150 metrelere ulaşmaktadır.



Şekil 1.5. İnceleme alanının morfolojik yapısını gösteren üç boyutlu görünümü

Saha içerisindeki bu eğim değişimi, alandaki jeolojik birimlerin (alüvyon, kaliçi, taraça Handere gibi) ayırtlanmasını kolaylaştırmakla beraber, kopmaları (kaliçi biriminde), heyelan ve kaymaları (daha çok killi birimlerin ve jipslerin bulunduğu Handere Formasyonu'nda), erozyonu ve küçük dere boylarındaki çökelim ve mevsimsel yağış artışlarıyla yeniden sürüklenimleri de beraberinde getirmektedir.

1.1.3 İmar Durumu

Çalışma alanı imara açılmış durumdadır. Alanın büyük bir kesimi henüz yapılaşma aşamasında, bir kesiminde (Şekil 1.5'de alanın kuzey-doğusunu oluşturan eğimli kesimler), yerleşimi olumsuz etkileyen heyelanlı yerler mevcuttur.

Bu kesimlerde oluşan heyelanlarla ilgili olarak, Afet İşleri Genel Müdürlüğüne hazırlanmış 2 adet rapor mevcuttur. 15.06.1990 tarihli ilk raporda 100. Yıl Sitesini oluşturan toplu konut kooperatifine ait 5 adet dubleksin aşırı yağışlardan sonra, oluşan heyelandan etkilendiği belirtilerek başka bir alana nakledilmesi istenmiştir. 18.04.2002 tarihli ikinci raporda bu yamaçlarda oluşan heyelanlar anlatılmış, olaydan 24 konutun hasar gördüğü belirtilmiş, 13.10.1993 tarihli İller Bankası Genel Müdürlüğüne hazırlanan Jeoteknik Etüd Raporunda Önemli Alanlar olarak değerlendirilen bu alanların, Belediyesince Jeoteknik etüt yaptırılarak, raporun sonucu doğrultusunda planlamaya gidilmesinin uygun olacağı ifade edilmiştir.

İnceleme alanının bu kesimleri, T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 17.09.1999 gün ve 12297 sayılı (10 nolu) genelgesi gereği imar planına esas teşkil etmek amacıyla, Seyhan İlçe Belediyesi Encümeninin 21.03.2002 gün ve 1382 sayılı kararı ile yapılmış, yerleşime uygunluk amaçlı Jeolojik Jeofizik Jeoteknik incelemeler sonucu, yapılaşma açısından yerleşime Uygun Olmayan Alanlar (UOA) olarak belirlenmiştir (Güzel, 2002).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mikrobölgeleme çalışmaları, jeolojik, jeofizik, jeoteknik çalışmalarla elde edilen verilerin kullanımını gerektiren multidisipliner uygulamalardır. Dolayısıyla, burada, uygulama açısından Türkiye'deki mikrobölgeleme çalışmalarına ve bölgesel anlamda da yersel jeolojik, jeofizik, jeoteknik çalışmalara değinilecektir.

Türkiye'de mikrobölgeleme kapsamında yapılan akademik çalışmaların çoğunlukla yakın geçmişe ait olduğunu söylemek mümkündür. Bunlardan, Lav (1994) İstanbul ve Erzincan şehirlerinde zemin büyütme etkilerine göre mikrobölgeleme çalışması yapmıştır. Daha sonra Güllü (2001) tarafından saha deneyleri ve dinamik zemin davranış analizi yöntemleri ile belirlenen zemin büyütmesi ölçütü kullanarak coğrafi bilgi sistemi kavramıyla Dinar bölgesinde bir mikrobölgeleme çalışması yapılmıştır. Kuran (2001), Gürbüz (2002), Gürbüz ve ark. (2002) Avcılar bölgesinde çeşitli jeofizik veriler (mikrotremor, sismik, elektrik) kullanarak Avcılar (İstanbul) bölgesi için mikrobölgeleme çalışması yapmıştır. Topal ve ark. (2003) Bursa Yenişehir ilçesinde yaptıkları mikrobölgeleme çalışmasında bir çok sondaj verisi ile zemin özelliklerini incelemiş ve yerleşime uygun ve uygun olmayan alanları belirlemişlerdir. Ceyhan (2004) Büyükçekmece (İstanbul) İlçesinde kayma dalgası hızı kullanarak mikro bölgeleme çalışması yapmıştır. Bu çalışmasında sondaj, laboratuvar ve sismik verileri (kayma dalgası hızı, SPT(N) değeri ve laboratuvar verileri) kullanarak bölgeye ilişkin zemin sınıflama haritası, zemin hakim titreşim periyodu haritası, zemin büyütmesi ve sıvılaşma anazleri yaparak, bunlara bağlı haritalar üretmiştir. Ansal (2004) İstanbul Bağcılar ilçesinde, Ansal ve Birol (2005) ise Silivri ilçesinde bir mikrobölgeleme uygulaması yapmıştır. Karabulut (2005) Büyükçekmece ilçesinde mikrotremor ölçümleri kullanarak mikrobölgeleme çalışması yapmıştır. Mikrotremor ölçümleri kullanarak elde ettiği zemin hakim periyot ve zemin büyütme değerlerini mikrobölgeleme amaçlı haritalamış ve Ceyhan (2004) çalışmaları ile sonuçlarını karşılaştırmıştır. Koç (2006) ise Avcılar – Esenyurt arasındaki bir çok jeofizik ölçüm verisi (sismik, mikrotremor ve elektrik ölçümleri) kullanarak yaptığı mikrobölgeleme çalışmasında Vs30 haritası, zemin hakim titreşim periyodu ve zemin büyütmesi haritaları üretmiştir. Gündüz (2006) İstanbul

ili Avcılar, Esenyurt, Yakuplu, Beylikdüzü, Kıraç, Gürpınar ve Büyükçekmece belediye alanlarında 550'ye yakın sondaj (SPT darbe sayıları) verisi kullanarak bu verilerden amprik bağıntılar yardımıyla, eşdeğer kayma dalgası hızlarını türetmiş ve bu türetilen hızlardan bölgeye ilişkin çeşitli haritalar (vs 30 haritası, zemin büyütme haritaları, zemin hakim titreşim periyodu haritaları) oluşturmuştur. Gündüz (2006) ayrıca, bölgede daha önce yapılan Koç (2006) çalışmasının sonuçları ile de kendi bulgularını karşılaştırmıştır.

Mikrobölgeleme çalışmalarının içeriğini oluşturan jeolojik, jeofizik, jeoteknik çalışmalardan, inceleme alanını içeren bölgede yapılanların çoğunluğunu jeolojik çalışmalar oluşturmaktadır. Bununla birlikte, inceleme alanı içerisinde bulunan ve bu çalışmada da heyelenli kısım olarak anılan 100. Mahallesi'nin batı kısmında jeolojik jeoteknik ve jeofizik uygulamalar da bulunmaktadır. Bölgede, çalışma alanı ve/veya yakın civarını içeren jeolojik, jeofizik ve jeoteknik amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan çalışma alanı ve yakın civarını içerenler şunlardır;

Schmidt (1961), 1957-1960 yılları arasında Adana Baseninin genel stratigrafisini sistemli olarak çalışmış, havzanın petrol potansiyelini araştırmaya yönelik bu çalışmada 47 kaya birimini ayırtlanmış olup, önerilen litostratigrafik adlandırmalar ve tanımlamaların büyük bir çoğunluğu halen kullanılmaktadır.

İlker (1975), Adana havzasının kuzeybatı kesiminin jeolojisini inceleyerek bölgenin 1/50.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Havzanın petrol olanaklarını araştırmış ve bu havzada Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar gelişmiş bütün formasyonları incelemiştir.

Gül ve Köksal (1977), İller Bankası Raporu, inceleme alanı içinde bulunan 100. Yıl Mahallesi'nin batı yakasını jeolojik, jeoteknik açıdan incelenmiş olup Handere Formasyonu'na ait yeşilimsi gri killerin görüldüğü alanlar topoğrafik eğimin fazlalığı ve akıcı özellikleri sebebi ile aktif ve muhtemel heyelan sahası olarak belirlenmiştir.

Nazik (1983), Karaisalı dolayındaki Güvenç Formasyonunda planktonik foraminifere dayanarak yaptığı biyostratigrafik incelemede birim içerisinde tayin ettiği yaklaşık 22 planktonik foraminifere ve ayırtladığı biyozonlar ile çökelin

Langhiyen-Serravaliyen yaşında olduğunu saptamış ve ortamsal bir yorum ortaya koymuştur.

Yetiş ve ark. (1984), “Adana havzası Kuzgun Formasyonunun fasiyesi ve ortamsal nitelikleri” adlı çalışmalarında batıdan doğuya doğru Güvenç Formasyonunu üzerleyen Kuzgun Formasyonunun doğuda karasal nitelikte olduğunu, batıya doğru ise sığ deniz ortamına geçtiğini belirtmişlerdir.

Çaynak ve ark. (1988), Karaisalı-Karsantı arasındaki karayolunun Çatalan Barajında kalması nedeniyle, Burdigaliyen-Serravaliyen yaşlı Güvenç Formasyonu içinde açılan yeni yol yarmasında oluşan düzlemsel kaymanın nedenlerini araştırmıştır.

Ünlüenç ve ark. (1990), Bölgede yaptıkları çalışmada, Adana Baseninin doğu ve batı bloklarını inceleyerek doğu blokta, temeli Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı formasyonunun oluşturduğu, bu birimin üzerine uyumsuz olarak Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonunun geldiğini ve bu birim üzerine bindirme ile Kızıldağ melanjı ve Faraşa ofiyoliti geldiğini, bunların da üzerine uyumsuz olarak Eosen-Oligosen yaşlı Karsantı formasyonunun geldiğini, bu formasyon üzerine de bir biriyle uyumlu Kaplankaya, Karaisalı, Cingöz, Güvenç, Kuzgun, Handere formasyonlarının uyumsuz olarak geldiğini, en üstte ise alttaki birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelen Taraça ve Alüvyonların yer aldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, batı blokta, temeli Devoniyen yaşlı Yerköprü formasyonunun oluşturduğunu belirlemiş, bunun üzerine Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı formasyonunun geldiğini, bu birim üzerine uyumsuz olarak Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonunun geldiğini, bunun da üzerine uyumlu olarak Yavça formasyonunun yerleştiği ve bu birim üzerine bindirme ile Kızıldağ melanjı ve Faraşa ofiyoliti geldiğini, bunlarında üzerine de bir biriyle uyumlu Gildirli, Kaplankaya, Karaisalı, Cingöz, Güvenç, Kuzgun, Handere formasyonlarının uyumsuz olarak geldiğini, en üstte ise uyumsuz olarak gelen Taraça ve Alüvyonların bulunduğunu belirlemişlerdir.

Temiziç ve ark. (1993), İller Bankası Raporu, inceleme alanındaki heyelanlı kesime ilişkin olarak Handere Formasyonu olarak bilinen sedimanter serinin

bozuşmaya uğramış zonunun, bünyesine aşırı derecede su alması ve eğimin de etkisiyle eğim yönünde küçük çaplı heyelanların oluşumunu belirtmişlerdir.

Aslan ve Acar (2002), Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü Raporu, inceleme alanı içinde bulunan 100. Yıl Mahallesi batı yakasında eğimi %30-40 arası değişen yamaç üzerindeki Handere Formasyonu'nun ayrıışmış kiltası birimi içerisinde dairesel tipte heyelan meydana geldiğini ifade etmiştir. Ayrıca bölgenin 1. Derece Deprem kuşağında bulunduğunu, kaliçi ve Handere Formasyonu birimlerinin oluşturduğu zeminin oldukça sorunlu olmasından dolayı 1993 tarihli İller Bankası Genel Müdürlüğü Jeolojik Etüt Raporunda 'Önlemlenilen Alanlar' olarak değerlendirilen alanların, alüvyon sahaların ve kaliçi olarak ayırtlanmış alanların Jeoteknik etüt yaptırılarak, raporun sonucu doğrultusunda planlamaya gidilmesinin uygun olacağını vurgulamıştır.

Güzel (2002), 'Kireçocağı Mevkii İmar Planına Esas Jeolojik Jeofizik Jeoteknik Etüt Raporu' adlı çalışmada bölgenin yerleşime uygunluk kriterlerinin belirlenmesi, bölgenin temel zemin özellikleri, olası zemin problemleri ve doğal afet varlığının belirlenmesi amacıyla zemin sondajları, yerinde (insitu) zemin deneyleri, jeoteknik laboratuvar deneyleri, jeofizik sismik kırılma uygulamaları ve rezistivite ölçümleri yapmıştır. Yapılan laboratuvar ve arazi çalışmaları sonucunda, bölgenin yerleşime uygunluk açısından değerlendirmesini yapmış, bölge içerisinde Handere Formasyonu'nun fazla eğimli olduğu, ayrıışmış kesimlerinde (100. Yıl Mahallesi'nin batısı) heyelanlı kısımların varlığını vurgulamış, önlem için önerilerde bulunmuştur.

Coşgun (2003), 100. Yıl Mahallesi, Kireçocağı (Seyhan-Adana) Dolayının Mühendislik Jeolojisi İncelemesi, çalışmasında bölgenin mühendislik jeolojisini anlatmıştır.

Çobanoğlu (2005), Adana İli ve Yakın Çevresinin Jeoteknik Koşullarının Statik ve Sismik Durumlar İçin Coğrafi Bilgi Sistemi İle Değerlendirilmesi, çalışmasında, Adana'nın, üzerinde yapılaştığı zeminin jeoteknik özelliklerini coğrafi bilgi sistemleri kullanarak anlatmıştır.

Erdeve (2006), 100. Yıl (Seyhan-Adana) Heyelanı Jeolojik-Jeoteknik İncelemesi, çalışmasında, Handere Formasyonu'nda, heyelanın oluşumunu ve fiziksel parametrelerini anlatmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

Yer kürenin oluşumundan bu yana, özellikle kabuk kısmındaki hareketliliğin sebep olduğu depremler, insanlık tarihi boyunca yaşantısında etkili olmuştur. Bu nedendir ki, halen birçok bilinmeyen yönleri kalmış olmakla beraber, deprem olgusu, gelişen bilimin başlıca konularından biridir. Özellikle son yıllarda deprem inceleme tekniklerinin çok yönlü gelişimi ile birlikte, depremler pek çok yönleriyle incelenir hale gelmiş, gün geçtikçe ulaşılan veriler artmıştır.

Son yıllarda, deprem konulu araştırmalarda elde edilen bilgiler, deprem kaynaklarında ve etkilerinde, çeşitli özellikleri ile yersel zemin koşullarının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bölge ve ülke düzeyinde deprem hasarlarını en aza indirmek amacıyla, deprem özelliklerinin, yerel zemin koşullarının, farklı ölçeklerde incelenerek tanımlanması, buna göre ülke, bölge, kent veya daha küçük yerleşim alanlarının planlamasına yönelik haritaların üretilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu tür haritalamalar, bir yerleşim alanında meydana gelebilecek olası depremin oluşturabileceği mekansal tahribatları, üst yapı ve alt yapı sistemlerindeki hasarları önceden tahmin edebilmenin ve bölge, kent ya da yerleşim alanı bazında ileriye yönelik olarak alınması gerekli önlemlerin planlanmasında belirleyici olma önemine sahiptir.

Mikro bölgeleme çalışmalarında amaç, uygulanmakta olan yönetmeliklerde öngörülen, yapı tasarımı için gerekli olan parametreleri tanımlamak değildir. Yersel zemin özelliklerinin, büyük ölçekte haritalandığı bu çalışmalarda amaç, bölge, kent ya da daha küçük yerleşim alanları planlarken, depremsellik ile yerel jeolojik yapı ve zemin özellikleri arasındaki ilişkileri, jeolojik, jeofizik, jeoteknik çalışmalarla elde edilecek veriler ışığında, daha ayrıntılı biçimde tanımlamak, yerel koşullar açısından daha güvenilir bir bölgeleme yapılmasını sağlamak ve buna ek olarak yerleşim birimleri bazında yapılabilecek deprem riski ve hasar görülebilirlik haritalarına veri oluşturmaktır.

3.1 Mikrobölgeleme Teknikleri

İnsanlık, çağdaşlaşma sürecinde, toplumsal yaşam için gerekli ihtiyaçları gün geçtikçe daha belirgin kategorilere göre planlamaktadır. Çağdaş planlama, kentleşmenin çağdaş unsurlarını (güvenlik, barınma, yiyecek sağlanması, toplumsallaşma, çevre duyarlılığı) oluşturmak üzere “bölgeleme” ya da “mikrobölgeleme” kavramıyla, bu işlevleri sağlıklı ve güvenli biçimde sağlama yoluna gitmektedir. “Bölgeleme”, çeşitli sosyal, bilimsel ve teknik öğeler dikkate alınarak ya da baz kabul edilerek yapılabilirler. “Depremler” ve doğadaki etkileri bölgeleme çalışmaları için dikkate alınacak ya da baz kabul edilebilecek bilimsel ve teknik öğelerin en önemlilerin den birini oluşturmaktadır (ISSMFE, 1993; Özçep, 2005’ den).

Deprem tehlikelerine karşı güvenlik kavramı iki yönlüdür. Birincisi potansiyel yıkıcı dinamik kuvvetlere karşı güvenlik, ikincisi ise büyütme, heyelan ve sıvılaşma gibi olaylarla ilişkili olarak yapı yerinin güvenliğidir. Depremler nedeniyle oluşan riski azaltmak ve deprem yükleri altındaki yapıların güvenliğini sağlamak için, dinamik etkiler dünyanın birçok ülkesinde depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliklerinde hesaba katılmaktadır.

Bölgeleme amaçlı değerlendirmeler çoğunlukla, lokal yer tepkisi, yamaç duraylılığı ve sıvılaşma gibi üç tür olgu için yapılmaktadır. Bu üç tür olgunun her biri için, mikrobölgeleme çalışmaları amacıyla üç aşama ya da üç kategoride çalışmalar kabul edilmektedir (ISSMFE, 1993; Özçep, 2005’den). Mikrobölgeleme aşamaları aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1).

Zemin büyütmesi, yamaç stabilitesi, sıvılaşma, yüzeysel faylanma gibi deprem riskini değiştiren etmenler (Çizelge 3.1) modern mikrobölgeleme çalışmalarında ölçütler olarak kullanılmaktadır (ISSMFE, 1993; ISSMGE/TC4, 1999; World Institute for Disaster Risk Management, Inc., 2004: Özçep, 2007’den).

Çizelge 3.1. Mikrobölgeleme Aşamaları (ISSMFE, 1993: Özçep, 2007'den)

Mikrobölgeleme Aşamaları			
	1.Aşama (Genel Bölgeleme)	2.Aşama (Ayrıntılı Bölgeleme)	3.Aşama (Çok Ayrıntılı Bölgeleme)
Zemin Büyütmesi	Tarihsel Depremler, Bölgenin tektonik ve jeolojik yapısı ve jeolojik haritalar, yöre halkı ile mülakatlar	Jeoteknik incelemeler, Mikrottremör Ölçümleri	Ayrıntılı Jeoteknik incelemeler, Zemin davranışı analizi, zemin tabakaları 1 ve 2 boyutlu analizi
Şev Stabilitesi	Tarihsel Depremler, Bölgenin tektonik ve jeolojik yapısı ve jeolojik haritalar, yöre halkı ile mülakatlar	Hava fotoğrafları, uzaktan algılama, arazi incelemeleri, bitki örtüsü ve yağış bilgisi	Ayrıntılı Jeoteknik incelemeler, şev stabilitesi, analizler
Sıvılaşma	Tarihsel Depremler, Bölgenin tektonik ve jeolojik yapısı ve jeolojik haritalar, yöre halkı ile mülakatlar	Hava fotoğrafları, uzaktan algılama, arazi incelemeleri, yöre halkıyla mülakatlar	Ayrıntılı Jeoteknik incelemeler, sıvılaşma analizleri
Harita ölçeği	1/1.000.000 ila 1/500.000	1/1.000.000 ila 1/10.000	1/25.000 ila 1/5.000

3.1.1. Birinci Aşama; Genel Bölgeleme

Bölgelemenin ilk seviyesi; tarihsel kaynaklardan, yayınlanmış raporlardan, diğer mevcut veri kaynaklarından elde edilen, varolan bilginin derlenmesi ve yorumlanmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, ülke, eyalet, kent, kasaba yada yerel alanlar gibi bir bölgeyi kapsayacak şekilde en genel ve en düşük maliyette bir yaklaşımdır.

Yerel zemin tepkisinin bölgelendirilmesi için, aletsel olarak kaydedilmiş depremleri içeren kataloglar kullanılabilir. Bu kataloglar, hemen hemen dünyanın tüm bölgeleri için mevcuttur ve yakın zamanlarda olmuş büyük depremler için lokasyon, büyüklük; odak mekanizması vb. gibi bilgileri içermektedirler. Çeşitli hasar türleri üzerine tarihsel deprem verisi, bir çok alan için mevcuttur ve bu veri tarihsel depremler sırasında sarsıntı şiddetinin alansal dağılımının bir görüntüsünü elde etmede kullanılabilir. Ayrıca geçmiş depremler üzerine bilgi sismik kaynak zonlarının doğru değerlendirilmesini ve gelecek depremlerin sıklığının ve büyüklüğünün kestirilmesinin oluşturulması amacıyla da kullanılabilir.

Ülkemiz ve yakın çevresi için tarihsel depremler çeşitli özellikleri ile incelenmiş ve kataloglanmıştır. Varolan yer hareketi azalım ilişkileri kullanılarak, yer hareketinin düzeyinin belirlenmesi için ilksel haritalar derlenebilir. Varolan jeolojik ve jeomorfolojik haritalar, zeminin yenilme (failure) potansiyelinin değerlendirilmesi için genelde çok önemli bilgi kaynaklarıdır ancak bunlar bir alandan diğerine ayrıntıda ve uygulanabilirlikte oldukça önemli oranda değişmektedir. Böyle haritalar Kuvaterner yaşlı sedimentlerin jeolojik karakteristikleri üzerine yararlı bilgiler sağlamaktadır. Bölgedeki büyük inşaat projeleri için yapılmış zemin araştırma raporları ayrıca jeoloji ve zemin koşulları üzerine kullanışlı bilgi verebilmektedir.

Farklı tehlike düzeyleri ile bölgesel jeoloji yada jeomorfolojinin korelasyonu ile; yamaç duraylılığı ve sıvılaşma tehlikesi için haritalar hazırlanabilir. Bölgeleme haritasının kalitesi veri kalitesine önemli oranda bağlı olarak değişmektedir. Bölgelemenin bu seviyesinde haritalama 1:1.000.000' dan 1:50.000 ölçeği aralığında yapılır.

3.1.2. İkinci Aşama; Ayrıntılı Bölgeleme

Birinci aşama bölgeleme haritasının kalitesi, ek veri kaynakları kullanılarak orta seviyede bir maliyetle oldukça önemli oranda geliştirilebilir. Örneğin, hava fotoğrafları; fay yapılarını ve jeolojik koşulları daha iyi tanımlamada yardımcı olabilir bazı durumlarda, daha eski fotoğraflar, kent gelişiminin öncesinde, lokal jeolojik birimlerin yapısının anlaşılmasında daha yararlı olabilir.

Ek saha çalışmaları; yer hareketinin yerel koşullarla büyütmesinin, yamaç duraysızlığı potansiyelinin ve sınılaşma amacıyla jeolojik birimleri yerinde haritalamak için yapılabilir. Resmi kurumlardan, belediyeler ya da özel şirketlerden elde edilen jeoteknik raporları ek arazi ve laboratuvar test verilerini de oluşturabilir. Bölge sakinleri geçmiş depremler sırasında oluşmuş yamaç duraysızlıkları ve sınılaşma üzerine ayrıntılı tarihsel bilgi sağlayabilir.

Mikrotremor ölçümleri ayrıca, zemin titreşim özellikleri (karakteristik yapıyeri periyodu) ya da yer hareketinin büyütme karakteristikleri üzerine daha ayrıntılı bilgi elde etmede kullanılabilir. Bu yaklaşım genelde, makul bir maliyette uygulanabilir ve 1:100.000 ile 1:10.000 arasındaki ölçeklerde bölgeleme haritasının daha ileri gelişmiş formunun oluşmasına izin verir.

3.1.3. Üçüncü Aşama; Çok Ayrıntılı Bölgeleme

Çok yüksek ve çok ayrıntılı bir bölgeleme seviyesine (örneğin 1:25.000 ile 1:1.000 arasında bir ölçekte) ihtiyaç duyulduğunda, ek yapıyeri (site) araştırma verisine, yani sorun olan zemin/kaya ortamına özel olmak üzere gereksinim duyulacaktır. Böyle araştırmalardan elde edilen bulgular; sismik yer tepkisi, yamaç duraysızlığı davranışı ya da sınılaşma potansiyelinin bilgisayar destekli analiziyle biçimlendirilebilir. Ayrıntılı, saha bazlı spesifik bilgiye gereksinim duyulan bu bölgeleme seviyesi genelde pahalıdır. Fakat tehlike potansiyelinin çok yüksek olarak düşünüldüğü ya da varolan / önerilen gelişmenin kritik / yüksek değerleri olduğunun hesaba katıldığı alanlar için bu yatırım düzeyi yapılmalıdır.

3.2. Mikrobölgeleme Çalışmalarında Veri Toplama ve Veritabanı Oluşturma

Mikrobölgeleme çalışmalarında, veri toplama ve veri tabanı oluşturma; veri toplama, verilerin değerlendirilmesi, verilerin gerekli bilgilerin sunumunu kolaylaştırıcı bir yöntemle amaca yönelik olarak mikrobölgeleme ilkeleri doğrultusunda haritalanması, olmak üzere üç aşamada yapılır.

3.2.1. Mikrobölgeleme Çalışmalarında İhtiyaç Duyulan Temel Veriler

Mikrobölgelemede uygulamalarında ihtiyaç duyulan temel veriler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Mikrobölgeleme Çalışmalarında İhtiyaç Duyulan Temel Veriler
(World Institute For Disaster Risk Management, 2004)

Veri Grubu
Topoğrafik Veriler
Bölgesel Deprem Tehlikesi (100 Yıllık Dönüş Peryodu içinde)
Neotektonik Veriler
Basen Topoğrafyası
Jeolojik, Jeofizik ve Jeoteknik Veriler

3.2.2. Verilerin Değerlendirilmesi, Ek İncelemeler, Ham Verilerin Haritalanması

Mikrobölgeleme çalışmalarında ihtiyaç duyulan jeolojik çalışmalar, jeofizik çalışmalar ve jeoteknik çalışmalar ile sağlanacak veriler ve bu verilerin elde edilmesi için önerilen yöntemler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Mikrobölgeleme çalışmalarında ihtiyaç duyulan jeolojik, jeofizik ve Jeoteknik veriler (World Institute for Disaster Risk Management, 2004)

Temel Giriş Verisi	Önerilen Yöntem
Topoğrafya	- Sayısal Topoğrafik Temel Bilgi (1: 5.000 ölçeğinde)
Yeraltısuyu Seviyesi	- Kuyular ve/veya jeofizik jeoelektrik sondajlar, CPTU (mevsimsel değişimler üzerine bilgiyi de içerecek biçimde)
Jeoteknik Birimler	- Ayrıntılı Yüzey jeoloji haritaları - Jeolojik/Jeoteknik Deney verileri (Sondajlar, SPT, CPT, CPTU) - Jeofizik Yöntemler (SASW, Cross-hole, In-hole sismik hız ölçümleri, Mikrotremorlar, Sismik CPT, vb.)
Anakaya ya da İyi Zemin Koşulları ($v_s \geq 700$ m/s)	- Sondajlar & Jeofizik Yöntemler
Basen/havza yapılarının belirlenmesi	- Derin Sismik ölçümler ya da mikrotremor dizilim yöntemleri
Farklı jeolojik birimlerin temel jeoteknik ve jeofizik özellikleri: • Mukavemet parametreleri (stabilite problemi olan alanlarda kayma mukavemeti parametreleri) • Kayma Dalgası Hızı	- Laboratuar Testleri - SPT yada CPT/CPTU testleri ile Korelasyonlar - Jeofizik Yöntemler (SASW, Cross-hole, In-hole sismik hız ölçümleri, Mikrotremorlar, Sismik CPT, vb.)

3.2.3. Mikrobölgeleme Çalışmalarında Harita Ölçekleri ve Harita Oluşturma

Mikrobölgeleme amaçları için sadece büyük ölçekli haritalar konu ile ilgilidir. 1:5.000 ölçeği ile topoğrafik haritalar mikrobölgeleme çalışmaları için temel ihtiyaçtır. Nihai mikrobölgeleme haritaları için tipik ölçekler 1:5.000'dir, ama özel durumlar için bu ölçek 1:1.000'e çıkabilir. Mikrobölgelemede harita ölçekleri üç gruba ayrılabilir:

- Büyük Ölçekli Haritalar: 1:25.000 ya da daha büyük
- Orta Ölçekli Haritalar: 1:1.000.000'den 1:25.000'e
- Küçük Ölçekli Haritalar: 1:1.000.000 ya da daha küçük

Mikrobölgeleme haritalarında her deprem etkisi için genellikle üç bölge (A, B ve C olmak üzere) tanımlanmaktadır. Bu üç bölgenin her biri ayrı bir risk seviyesine karşılık gelmektedir (World Institute for Disaster Risk Management, 2004). Bu seviyeler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deprem etkisi için genellikle tanımlanan üç risk bölgesi/seviyesi
(World Institute for Disaster Risk Management, 2004)

ETKİ	BÖLGE		
	YÜKSEK (risk/tehlike)	ORTA (risk/tehlike)	DÜŞÜK (risk/tehlike)
YER HAREKETİ/BÜYÜTME	A	B	C
YAMAÇ DUYARSIZLIĞI	A	B	C
SIVILAŞMA	A	B	C
DEPREMLE İLİŞKİLİ SU BASKINLARI	A		C
YÜZEYSEL FAYLANMA	A		C

Yer Hareketi / Büyütme;

- A: Göreceli olarak en yüksek yer sarsıntısı seviyesi
- B: Göreceli olarak orta yer sarsıntısı seviyesi
- C: Göreceli olarak en düşük yer sarsıntısı seviyesi

Yamaç Duyarsızlığı;

- A : Yamaçlar için yüksek tehlike
- B : Yamaçlar için orta tehlike
- C : Yamaçlar için düşük tehlike / tehlike yok

Sıvılaşma;

- A : Yüksek Sıvılaşma olasılığı
- B : Orta Sıvılaşma olasılığı
- C : Çok Düşük Sıvılaşma olasılığı/tehlike yok

Depremle ilişkili Su Baskınları;

- A : Yüksek Tehlike
- C : Tehlike Yok

Yüzeysel Faylanma;

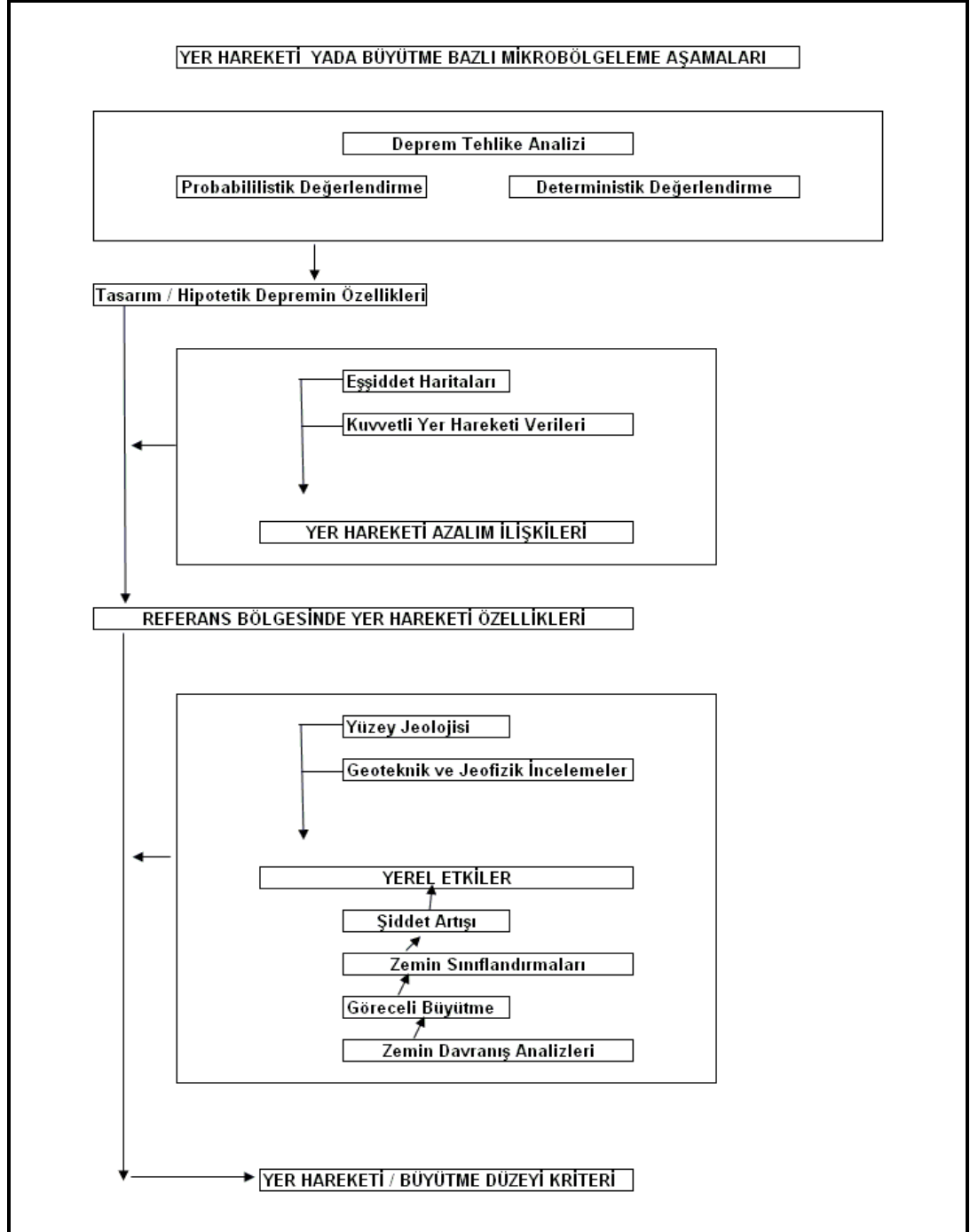
- A : En yüksek tehlike
- C : Düşük Tehlike

3.3. Mikrobölgeleme Çalışmalarında Kullanılan Ölçütler

3.3.1. Zemin Büyütmesi Ölçütü

Yer hareketinin değerlendirilmesi deprem hasarının değerlendirilmesinin ilk aşamasıdır ve genel olarak iki işlemlidir. İlk işlem mühendislik anakayası üzerindeki yer hareketinin değerlendirilmesi, ikincisi ise zemin etkilerinin değerlendirilmesidir. Her iki işlem tamamlandığında zemin yüzeyindeki yer hareketi

ve büyütme etkisi değerlendirilebilir. Bu çalışmaların ana prosedürü Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yer hareketi / büyütme bazlı mikrobölgeleme çalışmalarının aşamaları (ISSMFE, 1993; Özçep, 2007'den).

3.3.2. Zemin Sıvılaşması Ölçütü

Zemin sıvılaşması, bu güne kadar olagelmiş depremlerde çeşitli tür ve büyüklükteki yapılar için hasarların temel bir nedeni olmuştur. Dolayısıyla, gelecekteki depremler sırasında da bu, sıvılaşma riski olan bölgelerde yapılan yapılar için önemli etkiye sahip olacaktır. Bundan dolayı, mikrobölgeleme çalışmalarında sıvılaşma önemli bir ölçüttür. Sıvılaşma potansiyeli iki faktöre bağlıdır; titreşimin doğası (şiddet ve süre) ve sıvılaşmaya karşı zemin malzemesinin duyarlılığı.

Sıvılama potansiyelinin belirlenmesinde, çeşitli yöntemler önerilmektedir. Sıvılaşma direnci, bozulmamış örnekler üzerinde laboratuvar testleri ve yerinde (in-situ) yapılan testlerle belirlenebilir. Uygulamada, yerinde test prosedürü daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıvılaşabilir özellikteki (silt, ince kum, vb.) zeminlerde doğru biçimde bozulmamış örnekler almanın zorluğu nedeniyle laboratuvar testlerinde sorunlar oluşabilmektedir. Yerinde yapılan testlerden, standart penetrasyon testi (SPT), konik penetrasyon testi (CPT) ve jeofizik sismik ölçümle sağlanan S dalga hızı (Vs) sıvılaşma değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

3.3.2.1. Devirsel Kayma Gerilmesi Yaklaşımı ile Sıvılaşma Analizi

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde önemli yaklaşımlardan biri “Devirsel Kayma Gerilmesi Yaklaşımı”dır. Bu yaklaşımda, zemin verileri olarak Standart Penetrasyon (SPT), Konik Penetrasyon (CPT) ve Kayma Dalga Hızları, Tane boyu ve özellikleri, Yeraltı su seviyesi, Toplam ve Efektif düşey gerilme durumu ve deprem verileri olarak da yatay yer ivmesi ve büyüklük değerleri esas alınmaktadır. Bu parametreler ile deprem hareketinin neden olduğu Devirsel (Kayma) Gerilme Oranı (CSR) ve zeminin özelliklerini karakterize eden devirsel direnç oranı (CRR) hesaplanmaktadır. Bu değerlendirmede güvenlik katsayısına bağlı risk düzeyleri belirlenmektedir.

Orijinal olarak Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen ve daha sonra bir çok kez revize edilen (Andrus ve Stokoe, 1996; 1997; 1999; Youd ve Idris, 1997; Stokoe ve ark., 1988; Andrus ve ark., 1999; Seed ve ark., 2001; Youd ve ark., 2001)

ve ülkemizde de yaygın olarak kullanılan (Tezcan ve Teri, 1996; Uyanık, 2002; Aşçı ve ark., 2003; Özçep ve ark., 2003; Zarif ve ark., 2005, 2006; Özçep ve Zarif 2006) bu yaklaşımın birinci aşamasında zemin kesitinde deprem nedeniyle oluşacak kayma gerilmesi oranı kestirilir.

3.3.3. Yamaç Stabilitesi Ölçütü

Yamaç yenilmeleri, depremler sırasında çok sayıda zarara neden olur. Yamaçların üzerinde ve yakınında inşaa edilmiş çeşitli tür ve boyutta yapılar için hasar oluşturmaktadır. Duraysız kriterler taşıyan yamaçlarda, şevlerde, aşırı yağış, yapılaşma etkisiyle ilave yükler vb. dış etkenler de yenileme neden olabilmektedir. Depremin neden olduğu yamaç yenilmeleri bir çok olguyu kapsamaktadır. Yamaç duraysızlığı; hareket ettirici dış kuvvet ve hareket etmeyen malzemenin direnci olmak üzere iki faktöre bağlıdır. Hareket ettirici dış kuvvet gravite ve sismik kuvvetler olurken, malzemenin direnci yersel (jeolojik, jeofizik ve jeoteknik) koşullar tarafından yönlendirilir. Günümüzde, çalışmalarda birkaç standart yöntem uygulanarak bu faktörleri doğru biçimde değerlendirmek için uygulanmaktadır. Ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulan yamaç duraylılığı belirlemeleri için standart yaklaşımlarda, geniş bir alanda, elde edilen jeolojik ve topoğrafik veriler genellikle kalite olarak yetersizdir ve yerinde incelemeler ile kullanılan bu yaklaşımları bağlantılandırmak oldukça zordur.

Bu aşamada Uluslararası Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Birliği mikrobölgeleme konusunda hazırladığı elkitabı'nda aşağıdaki iki yöntem önerilmektedir (ISSMFE, 1993).

- Wilson ve ark. (1979) Tarafından Önerilen Yöntem;

Wilson ve ark. (1979) varsaymıştır ki, Şekil 3.2'de görülen ince bir tabakada, kayma eylemsizlik yükleri nedeniyle oluşur (Özçep, 2007).

Kayma ve kaymaya karşı direnme kuvvetlerinin bağıntısı aşağıdaki gibidir;

$$a_c = g \left[\frac{c}{gh} + \cos q \tan \Phi - \sin q \right] \quad (3.1)$$

Bu bağıntıda,

a_c = Kaymayı oluşturacak kritik ivme değeri,

g = Gravite ivmesi,

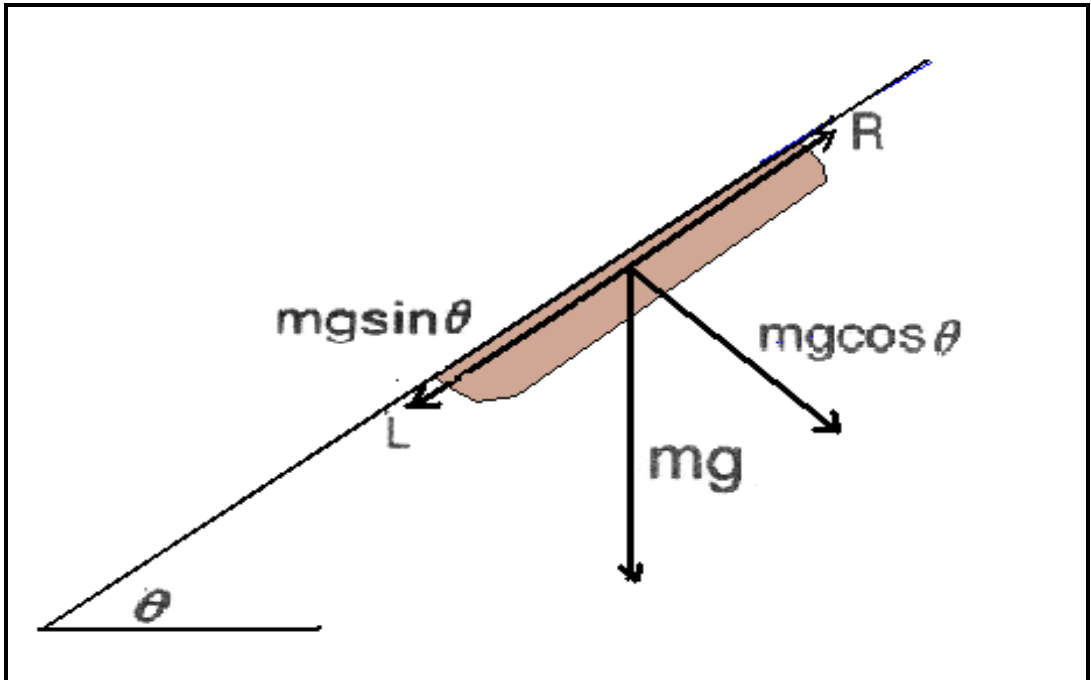
c = Zeminin kohezyonu,

Φ = Tabakanın içsel sürtünme açısı,

θ = Yamaç açısı ,

γ = Zeminin birim ağırlığı,

h = Kayan tabakanın kalınlığı,



Şekil 3.2. Potansiyel heyelan kütesinin modeli (Tanaka, 1982)

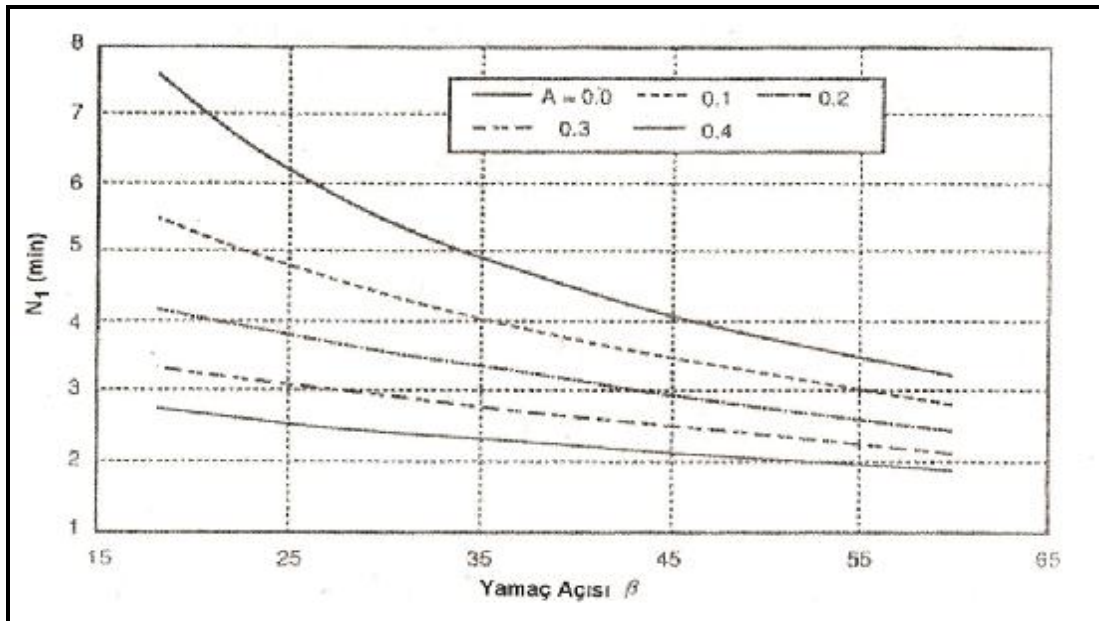
Verilen yamaç açısı dağılımı, mukavemet (dayanım) parametreleri c ve Φ ile yatay ivme için, yamaç hasar görebilirliğinin dağılımının kestirilmesi yapılabilir. Tanaka (1982) bu yöntemi Japonya'da Nashimoto bölgesine uygulamıştır. Burada, Zvohshimo–Kinkai depremi sırasında bir çok yamaç yenilmesi görülmüştür. Depremin neden olduğu yamaç yenilmeleri ile öngörülmüş yamaç yenilmeleri karşılaştırılmıştır.

- Siyahi ve Ansal Tarafından Önerilen Yöntem;

Koppula (1984) tarafından önerilen bir yöntemi, Siyahi ve Ansal (1993) geliştirerek, yamaç duraysızlığı için bir bölgeleme yöntemi önermişlerdir. Yöntem orijinal olarak, sismik bir katsayı kullanarak yamaç duraylılığının bir değerlendirmesini içermektedir. Araştırmacılar sonuç olarak,

$$GK = \tan \Phi N_1 \quad (3.2)$$

denklemleriyle güvenlik parametresi tanımlamışlardır. Burada, güvenlik faktörü (GK), kayma mukavemet açısı (Φ) ve yamaç ile yenilen yüzeyin konfigürasyonunu temsil eden duraylılık sayısı N_1 ' e bağlıdır. N_1 ' in ivme ve yamaç açısına bağlı olarak değişimi Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. N_1 ' in ivme ve yamaç açısına göre değişimi

Yamaç açısı (β) ya bağlı olarak çeşitli ivme (A) değerleri için çeşitli N_1 değerleri hesaplanmaktadır. Hesaplanan güvenlik faktörleri tehlike seviyeleriyle ilişkili olarak üç grupta değerlendirilmektedir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Yamaçlar için hesaplanan güvenlik faktörleri ile tehlike seviyeleri
(World Institute for Disaster Risk Management, 2004)

Güvenlik Katsayısı (GK)	Tehlike Seviyeleri
< 1	A; Yüksek Tehlike
$1 \leq Fs \leq 2.0$	B; Orta Tehlike
$Fs \geq 2.0$	C; Düşük Tehlike/Tehlike yok
Eğer Yamacın eğimi < 15 derece ise C; Düşük tehlike/tehlike yok	

3.3.4. Yüzeysel Faylanma Ölçütü

Kuvvetli depremler sırasında faylar genellikle yüzeye ulaşır. Yüzeydeki fayın konumu bir depremden diğerine değişebilmektedir. Yüzeysel faylanma ve tektonik hareketlere bağlı hasar, depremin neden olduğu diri fayın yüzeylendiği sınırlı bölgede açığa çıkar. Bu durumlarda fayın türüne bağlı olarak farklı etkiler gözlenmektedir. Bunlar düşey yerdeğiştirmeler ve yanal atımlardır. Yapılar çoğunlukla büyük yerdeğiştirmelere dayanıklı değildirler. Yüzeysel yerdeğiştirme ve faylanmalar nedeni ile en çok boru hatları, yollar, demiryolları ve sulama kanalları gibi doğrusal yapılardır (World Institute for Disaster Risk Management, 2004a, b).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Mikrobölgeleme çalışmaları, yerleşim planlaması yapılacak alanın büyüklüğüne göre, sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlere de bağlı olarak 1/100.000 ölçekten 1/1000 ölçeğe kadar farklı büyüklüklerde yapılabilmektedir. Ölçek seçimi, mikrobölgelemesi yapılacak alanın özelliklerine göre belirlenebilir. Doğal olarak ölçek büyüdükçe çalışmanın hassasiyeti artacağı gibi, yerel tehlike ve risklerin harita üzerinde gösterilebilme imkanı da artacaktır.

Bilineceği gibi, lokal yer hareketleri, heyelan, çığ, kaya düşmesi, gibi münferit afetlerle, depremlerin neden olduğu kopma, kırılma, faylanma, yer hareketinin büyümesi, sıvılaşma gibi etkiler yereldir ve ancak büyük ölçekli haritalar üzerinde gösterilebilirler.

Ulusal ölçekte hazırlanan, deprem, su baskını gibi tehlike haritalarında, yerel koşullardan kaynaklanan tehlikeleri belirlemek ve göstermek olanaklı değildir. Örneğin, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası deprem tehlikesini, yalnızca ortalama bir zemin cinsi kabul ederek, yer hareketinin ivmesi cinsinden göstermektedir. Bu haritada yerel zemin koşullarının yol açabileceği zemin büyütmesi, faylanma, sıvılaşma, farklı oturma, yanal yayılma, heyelan veya kaya düşmeleri gibi yerel tehlikeler mevcut değildir (Ergünay, 2006).

İnceleme alanında, mikrobölgeleme uygulamalarında gerekli olan jeolojik, jeofizik, jeoteknik veriler ile bölgenin depremsellik ve afet durumunu belirleyen verileri elde edilmiştir.

İnceleme alanı çalışmalarında, mikrobölgeleme verilerini oluşturan, jeolojik, jeofizik ve jeoteknik araştırma ve uygulamalarında, alanın 1/1000 ölçekli topoğrafik haritalarının sayısallaştırılması ile başlanmıştır. Alanda yapılan arazi çalışmalarında uygulama lokasyonları, gözlemler ve uygulama sonrası değerlendirme süreçleri, çalışmalarında 1/000 ölçekli topoğrafik harita paftaları ve bunların sayısallaştırılmış halleri kullanılmıştır.

4.1. Jeolojik Çalışmalar

Burada, asıl konu edilecek olan inceleme alanının jeolojisidir. Ancak inceleme alanı jeolojik özelliklerinin anlatımında, değinilecek formasyonların açılımını ve anlatımını kolaylaştırmak açısından, bölgesel jeolojiye de kısaca yer verilmiştir.

4.1.1. Bölgesel Jeoloji

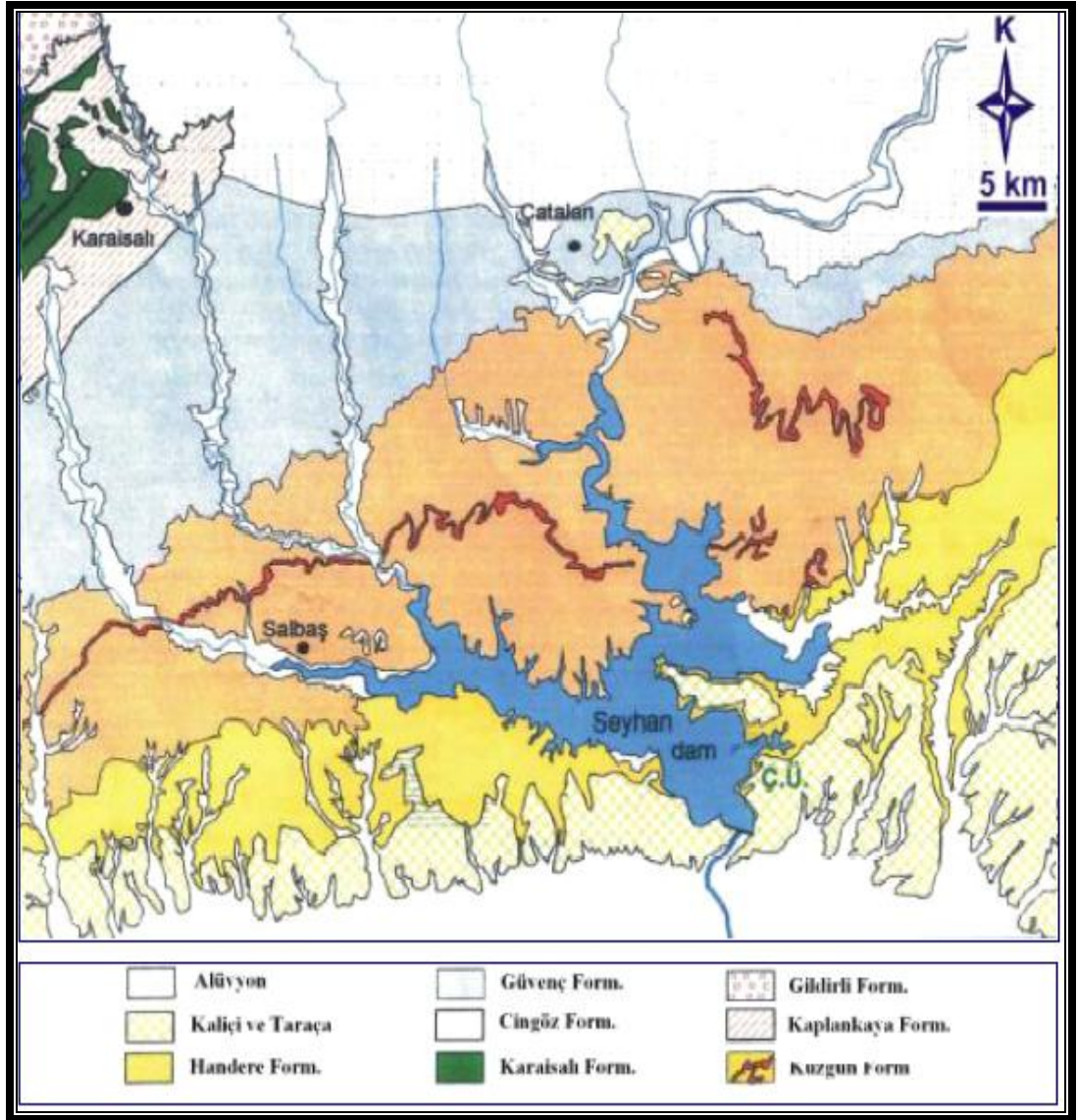
Adana ili ve çevresi, stratigrafi, yapı ve kaya türü özellikleri açısından aralarında belirgin ayrımlar bulunan değişik tektonostratigrafik birlikleri kapsar. Adana baseninde bulunan inceleme alanı civarının bölgesel jeolojisi değişik araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Bu araştırmacılardan bazıları şunlardır; Ternek (1957), Schmidt (1961), İlker (1975), Görür (1979), Yalçın ve Görür (1984), Yetiş ve ark. (1981), Yetiş ve Demirkol (1986), Ünlügenç ve ark. (1990).

Bölgenin kuzeyinde tersiyer istifi, tabanında Oligosen-Alt Miyosen yaşlı karasal Gildirli ve gölssel Karsantı formasyonları ile başlar. Miyosen denizinin transgresif çökellerini, sığ deniz-plaj kıyılarından ibaret Kaplankaya, resifal Karaisalı, pelajik foraminiferli şeyl yapıllı Güvenç ve türbiditik Cingöz formasyonları oluşturur. Diğer taraftan, Adana baseninin regresif çökellerini ise sığ deniz ve karasal kıyılarından ibaret Kuzgun ve Handere formasyonları oluşturur. Adana baseninin güney kesimlerinde ise Kuvaterner yaşlı taraça-kaliçi oluşumları Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı formasyonları uyumsuzlukla üzerlemektedir. İnceleme alanını içinde bulunduran bölgesel jeoloji haritası Şekil 4.1' de verilmiştir.

Burada, inceleme alanında bulunan Handere Formasyonu, Taraça Kaliçi oluşumları ve Alüvyon birimler üzerinde durulacaktır.

4.1.1.1. Handere Formasyonu (Th)

Schmidt (1961), Adana baseninde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Adana grubunun en üst birimi olarak Handere Formasyonu'nu ayırtlamıştır.



Şekil 4.1. İnceleme alanının bölgesel jeoloji haritası (MTA 1991)

Handere Formasyonu Adana baseninin güney kesiminde havza ölçeğinde oldukça yaygın bir uzanıma sahip bulunmaktadır.

Birim başlıca; çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı yapıllı olup Seyhan baraj gölü batısında alçıtışı mercekleri kapsamaktadır. İstif, Kuzgun formasyonu Memişli üyesi üzerinde bozca gri, merceksel geometrili, teknesi çapraz katmanlı, yer yer kaba çakıl boyuna erişen değişik kökenden türemiş kaba çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ve kaba kumtaşı ile başlamaktadır. Genellikle aşınmalı bir taban ile başlayan çakıltaşı düzeyleri açık gri renkli, başlıca ofiyolit, radyolarit, kireçtaşı,

kuvars, Karaisalı formasyonundan türeme maksimum 10-15cm boya erişen, oldukça yuvarlak-uzunca, az belirgin imbrikasyonlu ve çok kötü boylanmalıdır. Üste doğru seyrek çakıllı kumtaşı ve kaba kumtaşı açık gri renkli, seyrek çamur topacıklı ve merceksel geometrilidir. İstifin taban kesiminde hakim olan çakıltaşı, kumtaşı yapıllı dönemler yukarı kesimlerde seyrek, ince, açık gri renkli, paralel laminalı silttaşı düzeyleri, daha üst kesimlerde ise tane boyu incelerek silttaşı-ince çamurtaşı arakatmanlı kumtaşına geçmekte ve daha da üstte taraça ile örtülmektedir. İstifin tabanında kalınlığı değişen, merceksel geometrili olan bu çakıltaşı düzeyleri birkaç düzey halinde bulunurlar. Tane boyunun silt boyuna eriştiği bazı kesimlerde yine merceksel geometrili alçıtışı uzanımları bulunmaktadır. Bunların üzerinde tekrar çakıllı düzeyler seyrek. Güneye doğru yeşilimsi-boz renkli silttaşına geçiş sözkonusudur. Bu çakıltaşı merceklerinin arasında kalan kesimlerde ise çoğunlukla ince kumtaşı-silttaşı yapıllı litolojiler hakimdir. Çakıltaşı düzeylerinin hakim olduğu yerlerde Handere Formasyonu'nun Memişli formasyonu ile olan dokanağını izlemek oldukça kolay iken, mercekler arasında dokanakların izlenmesi güçleşmektedir.

Bölgesel ölçekte düşünüldüğünde Handere Formasyonu Messiniyen-Miyosen zaman aralığında çökelmiş olmalıdır. Handere Formasyonu inceleme alanı sınırları içinde Kuzgun Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Handere Formasyonu'nu ince kırıntılı kesimlerinde ise merceksel geometrili alçıtışı uzanımları (Gökkuyu alçıtışı üyesi) bulunmaktadır.

4.1.1.2. Taraça ve Kaliçi (Qtz)

Pliyo-Kuvaterner yaşlı olan bu birim Kuvaterner yaşlı seki çökelleri, kireçtaşından türeyen eski yamaç molozları ve daha yaşlı birimlerin günlenme zonlarında ve üzerinde gözlenmektedir.

Yeraltısuyundaki çözünür tuzlar ve suda asılı (kolloidal) maddelerin boşluk suyu basıncı (kapilarite) ile yüzeye yükselmesi ve burada suyun buharlaşması sonucu oluşmaktadır. Bu işlemin, onbinlerce yıl sürdüğü bilinmektedir. Kaliçi, jeolojik oluşumu nedeniyle, kimyasal tortul kaya olarak da adlandırılmaktadır.

Suda çözünür tuzlar ve asılı maddenin kimyasal ve fiziksel özellikleri farklıdır. Bu nedenle kaliçi, yüzeye doğru önce yumuşak daha üstlerde ise sert seviyelerden oluşur. Sert kısım çok sayıda yatay ve yataya yakın ince çökelim bantları içerir ve yüzeye doğru kütleli bir görünüm kazanır. Bu durum kalsit ve diğer çözünürlerin yüzeyde yeniden kristalleşerek iyi bir tutturucu görev yapmalarından kaynaklanmaktadır. Sert kısmın altında yer alan yumuşak kısım, yüksek plastisiteli, parlak yüzeyli, dolgulu çatlaklı, kalker yumrulu ve kalkerli killi malzemelerden oluşur.

Büyük ölçekli mühendislik yapı alanlarında, Jeoteknik açıdan büyük önem taşıyan kaliçin oluşum şeklinin doğru tanımlanması, uygun araştırma yöntemlerinin belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Sert kısım, fiziksel olarak travertene çok benzemektedir (Yılmaz, 1991b). Bu nedenle bazı araştırmacılarca traverten ve travertenleşmiş yamaç breşi olarak haritalanmıştır. Ancak oluşum şekli ve mühendislik özellikleri tamamen farklıdır. Kaliçileşmiş çakıtaşı tabakaları da kaliçi konglomerası olarak adlandırılmıştır.

Bir kimyasal tortul birim olan kaliçinin oluşabilmesi için dört önemli çökelim ortamı koşulu gereklidir (Yılmaz, 1991b). Bunlar:

- Boşluk suyu basıncının yeterince yüksek olabileceği kıltaşı, miltaşı ve çamurtaşı gibi ince taneli bir jeolojik birimin varlığı, (Th: Handere Fm)
- Kaliçi uyumsuz olarak altlayan jeolojik birimin, yeraltısuyuna suda asılı koloidal malzeme ve suda çözünür tuz ve mineraller sağlayabilecek litolojilerden oluşması,
- Buharlaşmanın yüksek olduğu kurak ve sıcak bir iklim,
- Bu koşulların on binlerce yıl sürmesidir.

Bu koşullardan ilk ikisi, kaliçin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirleyen, en önemli etkenlerdir. Bu nedenle bölgenin genel jeolojisinin ayrıntılı olarak araştırılması, kaliçi içerisinde yapılacak jeoteknik araştırmaların belirlenmesinde önemli veri sağlayabilmektedir.

Doğrudan ilişkili olduğu yaşlı birimin jeolojik ve jeoteknik özellikleri de kaliçin mühendislik özelliklerine yansımaktadır.

Kaliçi, mineralojik özellikleri gereği, günlenmenin etkisi altında dayanımı çok hızlı bir şekilde yitirmektedir. Eski molozların türediği kireçtaşlarının üzerinde, çatlaklarında ve karstik boşluklarında bulunan kaliçi, kuru olduğunda sağlam kireçtaşı görünümündedir. Ancak bu tür alanlardan elde edilen kırmataş malzemesinin karışımında bulunabilen kaliçi malzemesi özellikle sıcak asfalt karışımında, ilk yağıştan hemen sonra ciddi sorunlar çıkarabilmektedir. Birleşiminde bulunan yüksek şişme ve dağılma özellikli killer su ile karşılaştığında şişerek asfaltın kabarmasına neden olabilmektedir.

Kaliçi, sıcak ve buharlaşmanın yüksek olduğu bölgelerde, boşluk suyu basıncıyla yüzeye doğru taşınan, suda asılı malzemelerin ve suda çözünür tuzların minerallerin, buharlaşma sonunda, yüzeyde ve yüzeye yakın yerlerde birikmesiyle oluşur. Kalınlaşması daha çok alttan olmaktadır. Altta yumuşak kısım ve üstte sert kısım olmak üzere iki ana bileşeni vardır. Çözünürler suda asılı malzemelerden daha kolay yüzeye ulaşmaktadırlar. Buharlaşma sırasında yüzeyde ve yüzeye yakın yerlerde yeniden kristalleşerek mineral tutturucu görevini yaparlar. Böylece yüzeyde kütleli görünümlü ve göreceli olarak daha dayanımlı sert kısmın kalınlaşmasına katkıda bulunurlar. Suda asılı malzemeler daha çok yüzey altında birikerek kalker yumrulu, kılcal çatlaklı, parlak yüzeyli ve yüksek plastisiteli yumuşak kısım seviyesinin kalınlaşmasına katkı sağlamaktadır.

Sert kısım traverten görünümünde olabilir. Ancak, gerek oluşumu gerekse mühendislik özellikleri tamamen farklıdır. Karstik kırmızı toprakla oluşum açısından, iklim dışında, hiçbir ilişki kurulamamıştır. Kaliçi ve kaliçileşmenin oluşumu Üst Pliyosen'den günümüze kadar değişen hızlarda süregelmiştir. Bölgedeki aktif faylar nedeniyle oluşan yer değiştirmeler kaliçi içerisinde de gözlenebilmektedir.

Kaliçi, genellikle aşırı zayıf dayanımlı ve killi birimlerin günlenme zonlarında ve üzerinde oluşmaktadır. Yer yer bu günlenme zonlarında süreksizlikler boyunca ince bantlar olarak da çökebilmektedir. Böylece, yaşlı birimin kayma dayanımı değiştirge (parametre) değerlerinin düşmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, doğal kaymaların bazılarında kayma yüzeyleri, alttaki birimin üst kesimin içerisinde gelişmiştir.

Sert kısım göreceli olarak daha dayanımlı olup yapıtaşı olarak özellikle geçmiş yıllarda kullanılmıştır. Kuru olduğunda sağlam kaya görünümündedir. Kırmataş malzemesine karıştığında, özellikle üst yapıda yağışlardan sonra kabarmalara neden olabilmektedir. Oluşum şekli ve genel durumu ayrıntılı incelendiğinde olası duraysızlık sorunları önceden ortaya çıkarılabilir. Böylece uygun mühendislik çözümlerinin bulunup uygulamasıyla duraysızlık sorunları ortaya çıkmadan çözülebilecektir.

4.1.1.3. Alüvyon (Qal)

Adana baseninde, Adana ovasını oluşturan eski alüvyonlar ile dere boylarında gelişmiş genç alüvyon bulunmaktadır. Eski alüvyon genellikle bitkisel toprak ile örtülü bulunmaktadır. Yeni alüvyon ise dere boylarında gelişmiş olup genelde kötü boylanmalı, tutturulmamış çakıl, kum ve milli malzemedir oluşmuştur. Çakıl, kum ve milli malzeme başlıca; Toros Orojenik Kuşağının temel litolojisine bağımlı olarak ofiyolit, değişik kireçtaşı türleri, radyolarit, çört, kuvarsit vb.'den türemedir. Bu alüvyonlardaki çakıl, kum ve mil oranları derenin türüne göre değişim sunmaktadır. Örneğin; düşük sinüslü menderesli nehir görünümünde olan Çakıt Çayı boyunca çakıl oranı yüksek olup, Çakıt Çayı lalen Adana ilinin en büyük agrega ocaklarının oluşturmaktadır. Seyhan Nehri ise tamamıyla menderesli nehir niteliğinde olduğundan çamur oranı çakıldan üstündür. Üçürge Suyu, Körkün Deresi, Eğlence Suyu Seyhan Nehrine yakın kesimlerde menderesli, kuzey alanlarda ise düşük sinüslü menderesli nehir karakteri göstermektedir.

4.1.2. Tektonik

İnceleme alanının bulunduğu Adana ili doğuda Doğu Anadolu Fay zonu, batı ve kuzeybatıda ise Ecemiş fayı ile çevrelenmiş konumdadır . Türkiye'nin en büyük fay zonlarından birisi olan ve çalışma alanının içerisinde bulunduğu bölgenin tektonizmasında her an tehlike arz eden Doğu Anadolu fayı ve Ecemiş fayı günümüzde halen hareketini sürdüren aktif faylar olarak kabul edilmektedir

Doğu Anadolu fayı; sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olup, Antakya'dan Karlıova'ya kadar uzanan yaklaşık KD-GB uzanımlı bir faydır. Doğu Anadolu Fay zonu tek bir kırık sisteminden oluşmayıp irili ufaklı yüzlerce fayların birleşmesinden oluşmaktadır. Doğu Anadolu Fay zonu üzerinde önceki araştırmacılar tarafından ölçülen fay zonu genişliği yaklaşık 2-3 km olup, fayın toplam atımı Şaroğlu ve ark. (1992) tarafından 22 km olarak tespit edilmiştir. Fay zonu boyunca toplam düşey atım 400 metredir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun oluşumu Geç Miyosen'de arap ve Anadolu levhalarının çarpışması ile oluşmuştur.

Ecemiş Fay Zonu; Yaklaşık olarak Kayseri-Yahyalı'nın batısında Dünderlı köyünden başlayarak KKD-GGB uzanımlı olarak Mersin-Gülek yakınlarına kadar uzanır. Genel doğrultusu K27D olan Ecemiş Fayı birbirine paralel bir çok kırık parçasından meydana gelmiştir. Dünderlı-Pozantı arasındaki 78km'lik bölümde oldukça belirgin şekilde izlenmektedir. Pozantı-Gülek arasında Ecemiş Fayı küçük parçalara ayrılmaktadır.

Bölgedeki başlıca deprem kaynaklarını oluşturan bu faylara (DAF ve Ecemiş) 4.4.1.1 de verilen "Bölgesel Tektonizma" başlığı altında da daha geniş yer verilmiştir.

Doğu Anadolu ve Ecemiş Fayı dışında Adana ve yakın çevresinde son oluşan depremlerin sebebi ile ilişkili olarak oluşmuş olabilecek 2 adet ana fay zonu daha bulunmaktadır. Bunlar Karaisalı-Karsantı fay zonu ve Karataş-Osmaniye Fay zonudur.

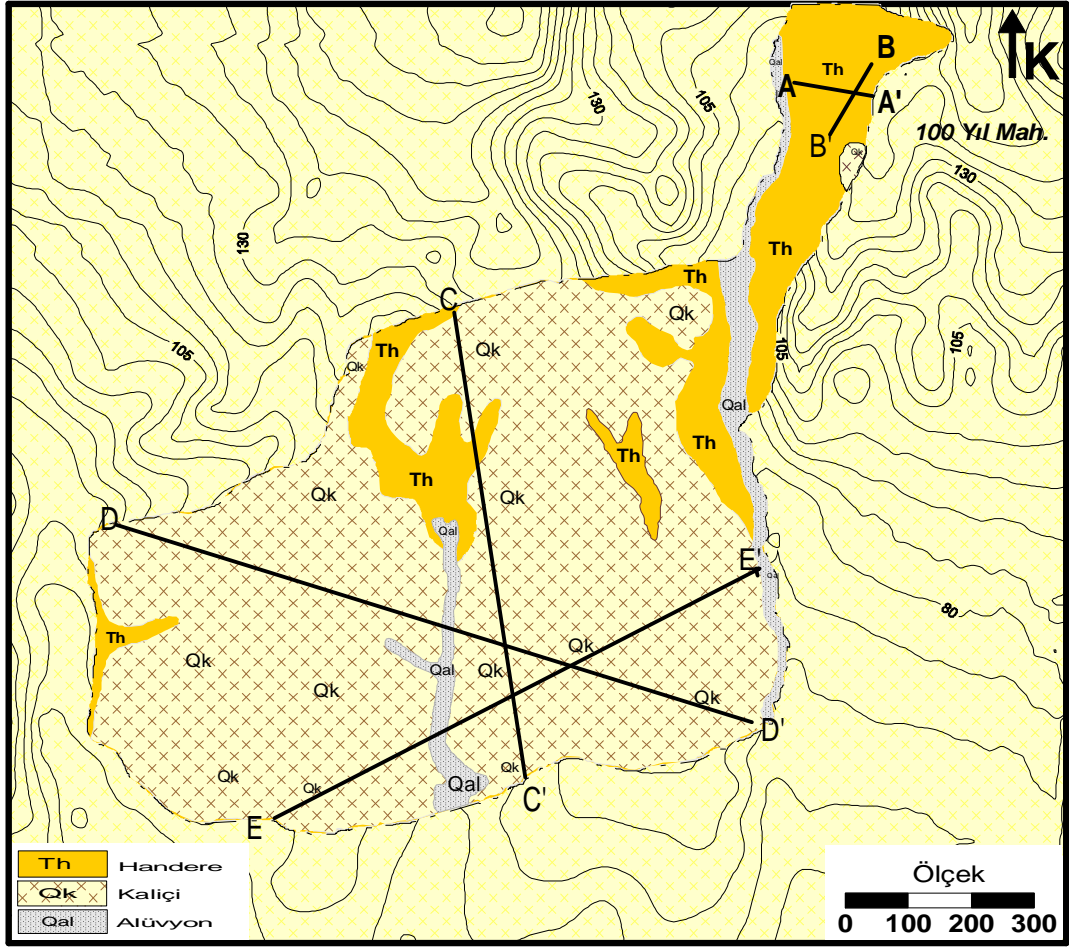
Karaisalı-Karsantı Fay Zonu, Adana havzasının kuzeyinde, Ecemiş Fay Zonunun güneyinde Karaisalı ile Karsantı arasında değişik boy ve doğrultularda gelişmiş olan çok sayıda kırıktan meydana gelen bir fay zonudur. Ecemiş ve Karataş-Osmaniye fay zonlarının arasında yer alması, çok geniş bir alanda izlenmesi ve 20 km'ye varan uzunlukta parçacıkların izlenmesi ile önemli bir fay zonudur. Birbirine paralel iki ana doğrultu hakimdir. Fayların KD-GB ve D-B uzanımlı olmak üzere iki ana doğrultuda yoğunlaştığı gözlenir. Bu iki farklı doğrultudaki fayların mekanizmalarının da birbirinden farklı çalıştığı bilinmektedir. Bir kısmı sol yönlü doğrultu atımlı iken diğer bir kısımda sağ yönlü doğrultu atımlı fay sistemine göre çalışmaktadır.

Karataş-Osmaniye fay zonu ise, Adana ovasının GD'sunda Karataş-Osmaniye arasında genel doğrultusu KD-GB olan, yaklaşık 120km uzunluğunda bir zon içinde birbirine paralel bir çok faydan oluşmaktadır. Bir çoğu kıyıya paralel olan bu faylar belirgin morfolojik görünimleri yanında Kuvaterner yaşlı kaya birimlerini etkilemeleri nedeniyle önemlidirler.

4.1.3. İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanında, Handere Formasyonu, Taraça kaliçi (inceleme alanında bu birim daha çok kalsiyum karbonat bileşenin ağırlıklı olduğu Kaliçi olarak gözlenmiş olup çalışmalarda da kaliçi olarak anılmıştır) ve alüvyon birimler gözlenmiştir. Bu birimlerden, Handere Formasyonu inceleme alanında anakayayı oluşturmaktadır. Handere Formasyonu'nun üzerine, alanda geniş dağılımlı olarak gözlenen, farklı kalınlıklı kaliçi birimleri gelmekte, kaliçinin üzerine ise dere boylarında gözlenen genç alüvyon birimler gelmektedir. İnceleme Alanı Jeoloji Haritası Şekil.4.2'de verilmiştir.

İnceleme alanı içerisinde, beş adet (AA', BB', CC', DD', EE') jeolojik enine kesit alınarak, birimlerin yanal ve düşey dağılımları belirlenmiştir. Bu kesitlerden, Doğu-Batı uzanımlı A-A' jeolojik enine kesiti ve KD-GB uzanımlı B-B' jeolojik enine kesiti inceleme alanı sınırları içerisinde bulunan heyelanlı kesimlerden alınmıştır. Yaklaşık olarak Kuzey-Güney uzanımlı C-C', KuzeyBatı-Güneydoğu uzanımlı D-D' ve Güneybatı-Kuzeydoğu uzanımlı E-E' jeolojik enine kesitler, inceleme alanında daha çok kaliçi birimlerin yüzeyde dağılım gösterdiği kesimlerden alınmıştır. İnceleme alanından alınan jeolojik enine kesitlerin konumları, Şekil.4.2'de verilmiş olan inceleme alanı jeoloji haritasında verilmiştir.



Şekil 4.2 İnceleme alanının jeoloji haritası

4.1.3.1. İnceleme Alanında Handere Formasyonu (Th)

İnceleme alanında, çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, siltaşı, çamurtaşından oluşan Handere Formasyonu ayrıntılandırılarak inceleme alanı jeoloji haritasında verilmiştir. Birimin üst seviyelerinde, özellikle kıltaşı, siltaşı, kumtaşı, çamurtaşı tabakaları (Şekil 4.3, Şekil 4.4) ve jips birimleri yer almaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.3. İnceleme alanında Handere Formasyonu kıltaşı, silttaşı, kumtaşı bileşenlerinin tabakalı görünümü



Şekil 4.4. İnceleme alanında Handere'nin kıltaşı, silttaşı, kumtaşı bileşenleri



Şekil 4.5. İnceleme alanında Handere Formasyonu içinde gözlenen jips birimler

Özellikle, inceleme alanı içerisinde bulunan, 100.Yıl Senti'nin kuzeyindeki heyelanlı kesimde, heyelan sonrası oluşmuş küçük debili mevsimsel kaynakların civarında yüzey tuzlanmaları (Şekil 4.6) gözlenmiştir. Heyelanlı kesimde açılan zemin sondajlarında jipsli birimler gözlenebilmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6. İnceleme alanı heyelenli bölge civarındaki, mevsimsel su akıntısı kıyısında jipsli birimlerin eriyip yeniden çökmesiyle oluşan yüzey tuzlanmaları



Şekil 4.7. İnceleme alanı heyelenli bölgede açılan sondajda (Sk-15) jips birimler

Yine inceleme alanı yakın civarındaki Kabasakal köyü ile Karahan köyleri arasında yoğun şekilde alçıtaşı (jips) mercekleri görülmektedir.

İnceleme alanı doğu sınırlarında 100.Yıl Mahallesi batı yamaçlarında Handere Formasyonu gri-bej renkli çamurtaşı ve krem renkli marn ardalanması ile başlamaktadır. Çekiçle vurulduğunda çabuk dağılan, asitle bolca köpüren birim içerisinde de jips mercekleri gözlenmektedir. Eğimi ortalama N50E/17 SE olan birimin eğimi bu kesimlerde yamaç eğimi ile uyumluluk göstermektedir.

Nitekim inceleme alanında heyelanlı bölge olarak bilinen kesimde, bünyesine su aldığı anda şişen ve plastik bir özellik gösteren birim eğiminin, yamaç eğimine uygun olması, yamaç eğiminin oldukça fazla olması nedeniyle 2001 sonbahar yağışları sonrası, zemin suya doymun hale gelmiş, Aralık-2001 ve Ocak-2002 tarihlerinde sığ heyelanlar meydana gelmiştir. Bu bölgedeki gözlemler, bu tarihten daha önce de buralarda heyelanların var olduğunu göstermektedir. Ancak yapılaşma amacıyla zeminde açılan temel kazıları, yollar, kanallar vb. sebepler ile yerleşim sonrası kullanma ve atık suların da ilavesiyle zeminin suya doymun hale gelmesi iyice kolaylaşmış ve hızlanmıştır. Suya doymun hale gelen zeminin üzerine gelen

yapı yükleriyle heyelan hızlanmış ve yaygınlaştırmıştır. Burada oluşan heyelanlar Handere Formasyonu'nun üst kısımlarının ayrılmış kiltası seviyelerinde oluşmuştur. Mevcut kayma düzlemleri yapıları etkileyerek hasar görmelerine neden olmuş, heyelan bölgesinde bulunan birçok ev oturulamaz hale gelmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. İnceleme alanında Handere Formasyonu'nda oluşan heyelanlı kesimden bir görünüm

Heyelanlı bölgeden güneye doğru gidildiğinde dublex evlerin batısında oluşan heyelanın, hemen güneyinde çamurtaşı-marn ar dalanmasından oluşan birim yanal ve düşey olarak ince taneli çapraz katmanlı, bej renkli ince-orta tabakalı kumtaşlarına geçer. Açıkta olan kesimleri çekiçle vurulduğunda çabuk dağılan, daha içerideki bozuşmamış kesimleri daha iyi çimentolu (tane destekli) bir doku gösterir. Kürthalil Çiftliği doğusundan güneye doğru devam eden birim üzerine bu bölümde kaliçiler gelmektedir.

Handere Formasyonu sahanın en batısında, tavuk çiftliği batısında, gerek yarma ve gerekse açılan sondajlardan edinilen bilgilerden, daha çok çamurtaşı ve marn ar dalanmasından oluşmaktadır. Yer yer kumtaşı içeren birim içerisinde bu bölümde jipslere rastlanmamıştır.

Her ne kadar Handere Formasyonu içerisinde bulunan merceksel alçıtaşları (jipsler) literatürde “Gökkuyu alçıtaşı üyesi” olarak ayırtlanmış ise de inceleme sahasında haritalanacak ölçekte değildir. Bu birim özellikle heyelanlı bölgedeki ev temellerinde ve burada açılan zemin sondajlarında gözlenmiştir. Burada görülen alçıtaşları, merceksel dağılımda, beyaz, kirli beyaz renkli, iri kristalli, yer yer ince taneli ve kesme şeker görünümündedir. Bu seviyelerde alçıtaşının olması, sığ denizel çökel özelliği gösteren Handere Formasyonu'nun bu kesiminin tuzlu göl-playa ortamına ait olduğunu göstermektedir.

4.1.3.2. İnceleme Alanında Kaliçi (Qk)

Kurak ve yağışlı iklimlerde oluşmuş kimyasal bir tortul birim olan kaliçi, yeraltısuyundaki çözünür tuzlar ve suda asılı (kolloidal) maddelerin boşluk suyu basıncı (kapilerite) ile mekanik ve kimyasal yayılma yoluyla yüzeye doğru yükselip, buradan suyun buharlaşması sonucu çökmesi ile oluşmaktadır (Yılmaz, 1991b).

Suda çözünür tuzlar ve asılı maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklıdır. Bu farklılığın doğal sonucu olarak, kapilerite ile yükselme sırasında yer yer birbirlerinden ayrılırlar. Bu nedenle kaliçi, yüzeye doğru genellikle sert ve alt dokanağına doğru yüksek plastisiteli, parlak yüzeyli, dolgulu, çatlaklı ve kalker yumrulu killi birimlerden oluşan yumuşak seviyeler içerir. Kaliçinin çökelim evresinde, suyun farklı fazlardaki, düşey hareketinin etkisi yer yer düşey kolonumsu oluşumlar da gözlenebilmektedir (Şekil 4.9). Bazen, kaliçinin üzerine, buharlaşmanın yanı sıra sedimanter çökelinin de etkili olduğu evreler gözlenebilmekte, bu farklı çökelim eveleri karbonat oranındaki değişimlerle belirginleşmektedir (Şekil 4.9, Şekil 4.10).

Sert birim, yer yer yumrulu oluşumlar içeren çok sayıda yatay ve yataya yakın ince çökelim bantlarından oluşur. Bu durum, kalsit ve diğer çözünürlerin yüzeyde yeniden kristalleşerek iyi bir tutturucu görevi yapmasından kaynaklanmaktadır. Büyük oranda CaO³'den oluşan bu sert kısım orta sertlik ve dayanımda olup zayıf kayaç özelliği taşımaktadır. Alta doğru ise kalınlığı birkaç metreden 15 metreye kadar değişen katı- sert zemin özelliğindedir.



Şekil 4.9. İnceleme alanında kaliçi birimlerde kalker yumrular ve çökelim evresinden kaynaklı düşey kolonumsu oluşumları



Şekil 4.10. İnceleme alanında kaliçinin farklı oluşum evreleri ve karbonat oranına bağlı farklı görünümü

Kaliçi, inceleme alanında, düşük eğimli eski yamaçlarda ve genellikle Güneye eğimli olarak gözlenmektedir. Çökeldiği yüzeyin eğimini, daha düşük derecede olmak üzere yansıtır.

İnceleme alanında alttaki Handere Formasyonu üzerinde bulunan kaliçi bu birimi bir kabuk gibi örtmektedir. İnceleme alanında Eczakent, Kürthalil Çiftliği'nden batıya Çakalkuyusu köyü ve sahanın güney kesimlerindeki tavuk çiftliği arasındaki tepeler üzerinde kabuk görünümlü olan birim daha güneyde, bitkisel toprakla örtülüdür (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. İnceleme alanında güney kısımlarda kaliçi biriminin bitkisel toprakla örtülmüş hali

İnceleme alanında, özellikle Çakalkuyusu köyü ve alanın güney kesimlerinde bulunan tavuk çiftliği arasındaki tepeler üzerinde, Eczakent'in güney kesimlerinde kabuk görünümlü (Şekil 4.12) olan kaliçi birimi, alt seviyelerde tutturulmuş (çoğunlukla karbonat çimentolu) ince malzemeli (kil, silt, kum) ve/veya iri malzemeli (taraça) konglomeratik bir görünüm kazanır (Şekil 4.13).



Şekil 4.12. İnceleme alanında Çakalkuyusu Köyü civarı tepeler üzerinde kaliçinin üst kesimlerdeki sert kabuk halindeki görünümü



Şekil 4.13. İnceleme alanında Çakalkuyusu Köyü civarı tepeler üzerinde kaliçinin alt seviyelerinde (taraça) konglomeratik görünüm

İnceleme alanında, gerek kabuk şeklinde olan, gerekse konglomera görünümlü taraça ve ince taneli olan birim birbirinden ayırtlanmamış ve kaliçi olarak haritalanmıştır.

Özellikle, tepe üzerlerinde bulunan kaliçinin, günlenme etkisi ile birkaç mm kalınlığındaki en üst bölümü sertleşmiş, yer yer kireçtaşı görünümü kazanmış (Şekil 4.14) halleri gözlenir, ancak aynı birimin daha alt bölümleri beyaz, kirli beyaz renkli oldukça yumuşak bir görünüm kazanmıştır.



Şekil 4.14. İnceleme alanında kaliçinin üst kısımlarının sertleşip kabuk görünümü aldığı hali

İnceleme alanında geniş bir dağılıma sahip olan kaliçinin kalınlığı, değişkendir. 1-2 metrelerden başlayıp yer yer 20 metreleri aşan kalınlıklara varabilmektedir. Özellikle taraça, çakıltaşı arasında oluşan kaliçiler kalınlık olarak daha fazladır. Taraça çakıllarının olmadığı yerlerde kaliçin kalınlığı 1 metreye kadar düşmektedir (Eczakent civarı). Kaliçiler Üst Pliyosenden günümüze kadar oluşumuna devam etmektedir.

4.1.2.3. İnceleme Alanında Alüvyon (Qal)

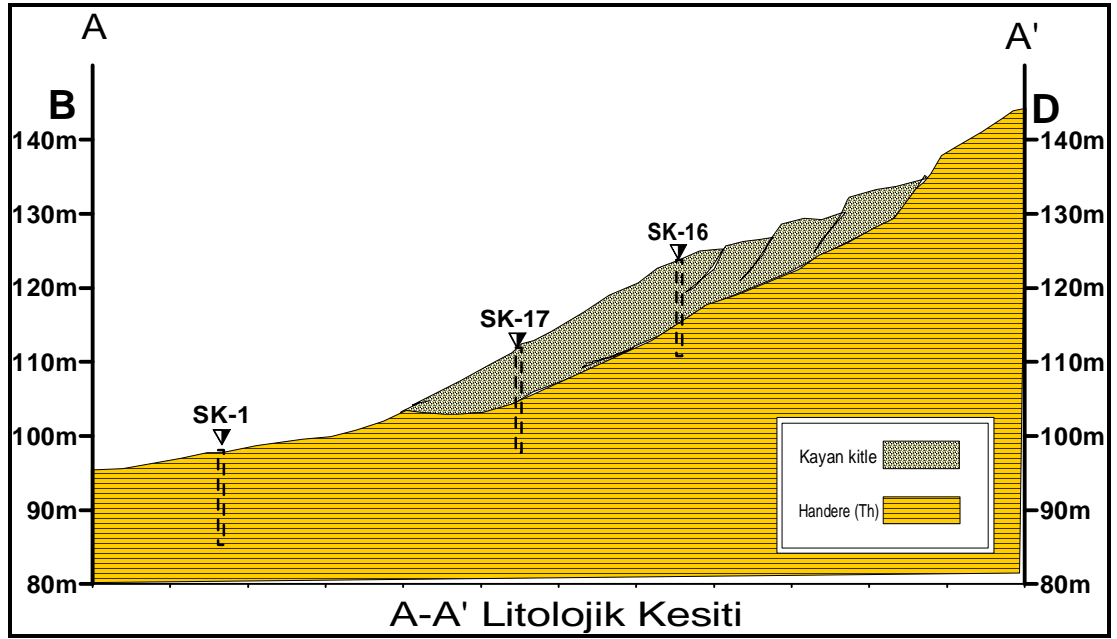
İnceleme alanındaki alüvyonlar, alanın içindeki, akış yönü Kuzey'den Güney'e olan Çamdağ Deresi (kuru dere), ile Çakalkuyusu Köyü'nden alanının güney kesimlerindeki Tavuk İşletmeleri arasında kalan derenin kenarlarında bulunmaktadır. Alüvyonlar genellikle bej renkli, toprak görüntüsünde (Şekil 4.15), yer yer kalınlığı 3 metreyi bulan kil-silt, kum ve çakıldan oluşmaktadır.



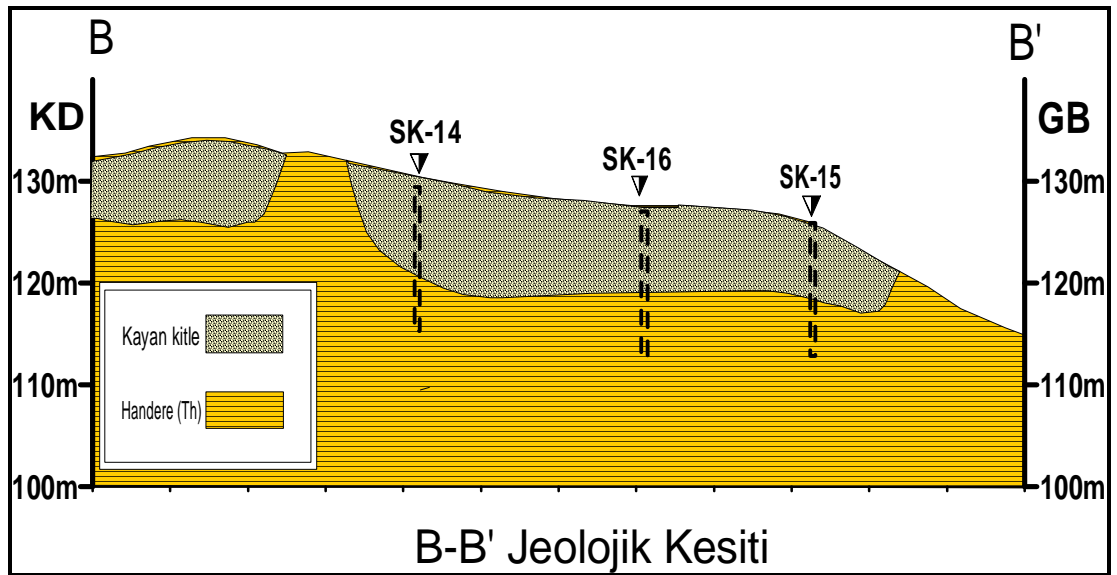
Şekil 4.15. İnceleme alanında alüvyon çökellerden bir görünüm

Bu alüvyonlar genellikle yüzeydeki kaliçi ve Handere Formasyonu'nun taşınıp yeniden çökelişi ile oluşmuşlardır. Çökeliş öncesi, aşınıp taşınmada, gerek inceleme alanındaki mevsimsel yağış zamanlarında akan, diğer zamanlarda kuru olan derenin, gerekse yağış dönemlerinde yamaçlardan gelen sel suları etkindir.

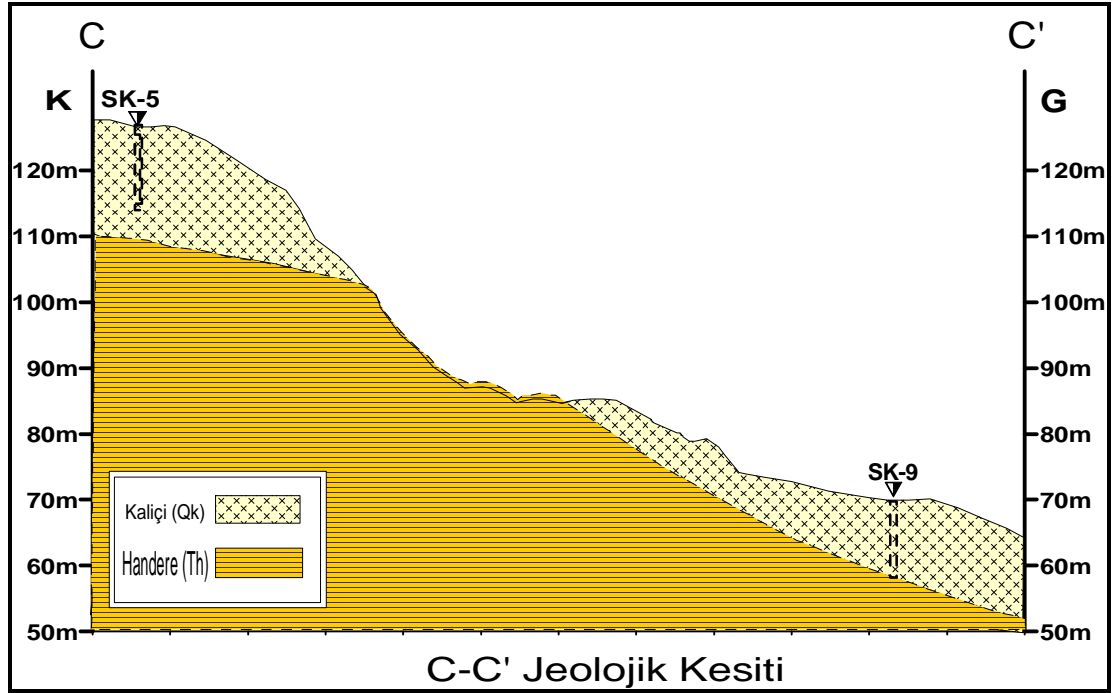
İnceleme alanında konumları inceleme alanı jeoloji haritasında verilmiş ikisi heyelanlı kesimden olmak üzere 5 adet jeolojik kesit alınmıştır (Şekil 16, Şekil 17, Şekil 18, Şekil 19, Şekil 20).



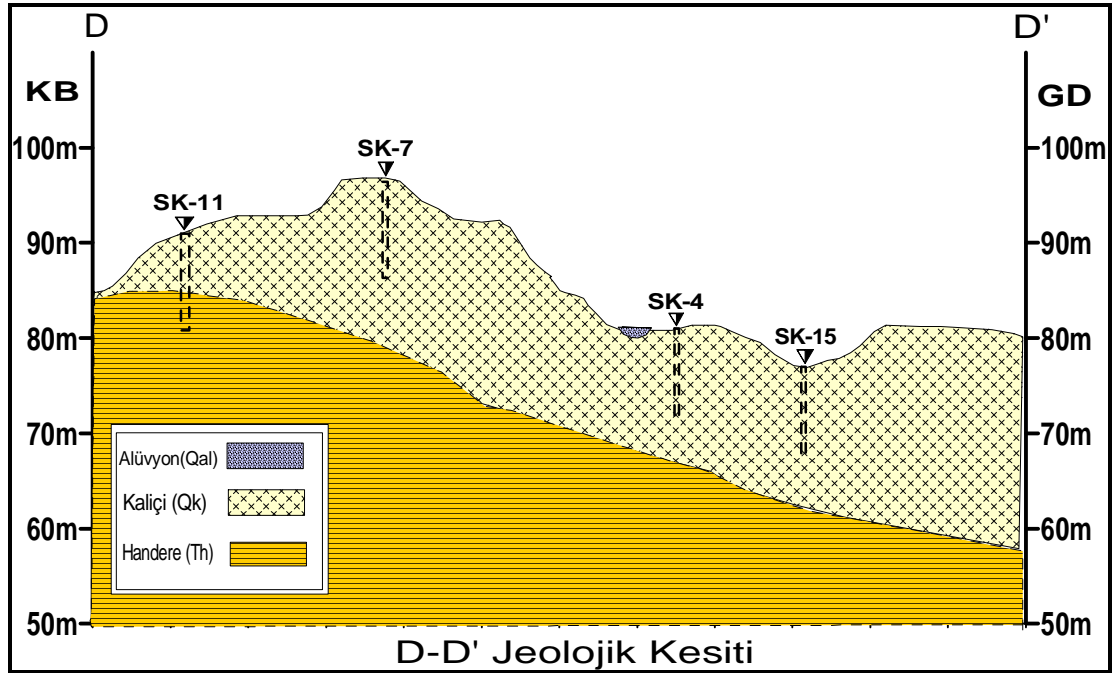
Şekil 4.16. İnceleme alanında (heyelanlı kesim) A-A' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit



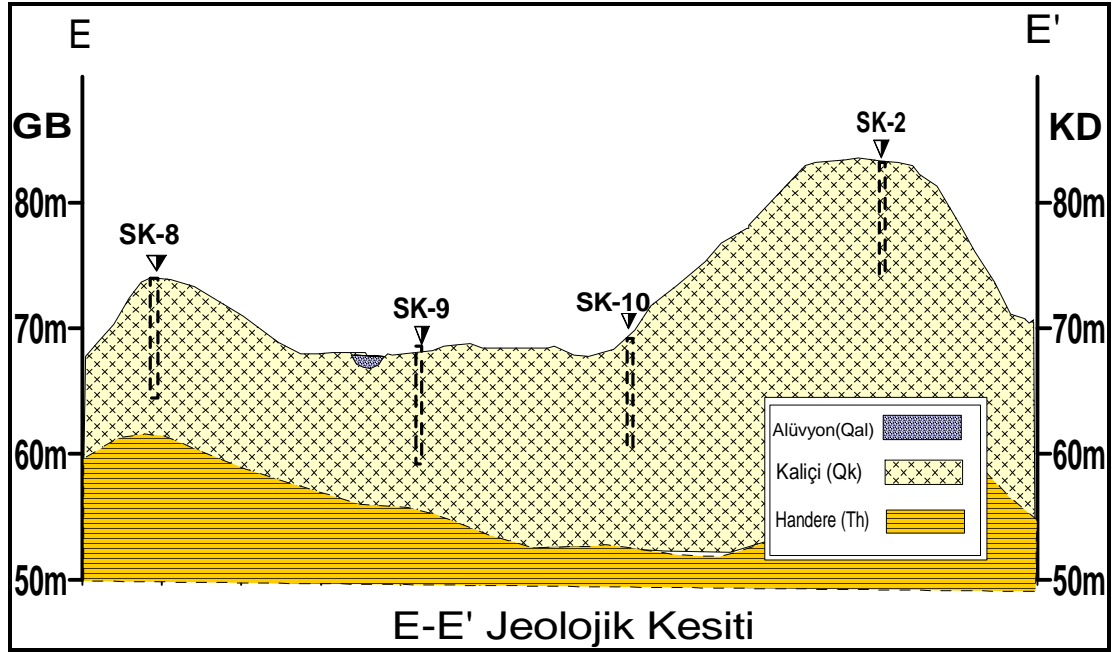
Şekil 4.17. İnceleme alanı (heyelanlı kesim) B-B' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit



Şekil 4.18. İnceleme alanında C-C' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit



Şekil 4.19. İnceleme alanında D-D' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit



Şekil 4.20. İnceleme alanında E-E' hattı boyunca alınmış jeolojik kesit

4.1.4 İnceleme Alanının Hidrojeolojisi

İnceleme alanı jeolojisi başlığı altında da değinildiği üzere, alanının geniş bir kesiminde yüzeylenen kabuk niteliğindeki kaliçi, aynı birimin kum, çakıl içerikli konglomeratik kesimiyle devam etmekte ve genellikle 15-20 metreleri geçmemektedir. Gözenekliliği ve geçirimsizliği itibariyle, yer altı suyu açısından elverişli birimler olmakla beraber, genel eğimi güneye olan ve kuzeye doğru yükselen bir topoğrafya ile devam eden saha genelinde sık bir dağılımda olan bu birimin altındaki Handere Formasyonu ise düşük gözeneklilik ve geçirimsizlik özellikleri dolayısıyla, hidrojeolojik açıdan genel olarak akifer niteliği olmayan, dolayısıyla yer altı suyu içeriği açısından zayıf bir birimdir. Bununla beraber İnceleme alanında bulunan, Eczakent kooperatifi içerisine açılmış bir yer altı su kuyusundan (bu kuyu kayıtlarına resmi kurumlarda rastlanamamıştır) düşük verimli (1-2 lt/sn) su elde edilmektedir. Yine saha içerisindeki, Kürthalil çiftliği civarında Eczakent kooperatifinin altındaki vadide açılmış bir yer altı su kuyusundan elde edilen ve DSİ VI. Bölge, Yer altı Sularındaki kayıtlardan verimi 4 lt/sn olarak belirtilen suyla bahçe sulanmaktadır.

İnceleme alanında açılan 10-15 metre derinlikli (17 adet) zemin sondajlarında (birçoğunda gözlenen kaliçi ve altındaki, iri taneli kum, çakıl ve konglomeratik birimler gözeneklilik bakımından su taşıyabilecek birimlerdir, fakat yüzeysel ve sığ oluşları, kotların yüksek oluşu ve mevsimin yaz oluşu gibi nedenlerle) yer altı suyu gözlenmemiştir. Ancak sadece heyelan bölgesinde açılan Sk-14 nolu kuyuda artezyen gözlenmiştir. Bunun da heyelan oluşumu nedeniyle gelişen kayma yüzeylerinden sızan yüzey sularının etkisiyle olduğu anlaşılmaktadır. Eğimli olan bu heyelanlı kesimde, aynı zamanda, düşük debili irili ufaklı birçoğunun kenarlarında tuzlanmaların oluştuğu pınar ve sızıntılar gözlenmiştir.

Yüzey suları açısından, genel olarak güneye eğimli inceleme alanında, sığ kalınlıktaki kaliçin konlomeratik (tutturulmuş taraça çakılları) taraça kesimlerinden Handere Formasyonu ile oluşan dökanelardan sahanın düşük kotlarında ve dere ağzlarında küçük debili akıntılar, pınarlar (Çakal Kuyusu Köyü altı, 100. Yıl batısındaki, heyelanlı bölge ile alt kesimlerdeki kuzey-güney akım yönlü dere vb.) gözlenmektedir.

Yine inceleme alanı jeolojisi başlığı altında değinildiği gibi, Handere Formasyonu içerisindeki yer yer jipsli seviyeler özellikle bu birimlerle temas eden yer altı ve yer üstü sularının içerisinde eriyerek, bu suların, uygun hidrolojik koşullarda yüzeye çıkıp buharlaştığı yüzeylerde tuzlanmalar (Şekil 4.21) oluşmaktadır.

İnceleme alanının, yapılaşma açısından sakıncalı kesimini oluşturan heyelanlı yerlerde gelişmiş olan yamaç yenilmelerinde, heyelana sebep olan bir çok unsurun yanı sıra, su ve suyun zemin içerisindeki davranışı ve etkileri dolayısıyla hidrojeolojik koşullar önemli bir bileşeni oluşturmaktadır.

İnceleme alanının morfolojik özelliklerinden dolayı, yağış dönemlerinde, yüzey suları oldukça artmaktadır. Bu yüzey suları özellikle Handere Formasyonu'nun yüzeylendiği kesimlerde zeminin kil ağırlıklı litolojisinden dolayı emilerek zemin içerisinde tutulmaktadır.



Şekil 4.21. İnceleme alanında, Handere Formasyonu içerisinde bulunan jips birimlerin hidrolojik döngü sonucu yüzeyde çökelmiş hali

Zemin tarafından emilerek tutulan suyla doygun hale gelen birimler, özellikle heyelanlı kesimde, eğimin de etkisiyle, kaymalara sebep olarak yapılar için tehlike oluşturmaktadır.

Ayrıca bu heyelanlı kesimlerde, sağlıksız yapılaşmadan da kaynaklanan içme, kullanma, atık su kaçak ve sızıntıları sebebiyle buralarda zemin çoğunlukla su ile temas halindedir. Bu nedenle yapıların üzerinde oturduğu temel zemini yüzey suyu ile birlikte sızan sular ile de temas halindedir.

Bölgede hidrojeolojik koşullar, morfolojik ve jeolojik yapının yanı sıra, iklim şartlarına ve mevsim değişikliklerindeki yağışlara doğrudan bağlıdır. Bölgenin, ikliminin özellikleri itibariyle, en fazla yağış alan ayları en fazla yağış alan ayları Aralık ve Ocak aylarıdır. Dolayısıyla, bölgenin Aralık ve Ocak ayları için 40 yıllık ortalama iklim-yağış verileri Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Adana'da Ocak ve Aralık ayları için 40 yıllık ortalama iklim ve yağış verileri (DMI Genel Müdürlüğü Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteninden derlenmiştir).

ENLEM: 36 59 N, BOYLAM : 35 18 E, YÜKSEKLİK: 20 m, Rasat Süresi: 40 yıl

ARALIK

Sıcaklık (santigrad derece)	Ortalama	Maks. Sıcaklıklar Ortalaması	Min. Sıcaklıklar Ortalaması	Mutlak Maks	Mutlak Min	
	11.1	16.8	6.7	26.7	-4.4	
Yağış (Yağış yüksekliği (mm) veya kg/metrekaare)	Aylık Toplam	En yüksek Günlük Toplam	Ort yağışlı gün sayısı	Ort kar yağışlı gün sayısı		
	120.2	110.1	10.6	-		
Rüzgar (şiddet m/s)	Ortalama rüzgar şiddeti	En şiddetli rüzgar ve yönü	En sık esen rüzgar yönü	İkincil rüzgar yönü		
	2.0	27.5 W	N	NE		
Nem (%) ve Bulutluluk (10 da)	Ortalama bağıl nem	Ortalama buhar basıncı	Ortalama bulutluluk	Bulutlu gün sayısı (0.0-1.9)	Bulutlu gün sayısı (2.0-8.0)	Bulutlu gün sayısı (8.1-10.0)
	67	9.0 mb	5.4	6.6	15.4	9.0

OCAK

Sıcaklık (santigrad derece)	Ortalama	Maks. Sıcaklıklar Ortalaması	Min. Sıcaklıklar Ortalaması	Mutlak Maks	Mutlak Min	
	9.3	14.2	4.8	22.2	-8.4	
Yağış (Yağış yüksekliği (mm) veya kg/metrekaare)	Aylık Toplam	En yüksek Günlük Toplam	Ort yağışlı gün sayısı	Ort kar yağışlı gün sayısı		
	111.2	83.1	11.4	-		
Rüzgar (şiddet m/s)	Ortalama rüzgar şiddeti	En şiddetli rüzgar ve yönü	En sık esen rüzgar yönü	İkincil rüzgar yönü		
	2.3	32.2 S	N	NNE		
Nem (%) ve Bulutluluk (10 da)	Ortalama bağıl nem	Ortalama buhar basıncı	Ortalama bulutluluk	Bulutlu gün sayısı (0.0-1.9)	Bulutlu gün sayısı (2.0-8.0)	Bulutlu gün sayısı (8.1-10.0)
	67	8.0 mb	5.7	5.7	15.5	9.8

4.2. Jeofizik Çalışmalar

İnceleme alanında jeofizik çalışmalar olarak, sismik ve rezistivite (elektrik) yöntemleri uygulanmıştır. Bu başlık altında sismik ve rezistivite (elektrik) uygulamalarının detay teori ve uygulamalarından ziyade, inceleme alanındaki uygulamaları ve inceleme alanı zeminlerinin, bu yöntemlerle elde edilmiş, jeofiziksel tanımlama parametreleri verilmiştir.

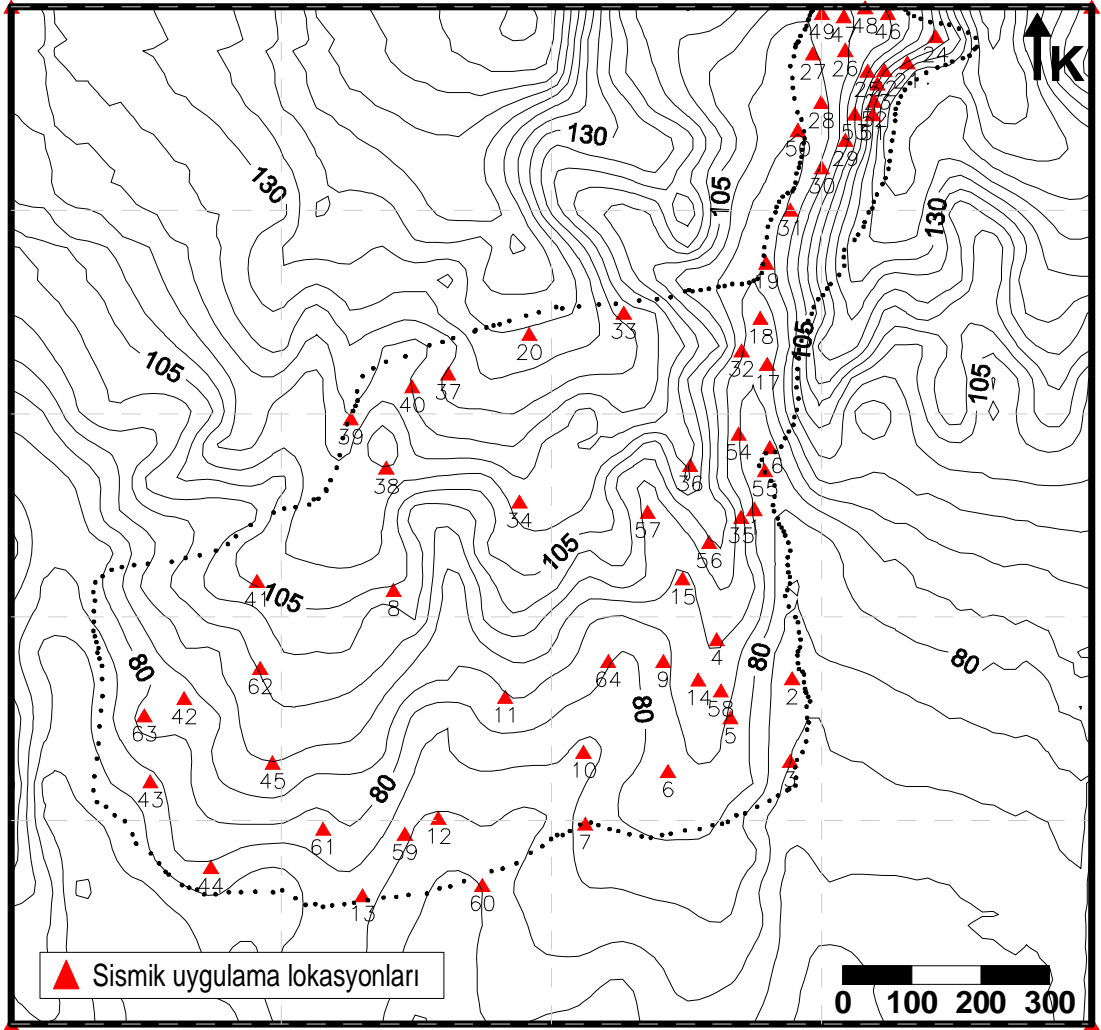
4.2.1 Sismik Uygulamalar

Sismik araştırmalar, özetle; zeminde çeşitli enerji kaynaklarıyla yapay olarak oluşturulan sarsıntıların (çok küçük deprem), yani elastik dalgaların yer içerisinde yayılırken kırılarak veya yansiyarak geçtikleri ortamların fiziksel (mekanik) özelliklerini taşıyan sismik sinyal olarak yeryüzüne gelişlerinin kaydından, daha sonra bu kayıtların kendine özgü yöntemlerle değerlendirilmesi ve yorumlanması olarak tanımlanır.

İnceleme alanındaki sismik araştırmalarda, temel olarak düz ve ters atışla uygulanan Sismik Kırılma yöntemi uygulanmıştır. Sismik ölçüler yer içinde yayılan boyuna veya sıkışma (compressional) V_p , ayrıca enine veya kayma (Shear) V_s , dalga türlerinin her ikisinin ölçülmesi şeklinde yapılmıştır. V_p ile V_s , yer altı yapısal konumları düşey ve yanal olarak tespit etmek ve zeminin dinamik özelliklerini tanıma amacıyla ölçülmüştür.

İnceleme alanında toplam 64 profil boyunca hız ölçümleri yapılmıştır; bu uygulamalarla zeminin derinlikle değişen tabaka geometrilerini saptamak ve dinamik (sismik) elastik parametrelerini tayin etmek amacıyla boyuna dalga hızları ile kayma dalga hızları ölçülmüştür. Sismik hız ölçümlerinde, inceleme alanındaki sismik uygulama lokasyonları Şekil 4.22’de verilmiştir.

Sismik hız değerlerinden hareketle hesaplanan inceleme alanı zeminlerine ait dinamik (sismik), elastik parametreleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.22 İnceleme alanındaki sismik uygulama lokasyonları.

Sismik ölçümlerle alınan kayıtların değerlendirilmesiyle, inceleme alanı zeminine ait Pve S dalga hızları ile tabaka geometrileri belirlenmiştir. İnceme alanı sismik hızlarından hareketle, zeminlerin dinamik (sismik), elastik parametreleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Hesap ve analizlerde, Özçep, 2004, tarafından geliştirilen excell tabanlı “ZeminJeofizikAnaliz” isimli yazılım kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 İnceleme alanı dinamik (sismik), elastik parametreleri

Profil/ Tabaka No	Kalınlık (m)	Vp Hızı (m/sn)	Vs Hızı (m/sn)	Vp/Vs	Poission Oranı (μ)	Din. Ela. Modülü (E) (Kg/cm ²)	Kayma Modülü (G) (Kg/cm ²)	E. Taşıma Gücü(Qa) (Kg/cm ²)	Bulk Modülü (Ek) (Kg/cm ²)	Yoğunluk (γ) (g/cm ³)	To (sn)
SP1T1	3	548	318	1,72	0,25	3780	1516	1,36	2481	1,71	
SP1T2	-	1412	616	2,29	0,38	19749	7142	2,90	28006	1,88	0,28
SP2T1	4	278	164	1,70	0,23	839	340	0,68	524	1,66	
SP2T2	-	1674	610	2,74	0,42	20495	7199	2,95	44619	1,93	0,27
SP3T1	5	418	137	3,05	0,43	757	263	0,58	2098	1,68	
SP3T2	-	1780	434	4,10	0,46	10819	3684	2,12	57061	1,96	0,38
SP4T1	2	325	180	1,81	0,28	1463	572	0,75	1039	1,67	-
SP4T2	-	850	456	1,87	0,30	1059	3871	2,02	7881	1,77	0,29
SP5T1	1,5	316	216	1,46	0,22	1294	609	0,79	492	1,66	
SP5T2	-	912	444	2,05	0,34	9031	3358	1,98	9691	1,78	0,29
SP6T1	5	937	516	1,82	0,28	11712	4566	2,31	8969	1,79	
SP6T2	-	1353	741	1,83	0,28	26412	10271	3,47	20548	1,87	0,17
SP7T1	8	607	266	2,28	0,38	3007	1088	1,14	4217	1,72	
SP7T2	-	1256	668	1,88	0,30	21456	8234	3,09	18133	1,85	0,25
SP8T1	3	587	236	2,49	0,40	2385	849	1,01	4124	1,72	
SP8T2	-	1099	632	1,74	0,25	17865	7129	2,88	12052	1,82	0,22
SP9T1	2	361	124	2,91	0,43	595	207	0,52	1483	1,67	
SP9T2	-	701	339	2,07	0,34	4939	1833	1,47	5394	1,74	0,39
SP10T1	3	293	129	2,27	0,37	588	213	0,53	816	1,66	
SP10T2	-	775	372	2,08	0,35	6112	2263	1,63	6806	1,76	0,38
SP11T1	4	354	113	3,13	0,44	495	171	0,47	1456	1,67	
SP11T2	-	1013	448	2,26	0,37	9676	3510	2,02	13266	1,80	0,37
SP12T1	3	328	132	1,44	0,40	1416	685	0,55	504	1,67	
SP12T2	-	1057	411	2,57	0,41	8425	2985	1,86	15767	1,81	0,35
SP13T1	2	630	268	2,35	0,38	3100	1115	1,16	4676	1,73	
SP13T2	-	1081	467	2,31	0,38	10740	3876	2,12	15602	1,82	0,27
SP14T1	3	762	322	2,37	0,39	4699	1688	1,41	7205	1,75	
SP14T2	-	1185	575	2,06	0,34	16188	6013	2,64	17522	1,84	0,23
SP15T1	2	450	180	2,50	0,40	1299	462	0,76	2274	1,69	
SP15T2	-	825	508	1,62	0,19	10244	4287	2,24	5591	1,77	0,26
SP16T1	2	356	203	1,75	0,25	1734	688	0,85	1199	1,67	
SP16T2	3	678	286	2,37	0,39	3601	1293	1,24	5546	1,74	
SP16T3	-	1789	537	3,33	0,45	16378	5645	3,15	55132	1,96	0,27
SP17T1	2	300	148	2,03	0,33	756	282	0,61	784	1,66	
SP17T2	6	1189	288	4,13	0,46	4435	1509	1,32	23721	1,84	
SP17T3	-	1697	381	4,45	0,47	8296	2815	1,85	52097	1,94	0,37
SP18T1	2	405	142	2,85	0,43	801	339	0,60	20305	1,68	
SP18T2	6	1562	375	4,17	0,47	4054	2689	1,79	43074	1,91	
SP18T3	-	1725	476	3,62	0,46	13967	4407	2,31	52000	1,95	0,31
SP19T1	2	383	199	1,92	0,31	1428	543	0,83	1287	1,68	
SP19T2	-	1304	360	3,62	0,45	7035	2411	1,67	28425	1,86	0,35

Çizelge 4.2'nin devamı

Profil Tabaka No	Kalınlık (m)	Vp Hızı (m/sn)	Vs Hızı (m/sn)	Vp/Vs	Poission Oranı (μ)	Din. Ela. Modülü (E) (Kgf/cm ²)	Kayma Modülü (G) (Kgf/cm ²)	E. Taşıma Gücü(Qa) (Kgf/cm ²)	Bulk Modülü (Ek) (Kgf/cm ²)	Yoğunluk (γ) (g/cm ³)	To (sn)
SP20T1	3	379	179	1,81	0,28	1457	537	0,75	1691	1,68	-
SP20T2	-	976	350	1,86	0,30	6243	2194	1,57	13445	1,79	0,38
SP21T1	2	233	100	3,88	0,45	457	164	0,41	786	1,65	
SP21T2	3	948	182	6,87	0,48	1687	569	0,81	14699	1,79	
SP21T3	-	1390	241	5,58	0,48	3238	1090	1,13	13331	1,88	0,56
SP22T1	2	247	100	1,45	0,40	1000	476	0,41	756	1,65	
SP22T2	3	913	196	4,65	0,47	1932	654	1,21	13331	1,73	
SP22T3	-	1857	282	7,29	0,48	4767	1599	2,31	69332	2,01	0,33
SP23T1	2,5	430	102	4,22	0,47	516	166	0,43	2884	1,69	
SP23T2	4	907	220	4,22	0,47	2533	558	0,98	13505	1,78	
SP23T3	-	1951	492	4,12	0,47	14125	1263	2,45	69332	1,99	0,36
SP24T1	2	209	100	2,09	0,42	444	164	0,41	498	1,64	
SP24T2	5,5	1569	324	4,84	0,48	5938	2009	1,55	44434	1,91	
SP24T3	-	1983	475	4,17	0,48	13240	4505	2,37	72506	2,00	0,39
SP25T1	2	329	141	2,33	0,38	919	331	0,59	1361	1,67	
SP25T2	-	1313	325	4,04	0,46	5784	1971	1,51	29542	1,86	0,34
SP26T1	4	662	181	3,66	0,45	1656	567	0,78	6835	1,73	
SP26T2	-	1541	321	4,80	0,47	5913	2001	1,53	43454	1,94	0,41
SP27T1	4	390	233	1,67	0,22	2227	910	0,98	1337	1,68	
SP27T2	-	1424	390	3,65	0,45	8367	2866	1,84	34397	1,88	0,34
SP28T1	2	571	199	2,87	0,43	1942	678	0,85	4683	1,71	
SP28T2	-	1470	449	3,27	0,44	11211	3869	2,13	36319	1,91	0,29
SP29T1	4	379	171	2,22	0,37	1344	490	0,72	1753	1,68	
SP29T2	-	1526	476	3,21	0,44	12696	4389	2,27	39265	1,91	0,31
SP30T1	3	476	157	3,03	0,44	1202	418	0,67	3284	1,70	
SP30T2	5	1670	397	4,21	0,47	3716	3048	1,89	49873	1,93	
SP30T3	-	1997	532	3,75	0,46	12525	5659	2,16	72191	2,00	0,29
SP31T1	3	420	242	1,74	0,25	2469	986	1,02	1656	1,68	-
SP31T2	7	1156	412	2,84	0,43	8873	3108	1,89	20327	1,83	-
SP31T3	-	1520	530	2,87	0,43	15305	5348	2,52	36859	1,90	0,27
SP32T1	2,5	383	147	2,61	0,41	1024	362	0,62	1976	1,67	
SP32T2	-	1473	312	4,72	0,47	5520	1869	1,48	39176	1,92	0,42
SP33T1	1	410	215	1,91	0,31	2037	777	0,90	1790	1,68	
SP33T2	-	766	414	1,85	0,29	7774	3004	1,81	6280	1,75	0,30
SP34T1	6	655	235	2,79	0,42	2726	955	1,02	6151	1,73	
SP34T2	-	1600	449	3,56	0,45	11519	3952	2,16	44921	1,96	0,32
SP35T1	3	573	252	2,27	0,38	3005	1088	1,08	4177	1,71	
SP35T2	-	1159	510	2,27	0,37	13149	4764	2,34	18253	1,83	0,26
SP36T1	3	542	315	1,72	0,24	4221	1695	1,35	2758	1,71	-
SP36T2	-	1537	607	2,53	0,41	19785	7028	2,89	35689	1,91	0,22
SP37T1	1	482	236	2,04	0,34	2171	808	1,00	2295	1,70	
SP37T2	-	1055	529	1,99	0,33	13171	4944	2,40	13072	1,81	0,24

Çizelge 4.2'nin devamı

Profil Tabaka No	Kalınlık (m)	Vp Hızı (m/sn)	Vs Hızı (m/sn)	Vp/Vs	Poisson Oranı (μ)	Din. Ela. Modülü (E) (Kgf/cm ²)	Kayma Modülü (G) (Kgf/cm ²)	E. Taşıma Gücü(Qa) (Kgf/cm ²)	Bulk Modülü (Ek) (Kgf/cm ²)	Yoğunluk (γ) (g/cm ³)	To (sn)
SP29T1	4	379	171	2,22	0,37	1344	490	0,72	1753	1,68	
SP29T2	-	1526	476	3,21	0,44	12696	4389	2,27	39265	1,91	0,31
SP30T1	3	476	157	3,03	0,44	1202	418	0,67	3284	1,70	
SP30T2	5	1670	397	4,21	0,47	3716	3048	1,89	49873	1,93	
SP30T3	-	1997	532	3,75	0,46	12525	5659	2,16	72191	2,00	0,29
SP31T1	3	420	242	1,74	0,25	2469	986	1,02	1656	1,68	-
SP31T2	7	1156	412	2,84	0,43	8873	3108	1,89	20327	1,83	-
SP31T3	-	1520	530	2,87	0,43	15305	5348	2,52	36859	1,90	0,27
SP32T1	2.5	383	147	2,61	0,41	1024	362	0,62	1976	1,67	
SP32T2	-	1473	312	4,72	0,47	5520	1869	1,48	39176	1,92	0,42
SP33T1	1	410	215	1,91	0,31	2037	777	0,90	1790	1,68	
SP33T2	-	766	414	1,85	0,29	7774	3004	1,81	6280	1,75	0,30
SP34T1	6	655	235	2,79	0,42	2726	955	1,02	6151	1,73	
SP34T2	-	1600	449	3,56	0,45	11519	3952	2,16	44921	1,96	0,32
SP35T1	3	573	252	2,27	0,38	3005	1088	1,08	4177	1,71	
SP35T2	-	1159	510	2,27	0,37	13149	4764	2,34	18253	1,83	0,26
SP36T1	3	542	315	1,72	0,24	4221	1695	1,35	2758	1,71	-
SP36T2	-	1537	607	2,53	0,41	19785	7028	2,89	35689	1,91	0,22
SP37T1	1	482	236	2,04	0,34	2171	808	1,00	2295	1,70	
SP37T2	-	1055	529	1,99	0,33	13171	4944	2,40	13072	1,81	0,24
SP38T1	3	673	236	1,99	0,33	5276	1981	1,02	5214	1,73	
SP38T2	-	1765	529	2,22	0,37	36543	13988	2,58	50171	1,95	0,26
SP39T1	3	1025	433	2,37	0,39	9417	3384	1,95	14451	1,81	
SP39T2	-	1783	773	2,69	0,41	35530	12510	3,78	46610	2,96	0,17
SP40T1	4	1029	311	3,31	0,44	5064	1746	1,40	16791	1,81	
SP40T2	-	1299	686	1,89	0,30	22887	8758	3,19	19726	1,86	0,20
SP41T1	1,5	589	276	2,13	0,35	3557	1308	1,19	4214	1,72	
SP41T2	-	841	521	1,61	0,18	11409	4799	2,30	6106	1,77	0,24
SP42T1	1,5	543	257	2,11	0,35	3059	1128	1,10	3533	1,71	
SP42T2	4	851	389	2,19	0,36	7328	2678	1,72	9248	1,77	
SP42T3	-	1620	533	3,04	0,43	16083	5587	2,56	44164	1,92	0,25
SP43T1	2	387	187	2,07	0,34	1581	587	0,78	1730	1,68	
SP43T2	-	1455	735	1,75	0,25	27147	10216	3,47	26412	1,81	0,20
SP44T1	2	435	268	1,62	0,19	2428	1016	1,13	1323	1,69	
SP44T2	-	1068	637	1,67	0,22	17602	7190	2,89	10625	1,81	0,21
SP45T1	6	864	233	3,71	0,46	2811	962	1,03	11950	1,77	
SP45T2	-	1494	641	2,33	0,38	21970	7918	3,04	32459	1,90	0,25
SP46T1	9	387	164	2,36	0,39	1254	451	0,69	1910	1,68	
SP46T2	-	1760	409	6,22	0,48	9610	3265	2,00	56111	1,95	0,42
SP47T1	6	358	134	2,67	0,41	851	300	0,56	1742	1,67	
SP47T2	-	1649	376	4,39	0,47	8225	2792	1,81	49992	1,93	0,43
SP48T1	5	367	114	3,22	0,44	629	217	0,48	1964	1,67	

Çizelge 4.2'nin devamı

Profil Tabaka No	Kalınlık (m)	Vp Hızı (m/sn)	Vs Hızı (m/sn)	Vp/Vs	Poisson Oranı (μ)	Din. Ela. Modülü (E) (Kgf/cm ²)	Kayma Modülü (G) (Kgf/cm ²)	E. Taşıma Gücü (Qa) (Kgf/cm ²)	Bulk Modülü (Ek) (Kgf/cm ²)	Yoğunluk (γ) (g/cm ³)	To (sn)
SP48T2	-	1711	432	3,96	0,46	10627	3625	2,10	52025	1,93	0,41
SP49T1	4	371	103	3,60	0,45	518	178	0,43	2068	1,67	
SP49T2	-	1310	299	8,92	0,48	4902	1665	1,39	29734	1,94	0,50
SP50T1	1,5	314	114	2,75	0,42	615	216	0,47	1351	1,66	
SP50T2	5	563	364	1,55	0,14	5177	2269	1,56	2402	1,71	
SP50T3	-	1425	511	2,79	0,42	14186	4973	2,41	32045	1,89	0,29
SP51T1	3	458	199	2,30	0,38	1853	669	0,84	2655	1,69	
SP51T2	4	762	205	3,72	0,46	2151	736	0,90	9193	1,75	
SP51T3	-	1391	394	3,53	0,45	8560	2938	1,85	32712	1,88	0,37
SP52T1	3	478	185	2,58	0,41	1638	580	0,78	3100	1,70	
SP52T2	3	863	246	3,51	0,45	3123	1072	1,09	11771	1,77	
SP52T3	-	1353	417	3,24	0,44	9464	3269	1,95	30058	1,87	0,25
SP53T1	2	417	118	3,53	0,45	682	234	0,56	2614	1,68	
SP53T2	3	889	211	4,21	0,47	2327	791	0,89	12995	1,78	
SP53T3	-	1729	367	4,71	0,47	7950	2692	1,55	56168	1,95	0,34
SP54T1	2	405	238	1,70	0,24	2354	952	1,00	1488	1,68	-
SP54T2	-	1278	479	2,67	0,42	12077	4258	2,22	24631	1,86	0,40
SP55T1	2	344	222	1,55	0,14	1880	822	0,93	878	1,67	
SP55T2	5	790	417	1,89	0,30	7990	3056	1,83	6895	1,76	
SP55T3	-	1132	533	2,12	0,35	14087	5188	2,43	16485	1,83	0,27
SP56T1	1,5	561	333	1,68	0,22	4108	1672	1,43	2517	1,71	
SP56T2	-	874	534	1,63	0,20	12168	5060	2,37	6809	1,77	0,23
SP57T1	2	211	112	1,88	0,30	537	205	0,46	456	1,64	
SP57T2	7	960	417	2,30	0,38	8623	3116	1,87	12360	1,79	
SP57T3	-	1753	664	2,64	0,41	25050	8843	3,24	49849	1,95	0,27
SP58T1	2	564	310	1,46	0,28	5413	2565	1,33	2028	1,71	
SP58T2	-	954	478	2,00	0,33	10903	4091	2,14	10842	1,79	0,26
SP59T1	3	499	171	2,92	0,43	1424	497	0,73	3569	1,70	
SP59T2	-	1199	366	3,28	0,44	7140	2464	1,68	23162	1,84	0,37
SP60T1	2,5	349	139	2,51	0,40	907	322	0,58	1603	1,67	
SP60T2	-	1053	302	3,49	0,45	4806	1651	1,37	17874	1,81	0,44
SP61T1	2	932	461	2,02	0,33	10159	3796	2,06	10455	1,79	
SP61T2	-	1447	631	2,29	0,38	21050	7612	2,98	29882	1,89	0,19
SP62T1	1	480	213	2,25	0,37	2119	769	0,90	2881	1,70	
SP62T2	-	853	445	1,92	0,31	9207	3506	1,97	8208	1,77	0,28
SP63T1	2	594	263	2,26	0,37	2917	1058	1,13	3988	1,72	
SP63T2	5	962	391	2,46	0,40	7395	2639	1,75	12458	1,79	
SP63T3	-	1723	648	2,66	0,41	23151	8165	3,15	46842	1,94	0,22
SP64T1	4,5	412	117	3,52	0,45	556	191	0,49	2115	1,68	
SP64T2	-	1190	448	2,66	0,41	10359	3654	2,06	20911	1,84	0,38

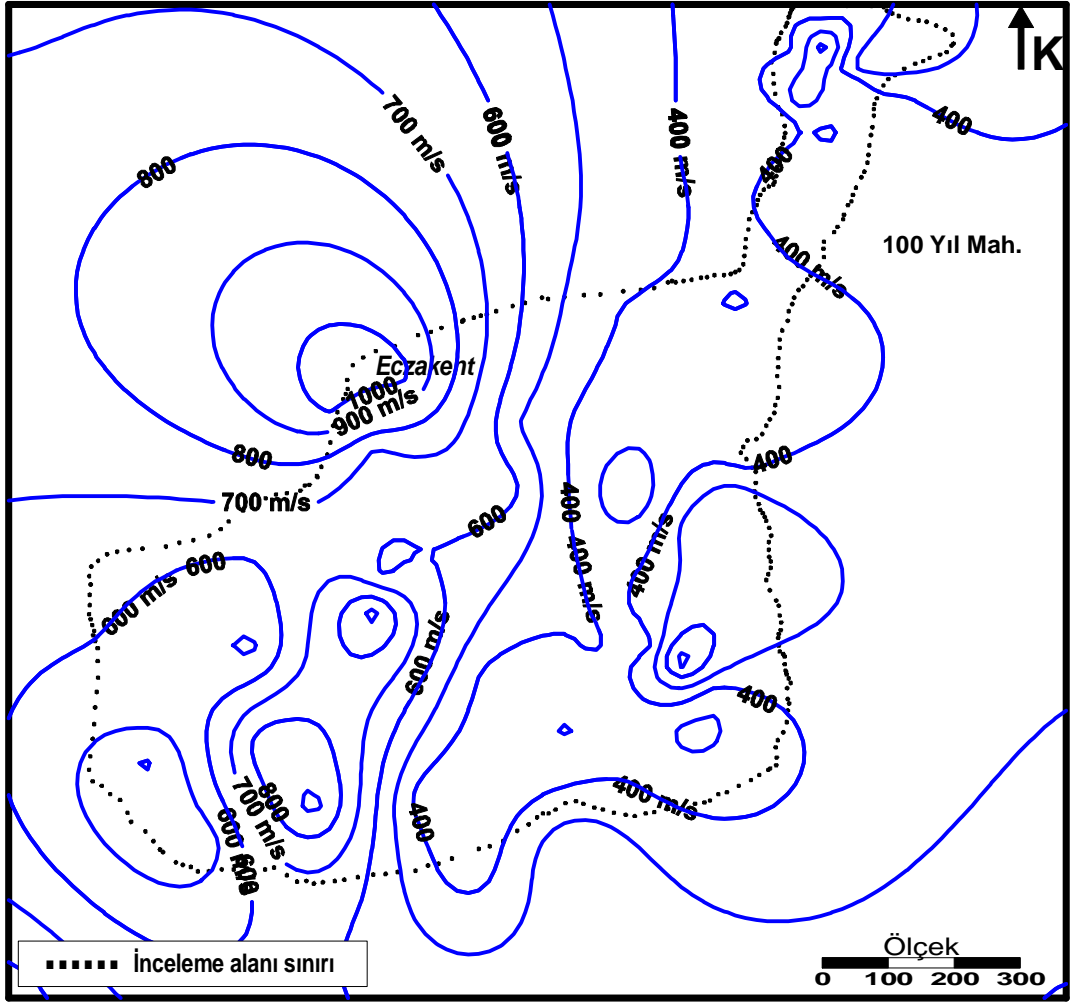
4.2.1.1. P ve S Dalgası Hızları (Vp, Vs)

İnceleme alanında yapılan, sismik uygulamalarda, P ve S dalga hızları ölçülmüştür. Uygulamada, zeminin yüzeyden itibaren ilk 30 metresinin araştırılması hedeflenmiş olup, değerlendirmelerde, aynı zamanda araştırma derinliği açısından uygulanırlığı daha pratik olan ve Rezistivite Uygulamaları başlığı altında, daha geniş olarak değinilecek olan, DES (Düşey Elektrik Sondaj) uygulamalarıyla da desteklenip, deneştirilerek, elde edilen Vp ve Vs hızlarının 30 metrelere kadarki zemin sütununu temsili hedeflenmiştir.

İnceleme alanında ölçülen, sismik hızların, yüzeyden itibaren genellikle iki bazen üç tabakalı ortam hızlarından, en alt tabakası basen jeolojisinde anakayayı oluşturan Handere Formasyonu'nu oluşturmaktadır. Anakayayı oluşturan bu birimin hızları istisnai durumlar dışında genellikle üstteki, ince alüvyon (kil, silt, ince kum) ve yoğun karbonat bileşenli kılıcı hızlarından daha yüksek değerlerde ölçülmüştür.

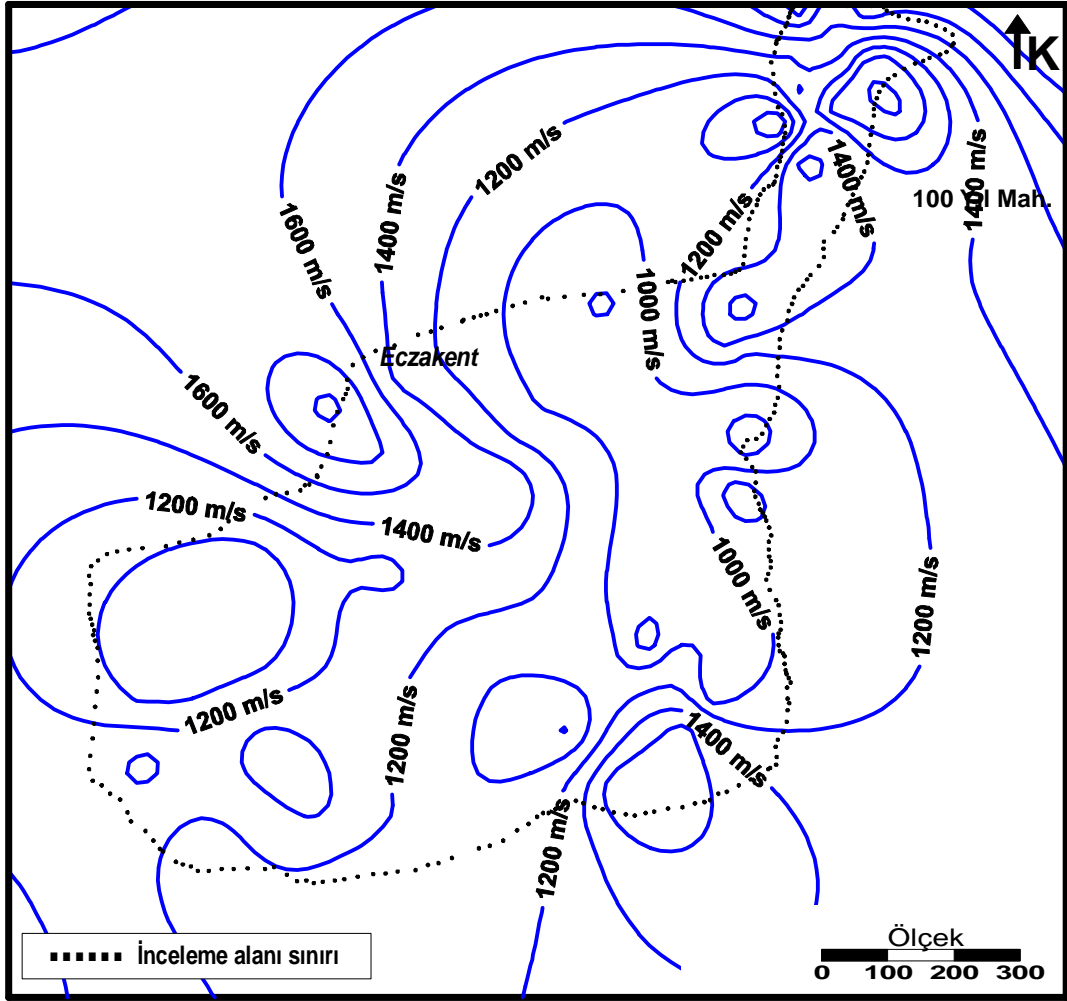
Zeminin dinamik (sismik) elastik parametrelerinin tayini amacıyla ölçüm yapılan (64 adet) sismik profillerde Vp ile verilen P hızları her bir tabaka için doğru ve ters atış hızlarının ortalamalarıdır. Bu profillerde yer altı birimleri sıkışma ve genişleme zorlamasına karşı var olan dirençlerinin şiddetine göre bu değerleri almışlardır.

İnceleme alanı genelinde, ölçülen hızlara göre, zemin genel olarak 2 ve yer yer 3 tabakaya ayrılmıştır. Bu tabakalara ait hız dağılımları ayrı ayrı haritalanmıştır. Farklı derinlikler için çizilen bu haritalardaki dağılım eğrileri, ancak inceleme alanı sınırları içinde gerçek değerlerdedir, alanın dışındaki uzanımları tahmini olup herhangi bir amaçla referans alınmamalıdır. Yüzeyden itibaren kalınlığı 1 ile 9 metreler arasında değişen (Çizelge 4.2) 1. tabakaların P hızları 209-1029 m/s aralığında değerler almıştır. İnceleme alanı için bir genelleme yapılarak bu tabakalara ait hız dağılım eğrileri Şekil 4.23' de verilmiştir.



Şekil 4.23. İnceleme alanı 1. tabaka Vp hızları dağılım eğrileri

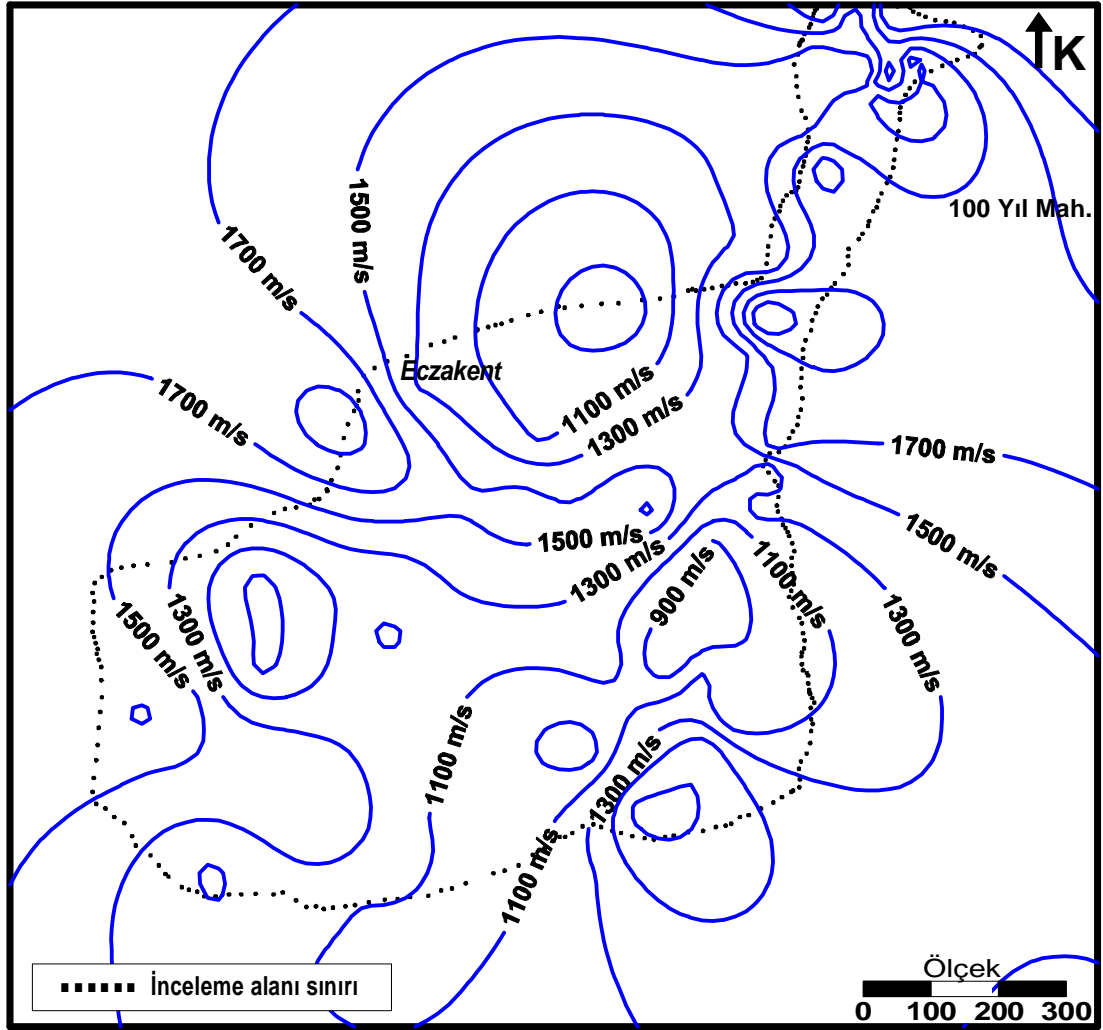
İnceleme alanı sismik uygulamalarda, derinliği 3 ile 19 metre arasında değişen 2. tabakaların P hızları 563-1783 m/s aralığında değerler almış olup, dağılım eğrileri çizilerek Şekil 4.24' de verilmiştir.



Şekil 4.24. İnceleme alanı 2. tabaka Vp hızları dağılım eğrileri

İnceleme alanında uygulanan 17 sismik profil için ise P hızları açısından 3. tabaka hızları ölçülmüştür, Araştırma derinliğinde nihai tabakalara ait P hızları 701-1997 m/s aralığındadır.

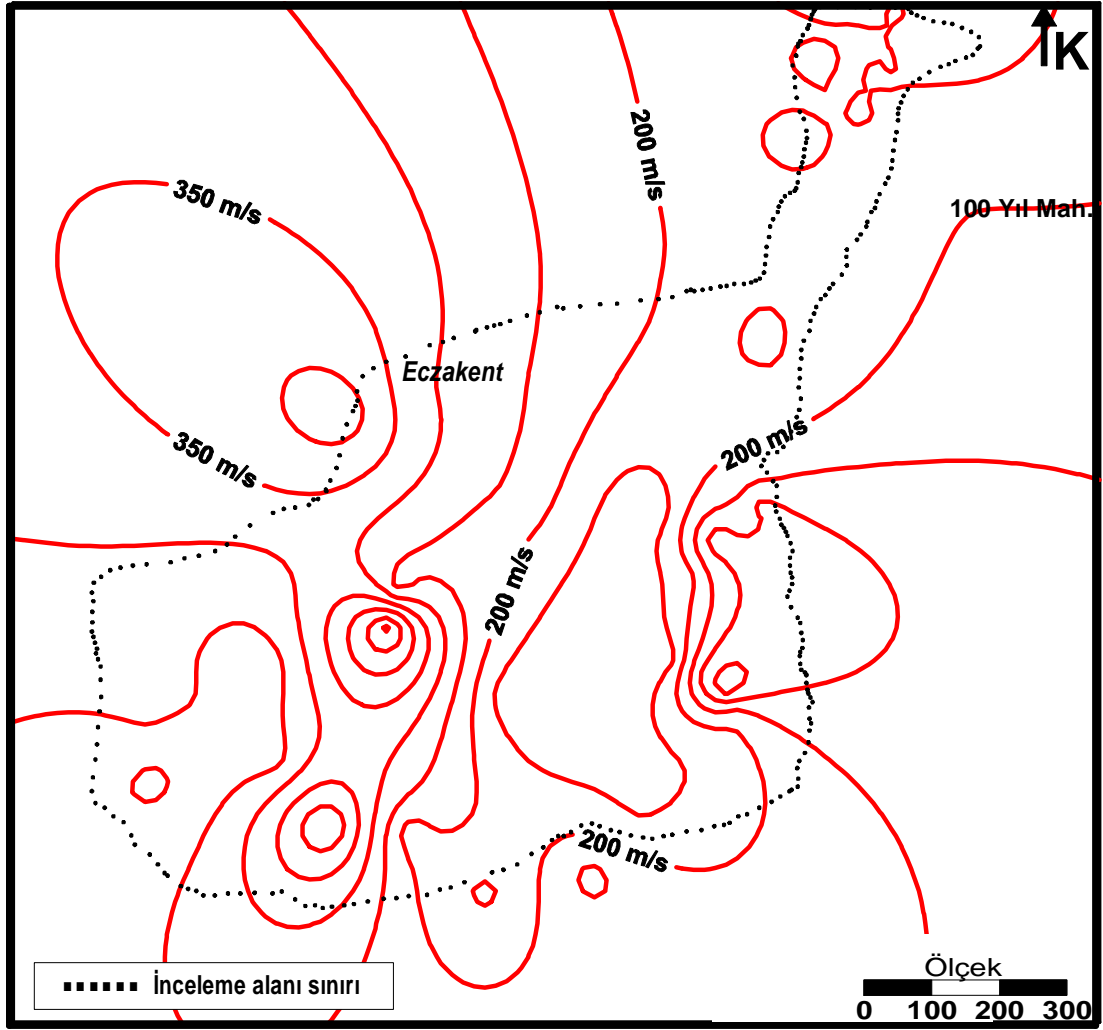
İnceleme alanı zemini açısından ana kayayı oluşturan nihai tabakalara (sismik hız değerleri açısından, nihai tabakalar, 2 tabakalı profiller için 2. tabakalar, 3 tabakalı profiller için 3. tabakalardır) ait P hızı dağılım eğrileri Şekil 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.25. İnceleme alanı 3. tabaka Vp hızları dağılım eğrileri

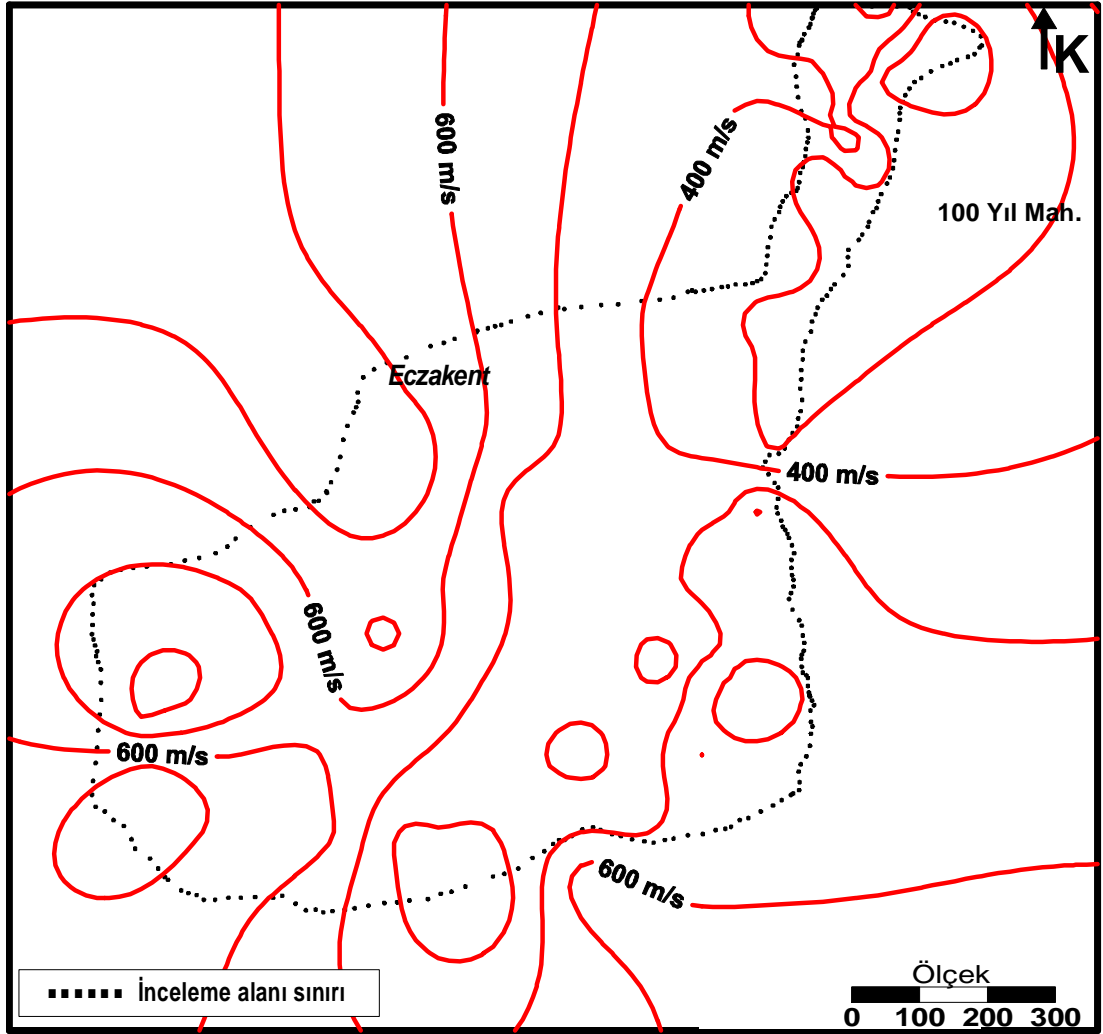
İnceleme alanı sismik uygulamalarında S dalga hızları ölçülmüştür. Vs ile verilen S dalga hızları malzemede şekil bozunumuna veya burulmaya karşı olan direnç ile orantılıdır.

İnceleme alanında ölçülen sismik hızlar açısından, 1. tabakalara ait Vs hız değerleri 100-516 m/s aralığında olup, bu hızlara ait dağılım eğrileri Şekil 4.26' de verilmiştir.



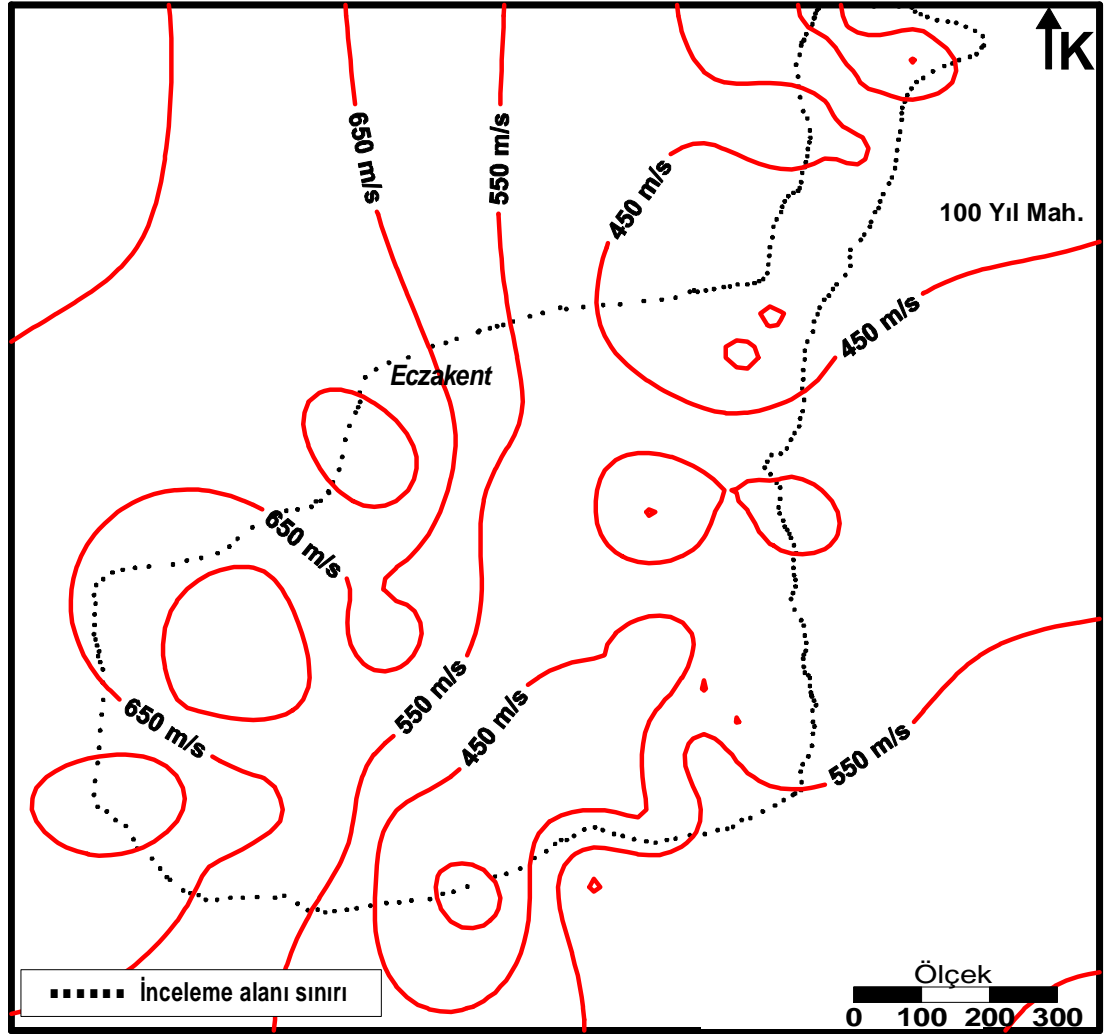
Şekil 4.26. İnceleme alanı 1. tabaka Vs hızları dağılım eğrileri

İnceleme alanında yapılan sismik uygulamalarla ölçülen sismik hızlar açısından, 2. tabakaların Vs hızları 177-833 m/s aralığında değerler almış olup, bu hız değerlerine ait dağılım eğrileri Şekil 4.27' de verilmiştir.



Şekil 4.27. İnceleme alanı 2. tabaka Vs hızları dağılım eğrileri

İnceleme alanındaki sismik uygulamalarda, hız değerleri açısından 3 tabakalı 17 sismik profil için ise, 3. tabakalara ait Vs hız değerleri 241-813 m/s aralığındadır. Araştırma derinliğinde nihai tabakalara (basen jeolojisinde anakayayı oluşturan Handere Formasyonu) ait S hızları dağılım eğrileri Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.28. İnceleme alanı 3. tabaka Vs hızları dağılım eğrileri

Özellikle mikrobölgeleme ölçütlerinde kullanılan, gerekli Vs30 hızları inceleme alanı zemininin ilk 30 metresini oluşturan birimlerin hızlarının ortalamalarıdır. Uygulamada, ölçülen S dalgası hızlarının ortalamasının hesaplanmasında, aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır.

$$Vs30 = 30 / (\sum_{i=1,n} (h_i / V_{si})) \quad (4.1)$$

Bağıntıda, h_i zemin tabakasının kalınlığı, V_{si} ise tabakanın S dalgası hızıdır. İnceleme alanı Vs30 değerleri 214-725 m/s aralığında ölçülmüştür.

İnceleme alanında ölçülen **P** ve **S** dalga hızı değerleri; alüvyon kili, sel kili, gevşek kum, alüvyon çakılı, sel çakılı, kuru kum, çamurtaşı, traverten (bu alanda kalıç) gibi zemin ve kayaçlarla karakterizedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Bazı zemin ve kayaçlar için Vp ve Vs hızları (Keçeli, 1990).

Zemin veya kayaç	Vp (m/san)	Vs(m/san)
	(Gevşek-sıkı)	(Gevşek-sıkı)
Balçık zemin	100 – 600	100 – 200
Alüvyon killi	300 – 600	70 – 130
Sel killi	500 – 1800	100 – 350
Gevşek kum	600 – 1800	150 – 500
Alüvyon çakılı	400 – 1900	100 – 430
Sel çakılı	900 – 2200	250 – 600
Çakıl, kuru kum	500 – 1000	250 – 300
Alüvyon kumu	–	171
Çamur taşı	600 – 1900	300 – 700
Traverten	300 – 4000	100 – 1000
Kireçtaşı	5970	2880
Bazalt	6400	3200
Gabro	6450	3420
Diyorit	5780	3060
Grano – diyorit	4780	3100
Granit	5440	2870
Ayrışmış granit	–	450
Hava	340	0
Su	1500	0

4.2.1.2. Sismik Hız Oranı Vp/Vs ve Sıvılaştırma Potansiyeli

Sismik hız oranı, kayaçların mineral bileşimine, dokuyu teşkil eden tanelerin büyüklüğüne ve dağılımına, gözenekliliğine, gözenek suyunun cins ve miktarına, sıkışabilirliğine, çimentolanma derecesine ortam hacmine ve sonuç olarak jeolojik geçmişi ve kayacın yaşına önemli ölçüde bağlıdır (Tatham 1982, Willkens ve ark.,

1984). V_p/V_s oranı 0-2 arasında ise sıkı zemin, 2-3 arasında ise az sıkı zemin, 3'ten büyük ise sıkı olmayan zeminler sözkonusudur. Suyu doygun gevşek kum ortamları için V_p/V_s nin >3 olması durumunda zemin sıvılaşma potansiyeli taşır. İnce kumlu ve siltli zeminler, diğer zeminlere göre; sıkışmamış kumlar sıkı kumlara göre sıvılaşma yönünden daha hassastırlar. Özellikle akarsuların yığıdığı kumlar tane boyu dağılımlarındaki düzgünlük nedeniyle sıvılaşmaya eğilimlidirler. Suyu doygun gevşek kohezyonsuz zeminlerde sıvılaşmanın en önemli nedeni yer hareketi ile meydana gelen boşluk suyu basıncının artarak içsel sürtünme açısını yenmesi sonucu silt, kum gibi malzemenin çorba kıvamına gelmesidir.

Zemin sıvılaşması sonucu büyük ve ağır yapılarda batma veya devrilme, küçük ve hafif yapılarda ise yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimi görülmektedir. Bu düşey hareketler ve sıvılaşan malzemenin düşey veya yatay yönde temel altından hareket etmesi ya da yüzeye kum fışkırması gibi olaylar sonucunda yapılar ya batmakta veya devrilmekte yada binanın iç statik dengesinin bozulması sonucunda dağılarak yıkılmaktadır.

İnceleme alanını oluşturan zeminlerde, V_p/V_s değeri 1,55- 5,77 aralığındadır. Hız oranı değeri >3 olan zonlar olmakla birlikte, gerek zemin ve kayaçların durumu gerekse yer altı suyu içeriği açısından sıvılaşma riski bulunmamaktadır.

4.2.1.3. Poisson Oranı (μ)

Zemin birimlerinde gelişen enine deformasyonun, boyuna deformasyonuna oranı olarak tanımlanır. Zemin birimlerinde Poisson oranı yaklaşık, 0-0.5 aralığında değer alır. Zeminin gözenekliliğini, çimentolaşma derecesini ve gözeneklerin su veya kil ile dolu olup olmadığını yansıtan bu parametre, birimsiz olup;

<u>Poisson oranı</u>	<u>Zemin türü</u>
0.00-0.25	gözeneksiz zeminleri,
0.25-0.35	orta dereceli gözenekli zeminleri,
0.35-0.50	gözenekli zeminleri

ifade eder. İnceleme alanında ölçülen sismik profillerde de görülen farklı tabakalar için ayrı, ayrı hesaplanarak verilen Poisson oranı 0,14-0,48 aralığında değerler almıştır (Çizelge 4.2).

4.2.1.4. Kayma (Shear) Modülü (G - kg/cm²)

Zemin biriminin kayma gerilmesine karşı dayanımının bir ölçüsüdür. Diğer bir ifadeyle, zeminin kesme gerilmesi altında oluşan burkulma veya eğilme açısının oluşmasını sağlayan kesme açılık bir biçim değişikliği için gerekli kesme gücünü (kayma, makaslama direncini) ifade eden bu parametre;

<u>Kayma Modülü (G)</u>	<u>Zemin Türü</u>
0-600	gevşek zeminleri,
600-3000	orta sağlam zeminleri,
3000-10000	çok sağlam zeminleri

ifade eder. İnceme alanında ölçülen sismik profillerde, görülen farklı tabakalar için kayma modülü değerleri 164-13454 kg/cm² aralığındadır (Çizelge 4.2).

4.2.1.5. Elastisite (Young) Modülü (E- kg/cm²)

Elastisite modülü, zemin birimindeki, birim deformesyona karşı dayanımın bir ölçüsüdür. Elastisite parametresi zeminin sağlamlığını sertliğini, başka bir deyişle zeminin katılığını yansıtır.

<u>E</u>	<u>Zemin türü</u>
0-2000	gevşek zeminler
2000-10000	orta gevşek zeminler
10000-30000	sağlam zeminler
30000<	çok sağlam zeminler

için E değerleridir. Örneğin betonun elastisite modülü; 100.000- 400.000 kg/cm², granitin elastisite modülü 500.000 kg/cm² mertebesinde.

Young modülünün büyük olması düşey aksenal gerilme altında ortamın biçim değişikliğinin küçük olacağını gösterir. İnceme alanı birimlerinin elastisite modülü 444-36543 kg/cm² aralığında değerler almıştır (Çizelge 4.2). Genel olarak, elastisite modülü değerlerinin derinlikle beraber arttığı gözlenmektedir. Aynı şekilde, bir kütlenin kendisini saran basınç altında sıkışmasının bir ölçüsü olan Bulk modülünün de yüzeyden derinlere doğru arttığı görülmektedir.

4.2.1.6. Yoğunluk (γ - g/cm³)

İnceleme alanı için sismik hızlardan hesaplanan yoğunluklar her tabaka için ayrı, ayrı belirlenmiş olup, bu değerlerin inceleme alanındaki dağılımı 1,64-2,00 g/cm³ aralığındadır (Çizelge 4.2).

4.2.1.7. Sismik Hızlarla Belirlenen Emniyetli Zemin Taşıma Gücü (q_a - kg/cm²)

İnceleme alanında ölçülen sismik hızlardan hareketle her profil için hesaplanan emniyetli zemin taşıma gücü değerleri 0,41-3,05 kg/cm² aralığında değerler almıştır (Çizelge 4.2).

4.2.1.8. Zemin Hakim Periyodu (T_0)

Hakim periyot, bir yer hareketinin frekans içeriğinin temsil edilebilmesi için gerekli bir parametredir. Hakim periyot Fourier genlik spektrumun maksimum değerine karşılık gelen titreşim periyodu olarak tanımlanmaktadır. Doğada, teknik olarak sağlam kaya tabakası üzerinde bulunan yumuşak bir zemin tabakasının küçük sönümsüz titreşimler için hakim titreşim periyodu (T_z , Baskın Periyot, Predominant Period, Fundamental Period, Characteristic Site Period) vardır ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Kanai, 1983).

$$T_z = \sum 4H_i / V_{si} \quad (4.2)$$

Burada, H, Tabaka kalınlığı, V_s ise S dalga hızıdır. Titreşimlerin genlikleri arttıkça kayma modülünde ve S dalga hızında azalma olacağı için hakim periyot değeri dereceli olarak düşer ve çok kuvvetli deprem halinde doğrusal olmayan davranıştan dolayı hakim periyot kalmaz. Türk deprem yönetmeliğinde yerel zemin sınıflarına bağlı olarak T_0 Zemin Hakim periyodu ve tepki spektrumunun hakim periyot aralığı (T_A ve T_B) izleyen çizelgede (Çizelge 4.4) verilmiştir.

Çizelge 4.4. Türk deprem yönetmeliğinde yerel zemin sınıflarına bağlı olarak zemin hakim periyodu (T_0) ve tepki spektrumlarının (T_A - T_B) hakim periyot aralığı

Zemin Cinsi	T_0 Zemin Hakim Periyodu (sn)	T_0 Ortalama (sn)	(T_A - T_B) (sn)
Z1	a	0,20	0,10-0,30
	b	0,25	
	c	0,30	
Z2	a	0,35	0,15-0,40
	b	0,40	
	c	0,50	
Z3	a	0,55	0,15-0,40
	b	0,60	
	c	0,65	
Z4	a	0,70	0,20-0,90
	b	0,80	
	c	0,90	

Çok tabakalı zeminlerde küçük genlikli titreşimler için hakim titreşim periyodu olmasına karşın bu periyodu bulmaya yarayan tek bir formül vermek mümkün değildir. Tabakaların özellikleri birbirine yakın ise, ortalama V_s hızına sahip ve toplam H kalınlığında tek bir tabaka varmış gibi hesap yapılabilir. T_z , zemin hakim periyodundan T_A, T_B zeminin alt ve üst titreşim periyodunu elde etmek için;

$$T_A = 0,67 T_z \quad (4.3)$$

$$T_B = 1,5 T_z \quad (4.4)$$

bağıntıları önerilmektedir (Aytun, 2001).

İnceleme alanında ölçülen sismik hızlardan hareketle her profil için, zemin hakim periyodu değerleri hesaplanarak, 64 profil için ölçülen zemin hakim periyodu değerleri 0,17- 0,56 sn aralığında elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

4.2.1.9. Zemin Büyütmesi

Zeminlerin özelliklerine bağlı olarak deprem dalgalarını çeşitli oranlarda büyüttüğü bilinmektedir. Deprem sırasında özellikle yumuşak zeminler üzerindeki

yapıların, sert zeminlere veya kaya ortamlarına göre daha fazla hasarlanması bu etkileşimin en büyük göstergesidir. Bu büyütme etkisi deprem şiddetini de arttırmaktadır.

Zemin etkisinin yanı sıra, yeryüzünde sismik enerji odaklanması oluşturan eğimli ve senklinal yapılar (focus effect), görünen veya görünmeyen kırık, çatlaklar ve fayların düşen kesimleri, varsa heyelan düzlemleri, yapı temeli altındaki jeolojik yapı farklılıkları, yer altı boşlukları, büyük genlikli yüzey dalgalarının meydana gelmesinde sismik enerjiyi saçan sığ derinlikli heterojeniteler, sismik dalgalarda ardışık kırılma ve yansımalar oluşturan yer altı yapısal özelliklerine sahip ortamlar (channaling effect), mekanik rezonans oluşturan tabakalı yapılar, sıvılaşma potansiyeli taşıyan zeminler, gevşek kalın alüvyon ortamlar da zemin büyütmesi oluşturan dolayısıyla da depremin şiddetini arttıran fiziksel ve yapısal özelliklerdir. Bazı jeolojik birimlerle göreceli büyütme faktörü arasındaki ilişkiler Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yüzey jeolojisi ve göreceli büyütme faktörü arasındaki ilişkiler (ISSMFE, 1993)

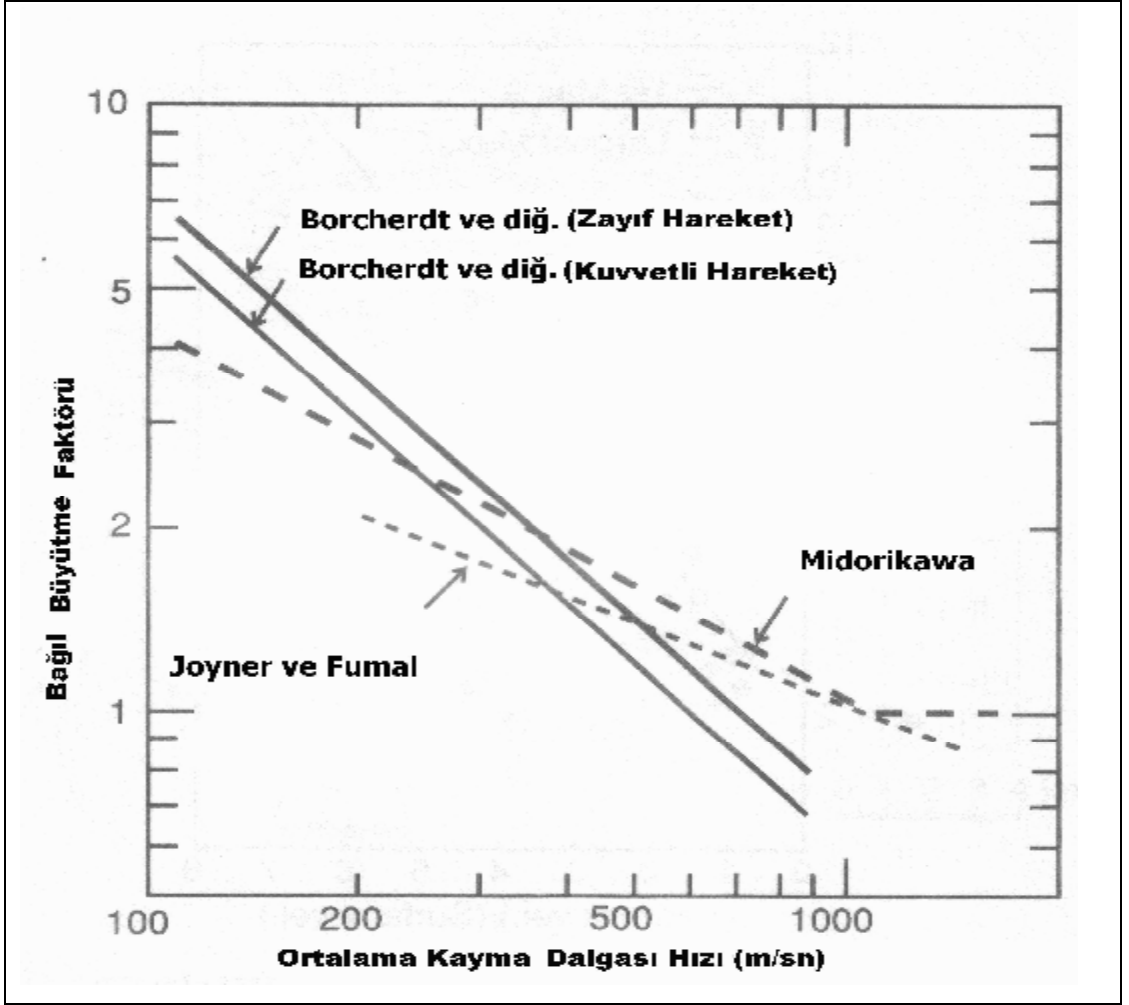
Jeolojik Birim	Göreceli Büyütme Faktörü
Borcherdt ve Gibbs (1976)	
Körfez çamuru	11.2
Alüvyon	3.9
Santa Clara Formasyonu	2.7
Great Valley dizisi	2.3
Franciscan Formasyonu	1.6
Granit	1.0
Midorikawa (1987)	
Holosen	3.0
Pleyistosen	2.1
Kuvaterner volkanik kayalar	1.6
Miyosen	1.5
Tersiyer öncesi	1.0

Zemin tabakalarının kayma dalgası hızı, zemin büyütmesini değerlendirmek için kullanışlı bir indeks özelliğidir. Shima (1978) analitik olarak hesaplamış olduğu büyütme faktörünün, anakaya–zemin tabakası sismik hızları oranı ile doğru orantılı bir ilişkide olduğunu bulmuştur. Anakayanın kayma dalgası hızının geniş bir alanda nispeten sabit olarak bulunduğu yerlerde; her bir lokalite için bağıl büyütme miktarı yüzey tabakasının kayma dalgası hızından elde edilebilir.

Yine, yer hareketinin gözlemi ve analizlerine dayanan incelemeler ile açığa çıkmıştır ki; belirli bir derinlik için yüzey tabakasının ortalama kayma dalgası hızı, bağıl büyütme ile güçlü bir ilişki göstermektedir (Midorikawa, 1987; Joyner ve Furnal 1984; Borchardt ve ark., 1991). Bu araştırmacılarca geliştirilen Vs30 hızı ile büyütme ilişkisi Çizelge 4.6’da, Vs30 ile büyütme faktörü arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi ise Şekil 4.29’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Kayma dalgası hızına (Vs,30) bağlı zemin büyütme ilişkileri
(Midorikawa, 1987; Joyner ve Furnal 1988; Borchardt ve ark., 1991)

Araştırmacılar	Kayma dalga hızı büyütme ilişkisi
Midorikawa (1987)	$A = 68V^{30.6}$ ($V < 1100$ m/sn) $A = 1$ ($V > 1100$ m/sn)
Joyner and Furnal (1984)	$A = 23V^{0.45}$
Borchardt ve ark. (1991)	$AHSA = 700/V$ (zayıf hareket için) $AHSA = 600/V$ (kuvvetli hareket için)



Şekil 4.29. Kayma dalgası hızına ($V_{s,30}$) bağlı zemin büyütme faktörünün grafik görünümü (Midorikawa, 1987; Joyner ve Fumal 1984; Borcherdt ve ark., 1991)

4.2.1.10. Zemin Sınıfı

Zeminlerle ilgili sınıflandırma çalışmaları, yapılaşması planlanan alan zeminlerinin bilinmesi gerekli parametrelerin başında gelmektedir. Zeminin kayma dalga hızı V_s bu konuda anahtar parametrelerden biridir. Zeminin V_s hız değerine bağlı olarak çeşitli sınıflamalar yapılmakta ve aynı zamanda depreme dayanıklı yapılara yönelik uygulama yönetmeliklerine ve standartlara baz teşkil etmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9) .

Çizelge 4.7. Eurocode 8'de Vs30'a göre zemin sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya yada diğer kaya benzeri formasyonlar	$V_s > 800$
B	Çok Sıkı Kum, Çakıl yada Çok Sert Killer	$360 < V_s \leq 800$
C	Sıkı yada Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil	$180 < V_s \leq 360$
D	Gevşek'den Orta Sıkı'ya kadar Kohezyonsuz Zemin veya Yumuşak'dan Sert'e kadar Kohezyonlu Zemin	$180 < V_s$

Çizelge 4.8. NEHRP hükümlerinde ve Uniform Building Code'da Vs30'a göre zemin sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Sert Kaya	$V_s > 1500$
B	Kaya	$760 < V_s \leq 1500$
C	Çok Sıkı/Sert Zemin yada Yumuşak Kaya	$360 < V_s \leq 760$
D	Sert/Sıkı Zemin	$180 < V_s \leq 360$
E	Zayıf Zemin	$V_s < 180$

Çizelge 4.9. Çeşitli depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerindeki kayma dalgası hızına (Vs30) bağlı yapılan zemin sınıflamaları (Pitilakis, 2004).

Vs, 30 (m/sn)	180	360	760	1500	
UBC/97 (A.B.D) IBC/2000	S _E	S _D	S _C	S _B	S _A
YUNANİSTAN EAK2000	D-C	C	B	A	A
EC8 (ENV1998)	C	C	B	A	A
EC8 (prEN1998) (Draft4,2001)	D	C	B	A	A
YENİ ZELENDA 2000 (Draft)	D(T>60s => Vs,30<200	C(T>60s =>Vs,30<200	B	A	A
JAPONYA (Highway Bridges)	III (T>60s => Vs,30<200	II (I) (T=0.2-0.6 s =>Vs,30=200-600	I (T<0.2 s =>Vs,30>600	I	I
TÜRKİYE	Z ₄ - Z ₃	Z ₃ - Z ₂	Z ₂ - Z ₁	Z ₁	Z ₁
AFPS/90	S ₃ - S ₂	S ₃ - S ₂ - S ₁	S ₁ - S ₀	S ₀	S ₀

İnceleme alanının geneline bakıldığında, zeminin ölçülen sismik hızlarına göre, farklı hız zonlarına karşılık gelen tabakaları belirlenmiştir. İnceleme alanı zemini için Vs30 değerleri, 30 metreye kadar olan zemin tabakalarına ait S hızlarının ortalamasıdır.

Aşağıda Türkiye'deki afet yönetmeliğine göre zemin grupları ve yerel zemin sınıfları ile S dalga hızları verilmiştir (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11).

Çizelge 4.10. Türkiye afet yönetmeliğine göre zemin grupları

Zemin Grubu	Tanım	Standart Penetras. (N/30cm)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
(A)	1.Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2.Çok sıkı kum, çakıl 3.Sert kil, siltli kil	>50 >32	85-00	>1000 >400	>1000 >700 >700
(B)	1.Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar 2.Sıkı kum, çakıl 3.Çok katı kil, siltli kil	30 – 50 16 – 32	65-85	500–1000 200–400	700-1000 400-700 300-700
(C)	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar 2.Orta sıkı kum, çakıl 3.Katı kil, siltli kil	10 – 30 8 – 16	35–65	<500 100 – 200	400 – 700 200 – 400 200 – 300
(D)	1.Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları 2.Gevşek kum 3.Yumuşak kil, siltli kil	0 – 10 0 – 8	<35	<100	<200 <200 <200

Çizelge 4.11. Türkiye afet yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Tabaka Kalınlığı
Z1	(A) grubu zeminler, en üst tabaka kalınlığı 15m'ye eşit veya daha az olan (B) grubu zeminler
Z2	En üst tabaka kalınlığı 15m'den fazla (B) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 15m'den az (C) grubu zeminler
Z3	En üst tabaka kalınlığı 15 – 50 m (dahil) arasında olan (C) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10m'ye eşit veya daha az olan (D) grubu zeminler
Z4	En üst tabaka kalınlığı 50m'den fazla (C)grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10m'den fazla (D) grubu zeminler

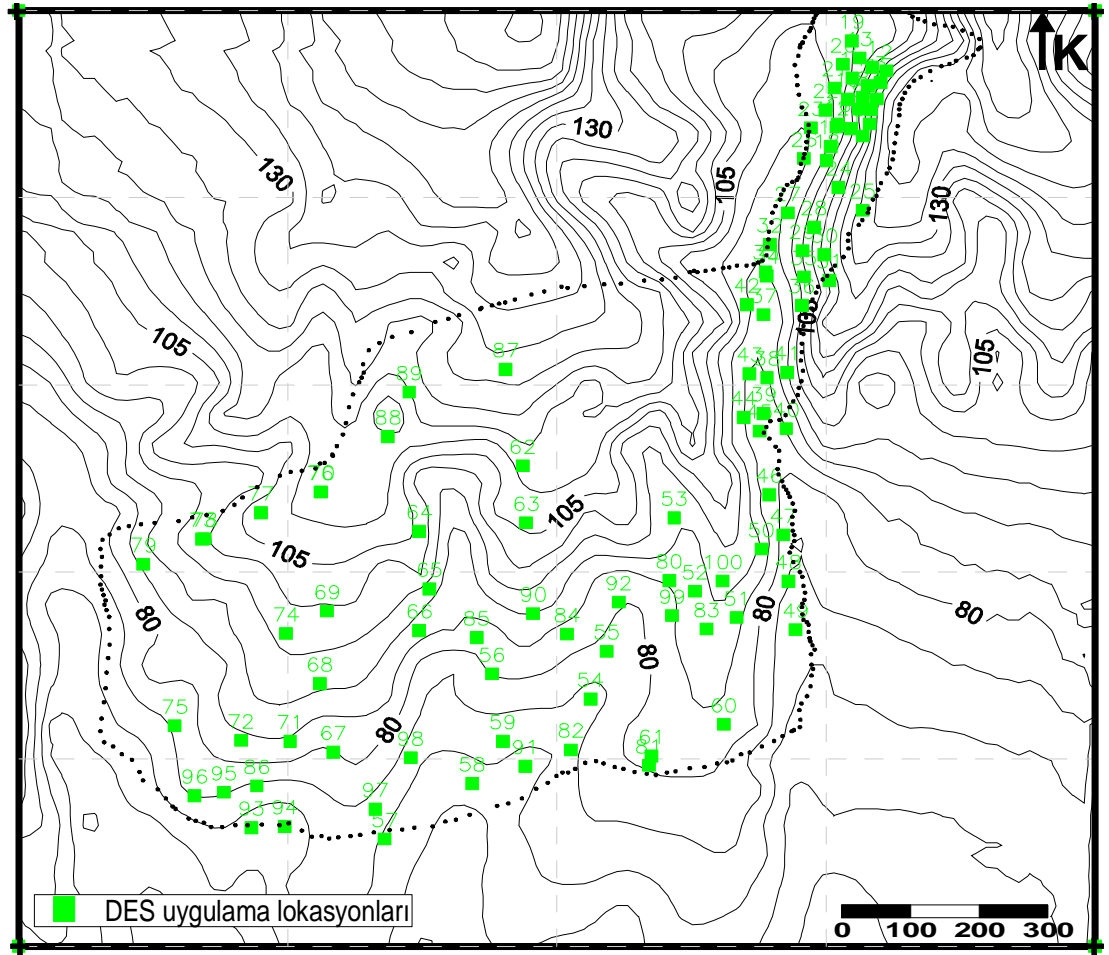
4.2.2 Rezistivite (DES) Uygulamaları

İnceleme alanında zeminin jeolojik yapısını aydınlatmak, taban kaya derinliği ve özellikleri, hidrojeofizik özellikleri, yeraltı suyu seviyesi ve kirliliği, potansiyel heyelan ve sıvılaşma analizleri, gömülü fayların araştırılması ve yer altı boşluklarının tayini amacıyla, jeofizik yöntemlerden olan, doğru akım özdirenç yöntemi kullanılarak, Düşey Elektrik Sondaj uygulamalarıyla rezistivite (özdirenç) ölçümleri yapılmıştır.

Jeofizik yöntemler içerisinde en çok bilinen ve uygulanan doğru akım özdirenç yöntemi yeraltındaki kayaçların farklı elektriksel özelliklerinden yararlanılarak yeraltının jeolojik yapısını, elektriksel özelliğine göre çözümü sağlamaktadır. Doğru akım özdirenç yöntemi, doğal yer altı kaynaklarının aranmasında, arkeojeofizik araştırmalarda ve mühendislik jeofiziğinde yaygın olarak kullanılmaktadır

Doğru akım özdirenç yönteminde, elektrotlar yere çakılarak akım uygulanır ve aynı doğrultu üzerindeki diğer noktadaki elektrotlar arasında oluşan gerilim farkı ölçülür. Ölçülen gerilim farkı, elektrotlar arasındaki uzaklığa ve ortamın jeolojik yapısına bağlıdır.

Zeminin özdirenci tane boyu, sıklığı, su içeriği, gözeneklilik ve geçirgenliğe bağlı olarak değişmektedir. İnceleme alanında 100 adet 30-125 m arasında değişen serim aralığında Linear Schlumberger açılımlı DES (Düşey Elektrik Sondaj) uygulanarak görünür özdirencin (rezistivite) derinlikle değişimi incelenmiş ve böylece yapısal süreksizlikler, derinliği, litolojisi, tabakaların kalınlığı, yer altı suyu durumu özdirenç farklarından yararlanılarak irdelenmiştir. İnceleme alanında jeofizik DES uygulaması yapılan lokasyon dağılımları Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. İnceleme alanındaki Düşey Elektrik Sondaj uygulama lokasyonları

İnceleme alanında DES (Düşey Elektrik Sondaj) uygulamaları ile yapılan rezistivite (özdirenç) ölçümleri sonucu okunan görünür özdirenç değerleri Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Düşey Elektrik Sondaj istasyonları ve görünür rezistivite değerleri

AB/2 (m)	D1 (Ohm.m)	D2 (Ohm.m)	D3 (Ohm.m)	D4 (Ohm.m)	D5 (Ohm.m)	D6 (Ohm.m)	D7 (Ohm.m)	D8 (Ohm.m)	D9 (Ohm.m)	D10 (Ohm.m)
2	3.3	6	2.2	14.6	16	16.6	2.1	10	4.6	25.5
3	3.3	4.4	2	11.3	13	16	2.1	8.8	3	20.1
4	3.5	3.8	2.2	8.2	11	10.1	2.2	7.2	2.7	17.5
5	3.6	3.4	2.3	7.2	10	14.6	2.3	5.3	2.5	8.9
6	3.8	3.2	2.4	6.1	10	14.8	2.4	4.9	2.4	8.6
8	4.1	3.3	2.4	5.9	8.2	16.3	2.5	4	2.6	10.1
10	3.5	3.4	2.5	5.7	8.2	16.7	2.7	3.6	2.8	10.9
12	3.6	3.3	2.4	4.7	7.7	17.4	2.2	3.6	2.7	10.8
15	3.4	3.3	2	4.6	7.3	19	2.7	3.4	2.7	9.1
20	3.2	3.4	1.2	4.4	7.6	18	2.7	3.2	2.9	9.6
25	3	3.5	1	4.2	7.7	18	2.6	3.4	2.7	9.3
30	3.1	3.6	1	4.4	8	17	2.5	3.4	2.5	9.2
40	3.1	3.4		4.5	7.7	14	2.4	3.5	2.7	9.2
50	3	3.2		4.3	6.8	13	2.2	3.5	2.4	9.2
60	2.7			4.6	5.2	13	2.2	3.4	2.3	8.9
70	2.9			4.6	4.5	13	2.3	3.3		8.6
80	2.8						2.3			8.1
100										7.8
125										7.4

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D11 (Ohm.m)	D12 (Ohm.m)	D13 (Ohm.m)	D14 (Ohm.m)	D15 (Ohm.m)	D16 (Ohm.m)	D17 (Ohm.m)	D18 (Ohm.m)	D19 (Ohm.m)	D20 (Ohm.m)
2	21	7.2	17.5	3.3	2.2	5.4	5.5	2.6	11.6	5.8
3	14	5.2	10.9	2.9	2.1	4.6	4.7	2.6	7.3	3.3
4	8.8	4.9	9	2.7	2.1	4.8	5.2	2.7	5.7	2.6
5	7.4	4.2	8.8	2.6	1.9	4.3	5.6	2.9	4.7	2.4
6	7.1	3.3	8	2.6	1.9	3.9	5.9	2.7	4.4	2.4
8	7	3	7.3	2.3	1.9	3.6	6.7	2.8	4.2	2.5
10	7.7	3.4	6.5	2.4	2.2	3.1	7.3	2.8	4	2.7
12	7.6	3.5	5.6	2.2	2.2	3	7.9	3.1	3.4	2.7
15	8.3	3.3	4.8	1.9	2.4	2.7	8.3	3.3	3.2	2.7
20	9.4	3	4.3	2	2.6	2.4	8.8	3.7	2.9	2.8
25	10	3	3.9	2.1	2.8	2.3	8.5	4.1	2.5	2.6
30	11	2.6	3.9	2	2.6	2.3	7.9	4.5	2.6	2.5
40	12	2.6	3.1	1.9	2.6	2	7.4	5.1	2.5	2.3
50	10	2.7	2.2	2.3	2.7	1.9	7.4	5.2	2.6	2.2
60	8.7	2.5	2.9	2.1	2.4	1.5	7.2	4.9	2.5	2.3
70	8.3		3.1	1.7	2.2	1.4	6.7		3.2	2.1
80					2.2	1	6.7		2.5	2.3
100							5.7			
125										

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D21 (Ohm.m)	D22 (Ohm.m)	D23 (Ohm.m)	D24 (Ohm.m)	D25 (Ohm.m)	D26 (Ohm.m)	D27 (Ohm.m)	D28 (Ohm.m)	D29 (Ohm.m)	D30 (Ohm.m)
2	9	6.4	6.6	7.7		8.8	4.2	7.2	35.7	16.5
3	5.9	3	5.7	6.7		6.9	4.3	6.5	27.7	13.4
4	4.8	2.4	5.2	6.1	114.1	6.4	3.8	6.2	23.2	11.8
5	4.2	2.3	5.1	5.4	105.6	5.3	3.5	6.2	21.1	10.8
6	3.7	2.3	4.5	5.2	97.7	4.6	3.7	6.2	21.3	10.5
8	3.4	2.1	4.5	5.2	86.5	3.8	3.9	6.1	20.9	10.1
10	3.2	2.1	4.3	5.3	60.2	3.5	3.9	5.8	19.1	9.9
12	3.2	2	4.4	5.4	45.9	3.6	4	5.7	17.2	9.3
15	3.3	2	4	5.7	29.7	3.4	4.3	5.8	15	8.4
20	3.1	1.8	3.9	6.4	22	4	4.3	5.5	12.2	7.7
25	2.9	1.8	3.6	7.5	13.2	4.5	4.1	4.9	12.1	9.2
30	2.7	1.6	3.2	8.5	10.5	4.6	3.7	5	12.4	9.4
40	2.7	1.7	3	9.4	9.2	4.2	3.5	6	11.7	8.2
50	2.5	1.4	2.7	9.6	5.2	3.1	2.7	6.6	10.8	7.4
60	2.3	1.3	2.6	9.2		2.3	1.8	6.6	11.9	7.4
70	2.5	1.2	2.4	8.6		2.4	2.4	6.5	11.7	7.2
80	2.4		2.4	7.7			2.2		11.7	4.8
100									11.7	
125									11.1	

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D31 (Ohm.m)	D32 (Ohm.m)	D33 (Ohm.m)	D34 (Ohm.m)	D35 (Ohm.m)	D36 (Ohm.m)	D37 (Ohm.m)	D38 (Ohm.m)	D39 (Ohm.m)	D40 (Ohm.m)
2	8.5	5.5	6.8	7.7	4.3	11	12.6	50.2	10.4	14.3
3	8.1	4.9	7.2	6.3	4.5	6.7	10.5	52	9.6	12.7
4	8.1	4.4	6.6	5.5	4.7	6.7	10.5	51	10.2	12.5
5	8.8	4.4	6.5	5.2	4.9	6.3	9.9	43.1	10.1	12.2
6	8.6	4.5	6.4	5.1	5.1	5.8	9	41.1	9.9	11.6
8	8.6	4.2	5.8	4.9	5.2	5.6	7.9	32	9.2	12.6
10	8.6	4.2	5.2	4	5.5	5.6	6.7	29.1	8.8	12.8
12	8.9	4	4.8	3.9	5.7	5.1	6.2	26.9	8.6	13.6
15	8.9	3.9	4.1	3.9	6.1	5.3	5.5	23.4	8.2	14.6
20	8.9	3.6	3.4	3.5	6.5	5.5	5	18.6	8.2	14.9
25	8.6	3.3	2.9	3.5	7.1	5.8	4.8	13.8	8.8	15.2
30	8.6	3.5	2.8	3.5	7.5	5.6	4.8	9	9.5	15.7
40	9	3.2	2.8	3.2	7.9	6.1	4.8	4.6	10	16.8
50	7.7	3.1	2.3	3	7.9	5.9	4.5	7.1	9	16.3
60		3.4	1.8	1	5.7	5.9	3.1	4.6	9.3	13.2
70		3.3	1.5	1.5	5.3	5.6	2.6	3.8	7.9	9.2
80		3.1	1.4	1.3	5	5.5	2.5		6.7	
100					4.7					
125					4.8					

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D41 (Ohm.m)	D42 (Ohm.m)	D43 (Ohm.m)	D44 (Ohm.m)	D45 (Ohm.m)	D46 (Ohm.m)	D47 (Ohm.m)	D48 (Ohm.m)	D49 (Ohm.m)	D50 (Ohm.m)
2	43	55.5	99	36.3	47.6	13.7	15.1	27	17.7	23.1
3	46.5	35.7	81	29.6	43.7	12	13.2	21	20.8	23.8
4	45.1	27.1	61	23.8	47	10.6	14.4	17	20.2	26
5	41.5	21.5	51	21.1	55.2	9.6	11.9	15	18.2	28.3
6	38.6	18.9	46	17.9	54.7	9	11.9	14	16.1	30.4
8	35.6	14.8	41	14.9	31.7	7.8	11.4	11	13.4	33.1
10	34.2	12.9	40	13.4	31.2	7.6	10.9	9	11.7	33.5
12	31.8	12.2	37	13.61	29.9	7.7	10.2	11	10.1	33
15	21.9	10.7	35	12.7	20.1	7.5	9.8	9.7	8.1	32.6
20	11.2	9.9	22	12.9	25.7	7.5	9.2	9.6	6.2	29.8
25	8.2	9.4	26	13.3	27.7	7.2	9.1	8.9	5	25.9
30	5.5	8.8	23	13.2		6.9	8.8	8.8	4.5	21.9
40	1.65	7.1	18	13.6		5.3	8.1	8.4	3.8	17.1
50		5.6	13	13.5		4.5	7.5	7.3	3.6	13.6
60		4.8	7.6	15.7		1.4	3.9	5.4	4.2	13.9
70			6	14.1		1.5	3.1	3.5	4	11.9
80			4.6	13		1.3	2.2	2.9	3.8	10.7
100				11.2			1.4	1.9		
125				10						

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D51 (Ohm.m)	D52 (Ohm.m)	D53 (Ohm.m)	D54 (Ohm.m)	D55 (Ohm.m)	D56 (Ohm.m)	D57 (Ohm.m)	D58 (Ohm.m)	D59 (Ohm.m)	D60 (Ohm.m)
2	25	67.7	21.6	11.1	6.1	25.4	20.1	9.3	10.7	9.5
3	24	36.2	15.9	9.1	6.8	23.3	17.7	8.9	11.1	10.1
4	23	28	15.1	9.6	7.2	14.6	16.1	7.4	11.1	11
5	23	23.5	15.9	9.9	8	12.8	16	9.2	10.8	11.4
6	21	20.7	16.6	9.9	9	14.6	16.5	9.5	9.5	11.7
8	20	18.1	17.7	10.7	9.4	13.6	18	10.2	8.9	11.8
10	19	17.2	18.3	11.5	9.7	13.6	19.5	11.2	9.1	11.9
12	19	16.4	15.7	12.1	9.9	13.7	21	11.9	9	11.6
15	19	15.2	19	12.2	10.4	12.2	22.7	13.4	9.3	11.5
20	19	15.2	19.4	16	10.7	12.9	24.3	15.2	9.8	10.7
25	20	16.1	19.9	16.3	11	13.7	25.2	15.9	10.4	10.5
30	19	16.4	19.7	16.6	11.3	14.2	25.3	16.1	10.8	10
40	18	17	19.6	16.7	11.4	15.7	21.3	15.9	11.3	9.6
50	16	11.2	19.4	16.7	11.9	16.3	21.3	15.2	11.8	9.1
60	17	7.5	20.1	17.4	10.7	14.8	19.4	16.3	13.5	7.5
70	14	6.8	20	17.2	10.8	16.7	16.3	16.5	13.6	6.5
80	14	5.1	20	17.2	11.1	15.6	13.9	13.8	13.7	5.6
100	12		19.7	16	11.3		11.7		13.5	4.8
125	11		19.4	16.7	11.2		10.1		13.4	4

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D61 (Ohm.m)	D62 (Ohm.m)	D63 (Ohm.m)	D64 (Ohm.m)	D65 (Ohm.m)	D66 (Ohm.m)	D67 (Ohm.m)	D68 (Ohm.m)	D69 (Ohm.m)	D70 (Ohm.m)
2	19.3	82.7	198.8	145.2	32.6	12.5	76.5	80.5	47.2	146.4
3	20.8	63.8	132.8	114.7	21.1	12	59	63.8	37.2	124
4	19.3	41.7	97.4	65.7	19.9	13.5	49.5	50.7	27.4	95.4
5	18.3	28.8	64	64.4	18.7	14.2	46.4	47	23.3	79.3
6	17.7	23.4	46.1	52.5	16.2	15.4	45.7	42.6	19.5	60.8
8	16.3	16.3	31.2	41.8	15.7	16.1	42.9	39	15.2	39.5
10	14.7	14	23.1	32.4	13.3	16.1	43.2	36.4	13.3	28.3
12	13.3	12.7	18.9		12.4	15.9	43.7	32.6	12.1	24.5
15	11.8	13.9	15.2		14.5	15.1	40.1	30.1	10.6	19
20	10.3	14.8	15		13.3	14.1	36.3	25.2	10.8	14.1
25	9.6	14.7	14.6		11.5	13.4	31.3	22	11.1	13
30	9.6	15.7	14.4		9.4	13.2	27.2	20.7	11.5	13.2
40	9.3	15.8	15.1		7	12.8	21.5	17.1	12.8	14
50	8.9	14.9	14.8		6.9	12.1	16.9	16.2	11.5	15.8
60	7	14.8	7.2					11.7	15.6	15.9
70	6.4	13.4	6.5					10.3	14.2	17.6
80	6							10.6		
100	5.4									
125	4.9									

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D71 (Ohm.m)	D72 (Ohm.m)	D73 (Ohm.m)	D74 (Ohm.m)	D75 (Ohm.m)	D76 (Ohm.m)	D77 (Ohm.m)	D78 (Ohm.m)	D79 (Ohm.m)	D80 (Ohm.m)
2	64.3	37	92.5	41	30.7		17.5	113.6	21.3	87.2
3	49.5	32.9	74.1	37.4	22.4		15.1	94.2	16.8	54.1
4	48.3	31.7	59.9	36.1	18.3	197.6	16.5	81.2	15.7	37.8
5	41	29.9	52.2	32.2	15.3	186	18.6	66.8	15.3	28.1
6	39.7	30.2	50	29	13.9	170.3	20.6	50.7	15.4	23.3
8	37.5	25.9	41.2	22.6	11	122.2	26	34.9	14.9	17.6
10	36.9	23.3	37.2	20.6	9.8		30.3	26.4	14.6	15.8
12	36.6	21.3	33.2	19	9.7	93.7	34.6	21.1	14.6	13.8
15	34.6	19.4	27.1	16.6	8.6		39.2	18.8	15.2	13.4
20	37	16.4	21	15.4	9.6		43.7	16.9	15.5	14.7
25	34.3	14.4	17.5	14.6	10.6		43.5	16.4	15.6	15.3
30	33.5	11.9	14.7	13.7	9.9		39.5	16.8	16.1	15.5
40	29	9	12.2	14	10		33.8	18.5	15.8	15.8
50	25.1	7.5	11.2	14.1	10		24.5	16.9	13.4	16.2
60	17.8	9.7	16.7	9			15.5		14	20.1
70	15	9.2	17	8.9			13.1		13	20.4
80		8.8		8.6			11.7			20.2
100				8.6			10.3			19.9
125				8.8			10			18.8

Çizelge 4.12'nin devamı

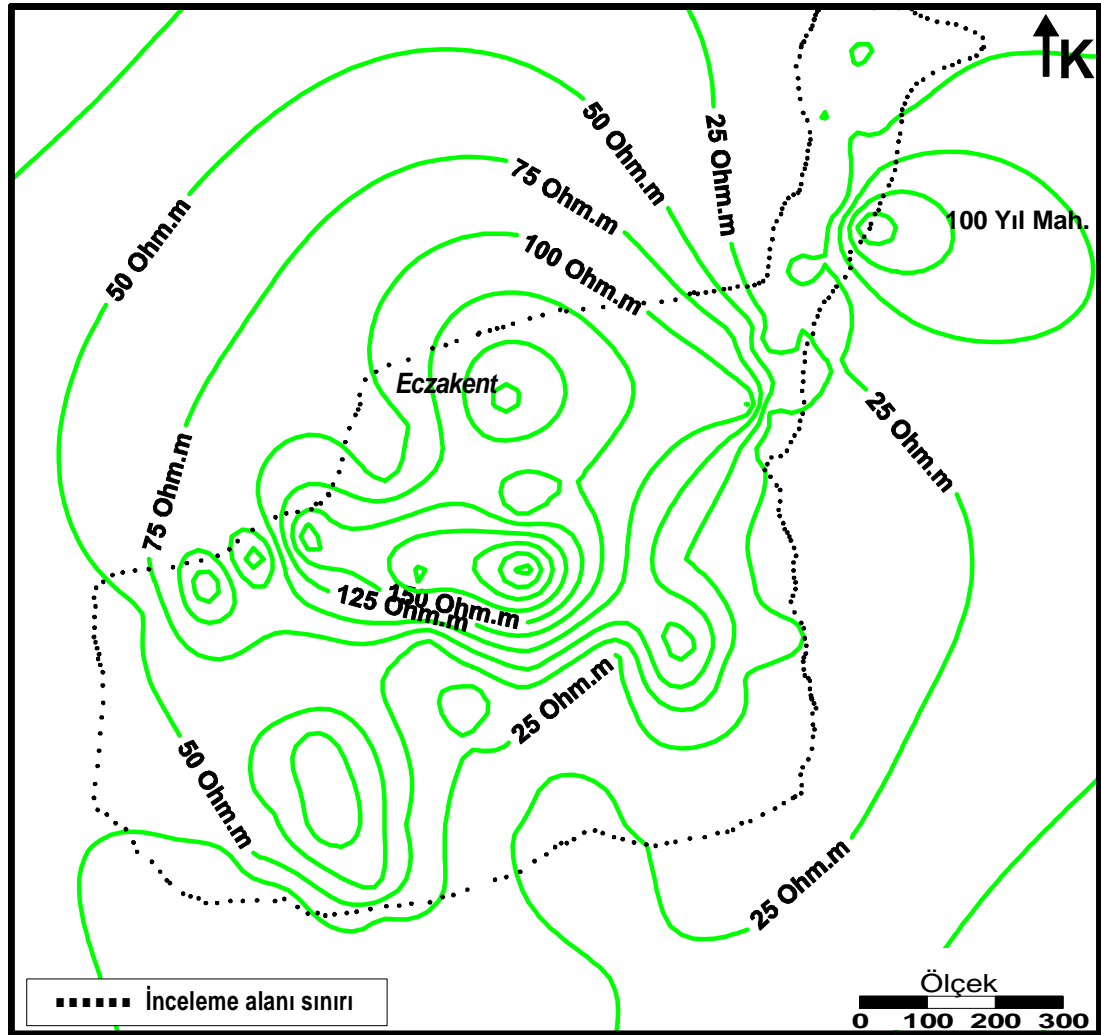
AB/2 (m)	D81 (Ohm.m)	D82 (Ohm.m)	D83 (Ohm.m)	D84 (Ohm.m)	D85 (Ohm.m)	D86 (Ohm.m)	D87 (Ohm.m)	D88 (Ohm.m)	D89 (Ohm.m)	D90 (Ohm.m)
2	18.4	40.3	53	15.4	14.6	36.4	130.4	41.1	64.7	24.3
3	14.8	36.7	36.3	14.4	14	30.3	98	23.6	44.5	22.3
4	13.1	28.7	31.7	17.2	12.9	25.9	62.9	18	34	13.4
5	12.1	23.8	23.4	10.9	12.6	23.7	47.1	16.9	29.5	11.7
6	11.7	19.9	19.6	10.2	11.9	24	43.1	16.8	28.5	13.7
8	11.6	16.5	16.4	11.6	12.4	24.9	36.8	15.9	29.5	12.5
10	11.7	14.7	14.9	12.5	13	25.3	31	17	29.7	12.5
12	11.8	13.8	13.9	13	13.2	26.3	26.5	18	32.6	12.6
15	11.2	12.5	13.1	15.8	13.8	26.4	23.7	19.7	35.8	11.1
20	11	12.6	13	16.7	14.5	25.3	20.2	20.8	35.9	11.8
25	11	12.5	12.9	17.1	14.6	24.7	19	19.5	35.9	12.6
30	11.1	12.5	13.3	17.5	14.8	22.7	17	17.5	35.3	13.1
40	11.6	12.3	14.2	17.5	15.2	18.6	16	17.4	32.9	14.6
50	12.8	11.7	14.4	17.3	14.4	15.1	15.6	18.2	32.4	15.2
60	19.8	15.1	10.7	14.6	15.7	12.2	22.2	9.1	30.8	13.7
70	14.7	15.5	10	14.6	15.7	7.7	23.2	9.9	31.2	15.6
80	14.9	14.5	9.3	13.9	15.1	6.1	22.9			14.5
100	12.3	11.3	8.5	14.1	15.1	4.1	32.2			
125	12.9		7.3	13.3	14.6					

Çizelge 4.12'nin devamı

AB/2 (m)	D91 (Ohm.m)	D92 (Ohm.m)	D93 (Ohm.m)	D94 (Ohm.m)	D95 (Ohm.m)	D96 (Ohm.m)	D97 (Ohm.m)	D98 (Ohm.m)	D99 (Ohm.m)	D100 (Ohm.m)
2	20.8	18	6.6	10.7	10.8	24	58	45.1	34	56.9
3	16.9	15.6	6.7	12	15.7	25.8	41.4	34.8	30	51.4
4	13.9	12.9	6.9	12.1	17.5	27.2	32.5	29	28.7	45.9
5	14	11.7	6.9	11.1	17.3	26.6	28.4	166.6	29.3	40.5
6	13.4	10.9	7.4	10.1	19	26.4	26.7	20.5	29.2	35.7
8	13.8	10	8.2	9.9	20.3	26.1	26	474.8	23.5	30
10	14.2	8.7	9.1	10.2	22.6	25.2	26.3	993.5	20.3	24.6
12	11	8.9	9.6	10.5	22.8	24.6	26.7	1704	18.1	20.8
15	13.5	8.7	10.9	10.9	23.9	24	26.8		15.7	24.3
20	13.9	9.2	13.5	12.1	24.4	23.3	30		13.9	16.3
25	14.9	10	15.9	13.1	24.6	22	23.3		13.6	14
30	15.3	10.9	18	7	24.1	21.5	21.6		13.7	12.7
40	15.2	12	20.7	9.4		18	18.7		14.5	
50	17.1	13.2	21.2	10			15.8			
60	16.3	13.9	18.4	9.9			12.4			
70	15.7	14.9	17.1	5.1			9.3			
80	15.2	14.8	16	7.7			6.3			
100	14.7	14.8	14							
125	14.3	13.6	12.2							

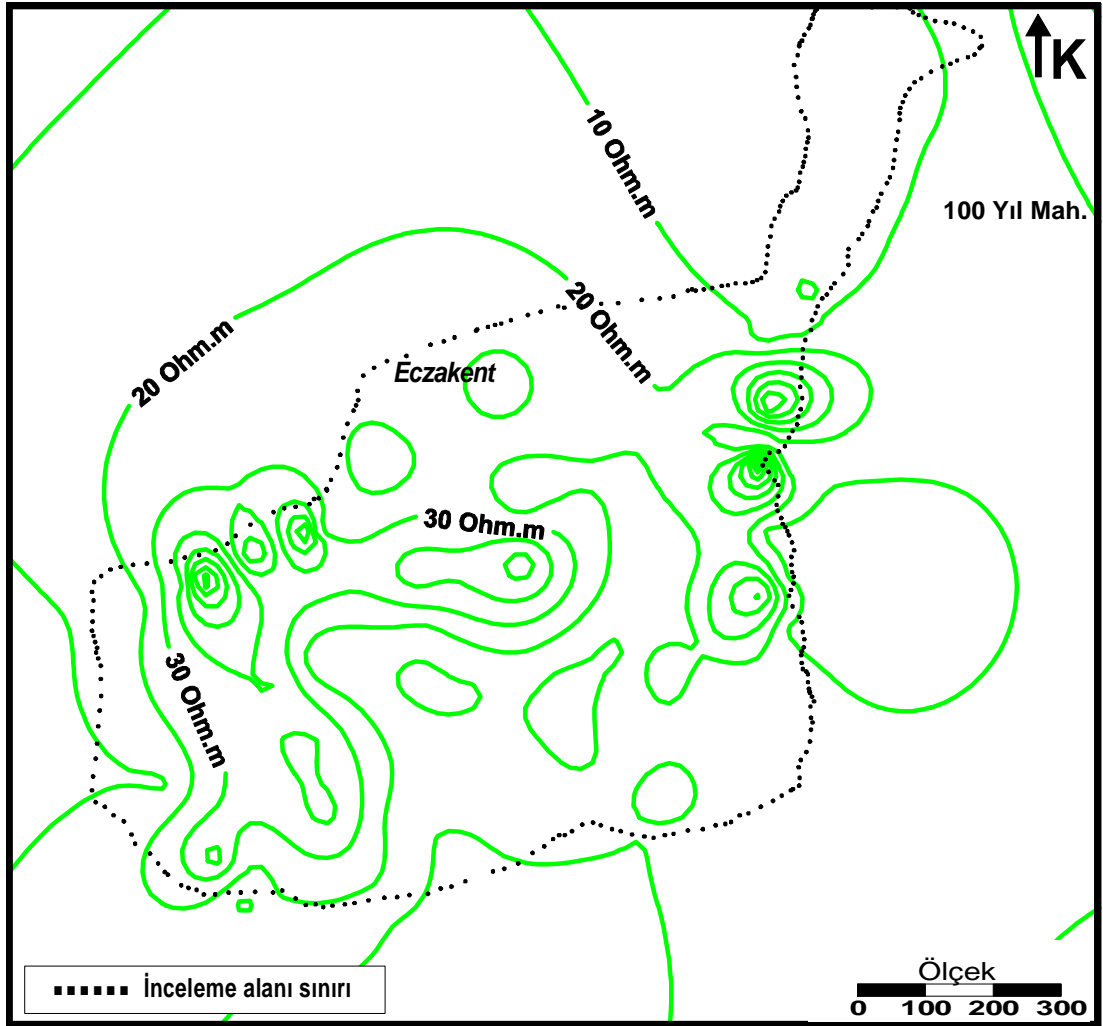
Derinlikle değişen görünür öz direnç değerlerinin oluşturduğu arazi eğrileri elden ve farklı bilgisayar değerlendirme yazılımları yardımı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda oluşturulan arazi eğrileri ve tabaka modelleri ile bunlara ait öz direnç değerleri ve kalınlıklarından hareketle inceleme alanının derinlikle değişen eşrezistivite dağılım eğrileri çıkarılmıştır. Farklı derinlikler için çizilen dağılım eğrileri, ancak inceleme alanı sınırları içinde gerçek değerlerdedir, alanın dışındaki uzanımları tahmini olup herhangi bir amaçla referans alınmamalıdır.

İnceleme alanında uygulanan DES (Düşey Elektrik Sondaj)'larda ölçülen görünür rezistivite değerlerinden (Çizelge 4.12) elde edilen gerçek rezistivite değerlerinin, 2 m derinlik için eşrezistivite dağılım eğrileri Şekil 4.31'de verilmiştir.



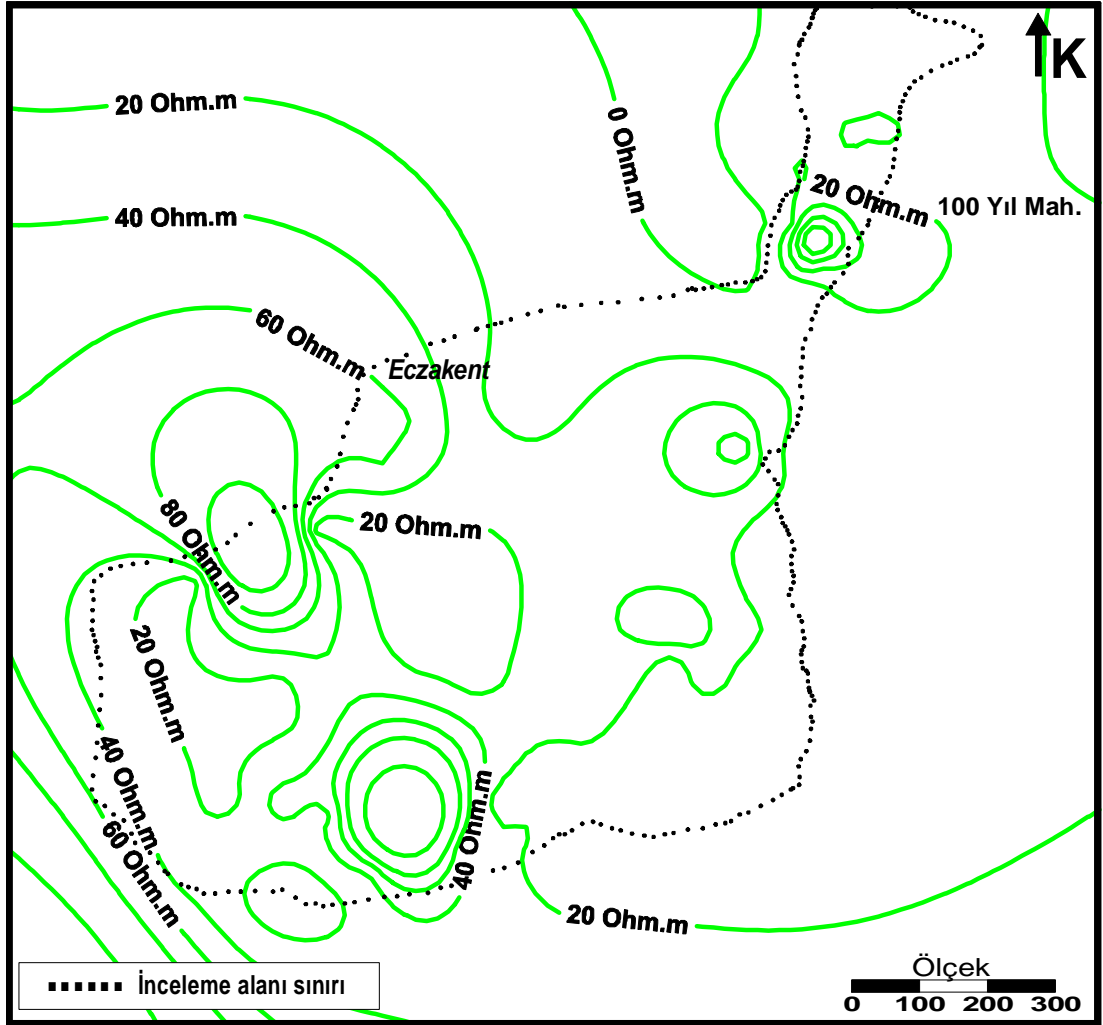
Şekil 4.31. 2m derinlik için inceleme alanı eşrezistivite dağılım eğrileri

İnceleme alanı DES uygulamalarıyla elde edilen gerçek rezistivite değerlerinin 5 m derinlik için eşrezistivite dağılım eğrileri Şekil 4.32a'de verilmiştir.



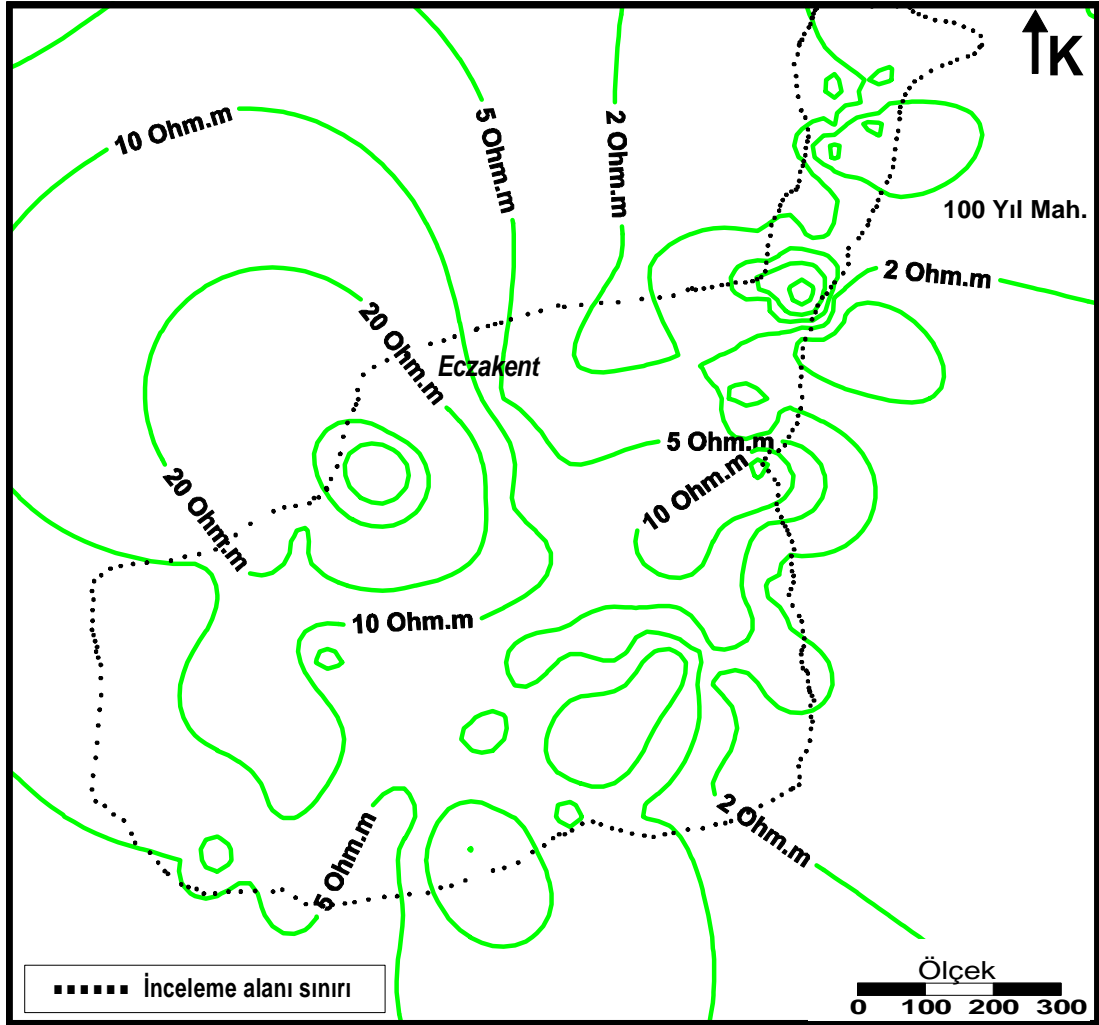
Şekil 4.32a. 5m derinlik için inceleme alanı eşrezistivite dağılım eğrileri

İnceleme alanı DES uygulamalarıyla ölçülen gerçek rezistivite değerlerinin 10 m derinlik için eşrezistivite dağılım eğrileri Şekil 4.32b'de verilmiştir.



Şekil 4.32b. 10m derinlik için inceleme alanı eşrezistivite dağılım eğrileri

İnceleme alanında ağırlıklı olarak Handere Formasyonu'nun oluşturduğu anakaya birimlerin eşrezistivite dağılım eğrileri ise Şekil 4.32c'de verilerek, inceleme alanı zeminlerin geneline ait düşey ve yanal öz direnç değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 4.32c. İnceleme alanı anakaya seviyesi eşrezistivite dağılım eğrileri

Ölçülen rezistivite eğrileri değerlendirilirken, çalışma alanının büyük kesiminde yüzeyi oluşturan ve haritalanan (bkz. Şekil 4.2 jeoloji haritası) kalıcının sert kısım, yumuşak kısım, kumlu-çakıllı karbonat çimentolu veya kil çimentolu konglomeratik birimler olarak, 10 Ohm.m ile 267 Ohm.m arasında değişen öz direnç (rezistivite) değerleri verdiği gözlenmektedir. Kaliçi ve dere boylarında gözlenen ince, genç alüvyon birimlere kıyasla, çalışma alanında bu birimlerin altına gelen ve anakayayı oluşturan Handere Formasyonu, aşırı jipsli ve jips eriyikli 0,3 Ohm.m gibi çok düşük öz dirençli kesimler ile, bozmuş yüzeylenmiş kiltası kumtaşı molozlarının ağırlık kazandığı kısımları 35 ohm.m'lere varan değerler arasında değişen öz direnç değerleri almaktadır (Çizelge 4.13).

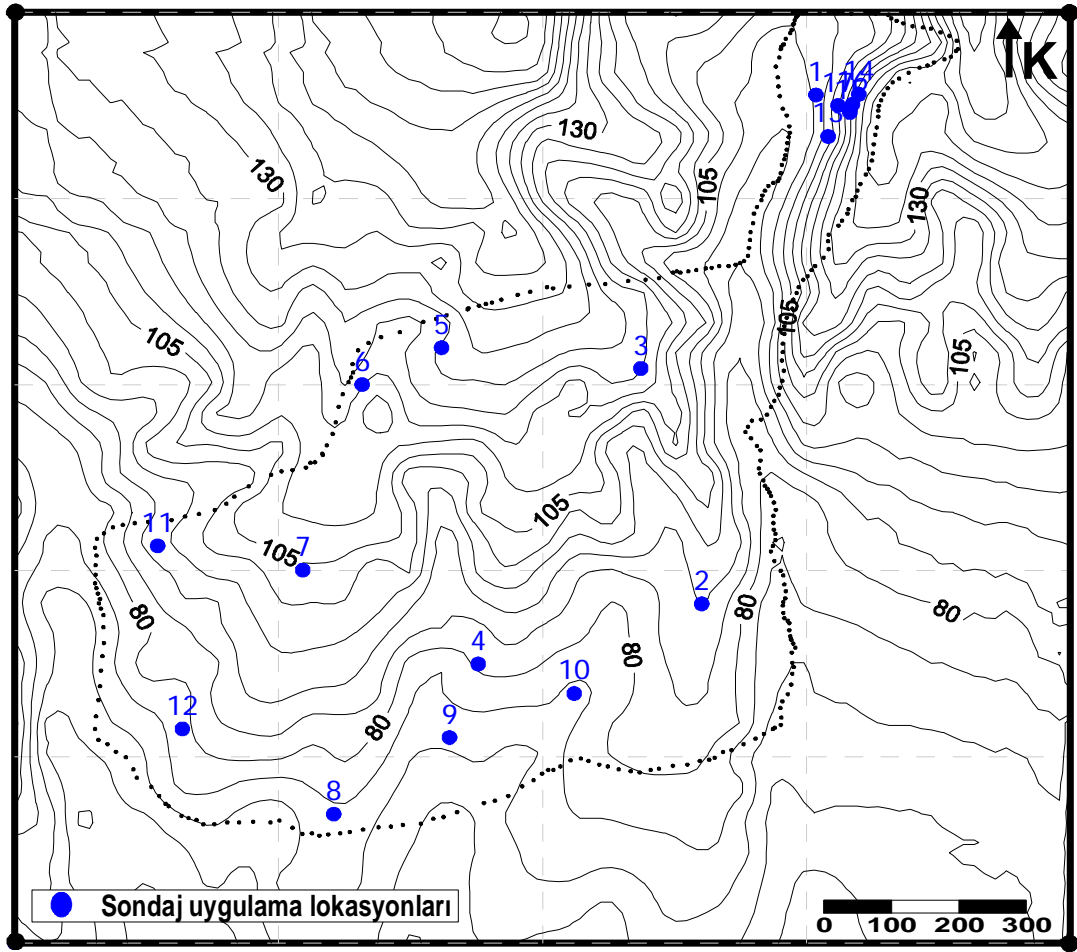
Çizelge 4.13. İnceleme alanındaki birimlerin özdirenç değerleri

Litoloji	Özdirenç (rezistivite)
Kaliçi (killi, kalkerli, karbonatlı kaliçinin sert kısımları, yumuşak kısımları, kumlu-çakıllı karbonat çimentolu veya kil çimentolu konglomeratik kısımları)	10-267 Ohm.m
Alüvyon (dere boylarında, genç, ince kalınlıkta, kil, silt, kumlu seviyeler)	5-35 Ohm.m
Handere (Kil, marn, bu birimlerin jips içerikli bozuşmuş yüzey kesimleri ve kiltası, silttaşı, kumtaşı ardalanmaları)	0,3-35 Ohm.m

4.3. Jeoteknik Çalışmalar

4.3.1. Sondaj Çalışmaları ve Arazi Deneyleri

İnceleme alanında, temel zeminine yönelik mühendislik özelliklerinin tanımlanması ve elde edilen veriler ışığında, gerek saha genelinde gerekse heyelanlı kesimde, derinlikleri 10 ile 15 metre arasında değişen 17 adet zemin araştırma sondajı açılmıştır. İnceleme alanı zeminin litolojik, indeks ve özelliklerinin elde edilmesi amacıyla açılan bu sondajların, inceleme alanı içerisindeki yerleri Şekil 4.33'de verilmiştir.



Şekil 4.33. İnceleme alanındaki zemin sondaj uygulama lokasyonları

Sondaj derinlikleri ve sondaj ilerlemelerinde geçilen zeminlerin litolojileri, YAS (Yer Altı Suyu) durumları ile koordinatları Çizelge 4.14’de, verilmiştir.

Çizelge 4.14. Zemin araştırma sondajlarının, koordinatları, derinlikleri, YAS durumu ve litolojileri

SK NO	derinlik	LİTOLOJİ	YAS	X	Y
SK-1	15,00	0,00-0,20	-	432329	4102634
		0,20-5,50			
		5,50-15,00			
SK-2	15,00	0,00-0,20	-	431983	4100993
		0,20-6,60			
		6,60-15,02			

Çizelge 4.14' ün devamı

SK NO	derinlik	LİTOLOJİ		YAS	X	Y
SK-3	15,04	0,00-0,30	Bitkisel toprak	-	431798	4101752
		0,30-6,60	Orta sert kaliçi	-		
		6,60-15,04	Kaliçi+Karbonat çimentolu konglomera	-		
SK-4	15,11	0,00-0,40	Bitkisel toprak	-	431305	4100799
		0,40-5,50	Orta katı-Katı siltli kil	-		
		5,50-9,60	Çok sert kaliçi	-		
SK-5	15,02	0,00-0,40	Bitkisel toprak	-	431194	4101819
		0,40-8,00	Altere kaliçi	-		
		8,00-15,02	Çok sert konglomera ara bantlı kaliçi	-		
SK-6	15,04	0,00-0,40	Bitkisel toprak	-	430953	4101700
		0,40-5,50	Orta boyutlu, iri kumlu çakıl	-		
		5,50-15,04	Çok sert konglomera ara bantlı kaliçi	-		
SK-7	15,06	0-0,25	Bitkisel toprak	-	430773	4101102
		0,25-4,20	Sert siltli kil	-		
		4,20-8,20	Aşırı altere kaliçi	-		
SK-8	10,58	0-0,25	Bitkisel toprak	-	430867	4100315
		0,25-5,00	Killi çakıl	-		
		5,00-10,58	Kil çimentolu konglomera	-		
SK-9	10,58	0-0,25	Bitkisel toprak	-	431218	4100562
		0,25-4,20	Sert kil	-		
		4,20-8,40	Sert kaliçi	-		
SK-10	15,00	0-0,25	Bitkisel toprak	-	431596	4100704
		0,25-2,00	Sert siltli kil	-		
		2,00-10,50	Çok sert kaliçi	-		
SK-11	15,00	10,-15,00	Kaliçi, Karbonat çimentolu konglomera	-	430333	4101180
		0-0,25	Bitkisel toprak	-		
		0,25-4,00	Sert siltli kil	-		
SK-12	15,00	4,00-8,00	Bloklu çakıl	-	430408	4100590
		8,0- 15,00	Kiltaşı-Killi marn	-		
		0-0,25	Bitkisel toprak	-		
SK-12	15,00	0,25-7,00	Sert siltli kil	-	430408	4100590
		7,00-15,00	Kiltaşı-Kumtaşı ardalanması	-		

Çizelge 4.14' ün devamı

SK NO	derinlik	LİTOLOJİ		YAS	X	Y
SK-13	15,00	0-0,30	Bitkisel toprak	-	432366	4102500
		0,30-7,50	Katı-Çok katı kil	-		
		7,50-15,00	Jips parçaları içerikli kilitaşı	-		
SK-14	15,00	0-0,30	Bitkisel toprak	artzy	432459	4102636
		0,30-6,80	Katı kil	-		
		6,80-15,00	Jips parçaları içerikli Kilitaşı-Marn	-		
SK-15	15,00	0-0,30	Bitkisel toprak	-	432432	4102577
		0,30-7,50	Siltli kil	-		
		7,50-10,50	Jips parçaları içerikli altere kilitaşı	-		
		10,50-15,00	Jips parçaları içerikli kilitaşı	-		
SK-16	15,00	0-0,30	Bitkisel toprak	-	432440	4102604
		0,30-7,50	Katı-Çok katı kil	-		
		7,50-15,00	Jips parçaları içerikli kilitaşı	-		
SK-17	15,00	0-0,25	Bitkisel toprak	-	432396	4102600
		0,25-6,50	Katı-Çok katı kil	-		
		6,50-15,00	Jips parçaları içerikli kilitaşı	-		

Zemin sondaj çalışmalarında, zeminin mukavemeti hakkında genel bilgi edinmek amacıyla, zemindeki ilerlemeyle beraber, her 1,5 metrede standart penetrasyon testleri (SPT) uygulanmıştır, (SPT deneyinde standart bir uç (aynı zamanda numune alıcı) üzerine 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 76 cm yükseklikten serbest düşürülmesi ile zemine 15 cm'lik kademelerle toplam 45 cm girdirilinceye kadar, gereken darbe adedi tespit edilir. Örselenmeden ötürü ilk 15 cm'lik kısım dikkate alınmaz, son iki kademedeki düşüş sayıları toplamı zeminin SPT-N sayısı olarak değerlendirilir. Blok ya da çakıl boyutunda daneler içeren zeminlerde, çok sıkı (sert) zeminlerde deney yapılması halinde hedeflenen derinliklere girilemediği durumlarda, deney sonucu refü olarak belirtilerek deneye son verilir. İnceleme alanında açılan sondajlarda yapılan SPT deneylerinin sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir. Sondaj uygulamalarında, inceleme alanı zeminlerinin indeks özelliklerini belirlemek için, laboratuvar deneylerine tabi tutulmak üzere bozulmuş ve bozulmamış numuneler alınmıştır.

İnceleme alanında açılan zemin sondaj kuyularına ait, loglar EK-1'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. SPT N₃₀ değerlerinin derinlikle değişimi

	0-3m	3-4,5m	4,5-6m	6-7,5m	7,5-9m	9-10,5m	10,5-12m	12-13,5m	13,5-15m	15m
SK-1	78	63	71	R	R	R	R	R	R	R
SK-2	47	49	54	R	R	R	R	R	R	R
SK-3	51	44	52	66	R	R	R	R	R	R
SK-4	16	28	29	47	48	59	R	R	R	R
SK-5	29	34	44	46	58	R	R	R	R	R
SK-6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
SK-7	34	39	52	58	R	R	R	R	R	R
SK-8	R	45	R	R	R	R	R	-	-	-
SK-9	40	39	48	52	67	R	R	-	-	-
SK-10	31	47	79	83	R	R	R	K	K	K
SK-11	34	61	R	R	K	K	K	K	K	K
SK-12	54	85	R	R	K	K	K	K	K	K
SK-13	20	24	26	52	R	K	K	K	K	K
SK-14	23	26	26	48	R	K	K	K	K	K
SK-15	28	38	R	R	K	K	K	K	K	K
SK-16	17	26	36	43	R	K	K	K	K	K
SK-17	31	25	49	R	K	K	K	K	K	K

(açıklama: **R**: Refü, **K**: Kaya özelliğinde litoloji)

Açılan zemin sondajlarında uygulanan SPT deneylerinde, SPT N₃₀ değerlerinin derinlikle değişiminin gösterildiği Çizelge 4.15'e bakıldığında, SK-6'nın yüzeyden itibaren, SK-8'in 2. kademe hariç yüzeyden itibaren refü verdiği, diğer kuyularda ise genelde en fazla 10.50 m derinliklerde (SK-4 de, N₃₀ = 59) sayılabildiği, sonraki değerlerde refü verdiği gözlenmektedir.

İnceleme alanı SPT verileri genelleştirilecek olursa,

0.00-3.00 m'ler arasında, N₃₀ = 17-78 aralığında

3.00-4.50 m'ler arasında, N₃₀ = 24-85 aralığında

4.50-6.00 m'ler arasında, N₃₀ = 26-79 aralığında

6.00-7.50 m'ler arasında, N₃₀ = 43-83 aralığında

7.50-9.00 m'ler arasında N₃₀ = 48-67 aralığında

değerler almaktadır. İnceleme alanı zeminleri, litolojileri gereği kohezyonlu veya kohezyonsuz özelliktedirler. Terzaghi ve Peck, SPT darbe sayıları ile kohezyonsuz zeminler için relatif sıkılık, nisbi yoğunluk ve kohezyonlu zeminler için kıvam, serbest basınç değerleri arasında bağıntılar olduğunu belirlemişlerdir (Çizelge 4.16 Şekercioğlu, 2007'den). Yine, inceleme alanı SPT verilerinden hareketle, bağıl

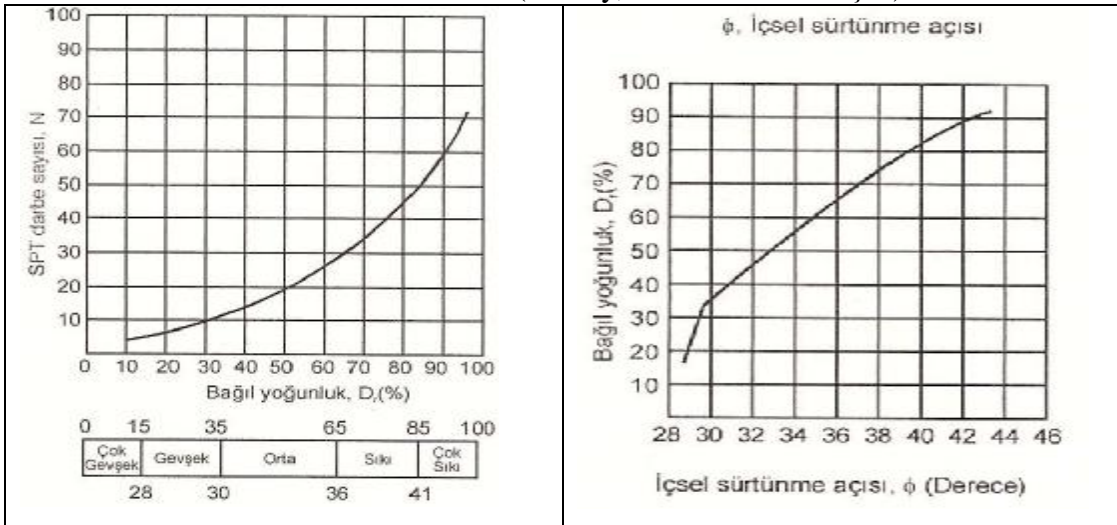
yoğunluğun ve buna bağlı olarak da içsel sürtünme açısının alabileceği değerlerin kestirimi, Ulusay, 2001'den alınarak düzenlenen, Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. SPT değerlerine göre kohezyonsuz zeminlerde, nisbi yoğunluk, relatif sıkılık, kohezyonlu zeminlerde kıvamlilik ve serbest basınç değerleri (Terzaghi ve Peck, Şekercioğlu,2007'den)

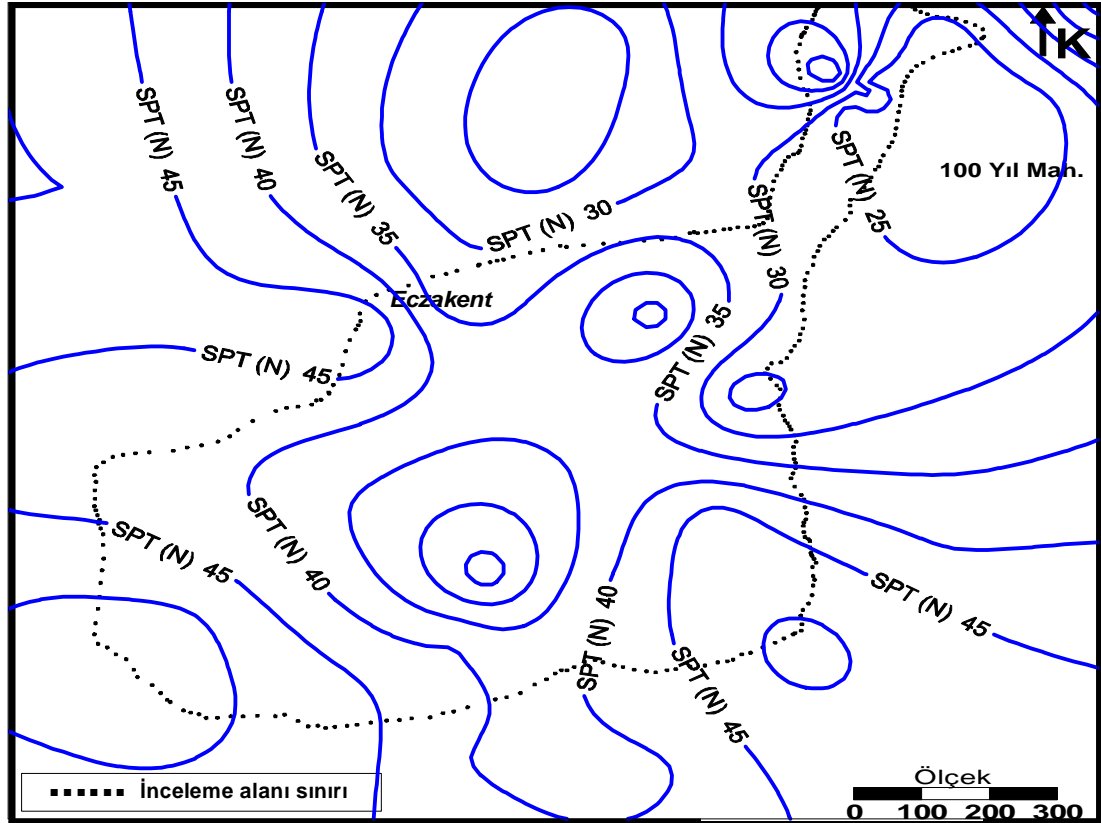
		N darbe sayısı	Nisbi Yoğunluk	Relatif Sıkılık
Kohezyonsuz Zeminler		4>	Çok gevşek	0,15>
		4-10	Gevşek	0,15-0,35
		10-30	Orta	0,35-0,65
		30-50	Sıkı	0,65-0,85
		50<	Çok sıkı	0,85<
		N darbe sayısı	Kıvamlilik	S. Basınç direnci (kg/cm ²)
Kohezyonlu Zeminler		2>	Çok yumuşak	0,25'den az
		2-4	Yumuşak	0,25-0,50
		4-8	Orta	0,50-1,00
		8-15	Katı	1,00-2,00
		15-30	Çok katı	2,00-4,00
		30<	Sert	4'den fazla

İnceleme alanı zeminlerine ait SPT değerleri, Çizelge 4.16 ile eşleştirildiğinde, kohezyonsuz kesimlerde orta, sıkı, çok sıkı, kohezyonlu kesimlerde ise katı, çok katı, sert kıvamlı özelliklerdedirler.

Çizelge 4.17. SPT-N darbe sayılarının, bağıl yoğunluğun ve içsel sürtünme açısının tahmininde kullanımı (Ulusay, 2001' den alınmıştır)



İnceleme alanında açılmış olan sondajlarda yapılan SPT deneylerinden, alanın geneli için 0-5 m aralığındaki derinliğe ait SPT(N) sayılarının ortalamalarından hareketle hazırlanmış, inceleme alanı SPT(N) sayıları dağılım eğrileri Şekil 4.34'de verilmiştir. Eğrilerin inceleme alanı sınırları dışındaki uzanımları tahmini olup referans alınmamalıdır



Şekil 4.34. inceleme alanı 0-5 m için ortalama SPT(N) sayıları dağılım eğrileri

4.3.2. Laboratuvar Deneyleri

İnceleme alanında açılan zemin araştırma sondaj kuyularından alınan bozulmuş ve bozulmamış zemin numuneleri üzerinde, zemin ve kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Likit limit (LL), plastik limit (PL), plastisite indisi (PI) ve dayanım testleri yapılarak, zeminlerin tane boyu dağılımı, türü, tabii birim ağırlığı, su içeriği, kohezyonu ve içsel sürtünme açıları gibi özellikleri belirlenmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Laboratuvar deneyleri

NO		1	2	3	4	5	6
Sondaj No		SK-1	SK-1	SK-1	SK-2	SK-2	SK-2
Numune No		UD-1	KAROT	KAROT	SPT-1	SPT-4	KAROT
Derinlik (m)		1,50-2,00	6,00-7,00	13,50-15,00	1,50-1,95	6,00-6,45	12,00-15,00
Dane dağılımı (Elek Analizi)	No:4 Geçen %	100	100	100	94	78	54
	No:200 Geçen %	99	99	99	23	47	33
Atterberg Limitler	LL %	57	56	56	NP	51	51
	PL %	26	25	25	NP	29	28
	PI %	31	31	31	-	22	23
SINIF		CH	CH	CH	SM	SC	GC
Özgül Ağırlık (Gs) t/m3		2,72					
Tabii B.H. Ağırlık (rn)		2,07					
Su Muh.(%) Wn		28,6	16,3	19,4	22,2	26,8	26,8
Üç eks	C Kg/cm2	2,07					
	... derece	5					
Konsolidasyon							
Şişme Yüzdesi (%)		1,65					
Srb Bas	C Kg/cm2						
	Qu kg/cm2						

Çizelge 4.18' in devamı

NO		7	8	9	10	11	12
Sondaj No		SK-3	SK-3	SK-3	SK-4	SK-4	SK-4
Numune No		SPT-2	KAROT	KAROT	SPT-1	SPT-3	KAROT
Derinlik (m)		3,00-3,45	10,58-12,00	12,00-15,00	1,50-1,95	4,50-4,95	9,45-12,00
Dane dağılımı (Elek Analizi)	89	86	74	77	88	98	54
	73	31	45	23	75	82	33
Atterberg Limitler	38	NP	42	30	55	53	51
	20	NP	21	17	29	28	28
	18	-	21	13	26	25	23
SINIF		CL	SM	SC	SC	CH	CH
Özgül Ağırlık (Gs) t/m3						2,68	
Tabii B.H. Ağırlık (rn)		20,6	17,9	16,0	14,7	23,9	17,0
Su Muh.(%) Wn							
Üç eks							
Konsolidasyon							
Şişme Yüzdesi (%)							
Srb Bas							

Çizelge 4.18'in devamı

NO		13	14	15	16	17	18
Sondaj No		SK-5	SK-5	SK-5	SK-6	SK-6	SK-6
Numune No		SPT-3	KAROT	KAROT	KAROT	KAROT	KAROT
Derinlik (m)		4,50-4,95	7,95-9,00	12,00-15,00	0,00-3,00	6,03-9,00	12,00-15,00
Dane dağılımı (Elek Analizi)	91	91	9	47	100	37	54
	73	60	7	24	12	1	33
Atterberg Limitleri	38	30	40	26			51
	28	21	25	23			28
	10	9	15	3			23
SINIF		ML	ML	GW-GM	GM	SM	GW
Özgül Ağırlık (Gs) t/m ³					2,70		
Tabii B.H. Ağırlık (r _n)							
Su Muh.(%) W _n		29,4	24,2	20,0	14,1	21,5	2,5
Üç eks							
Konsolidasyon							
Şişme Yüzdesi (%)							
Srb Bas							

Çizelge 4.18'in devamı

NO		19	20	21	22	23	24
Sondaj No		SK-7	SK-7	SK-7	SK-7	SK-8	SK-8
Numune No		SPT-1	SPT-5	KAROT	KAROT	SPT-2	KAROT
Derinlik (m)		1,50-1,95	7,50-7,95	10,55-12,00	13,50-15,00	3,00-3,45	5,00-6,00
Dane dağılımı (Elek Analizi)	77	100	28	77	32	83	54
	55	91	17	18	14	8	33
Atterberg Limitleri	38	26	54	32	30	32	51
	21	18	29	20	19	17	28
	17	8	25	12	11	15	23
SINIF		CL	CL	GC	SC	GC	SP-SC
Özgül Ağırlık (Gs) t/m ³							
Tabii B.H. Ağırlık (r _n)							
Su Muh.(%) W _n		9,1	14,4	9,9	19,7	8,8	14,7
Üç eks							
Konsolidasyon							
Şişme Yüzdesi (%)							
Srb Bas							

Çizelge 4.18'in devamı

NO	25	26	27	28	29	30
Sondaj No	SK-11	SK-12	SK-12	SK-12	SK-12	SK-13
Numune No	SPT-2	KAROT	SPT-1	SPT-2	SPT-3	UD-1
Derinlik (m)	3,00-3,45	7,00-7,50	1,50-1,95	3,00-3,45	6,00-6,37	2,50-3,00
Dane dağılımı (Elek Analizi)	100	3	99	94	100	54
	83	2	58	45	26	33
Atterberg Limitleri	53	20	NP		65	51
	28	12	NP		29	28
	25	8	-		36	23
SINIF	CH	GP	CL	SM	SM	CH
Özgül Ağırlık (Gs) t/m ³						
Tabii B.H. Ağırlık (r _n)	18,2					
Su Muh.(%) W _n		0,6	4,3	13,6	21,8	24,1
Üç eks					2,39	
					4	
Konsolidasyon						
Şişme Yüzdesi (%)						4,00
Srb. Bas						

Çizelge 4.18'in devamı

NO	31	32	33	34	35	36
Sondaj No	SK-13	SK-13	SK-14	SK-14	SK-15	SK-15
Numune No	SPT-3	SPT-4	UD-1	SPT-4	SPT-1	UD-1
Derinlik (m)	4,50-4,95	6,00-6,45	2,50-3,00	6,00-6,45	1,50-1,95	2,50-3,00
Dane dağılımı (Elek Analizi)	100	100	91	100	100	99
	99	99	74	99	91	98
Atterberg Limitleri	64	64	65	63	33	68
	30	27	29	29	19	29
	34	37	36	34	14	39
SINIF	CH	CH	CH	CH	CL	CH
Özgül Ağırlık (Gs) t/m ³			2,69			2,71
Tabii B.H. Ağırlık (r _n)			1,84			1,74
Su Muh.(%) W _n	20,9	21,5	38,0	26,0	14,1	44,5
Üç eks					0,21	
					2	
Konsolidasyon						
Şişme Yüzdesi (%)						0,05
Srb. Bas		0,19				
		0,37				

Çizelge 4.18'in devamı

NO		37	38	39	40	41	42
Sondaj No		SK-15	SK-16	SK-16	SK-16	SK-17	SK-17
Numune No		KAROT	UD-1	SPT-4	KAROT	SPT-3	KAROT
Derinlik (m)		12,00-15,00	2,00-2,50	6,00-6,45	12,5-13,00	4,50-4,95	10,50-11,00
Dane dağılımı (Elek Analizi)	100	48	1001	100	100	100	54
	99	33	99	99	98	99	33
Atterberg Limitler	67	66	65	65	61	64	51
	28	33	27	31	28	27	28
	39	33	38	34	33	37	23
SINIF		CH	CH	CH	CH	CH	CH
Özgül Ağırlık (Gs) t/m ³			2,72			2,66	
Tabii B.H. Ağırlık (r _n)			1,84				
Su Muh.(%) W _n		25,0	19,8	13,8	20,7	22,2	21,4
Üç eks							
Konsolidasyon							
Şişme Yüzdesi (%)							
Srb. Bas		0,29					
		0,58					

İnceleme alanı zemini, farklı özelliklerdeki, alüvyon, kaliçi, Handere birimleri veya bu birimlerin düşey (üstte, kaliçi veya alüvyon devamında Handere vb. gibi) ya da yanal geçişleri şeklindedir. Bu durum, zeminin kohezyon derecesini, kohezyonlu veya kohezyonsuz oluşunu, ortamın zemin ya da kaya niteliğinde oluşunu da belirlemektedir. Tüm bu farklılıklar daha yaygın olarak uygulanmış olan arazi SPT deneylerinde olduğu gibi, laboratuvar deneylerinde de kendini göstermektedir.

4.3.3. Zemin ve Kaya Birimlerin Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanı jeolojisi başlığı altında da genişçe değinildiği gibi, incelemesi yapılan bölgede, üç jeolojik birim ayırtlanabilmektedir. Bunlar alttan üste doğru, Handere Formasyonu, Kaliçi ve Alüvyondur.

Bu birimlerden en üstte bulunan Kaliçi; yüzeye doğru genellikle sert ve alt dokanağına doğru yüksek plastisiteli, parlak yüzeyli, dolgulu, çatlaklı ve kalker yumrulu killi seviyelerden oluşan yumuşak seviyeler içerir. İnceleme alanında çoğunlukla bitkisel toprak niteliği kazanmış, kahve renkli 0-50 cm gibi ince bir örtüyle kaplı (güney kesimlerde), bazen de yüzeyi açık (çoğunlukla kuzey kesimlerde ve yüksek kotlarda) sert birim, çok sayıda yatay ve yataya yakın ince çökelim bantlarından oluşur ve yüzeye doğru kitlesel görünüm kazanır, büyük oranda karbonatdan oluşan bu sert kısım orta sertlik ve dayanımda olup kaya özelliği taşımaktadır (bu durum, kalsit ve diğer çözümlerin yüzeyde yeniden kristalleşerek iyi bir tutturucu görevi yapmasından kaynaklanmaktadır). Alta doğru ise kalınlığı birkaç metreden 15 metreye kadar değişen katı-sert zemin özelliğindedir. Ancak yine bu alt kesimlerde, kaya niteliği kazanmış karbonat ve yer yer de kil çimentolu konglomeratik (konglomera görünümlü ancak, içeriğindeki tutturucu bileşenin zayıf olmasından dolayı, daha az dayanımlı) birimlerin yer aldığı (zemin sondaj logları, rezistivite ölçümlerindeki yüksek özdirenç değerleri, sismik hız değerlerinden de izlendiği gibi) gözlenmektedir.

Etüd alanında daha çok silt, ince kum, çakıl ve taraça niteliğinde (burada kaliçi olarak anılmıştır) genç alüvyonların oluşturduğu zeminler bölgedeki küçük dere boylarında yer almaktadır. Buralarda alüvyon zeminler genellikle bej renkli, çoğunlukla kahverenkli toprak görüntüsünde, yer yer kalınlığı 3 metreyi bulan kil-silt ve ince taneli kumlardan oluşmaktadır. Genellikle alttaki Handere Formasyonu'ndan türemiş olan bu alüvyon zeminler, gerek buralardaki kuru derelerin, gerekse yamaçlardan gelen sel sularının getirip biriktirmesi ile oluşmuşlardır.

Çalışma alanında, başlıca; çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, siltaşı ve çamurtaşından oluşan kaya türü zemin niteliğindeki Handere Formasyonu'nun üst kısımları bu birimlerin altere olmuş, bozmuş mukavemetini kaybetmiş, killi birimlerin ağırlık kazandığı zemin özelliğini almıştır. Ayrıca Handere Formasyonu'nun içerisinde yer yer su ile temas ettiğinde erime özelliği taşıyan jips mercekleri de bulunmaktadır. Özellikle 100.Yıl Senti'nin kuzeyindeki heyelanlı kesimde, heyelan sonrası oluşmuş, mevsimsel, küçük debili kaynakların civarındaki

yüzey tuzlanmaları ve açılan zemin sondajlarından (Sk-15) bu jipsli birimler gözlenebilmiştir.

İnceleme alanı doğu sınırlarında 100.Yıl Sitesi batı yamaçlarında Handere Formasyonu gri-bej renkli çamurtaşı ve krem renkli marn ar dalanması ile başlamaktadır. Çekiçle vurulduğunda çabuk dağılan, asitle bolca köpüren birim içerisinde de jips mercekleri gözlenmektedir.

İnceleme alanı zeminlerinin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla açılan zemin araştırma sondajlarında, uygulanan SPT deneyleri ile alınan SPT numuneleri, uygun zeminlerde UD numuneleri ve karotlu ilerlemelerde alınan karot numunelerinden gerekli görülenler üzerinde yapılan deneyler ve deney sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

4.3.4. Birleşik Zemin Sınıfı

Birleştirilmiş zemin sınıfı, zeminlerin mühendislik açısından, değişik mühendislik uygulamalarında en yaygın olarak kullanılanıdır. Mühendislik açısından zeminleri sınıflandırmada amaç farklı zeminler arasında birbirine en yakın veya aynı mühendislik özelliklerine sahip olanları gruplandırma olarak tariflenebilir.

İnceleme alanı zemini, mühendislik sınıflandırması amacıyla zemin numuneleri üzerinde yapılan elek analizleri ve Atterberg limitleri deney sonuçları (likit limit, plastik limit, ve plastisite indisi) Çizelge 4.18’da her numune için ayrı, ayrı verilmiştir.

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre, deney sonuçlarından da görüldüğü gibi, çalışma alanı zeminlerin ince taneli zeminler olarak **CH** (yüksek plastisiteli kil), **CL** (düşük plastisiteli kil), **ML** (düşük plastisiteli silt), ince tane içerikli kaba taneli zeminler olarak **SM** (kumlu silt), **SC** (kumlu kil), **GC** (çakıllı kil), **GM** (çakıllı silt) ve kaba taneli olarak **GW** (iyi derecelenmiş çakıl), **GP** (kötü derecelenmiş çakıl) zemin sınıflarından oluşmaktadır.

İnceleme alanı zeminlerinin **LL**, **PL** ve su muhtevası **W(n)** değeri Çizelge 4.19’de verilen aralıklardadır.

Çizelge 4.19. inceleme alanı zemin sınıfları ve LL, PL,W(n) değerleri

Zemin Sınıfı	LL (%)	PL (%)	W (%)
CH	53-68	25-33	13,8-44,5
CL	20-38	12-21	4,3-20,6
ML	30-38	21-28	24,2-29,4
SM	NP	NP	13,6-22,2
SC	30-51	17-29	14,7-26,8
GC	51-54	19-28	8,8-24,2
GM	26-40	23-25	14,1-20
GW-GP	-	-	0,6-2,5

4.4. Depremsellik ve Afet Durumu

Burada inceleme alanının içinde bulunduğu bölgenin depremselliği anlatılacak, bölgeyi etkileyen deprem kaynaklarına değinilecek, mevcut veriler ışığında inceleme alanı için deprem risk analizi yapılacaktır. Ayrıca inceleme alanının içinde bulunan, kısmen de olsa yerleşim yapılmış olan konut alanları ve konutları etkilemiş olan yersel ölçekteki heyelenli kesim anlatılacaktır.

4.4.1 Deprem Durumu

Yer küre yavaş, yavaş hareket eden 9 büyük levha ve 12 küçük levhadan oluşmaktadır. Bu levhalar mantodaki malzeme üzerinde hareket etmektedirler. Bu levhalar biri diğeri ile birlikte yan yana kayabilir (California), biri diğerinin altına dalabilir (Güney Amerika, Japonya) ve bir diğeri ile çarpışabilir (Hindistan ve Avrupa). Bu levhaların hareketi gerilme birikimine neden olur ve bu birikim fay (kırık) adı verilen zayıflık/süreksizlik zonları boyunca açığa çıkabilir.

Depremler, yerkürenin sınırlı bir alanındaki enerjinin aniden açığa çıkması ile oluşur. Deprem oluşumuna yönelik klasik yaklaşım, 1906'da San Fransisko depreminin gözle görünür etkilerinin incelenmesine dayanılarak Reid (1911)

tarafından Elastik Rebound (yenileme) Kuramı ile ortaya konmuştur. Bu kurama göre, bir fay ya da kırık, kayanın iki bloğunun sınırı olarak düşünülür. Yer kabuğundaki hareket bu iki bloğun yer değiştirmesini sağlayacaktır. Sürtünme kuvvetine ve çimentolamaya sahip kilitli fay blokları yakınında stres birikecektir. Zamanla süregelen hareket ile birlikte gerilmenin deformasyon sınırı aşıldığında hareket meydana gelecek, fay kayacak ve deprem olacaktır.

Faylar yer kürede levha sınırlarında, levha içlerinde her yerde oluşurlar fakat ana hareketin çoğu levha sınırlarında oluşmaktadır. Levha sınırlarından coğrafi olarak uzak bölgelerin düşük depremsellik alanları olarak sınıflandırma eğilimi vardır. Depremlerle oluşan zarar ya da hasar, depremin büyüklüğüne bağlı olduğu gibi, depremlerin oluşum konumuna bağlı olarak da değişebilir (Uzak alanlar, bir kent yakını, deniz kıyısı yada kıyı ötesi v.b.).

Depremlerin oluşumunun dünya genelinde ve ülkemizde belirli bir düzeni vardır. Levha tektoniği ile açıklanan bu düzen birçok gözlemle kanıtlanmıştır. Manto dediğimiz yer katmanının üzerindeki kabuk birçok levhadan oluşmakta ve bu levhalar hareket halindedir. İşte bu hareketler sırasında levha kenarlarında ve levha içlerinde enerji birikmekte ve kabuk mukavemetinin yenildiği anda enerji açığa çıkmakta ve depremler oluşmaktadır.

2001'de Hindistan'da oluşan Gujarat depremi 18.000 kişinin ölümüne yol açarak Buj ve Ahmedabat bölgelerinde büyük zararlara neden olmuştur. 2001'de oluşan benzer boyuttaki El Salvador depremi, büyük kentlerden uzakta, kıyı ötesinde oluşmuş ve 800 insanın ölümüne ve 4.500'den fazla insanın yaralanmasını ve 200.000'in üzerinde konutun yıkılmasına ya da hasar görmesine neden olmuştur. Benzer örnekleri çoğaltmak mümkündür.

Depremleri onların oluşum moduna göre sınıflamak yararlıdır. Bunlardan en yaygını **tektonik deprem**'lerdir. Bunlar, çeşitli yersel kuvvetlere bir karşılık olarak kayacın aniden kırılması ile oluşurlar. Tektonik depremler yer içini incelemek amacıyla bilimsel olarak ve büyük hasar oluşturması nedeniyle de sosyal olarak büyük öneme sahiptirler.

Bununla birlikte, depremler diğer yollar ile de oluşur. İyi bilinen diğer bir tür, **Volkanik Erüpsüyon**'larla ilişkilidir. Gerçekten bugün bir çok insan depremlerin

birincil olarak volkanik aktiviteyle bağlantılı olduğunu düşünürler. Bu düşünce, Akdenizde oluşan depremlerin ve volkanların oluşumunu ortak bir kavramla açıklayan Grek filozoflarına kadar gitmektedir. Günümüzde hala volkanik aktiviteyle ilişkili olarak volkanik erüpsiyonlar vardır fakat bu erüpsiyonlar ve depremler her ikisi de kayalardaki tektonik kuvvetlerin bir sonucudur ve birlikte oluşmaları gerekli değildir. Volkanik depremlerdeki dalga oluşma mekanizması muhtemelen tektonik depremlerdekine aynısıdır. **Çöküntü Deprem**'leri üçüncü kategoriye oluşturmaktadır. Bunlar yeraltı boşlukları ve madenlerde oluşan küçük depremlerdir. Sonuncu tür kategori insanlar tarafından oluşturulan **Yapay Deprem**'lerdir. Patlama depremi, kimyasal maddelerin patlaması ve nükleer aygıtlarla oluşturulurlar. Yeraltı nükleer patlamaları için dünya çapında çeşitli test alanları oluşturulmuş ve bunlar depremlere neden olmuşlardır.

Depremler yerin çeşitli derinliklerinde oluşabilirler. Derinliklerine göre depremleri sınıflandırabiliriz. Bunlar sığ (60 km'ye kadar), orta (60–300 km) ve derin (300 km'den fazla) depremlerdir. Çoğu şoklar yeryüzeyinin 60 'km lik derinliğinde oluşurlar.

Depremin büyüklüğü (Magnitüt), deprem sırasında açığa çıkan toplam sismik dalga enerjisiyle ilişkilidir ve sismograf kayıtlarıyla belirlenen pratik bir niceliktir. Magnitüd kavramı Richter (1935) tarafından ortaya konulmuştur. O zamandan beri kavram aşamalı olarak genişlemiş ve sonuçta çeşitli Magnitüd türleri ortaya çıkmıştır.

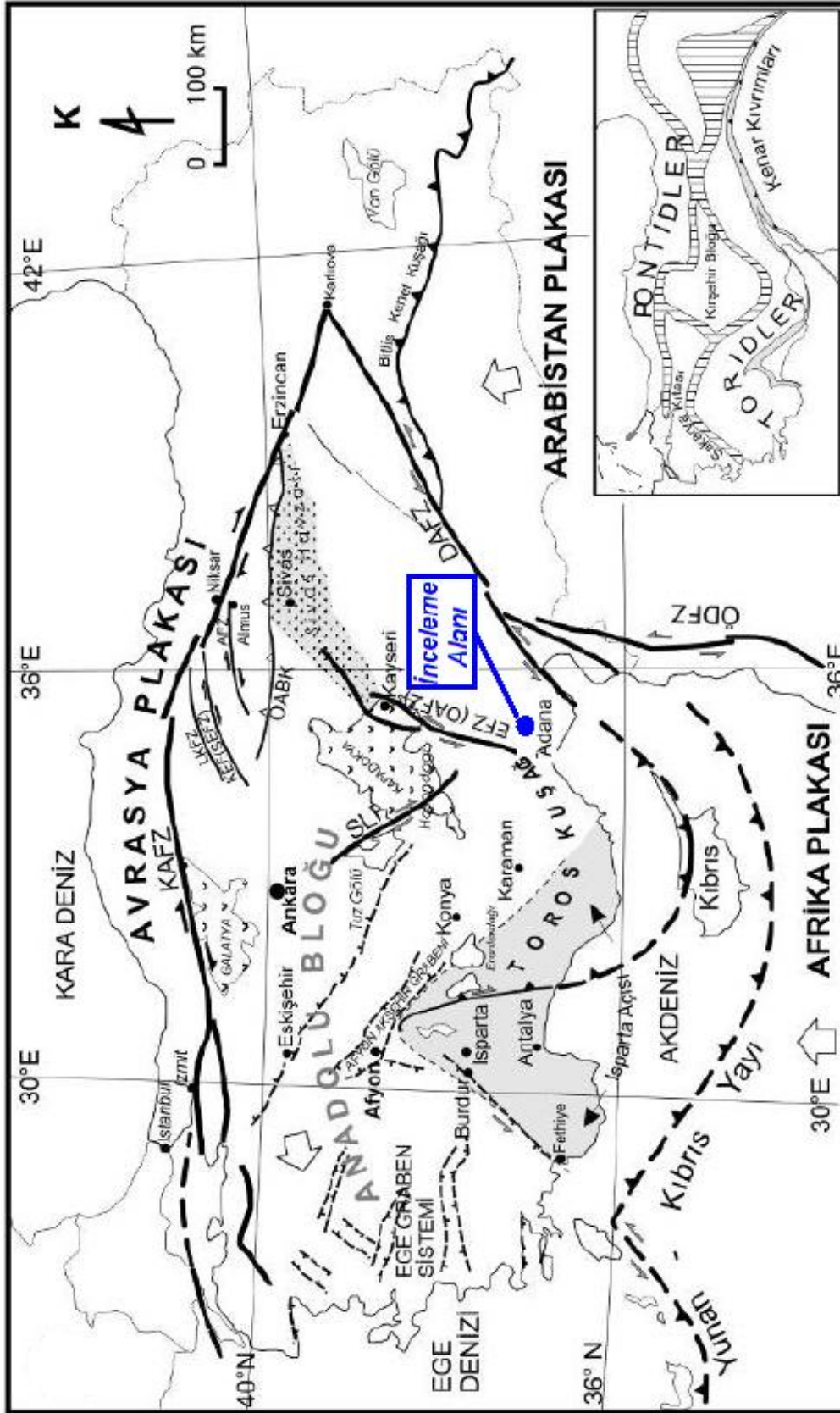
4.4.1.1. Bölgesel Tektonizma

Alfred Wegener'in (1915) "Kıtaların Kayma Teorisi" günümüz yerbiliminde büyük bir önemi olan levha tektoniği teorisinin gelişimine ön ayak olmuştur. Yeryüzünün tek parçadan oluşmadığını, kıtasal ve okyanusal litosferi bir arada bulduran levhalardan oluştuğunu ileri süren bu teori, söz konusu levhaların yüz binlerce ya da milyonlarca yıllık zaman aralıklarında santimetre/yıl ölçeğinde bir hareketliliğe sahip olduğunu kabul etmektedir. Bu hareketlilik levha sınırlarında ise farklı şekillerde gerçekleşmektedir. Söz konusu levhalar, bazı sınırlar boyunca kabuk

altındaki alt mantodan eklenen malzemeye zıt yönlerde doğru itilerek birbirlerinden ayrılabilen, bazı sınırlar boyunca da birbirlerine doğru itilerek biri diğerinin altına girebilmekte ya da sınırları boyunca kayarak yer değiştirebilmektedir. Levhalar ölçeğinde gerçekleşen bu hareket sırasında, özellikle birbirine yaklaşan sınırlarda veya sınıra yakın bölgelerde, bu hareketlilikten kaynaklanan sıkışma ve gerilmeler oluşmaktadır. Söz konusu sıkışma ve gerilmelerin kaya direncini aşması sonucunda kabuk kırılmakta ve yer sarsıntıları (depremler) meydana gelmektedir.

Depremsellik açısından, inceleme alanı ve çevresini etkileyen Karaisalı-Karsanti, Karataş-Osmaniye faylarının yanısıra başlıca ana kaynaklar, Doğu Anadolu Fay Zonu ile Ecemiş Fay zonudur.

İnceleme alanının bulunduğu bölge doğuda ve güneyde, Doğu Anadolu Fay Zonu, ve bunun güneybatı uzantılarıyla sınırlanan Afrika, Arabistan ve Anadolu Levhalarının oluşturduğu üçlü kavşağın çevresinde gelişen karmaşık bir kinematik mekanizmanın etkisinde bulunmaktadır (Şekil 4.35). Bu kinematik mekanizmada; Afrika'nın üç tarafındaki okyanusların tabanında (Mid. Atlantic, Antartic ve Karlsberg Sea Floor Spreading adı verilen) genişleme dolayısı ile Afrika kuzey batıya doğru ilerleyerek Akdeniz'in tabanını, İtalya'nın, Yugoslavya'nın, Yunanistan'ın, ve Türkiye'nin altına daldırarak, Akdeniz'i kapatmaya çalışmaktadır. Bu sırada Kızıldeniz, tabanındaki etkin rift çalışmasıyla açılmakta ve dolayısı ile Arabistan levhası, hem Afrika ile birlikte ilerlemekte, hem de saat yönünün aksine dönmektedir. Anadolu ise duran Avrasya ile Kuzey doğuya ilerleyen Afrika arasında sıkışmaktadır. Bu hareket şablonu en az 30 milyon yıldan beri süregelmekte ve bugünkü Akdeniz'in atası olan Neotethys Okyanusunun plastik özellikli kabuğu, Anadolu'nun güneyinde dalarken, üzerindeki volkanik, kimyasal ve biyolojik çökeller sıyrılarak Anadolu levhasının kenarına eklenmekte ve Toros dağlarını oluşturmaktadır. Bu nedenle Torosların ya da Munzur dağlarının tepesinde milyonlarca ton midye kabuğu veya sadece 5000 m derinlikte okyanus tabanında rastlanılan Harzburgit, Limburgit, Lertzolit dayakları mevcuttur. Bu sırada Karlıova'da birleşen, kabuk derinliğine kadar etkili olan iki adet fay (K.A.F.Z. ve D.A.F.Z.), aralarında 60° - 120° - 60° - 120° açılar yapacak biçimde çalışmakta ve sıkıştırmanın etkisi ile iki dar açı tarafında kalan levhalar yanlara doğru kamalama yapmaktadır.



Şekil 4.35. İnceleme alanının, Ecemiş Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Afrika, Arabistan ve Anadolu Levhalarının kesişim sınırlarına göre konumu (Tatar ve ark., 2000' den derlenmiştir)

Bu kamalama olayı sıkıştırılan plastik kabukta kural olarak hep bu şablonda gerçekleşir. Yeryüzünde ölümcül depremler üreten buna benzer kamalama şablonları, A.B.D’de San Andreas–Garlock, İran’da Zagros-Kirman, Afganistan, Kırgızistan’da Karakurum-Hindukuş, Çin’de (Burma) Çöngtu-Yunnan adlarını alırlar. Kıtaların kaymasının nedeni Astenosfer’deki konveksiyon döngüleri olup, sonuçları ise bize deprem ve yanardağ olarak yansıtılır (Kaynak, 2002; Güzel, 2008’den).

4.4.1.1.(1). Doğu Anadolu Fayı

Bölgenin sismisitesinin ana bileşeni sayılan Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Oral ve ark. (1995) Reilinger ve ark. (1997) ve McClusky ve ark. (2000) tarafından bölgede yürütülen Küresel Koordinatlama Sistemi (Global Positioning System-GPS) çalışmaları sonucu, Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki kayma hızı, sırası ile 10 ± 5 mm/yıl, 15 ± 3 mm/yıl ve 9 ± 1 mm/yıl olarak bulunmuştur. Kıyaslanacak olursa, Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki kayma-hızı ise Reilinger ve ark. (1997) tarafından 30 ± 2 mm/yıl, McClusky ve ark. (2000) tarafından ise 24 ± 1 mm/yıl olarak bulunmuş olup Anadolu Levhası bu iki fay arasında batıya doğru hareket etmektedir. Hareket miktarı Ege bölgesinde 30 ± 1 mm/yıl güneybatıya, Hellenic dalma-batma zonuna doğrudur.

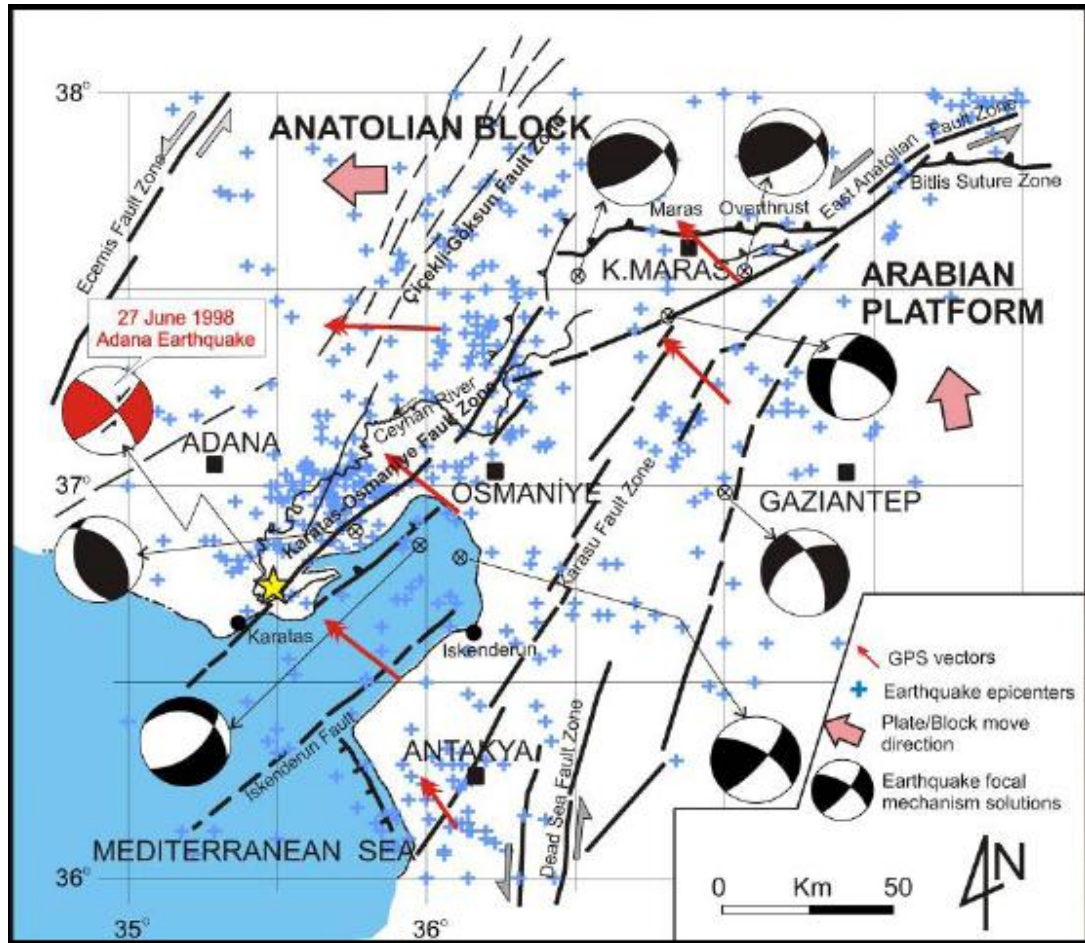
İnceleme alanını içeren bölgeyi etkileyen zondaki bu yer değiştirme, çarpışma-bindirme-sıkışma hareketleri, bölgeyi; ülkedeki tektonik hareketlerin mafsalsal noktası, deprem aktivitelerinin kaynak merkezi haline getirmektedir. Plaka hareketlerindeki göreceli hız farklılıkları, bölgedeki deformasyonun bir kısmının biryerlerde bir şekilde depolandığını, bariz bir şekilde ortaya koymaktadır (Reilinger ve ark., 1997; McClusky ve ark, 2000).

ABD Bilim Vakfı-NSF (Destek No: EAR-9804780), ABD PASSCAL Cihaz Merkezi, Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Fonu (Destek No: 99T206 ve M801) destekleriyle gerçekleştirilmiş, Doğu Anadolu Deprem Projesi çerçevesinde yapılan çalışmalar sonucunda ulaşılan bulgulara göre; Bölgedeki sismik aktivitenin genel olarak yerkabuğunun yüzeyden itibaren ilk 10 km’de meydana geldiği bununla

beraber Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde 32 km'ye varan derinlikde depremlerin gözlemlendiği, Deprem dış merkezlerinin dağılımının bölgedeki yüzey faylarıyla uyumlu olduğu fakat yüzey faylanması görülmeyen bölgelerdeki sismik aktivitenin muhtemel örtülü (gizli) faylarla açıklanabileceği, Mekanizma çözümlerinin bölgedeki yanal atımlı fay mekanizmalarına uyumlu olduğu sadece Palu'da bir ters fay çözümü görüldüğü, Bölgedeki kabuk kalınlığının daha önceden bilinenlerin aksine çok kalın olmadığı, Arap plakasından itibaren kuzeye Avrasya plakasına doğru gittikçe kısmi bir kalınlaşmadan söz edilebileceği, Çalışma bölgesini kapsayan alanda Sn dalgasının yayınmadığı, Lg dalgasının özellikle Arap plakasında ve Doğu Anadolu bölgesinde gayet iyi yayındığı, Doğu Anadolu Bölgesindeki Pn hızının çok düşük olduğu (7.8 km/s), Bölgedeki sismik anizotropinin, Avrasya litosferi ile kuzeydoğu veya güneybatı yönlü astonesferik akımlar arasındaki yatay diferensiyal hareketlerle açıklanabileceği, Bölgede litosferik mantonun hiç olmadığı ve kabuğun ince ve neredeyse astonesferik manto üzerinde oturduğu, Astonesferin sığ derinliklere yükselmesi sonucunda ortaya çıkan basınç serbestleşmesinin, teorik olarak ergimelere ve büyük miktarlarda magma oluşumuna neden olduğu görüşlerine varılmıştır (Türkelli ve ark., 2003)

Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yoğun olarak görülen deprem aktivitesinin, DAFZ doğrultusu boyunca, KAFZ ve DAFZ'nin kesiştiği Karlıova'nın kuzeydoğu yönünde devam ettiği gözlenir. Doğu Anadolu bölgesindeki depremlerin odak derinlikleri, depremlerin yerkabuğunun üst kısmında meydana geldiğini göstermektedir.

Doğu Anadolu fayı, kuzeydoğuda Karlıova birleşim noktasından başlar ve güneybatıda Türkoğlu kavşağına kadar devam eder. Türkoğlu kavşağında iki ana kola ayrılır (Şekil 4.36). Kuzeydeki kol Helenik-Kıbrıs yayı ile birleşirken güneyde kalan kolu ise Ölü Deniz Fayına doğru uzanır. Doğu Anadolu fayı, sismik olarak suskun olduğu zamanlarda, birleşik fayı olan Kuzey Anadolu fayı tarafından kuzeydoğu ucunun ötelenmesiyle, Karlıova birleşim noktasının güneybatısında birkaç küçük kol gelişmiştir. Güneydoğuda yer alan kol, kuzeybatıda olana göre daha gençtir (Tirifonov 1995). Doğu Anadolu fayının Karlıova'dan güneybatıya doğru



Şekil 4.37. DAFZ boyunca GPS vektörleri, plaka hareket yönleri, bazı depremlerin mekanizma çözümleri (Tatar ve ark., 2000; Güzel, 2008'den)

Doğu Anadolu fayında, 1900-Günümüz arasında oluşmuş depremlerin yer-zaman diyagramları çeşitli araştırmacılarca incelenmiştir. DAF, paleosismolojik olarak Kuzey Anadolu fayına büyük bir benzerlik göstermektedir. 1900-1993 yılları arasında oluşmuş depremlerin yoğunlaşma yerleri, bu fayın segmentleri hakkında kabaca bir fikir vermektedir. Doğu Anadolu fayı Şaroğlu ve ark. (1992) tarafından fay doğrultusundaki değişiklikler, sıçramalar ve boşluklar esas alınarak 6 ana segmente, Hempton ve ark. (1985) tarafından fay geometrisi ve sismisite temel alınarak 5 segmente, Barka ve Kadinsky-Cade (1988) tarafında ise fay geometrisi, sismisite ve yüzey kırılmaları esas alınarak 14 segmente ayrılmıştır. Doğu Anadolu fayı kuzeydoğu ucunda dönemsel olarak Kuzey Anadolu fayı tarafından kesilmesi sonucu, ana fay doğrultusuna paralel birkaç küçük faylanmalar gelişmiştir. Bu

faflanmalar, Karlıova birleşim noktasının güneybatısında açık bir şekilde görülmektedir.

Doğu Anadolu fayında aletsel dönemi kapsayan 1900 yılından günümüze kadar olan, yıkıcı ve hasar yapıcı depremlerin dışmerkez dağılımları, bu fay segmentlerinin sınırlarında yer alma eğilimi göstermiştir. Tarihsel kayıtlar, Doğu Anadolu fayının 1900' den günümüze kadarki dönemde olduğu gibi 1900'den önceki yüzyıl içerisinde de oldukça sakin bir sismik etkinlik göstermiştir. Dolayısıyla, bu fayda, önümüzdeki yüzyıl içerisinde Kuzey Anadolu Fayına benzer bir deprem serisine yol açması oldukça muhtemeldir. Bu fayda en azından 200 yıldır bir enerji birikimi olmaktadır. Bu açıdan sismik olarak oldukça yüksek bir potansiyel tehlike taşımaktadır.

Depremlerin yer-zaman diyagramı, fayın önce orta kısımlarına yakın bir yerden kırıldığını ve kırılmanın daha sonra doğu ve batı uçlarında yer alan segmentlerine doğru kaydığını göstermektedir. Faydaki ana sıkışma yönü KD-GB olarak elde edilmiştir.

Doğu Anadolu fayında son dört yüzyılda ve 1900 ile günümüz arasında oluşmuş yıkıcı deprem dağılımları ve mikrodeprem aktivitesi, Doğu Anadolu Fayının Karlıova-Ceyhan arasında kalan kısmında toplam 3 tane sismik boşluk bulunduğu işaret etmektedir. Bunlar;

Andırın sismik boşluğu (Ceyhan-Türkoğlu),

Türkoğlu sismik boşluğu (Türkoğlu-Çelikhan),

Hazar gölü segmenti'dir.

Doğu Anadolu fayı, yüzyılımızda da önceki yüzyıl içerisinde olduğu gibi sismik olarak oldukça suskun bir dönem geçirmektedir. Bu faydaki sismik boşlukların dağılımları, muhtemelen Kuzey Anadolu Fayındaki 1939-1967 deprem serisine benzer bir deprem serisinin önümüzdeki yüzyıl içerisinde oluşabileceğini göstermektedir. Bu fayın kısa bir süre içerisinde tamamen kırılmasına neden olabilecek 1939 Erzincan depremine benzer bir büyük deprem tetikleme rolü üstlenebilir. Bu yüzden Doğu Anadolu fayının bu işaret edilen sismik boşlukları civarında çalışmaların yoğunlaştırılması, deprem tehlikesinin belirlenmesi ve zararlarının en aza indirgenmesi açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.

Diğer taraftan, her üç sismik boşlukta özellikle başta Andırın civarında olmak üzere Ergani ve Hazar gölü civarında 1989 dan bu yana her yıl Ms:4.0 büyüklüğünde birkaç deprem oluşmuştur. Çetin ve ark., (2003) DAFZ'nun Hazar Gölü-Palu arasındaki kesiminde, yaşı 12620 ± 250 yıl olarak bulunan eski bir alüvyal fan ve yine benzer yaşta olabilecek bir fan üzerinde buldukları kuru bir dere yatağında sırasıyla 175 ve 160.5 m olarak ölçtükleri sol yönlü atımları kullanarak, segment üzerindeki yatay kayma hızını ortalama 11 mm/yıl olarak hesaplamışlardır. Aynı araştırmacılar düşey bileşenli hareket miktarının en fazla olduğu kesimin Hazar Gölü çevresi olduğunu ve bu kesimde bulunan düşey kayma hızının minimum 7,13 mm/yıl olduğunu ortaya koymuşlardır.

Dünyanın değişik bölgelerinde geçmişte oluşmuş depremler üzerindeki haberci olaylara (precursory) ait çalışmalar, kırılacak segment uzunluğu ile habercilerin süresi arasında doğrudan bir bağlantı olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Buna en iyi örnek olarak günümüzde meydana gelen 1 Ekim 1995 Dinar depremi verilebilir. Dinar depreminde 10 km uzunluğunda bir kırık oluşurken, haberci olaylar 30 gün öncesinde ortaya çıkmaya başlamıştır. Buradan hareket ederek Doğu Anadolu fayında sismik boşluklarda oluşması muhtemel haberci olarak nitelendirilebilecek Ms: 4.0 depremlerin 5-7 yıl öncesinde gözlenmeye başlanması, kırılacak uzunlukların oldukça uzun (100 km veya daha uzun) olabileceğine işaret etmektedir. Bu açıdan fayın bu bölümlerinin yeterli derecede yoğun bir gözlem altında bulundurulması yerinde olacaktır. Ayrıca bu sismik boşluklar üzerinde geçmiş son yüzyıl içinde (1900-günümüz) hasar yapıcı ve yüzey kırığı oluşturan büyük depremlerin meydana gelmemesi, bu bölgenin önemini daha da artırmaktadır.

Andırın sismik boşluğunu içine alan Adana-Ceyhan-Maraş yöreleri 290, 517, 524, 561, 1114, 1514 ve 1855 yıllarında şiddetleri V ile IX arasında değişen birkaç büyük deprem meydana gelmiştir.

Üzerinde yaklaşık olarak 115 yıldır ciddi yıkıcı büyük bir deprem oluşturmayan DAFZ sessizliğini korumakta ve enerji biriktirmektedir. Üzerinde çok sayıda sismik boşluk bulunan DAFZ'nun değişik kollarının yakın bir gelecekte yıkıcı depremlere kaynaklık etmesi kaçınılmazdır.

Doğu Anadolu Fay zonunun (DAFZ), her bir depremde kırılması beklenen belirgin bölümleri (segment) şunlardır;

Karlıova-Bingöl fayı; 65 km uzunluğundadır.

Palu-Hazar fayı; 50 km uzunluğundadır.

Hazar-Sincik fayı; 85 km uzunluğundadır.

Çelikhhan-Gölbaşı fayı; 50 km uzunluğundadır.

Gölbaşı-Türkoğlu fayı; 90 km uzunluğundadır.

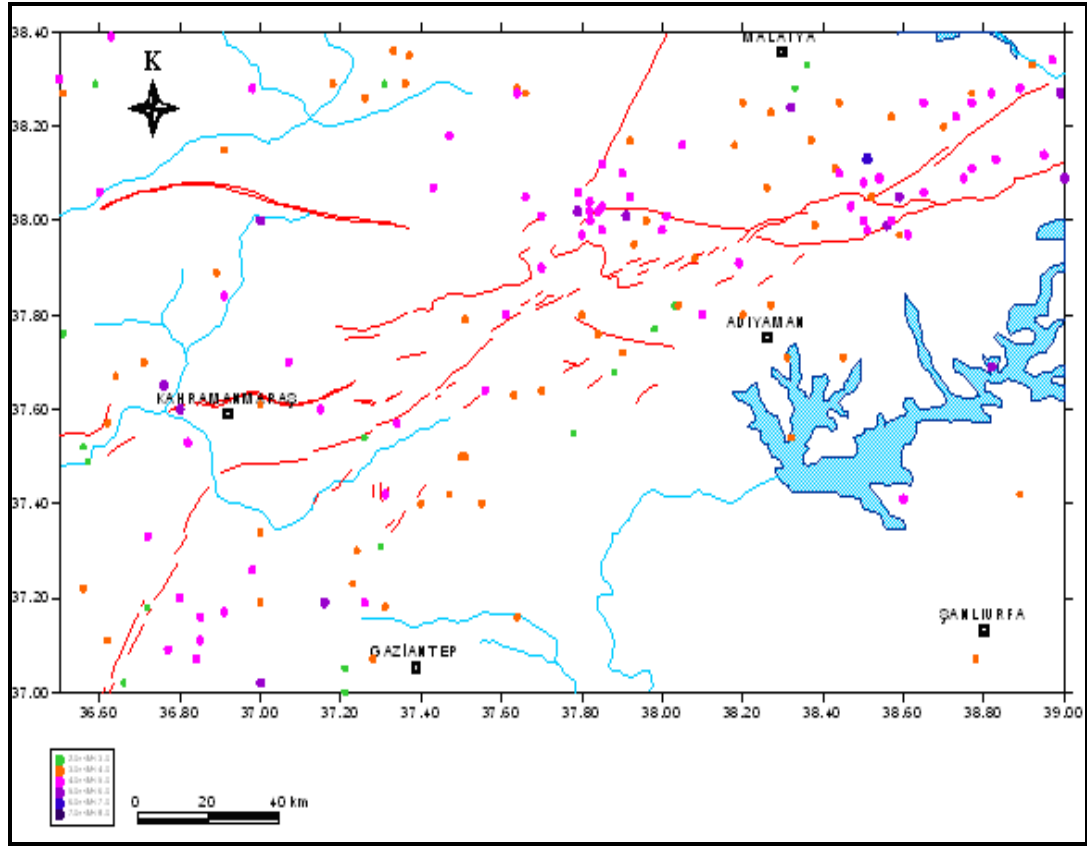
Türkoğlu-Antakya fayı; 145 km uzunluğundadır.

Karlıova-Antakya arasında uzanan DAFZ'nu farklı alt bölümler halinde değerlendirilecek olursa, DAFZ'nun çalışma alanını etkileyebilecek, segmentleri Gölbaşı'ndan batı ve güney-batıya uzanan kesimleridir.

Gölbaşı - Türkoğlu Arası;

Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı doğusunda, Perveri (Harmanlı) ile Türkoğlu arasında yer alan yaklaşık 90 km uzunlukta, K55D genel gidişli birçok paralel kırıklardan oluşan bölüm, Gölbaşı-Türkoğlu arası bölüm adı altında incelenmiştir (Şaroğlu ve ark. 1987). DAFZ, Erkenek GB'sında belirginliğini yitirir ve Gölbaşı doğusunda, Perveri yakınlarında tekrar belirgin hale gelir. Daha sonra GB'ya doğru Gölbaşı içinden geçer ve Türkoğlu'na kadar devam eder. Fay, Perveri-Sakarya arasında doğrusal, Sakarya-Elmalar arasında kuzeye doğru hafif iç bükey ve Türkoğlu'na uzanan kesimde ise güneye iç bükeydir. Bu bölümün batısında, ana fayın 7-10 km güneyinde, Narlı-Pazarcık-Haydarlı arasında DAF'a paralel ve birbirini tamamlayan Kahraman Maraş üzerinden geçen ikinci bir fay sistemi yer alır (Şekil 4.38).

Fay, Perveri yakınlarında Eosen yaşlı birimleri; Perveri-Gölbaşı arasında Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökelleri keser. Gölbaşı-Sakarya arasında yer alan 26 km uzunluktaki parça Gölbaşı havzasını güneyden sınırlar ve Kretase yaşlı birimler ile Pliyo-Kuvaterner ve güncel alüvyonları keser (Şaroğlu ve ark. 1987). Karaağaç-Türkoğlu arasında fay, Miyosen yaşlı birimler ile Kretase yaşlı birimleri ayırır. Karaağaç batısında, Miyosen yaşlı Karacadağ bazaltları ile Pliyosen yaşlı çökelleri keser. Buradan Türkoğlu yakınlarındaki Aksu çayına kadar olan kesimde, fay Kretase yaşlı birimler içinde uzanır ve yer yer travertenler izlenir.

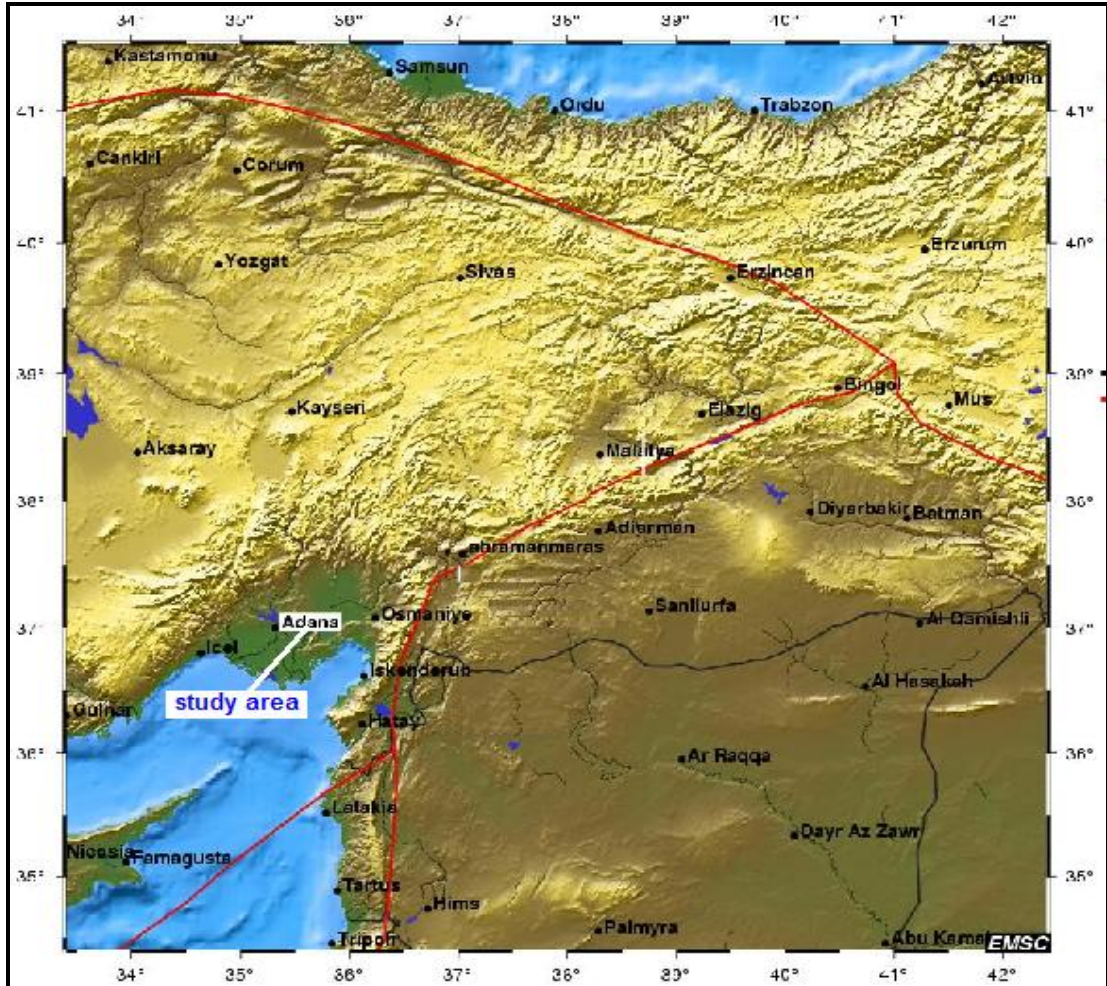


Şekil 4.38. Doğu Anadolu Fay Zonu güzergahı ve Kahraman Maraş civarında gözlenen ikinci bir kolu (MTA)

Şaroğlu ve ark. (1987), Gölbaşı havzasının güneyden DAF tarafından denetlendiğini, havzada yer alan akarsuların kesildiğini veya paralel akarsular haline dönüştüğünü ve havzanın kabaca K-G yönünde akan drenajın DAF tarafından sedlenmesiyle kapalı bir havza halini aldığını ileri sürmektedir. Yalçın (1979), Avanaşağı-Türkoğlu arasında, asılı vadiler, fay denetimli birikinti yelpazeleri, su kaynakları, fay vadecikleri, akarsu ötelenmeleri gibi morfolojik verilerin fayın diriliğini gösteren en önemli belgeler olduğunu bildirmektedir. Araştırmacı, Gökgeçit dere ve Gökdere vadilerinin tipik fay vadileri olduğunu ve fayın düşey bileşene sahip olduğunu rapor etmektedir. Ana fayın güneyinde, Narlı civarında yer alan fay, Aksu çayının alüvyonlarını sınırlandırmakta ve Köse çayının birikinti konisini kesmektedir (Şaroğlu ve ark., 1987).

Türkoğlu - Antakya Arası

DAFZ'nun Türkoğlu-Antakya arasında, yaklaşık 180 km uzunlukta ve 6-30 km genişlikte bir alan içerisinde uzanan bölüm, Türkoğlu-Antakya arası bölüm olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu ve ark. 1987). DAF, Türkoğlu yakınlarında, GB'ya doğru genel doğrultusunu değiştirerek güneye yaklaşır, Antakya çöküntüsü içine girerek ülke sınırlarının dışına çıkar (Şekil 4.39). Şaroğlu ve arkadaşları (1987), deprenselliğe bağlı olarak, Türkoğlu-Antakya arası bölümü, Türkoğlu-Kırıkhan arası, Antakya-Asi nehri arası ve Reyhanlı güneyi olmak üzere üç alt bölüme ayırmıştır.



Şekil 4.39. İnceleme Alanının Doğu Anadolu Fay Zonuna göre konumu ve fayın ülke sınırından itibaren güneye uzanımı (EMSC' den alınmıştır)

Türkoğlu - Kırıkhan Arası;

Türkoğlu'nun KKD'sun ile Kırıkhan'ın GB'sı arasında, yaklaşık 120 km uzunlukta, birçok birbirine paralel K34D genel gidişli kırıklardan oluşan bölüm, Türkoğlu-Kırıkhan arası bölüm olarak adlandırılmıştır. DAF, bu bölümde yer yer 3 km genişlikte bir zon içinde yer alır. Bu bölüm ile Gölbaşı-Türkoğlu arası bölüm arasında Aksu çayı vadisi bulunur. Bu iki bölüm arasında yaklaşık 3 km'lik bir sıçrama yer alır. Bu bölümün GB ucunu oluşturan Kırıkhan GB'sında fay morfolojik belirginliğini kaybeder ve Antakya'ya kadar izlenemez.

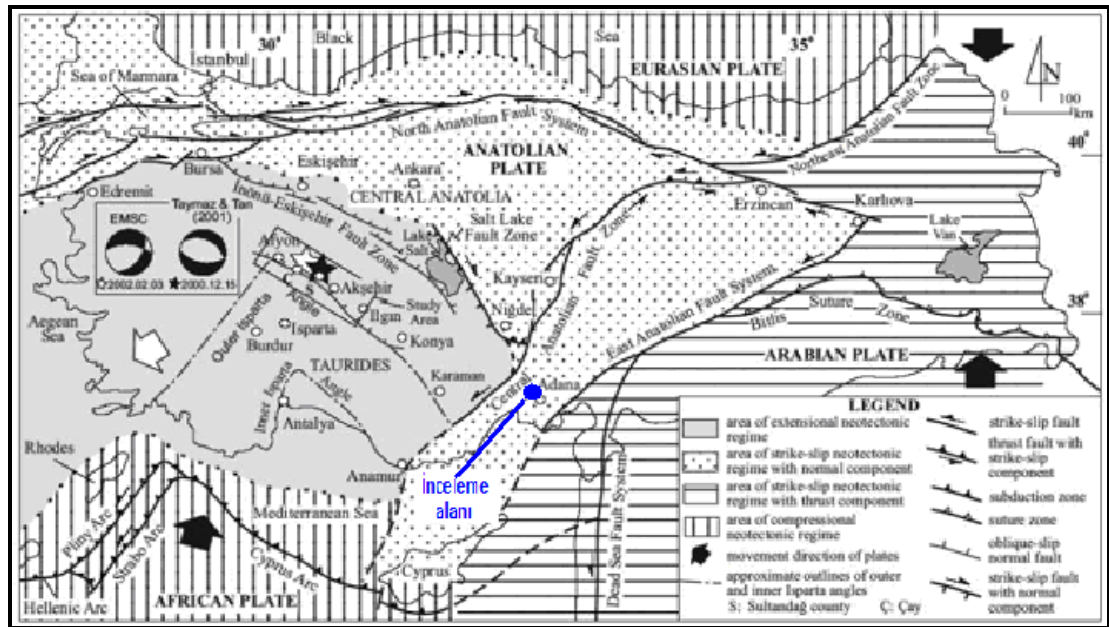
Fay, Türkoğlu-İslahiye arasında Amanos Grubu kireçtaşlarını keser ve bu birimler ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar arasındaki dokunak boyunca yer alır. İslahiye'den güneye 13 km'lik uzunluk boyunca fay, Üst Kretase yaşlı birimler içinden geçer. Daha sonraki 17 km'lik uzunluk boyunca belirgin olarak izlenemez. Hassa'dan güneye fay tekrar belirginleşir ve Kuvaterner yaşlı bazaltlar ile birikinti yelpazelerini keser. Güvenç batısında, Triyas-Jura-Kretase yaşlı birimler ile Kuvaterner yaşlı basalt ve alüvyonlar arasında dokanak oluşturur. Kırıkhan civarında Üst Kretase, Eosen birimleri ve Kuvaterner yaşlı çökelleri kesen fay, Kırıkhan'ın 5 km güneyinde tekrar belirginliğini yitirir. Kırıkhan-Antakya arası ise tamamen Kuvaterner yaşlı genç çökellerle örtülmüştür. Türkoğlu-Kırıkhan bölümü boyunca, Çamurlugeçit-Olucak arasında yer alan ötelenmiş dereler, paralel sırtlar, fay vadileri, drenajlar ve birikinti yelpazeleri fayın sol yönlü doğrultu atımlı olduğunu göstermektedir. İslahiye-Fevzipaşa arasındaki faylarda ise eğim atım bileşeni gelişmiştir. DAF, Türkoğlu-Kırıkhan arasında, Amanos Dağları ile Antakya çöküntüsünün kuzey bölümünü morfolojik olarak birbirinden ayırır. Hassa-Kırıkhan arasında, havza tabanında ise çok sayıda küçük boyutlu eşlenik kırıklar yer almaktadır (Şaroğlu ve ark. 1987).

4.4.1.1.(2). Ecemiş Fayı

Kuzeyde Erzincan ile Güneyde Akdeniz arasında uzanan Ecemiş Fayı, inceleme alanının bulunduğu Adana basenini kuzeybatı yönünde kuşatan aktif ve önemli bir deprem kaynağı olarak görülür (Şekil 4.40).

Fayın oluşumu, Orta-Üst Miyosen'de Arap-Afrika Levhası ile Anadolu Levhası arasında meydana gelen kıta-kıta çarpışması ile başlayan neotektonik dönemde, Anadolu Levhasının, Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Kuzey Anadolu fayı (KAF) boyunca gelişen makaslama gerilmesinin etkisiyle batıya doğru ötelemesiyle gelişmiştir.

Ecemiş fayı, bilimsel çalışmalarda değişik isimlerle de anılır. Fay zonunun Orta ve Batı Toroslar arasındaki kesimini ayıran sınır çeşitli araştırmacılarca, Tekir Grabeni, Ecemiş Koridoru, Tekir Disklokasyonu, Ecemiş Disklokasyonu, Ecemiş Fay zonu, Orta Anadolu Fay Zonu olarak adlandırılmış ve haritalanmıştır



Şekil 4.40. Ecemiş Fayı, diğer adıyla Orta Anadolu Fayı'nın güzergahı ve inceleme alanına göre konumu (Taymaz ve Tan 2001'den uyarlanmıştır)

Güzergah olarak Ecemiş fay zonu (Orta Anadolu fay zonu) kuzeydoğuda, Erzincan kuzeybatısında KAFZ'dan ayrılır ve yaklaşık D-B doğrultulu olarak Düzyayla'ya ilerler. Burada güneybatıya dönerek aynı doğrultuda Kızılırmak nehrini kontrol eder ve Kayseri iline kadar uzanır. Bu kesimde ikincil bir doğrultu değişimi ile GGB gidişi kazanır ve aynı doğrultuda Çukurbağ köyüne kadar belirgin biçimde uzanır. Çukurbağ kuzeyinde ise güneybatıya döner ve bu yönde süreksiz yüzlekler

halinde Anamur'a oradan da deniz altında Adana ve Antalya denizel havzalarının sınırını oluşturarak Kıbrıs'ın batısına kadar uzanır (Koçyigit ve Beyhan, 1998).

Koçyigit'e göre fay zonu Ecemis fayı ya da Ecemis koridoru olarak bilinen ve Oligosen öncesi Paleotektonik dönemden kalıtsal bir yapının neotektonik dönemde (Pliyokuvaterner) yeniden aktivite kazanarak KD ve GB yönlerine yırtılarak oluşmuştur. Faydaki toplam hareket paleotektonik dönemde 75 km., neotektonik dönemde 24 km.'dir. OAFZ üzerindeki hareket 3 mm/yıl olmasına rağmen bu fay zonunun gelecekte DAFZ yerine Anadolu levhasının doğu sınırını oluşturacağı öne sürülmüştür. Küçük ve orta büyüklükte deprem oluşturan aktif bir fay zonudur.

4.4.2. Deprem Tehlike Analizi

Deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanır ve deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanan, deprem riski kavramının önemli bir ögesini oluşturur (Erdik ve ark., 2004). Gelecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arzettiği için deprem tehlikesi belirlenmelerinde olasılık hesaplarına dayalı tahminler önemli karar araçlarıdır.

Kentlerde deprem tehlikesinin belirlenmesi amacı ile **deterministik ve/veya probabilistik** yöntemler kullanılır. Proje yada tasarım depremlerinin rasyonel yaklaşımlarla belirlendiği durumlarda her iki yöntem birbirine benzer sonuçlar sağlayabilir. Genel olarak risk, tehlikenin olma olasılığı ve bu tehlikenin meydana getireceği sonuçlar olarak aşağıdaki gibi tanımlanır (Özçep, 2007)

$$\text{Risk} = \text{Olasılık} \times \text{Sonuçlar}$$

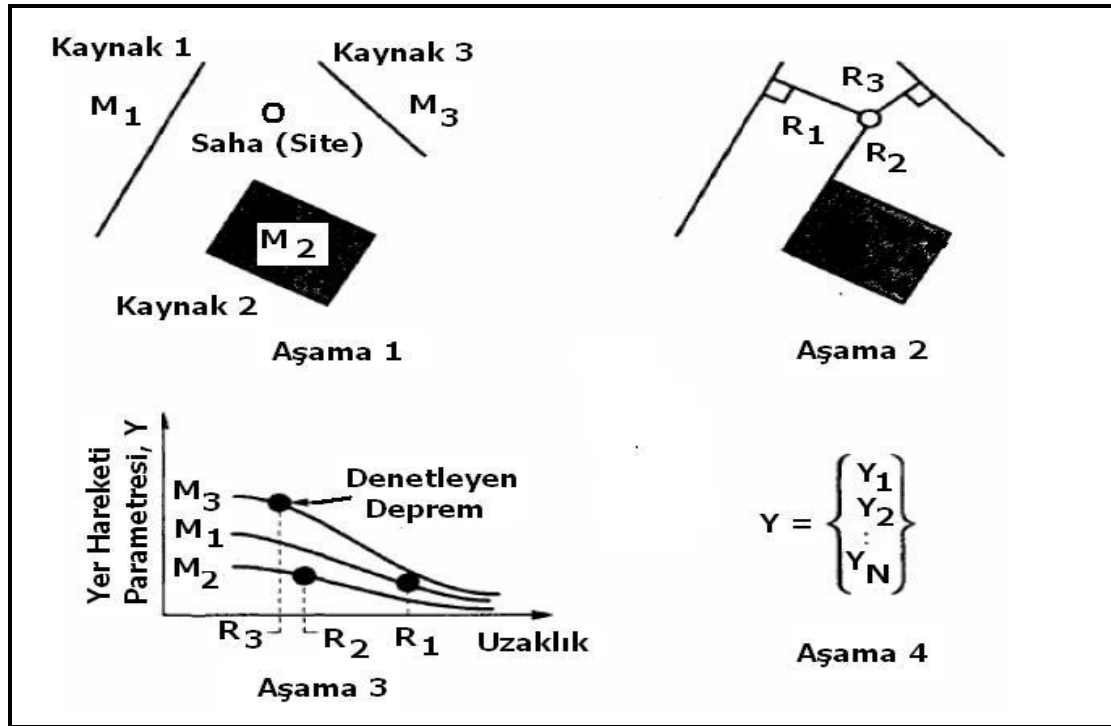
Bu durumda deprem riski genel olarak

$$\text{Deprem Riski} = \text{Deprem Tehlikesi} \times \text{Hasargörebilirlik}$$

şeklinde formüle edilebilir.

4.4.2.1 Deterministik Deprem Tehlikesi

Deterministik olarak belirlenen **deprem tehlikesi**, zaman boyutundan bağımsız olarak, bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketinin düzeyidir. Tipik bir deterministik deprem tehlikesi belirleme aşağıdaki dört aşamadan (Şekil 4.41) oluşur (Reiter, 1990).



Şekil 4.41. Deterministik deprem tehlike analizinin aşamaları (Özçep, 2007)

-Sahada (site) etkili olabilecek, önemli yer hareketi üretmeye yatkın bütün deprem kaynaklarının tanımlanması ve karakterizasyonu. Kaynak karakterizasyonu, her bir kaynağın geometrisinin (kaynak zonu) ve deprem potansiyelinin tanımlanmasını kapsamaktadır.

-Her bir kaynak zonu için kaynaktan sahaya olan uzaklık parametresinin seçimi. Çoğu deterministik deprem tehlike analizinde, kaynak zonu ile ilgilenilen saha arasındaki en kısa uzaklık seçilir.

-Denetleyen depremin (en güçlü sarsıntı seviyesini üretmesi beklenen deprem) seçimi, genellikle sahada yer hareketi parametresi terimleri ile açıklanır.

-Sahadaki tehlike formal olarak tanımlanır, genelde “denetleyen deprem” tarafından üretilen yer hareketi terimleriyle.

4.4.2.2 Probalistik (Olasılıksal) Deprem Tehlikesi

Probalistik deprem tehlikesi hasar yapıcı yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde meydana gelme olasılığı olarak tanımlanır. Probabilistik bir deprem tehlike haritasının hazırlanması için kullanılan metodoloji aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

Tarihi ve Aletsel Deprem Verilerinin Elde Edilmesi,

Tektonik Çalışmalar ve Değerlendirmeler

Deprem Kaynak Bölgeleştirmesi,

Deprem Oluşum Frekanslarının Belirlenmesi,

Azalm İlişkileri ve Probabilistik Deprem Tehlikesinin Belirlenmesi.

Probabilistik deprem tehlike analizi dört aşamalı bir prosedür olarak tanımlanabilir (Reiter, 1990)

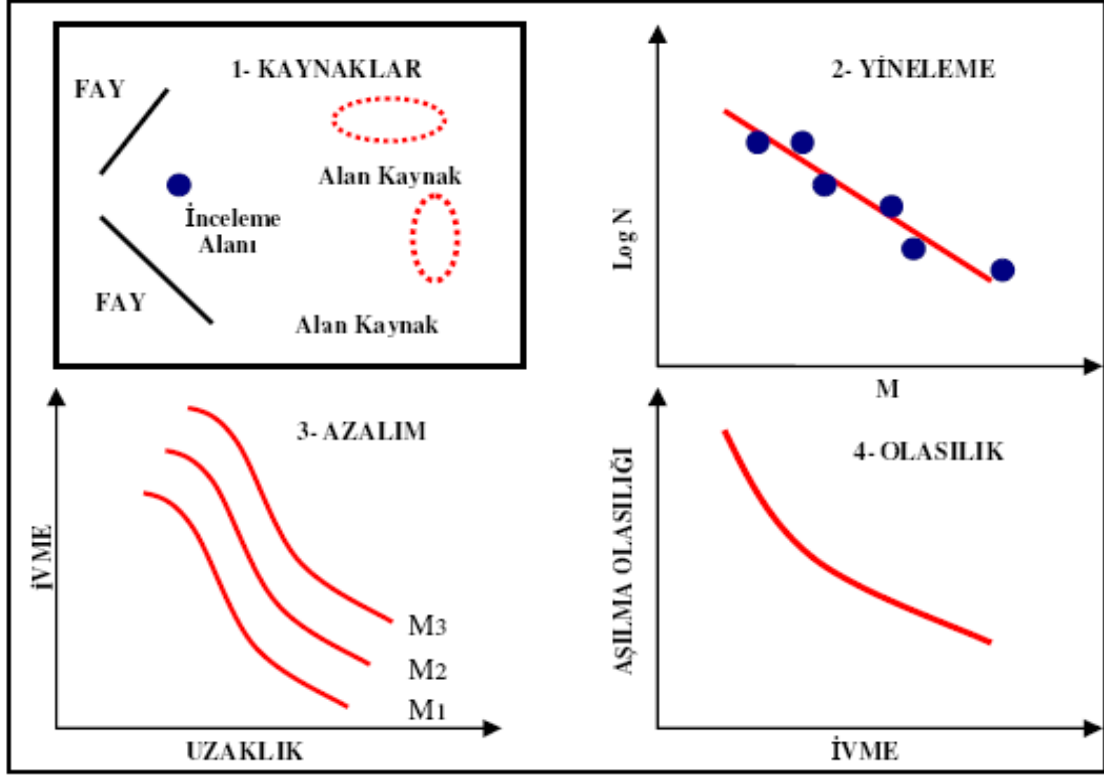
-Deprem kaynaklarının tanımlanması olan ilk aşama deterministik deprem tehlike analizi ile aynıdır. Farklı olarak kaynak içindeki potansiyel kırılma (repture) lokasyonlarının olasılık dağılımı karakterize edilmek zorundadır.

- Sonra, deprensellik, yada deprem yineleme (recurrence) nin zamansal dağılımı karakterize edilmek zorundadır. Yineleme ilişkisi (deprem oluş sayısı - büyüklük ilişkisi) kurulmalıdır.

-Her bir kaynak zonunda her hangi bir olası noktada oluşan herhangi bir olası boyuttaki deprem tarafından sahada/alanda oluşturulan yer hareketi kestirimli ilişki ile belirlenmek zorundadır. Kestirimli ilişkide belirsizlik de hesaba katılmalıdır.

-Sonuç olarak, depremin yeri, depremin boyutu ve yer hareketi kestirimindeki belirsizlikler; yer hareketi parametresinin belli bir zaman periyodu içinde aşılabilme olasılığını elde etmek için birleştirilir

Probalistik deprem tehlikesi belirleme aşamaları, şematik olarak Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.42. Probalistik deprem tehlike analizi aşamaları (Özçep, 2007)

4.4.2.2 (1) Poisson Olasılık Modeli

Poisson Olasılık dağılımının üç temel özelliği (Altınok, 2004; Yüçemen, 1982) vardır, bunlar;

- Bağımsızlık Özelliği: Oluşan Olaylar birbirinden bağımsız ve rastlantı sonucu olmaktadır.
- Düzenlilik (Homojenlik) Özelliği: Geniş bir zaman aralığında iki yada daha fazla olayın aynı anda gerçekleşme olasılığının sıfıra gitmektedir.
- Kararlılık Özelliği: Olayların birim zamandaki dağılım oranı zamandan bağımsız olduğu için dağılım kararlılık özelliğine sahiptir.

Poisson modelinde olayların dağılımına bakılırsa; N olayı herhangi bir t aralığında oluşmuşsa ve olayların ortalama sayısı λ ise olayların dağılımı aşağıdaki dağılım fonksiyonuna uygundur ve matematiksel olarak

$$\text{Prob}(N_t = n) = e^{-\lambda t} (\lambda t)^n / n! \quad (4.5)$$

bağıntısı ile verilir. Burada λ olay sayısı, n olay sayısı ve t ise olayın oluştuğu zamandır. Risk/Tehlike belirlemede oluş sıklığı- büyüklük ilişkisi,

$$\text{Log } N = a + b.M \quad (4.6)$$

Gutenberg-Richter bağıntısından belirlenebilir. Bu bağıntı bir D süresinde oluşmuş $M \geq M_0$ olan n adet depremin olma olasılığını vermektedir. Yukarıda verilen dağılım fonksiyonuna bağlı olarak belirli bir M büyüklüğünde eşit ya da büyük en az bir depremin olma olasılığı risk değerini vermektedir. Bu değer, olayda kullanılan parametre magnitüt (büyüklük) olduğundan,

$$R_m = 1 - e^{-N(M)D} \quad (4.7)$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada D tasarım süresi ve N(M) magnitüdü verilen M değerine eşit ya da ondan büyük olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayılarıdır.

4.4.2.2.(2) Gumbel Uç Değer Olasılık Dağılımı Modeli

Bu modelde uç değerlerden (extreme values) yararlanır. Uç değer $G(x,t)$ fonksiyonunda eşit zaman aralıklarında x değişkeninin alacağı en büyük ve en küçük değerlerden biri olarak tanımlanmaktadır. X değişkeninin uç değeri M ile gösterilirse; dağılım aşağıdaki biçimde verilir (Altınok, 2004; Yüçemen, 1984, Tezcan ve ark., 1979):

$$G(M) = e^{-(\alpha D \text{Exp}(-\beta M))} \quad M \geq 0 \quad (4.8)$$

bağıntıda D süredir, α ve β katsayıları regresyon analizi ile bulunur. Bu bağıntıdan yararlanarak deprem riski;

$$\text{Prob}[M_{\max} \leq M] = 1 - G(M) \quad (4.9)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

Gerek (4.7), gerekse (4.9) denklemi kullanılarak; analizi yapılan bir bölge için belli bir süre (D) ve belli bir büyüklük (M) değeri için oluşma olasılıkları yüzde olarak belirlenebilir (Örneğin “7.5 büyüklüğünde bir depremin 100 yılda oluşma olasılığı % 67” dir gibi). Yapıların projelendirme sürecinde bu iki denklemdeki oluşma olasılığı % 10'lara (hatta nükleer santral gibi kritik yapılar için %5'lere) indirilerek aynı analiz verileri kullanılarak belirli bir yapı ömrü (süre) için oluşacak deprem belirlenmesi istenir. Bu deprem örneğin % 10 olasılıkla oluşma ihtimali olan (ya da %90 olasılıkla olmama olasılığı olan) bir depremdir. Başka deyişle % 10 olasılıkla aşılacak depremdir. Belirli aşılma oranı ile ve belirli bir yapı ömrü (süresi) için verilen deprem “proje depremi” olarak düşünülebilir. Bu proje depreminden aşağıdaki bölümde anlatılan uygun ivme azalım ilişkileri kullanılarak proje depremi ivmesi belirlenir.

4.4.2.3 İvme, Uzaklık, Azalım İlişkileri

Yer hareketinin tanımlanması ve değerlendirilmesi için gerçek depremlerle oluşan kuvvetli yer hareketlerinin ölçülmesine ihtiyaç vardır. Kuvvetli yer hareketinin doğru ve nicel bir biçimde ölçülmesi hem sismoloji hem de deprem mühendisliği çalışmalarında kritik öneme sahiptir. Yer hareketi parametreleri, nicel bir formda kuvvetli yer hareketinin önemli karakteristiklerini tanımlamak için temel oluşturmaktadır. Bu parametreler, yer hareketinin genlik, frekans içeriği ve süresidir. Deprem afetinin değerlendirilmesi, potansiyel büyük depremler tarafından üretilecek kuvvetli zemin hareketinin ön kestirimini gerektirir. Eğer inşaat yerinde yeterli

miktarda kayıtlar bulunsaydı, ya da aynı kaynak, yayılma ortamı, yerel zemin koşulları ve topografyaya sahip diğer yerlerde bunlar elde edilebilseydi, ancak o zaman bu verilerinin toplamı, beklenen hareketinin benzeşimi için kullanılabilir. Bununla birlikte deprem hasarın belirlenmesinde o inşaat yerine özgü yöntemlere kuvvetli hareket deprem verilerinin çok az olmasından dolayı, azalım ilişkileri kullanılır. İvme azalım ilişkileri kuvvetli zemin hareketinin en uygun parametresinin, depremin kaynağı, depremin büyüklüğü, yayıldığı ortam ve yerel zemin koşullarını karakterize eden parametreler cinsinden ifade etmektedir. Çizelge 4.25’de çeşitli azalım ilişkileri verilmiştir.

Çizelge 4.20. Çeşitli ivme-uzaklık azalım ilişkileri (Hasgür , 1996; Demirağ, 1999; Tezcan ve ark., 1979; Erdik ve Durukal, 2004)

A = İvme Değeri (cm/sn²) PHA = Pik Yatay İvme M = Deprem Magnitüdü; D = Episantırdan olan Uzaklık (km) R = Odak Derinliğinden olan Uzaklık (km)	Araştırmacılar
$A = 2000 e^{0.8M} (R + 20)^{-2}$	Esteva ve Rosenblueth (1964)
$A = 1230 e^{0.8M} (R + 25)^{-2}$	Esteva (1970)
$A = 274 e^{0.8M} (R)^{-1.64}$	Davenport (1972)
$A = 1300 e^{0.67M} (R + 25)^{-1.6}$	Donovan (1973)
$A = 1230 e^{0.58M} (R + 25)^{-1.32}$	Donovan (1973)
$A = 472,3 e^{0.64M} (R + 25)^{-1.301}$	McGuire (1974)
$A = 69 e^{0.92M} (R)^{-1.30}$	Orphal ve Lahoud (1974)
$A = 5000 e^{0.8M} (R + 40)^{-2}$	Shah ve ark. (1973)
$\log A = 3.09 + 0.347 M - 2 \log (R + 25)$	Oliviera (1974)
$\log A = 2.308 + 0.411 M - 1.637 \log (R + 30)$	Katayama
$\log A = 2.041 + 0.347 M - 1.6 \log D$	Estava ve ark.
$PHA = 0.0159 e^{0.86M} [R + 0.0606 e^{0.7M}]^{-1.09}$	Campbell (1981)
$PHA = 0.0185 e^{1.28M} [R + 0.147 e^{0.732M}]^{-1.75}$ (Uzak alanlar için)	Campbell (1981)
$\log (a/g) = -1.02 + 0.249 M - \log R - 0.00255 R + 0.26 P$; Burada; $R = (D^2 + 7.3^2)^{0.5}$, P = yapay bir argüman, 0.5 persentil için 0 ve 84 persentil için 1 alınır.	Joyner ve Boore (1981)

Çizelge 4.20'nin devamı

Log PHA = 0.41 M-0.0034 R-log(R +0.032.10 ^{0.41M})+1.30	Fukushima ve ark. (1988)
Log PHA= -0.62+0.177 M-0.892 log R+e ^{0.84M} +0.132F-0.0008ER R = enerji boşalım bölgesine km cinsinden en yakın mesafe F = yapay değişken, ters faylanması ise 1 değilse 0 E = yapay değişken levha içi 1; levha sınırı 0 alınır.	Abrahamson ve Litehister (1989)
A=1230 e ^(0,8M) (R+13) ⁻²	Newmark and Roseblueth (1971)
A =20 (10 ^{(0,61 M-((1,66+(3,6/R)) log (R))-0,631-(1,83/R))})	Kanai (1966)
A=2000*(e ^(0,8 M)) (R+20) ⁻²)	Esteva ve Roseblueth (1964)
A =10 ^{((-0,62)+(0,177M)-(0,892 log ((R+(e(0,284M)))))+0,132-0,0008)}	Abrahamson ve Litehiser (1989)
ln (A _H)= (-3,512+0,904M-1,328 ln [(R _{seis} ⁻²)+(0,149 e ^{0,67M}) ²] ^{0,5} + (0,44-(0,171 ln(R _{seis})))+(0,405-(0,222 ln(R _{seis}))) M, moment magnitüd; R _{seis} fay üzerindeki sismojenetik kırılmaya en yakın uzaklık, bulunan ivme doğrultu atımlı faylar için geçerlidir.	Campbel (1997)
ln A =1,089+0,711(M-6)-0,207(M-6) ² -0,924ln(R)-0,292ln (Vs/2118) (A; g olarak 0,2 sn periyod için ivme, Vs, ilk 30m'lik zemin için ortalama kayma dalgası hızı R= (rjb ² +7,02); rjb faya en yakın yatay uzaklık (km), M; moment magnitüd)	Boore ve ark. (1997)

4.4.3 İnceleme Alanı Deprem Tehlike Analizi

İnceleme alanının deprem tehlikesi deterministik ve probabilistik (olasılıksal) yaklaşımlarla ayrı, ayrı yapılmıştır.

4.4.3.1 İnceleme Alanı Deterministik Deprem Tehlikesi Analizi

Deterministik olarak belirlenen deprem tehlikesi, zaman boyutundan bağımsız olarak, bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketinin düzeyi olarak açıklanabilir.

Deterministik deprem tehlikesini belirlemede kullanılacak Fay Boyu & Magnitüt arasında, çeşitli araştırmacılarca geliştirilen ilişkiler sırasıyla Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Çeşitli araştırmacılara göre fay boyu (L) & magnitüd (M) ilişkisi (Özçep, 2007)

Araştırmacı	M (magnitüd)	Sınır Koşulları	Magnitüd Türü
Abraseys ve Zatopek (1968)	$M = (0,881 \text{ LOG}(L)) + 5,62$	5,8 ile 8.0	Ms
Bolinger (1968)	$M = (0,79 \text{ LOG}(L)) + 6,04$	5,8 ile 8.0 (sığ depremler)	Ms
Bolinger (1968)	$M = (1 \text{ LOG}(L)) + 5,47$	5,8 ile 8.0 (derin depremler)	Ms
Douglas ve Ryall (1975)	$M = (\text{LOG}(L) + 4,673) / 0,9$	6,4'den büyük	Ms
Ezen (1981)	$M = (\text{LOG}(L) + 2,19) / 0,577$	6 ile 8	Ms
Matsuda (1975)	$M = (\text{LOG}(L) + 2,9) / 0,6$	-	Ms
Patwardan ve ark. (1975)	$M = (\text{LOG}(L) 2,7) + 2,88$	6,'den küçük	Ms
Patwardan ve ark. (1975)	$M = (\text{LOG}(L) 1,1) + 5,13$	6'dan büyük	Ms
Toksöz ve ark. (1979)	$M = (\text{LOG}(L) + 3,62) / 0,78$	5,9 ile 7,9	Ms

Çizelge 4. 21'in devamı

Araştırmacı	M (magnitüd)	Sınır Koşulları	Magnitüd Türü
Gündoğdu (1986)	$M = (\text{LOG}(L) + 4,025) / 0,82$	-	Ms
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 5,16 + (1,12 \text{ LOG}(L))$	(Doğrultu Atımlı)	Mw
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 5 + (1,22 \text{ LOG}(L))$	(Ters)	Mw
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 4,86 + (1,32 \text{ LOG}(L))$	(Normal)	Mw
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 5,08 + (1,16 \text{ LOG}(L))$	(Tüm Fay Türleri)	Mw

Depremsellik açısından, inceleme alanı ve çevresini etkileyen Karaisalı-Karsantı, Karataş-Osmaniye faylarının yanısıra başlıca ana kaynaklar, Doğu Anadolu Fay Zonu ile Ecemiş Fay zonudur. Tarihsel deprem kayıtları da bu iki kaynağın bölgedeki etkisini doğrulamaktadır. Dolayısıyla, inceleme alanının deprem tehlikesini belirlemede, inceleme alanı için deprem oluşturma potansiyeli olan ana fay sistemleri olarak Doğu Anadolu Fayı ve Ecemiş fayının değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Doğu Anadolu Fayı için; Bu fay ile ilgili bilinenler doğrultusunda, (oldukça geniş bir güzergaha yayılı olmakla birlikte, inceleme alanının bu faya göre konumu ve bu fayın inceleme alanını etkileyebilecek olan kesimi de dikkate alındığında), olası kırılma boyu olarak, fayın bilinen en küçük segment boyu olan 50 km lik uzunluğunun, olası kırılma boyu olarak seçilmesi uygun olacaktır. Bu seçilen olası kırılma boyu için, olması muhtemel deprem büyüklükleri Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Bu model için, verilen araştırmacılarca belirlenmiş bağıntılardan hesaplanan proje depremi magnitüd değeri, çizelge 4.22'de farklı araştırmacılarca belirlenmiş olan ilişkilerden elde edilen değerlerin ortalaması olan 7,1 alınabilecektir.

Çizelge 4.22. Doğu Anadolu Fayı için, kırılması olası 50 km fay boyu için, deterministik yaklaşımla deprem magnitüdü kestirimleri

Araştırmacılar	M (magnitüd) Kestirimleri
Abraseys ve Zatopek (1968)	7,1
Bolinger (1968)	7,4
Bolinger (1968)	7,2
Douglas ve Ryall (1975)	7,1
Ezen (1981)	6,7
Matsuda (1975)	7,7
Patwardan ve ark. (1975)	7,5
Patwardan ve ark. (1975)	7,0
Tocher (1958)	7,3
Toksöz ve ark. (1979)	6,8
Gündoğdu (1986)	7,0
Wells ve Coppersmith (1994)	7,1
Wells ve Coppersmith (1994)	7,1
Wells ve Coppersmith (1994)	7,1
Wells ve Coppersmith (1994)	7,1

Ecemiş Fayı için; Bu fay ile ilgili bilinenlerden hareketle, 25 km' lik bir mesafesinin kırılması, olası fay kırılma modeli ile tanımlanabilir. Bu seçilen olası fay kırılma modeli için, farklı araştırmacılarca belirlenen bağıntılardan hesaplanan muhtemel deprem büyüklükleri Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Bu model için, verilen araştırmacılarca belirlenmiş bağıntılardan hesaplanan proje depremi magnetüd değeri, farklı araştırmacılarca belirlenmiş bağıntılardan hesaplanan değerlerin ortalaması olan 6.7 alınabilecektir.

Çizelge 4.23. Ecemiş Fayı için, kırılması olası 25 km fay boyu için, deterministik yaklaşımla, deprem magnitudü kestirimleri

Araştırmacılar	M (magnitud) Kestirimleri
Abraseys ve Zatopek (1968)	6,9
Bolinger (1968)	7,1
Bolinger (1968)	6,9
Douglas ve Ryall (1975)	6,7
Ezen (1981)	6,2
Matsuda (1975)	7,2
Patwardan ve ark. (1975)	6,7
Patwardan ve ark. (1975)	6,7
Tocher (1958)	7,0
Toksöz ve ark. (1979)	6,4
Gündoğdu (1986)	6,6
Wells ve Coppersmith (1994)	6,7
Wells ve Coppersmith (1994)	6,7
Wells ve Coppersmith (1994)	6,7
Wells ve Coppersmith (1994)	6,7

Yukarıda, Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23'te verilmiş olan, farklı araştırmacılarca belirlenmiş bağıntılar kullanılarak hesaplanmış olan, inceleme alanını etkileyen deprem kaynaklarından, Doğu Anadolu Fayının üretebileceği $M=7,1$ ile Ecemiş Fayının üretebileceği $M=6,7$ büyüklüğündeki depremlerin ortalaması $M =6,9'$ dur. Bu büyüklük inceleme alanı için olası deprem büyüklüğü olarak kabul edilebilir.

4.3.2 İnceleme Alanı Probabilistik Deprem Tehlike Analizi

Türkiye genelindeki tarihsel deprem verileri incelendiğinde, bölgesel olarak, özellikle proje alanın güneyindeki Antakya ve civarında çok sayıda, IX-X şiddetinde deprem yaşandığı görülür (Çizelge 24).

Çizelge 4.24. Çalışma bölgesini de içeren Türkiye geneli tarihsel depremler (B.Ü. UDİM' den alınmıştır)

Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer
BC		36.50	28.00	X	Rhodos,Cyprus-(Tsunami)
BC		36.00	28.00	IX	Rhodos,Cyprus
BC 69		36.25	36.10	IX	Antakya,Syria
BC 26		37.85	27.85	IX	Baf-Cyprus
BC 17		38.40	27.50	IX	Manisa,Aydin
24 11		40.40	27.70	IX	Izmit,Izmit
60		37.90	29.20	IX	Pamukkale,Honaz,Denizli
105		38.90	27.00	IX	Candarli Bay-Greece
110		37.00	26.00	IX	Izmir,Ephesus
13 12		36.25	36.10	IX	Antakya
127		40.60	37.00	IX	Niksar,Ladik,Susehri
155		36.30	28.00	X	Rodos,Mugla,Fethiye
03 05		40.10	28.00	IX	Bandirma,Erdek,Gemlik
177		38.40	27.10	X	Izmir,Sakiz,Sisam
245		36.25	36.10	X	Antakya
253		39.10	27.15	IX	Bergama
325		41.00	29.00	IX	İstanbul
334		36.25	36.10	IX	Antakya,Beyrut,Cyprus
24 08		40.75	29.90	IX	Kocaeli,Izmit,Istanbul-(Tsunami)
427		41.00	29.00	IX	Istanbul,Izmit,Izmit
08 12		40.80	29.60	IX	Istanbul,Izmit
14 09		36.25	36.10	IX	Antakya ve Northern Syria
25 09		40.80	29.00	IX	İstanbul
10 09		36.25	36.10	IX	Antakya,Samandag
29 05		36.25	36.10	IX	Antakya,Samandag
29 11		36.25	36.10	IX	Antakya
06 09		40.35	27.80	IX	Erdek,Bandırma-(Tsunami)
15 08		40.75	29.10	X	Istanbul,Kocaeli
30 09		36.25	36.10	IX	Antakya-(60.000 ölü)
688		38.40	27.00	IX	Izmit

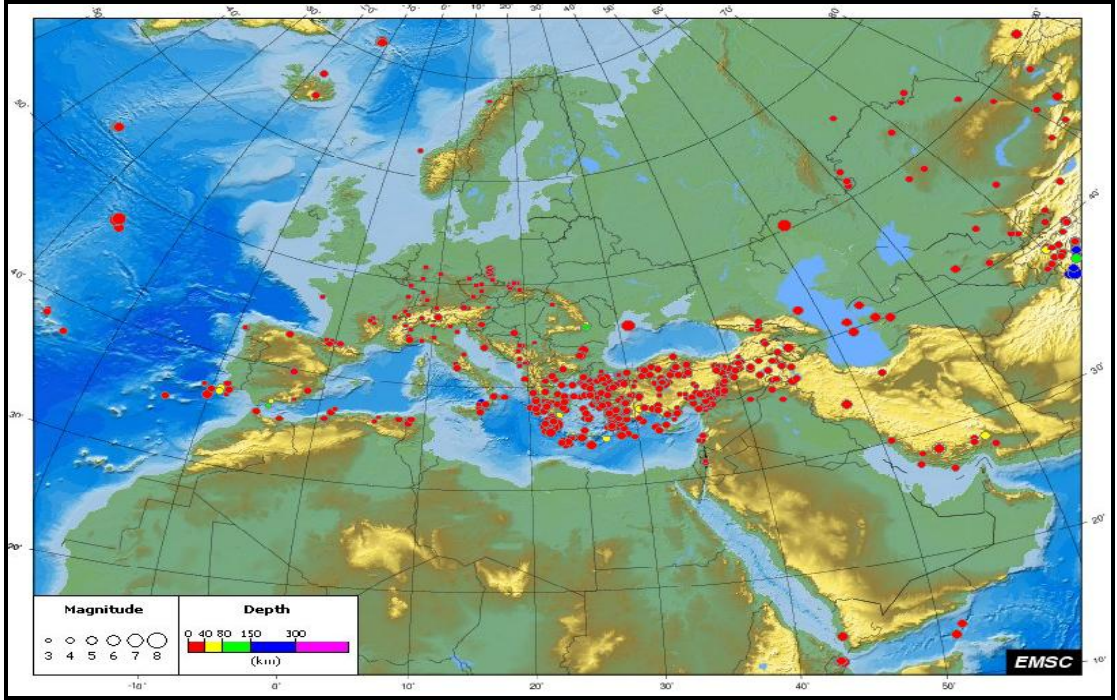
Çizelge 4.24'ün devamı

Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer
715		40.40	29.70	IX	Iznik, İstanbul
08 04		36.25	36.10	IX	Antakya, Lazkiye
16 05		41.00	29.00	IX	İstanbul
867		36.25	36.10	IX	Antakya
869		40.00	44.00	IX	Tavin, Erivan (12 000 ölü)
03 09		41.15	34.75	IX	Kastamonu, Corum, Amasya
26 10		41.00	29.00	IX	İstanbul, Trace-(Tsunami)
1045		39.75	39.50	IX	Erzincan
23 09		40.40	28.90	IX	Iznik, Bandirma, İstanbul-(Tsunami)
10 08		36.50	35.50	IX	Ceyhan, Antakya, Maras-(Tsunami)
1268		37.35	35.80	IX	Kozan, Ceyhan-(60 000 ölü)
1268		39.75	40.40	IX	Erzincan, Erzurum-(15 000 ölü)
08 08		36.50	27.50	X	Rodos, Girit, Cyprus
23 09		41.00	29.00	IX	İstanbul
03		40.70	27.00	IX	Gelibolu, Bolayir, Malkara
20 03		38.40	26.30	IX	Izmir ve Khios Island-(Tsunami)
1458		39.75	40.40	X	Erzincan, Erzurum-(32 000 ölü)
1462		41.00	29.00	IX	İstanbul
03 10		36.00	28.00	IX	Rodos, SW Anatolia-(Tsunami)
21 12		39.75	39.50	IX	Erzincan, Erzurum
18 08		36.75	27.00	IX	Istankoy Island
14 09		40.75	29.00	IX	İstanbul, Edirne-(13 000 ölü)
17 06		39.75	39.50	IX	Erzincan, Erzurum-(15 000 ölü)
1598		40.40	35.40	IX	Amasya, Corum
02 04		39.15	44.00	IX	Van, Mus, Bitlis
23 02		37.90	28.30	IX	Aydin
06 02		41.00	29.00	IX	İstanbul
17 08		40.90	36.00	IX	Amasya, Tokat-(faulting 380km.)
10 07	11:00	38.40	27.20	X	Izmir-(15 000 ölü, Tsunami)
25 05		40.70	29.50	IX	İstanbul, Izmit, Karamursel
04 04	4:30	38.40	27.20	IX	Izmir
07 06		37.75	27.00	X	Sisam Island, Aegean Sea
29 07	20:00	41.70	26.50	IX	Edirne, Havsa
02 09	21:45	40.80	29.40	IX	Izmit Bay, İstanbul
22 05		41.00	29.00	IX	İstanbul-(Tsunami)
13 08		36.40	36.20	X	Antakya, Iskenderun-(20 000 ölü, Tsunami)
18 10		36.25	27.50	IX	Rodos, Ege Denizi-(6 000 ölü)
12 10		39.10	26.20	X	Midilli Island
21 06		37.75	27.00	IX	Sisam Island, Soke

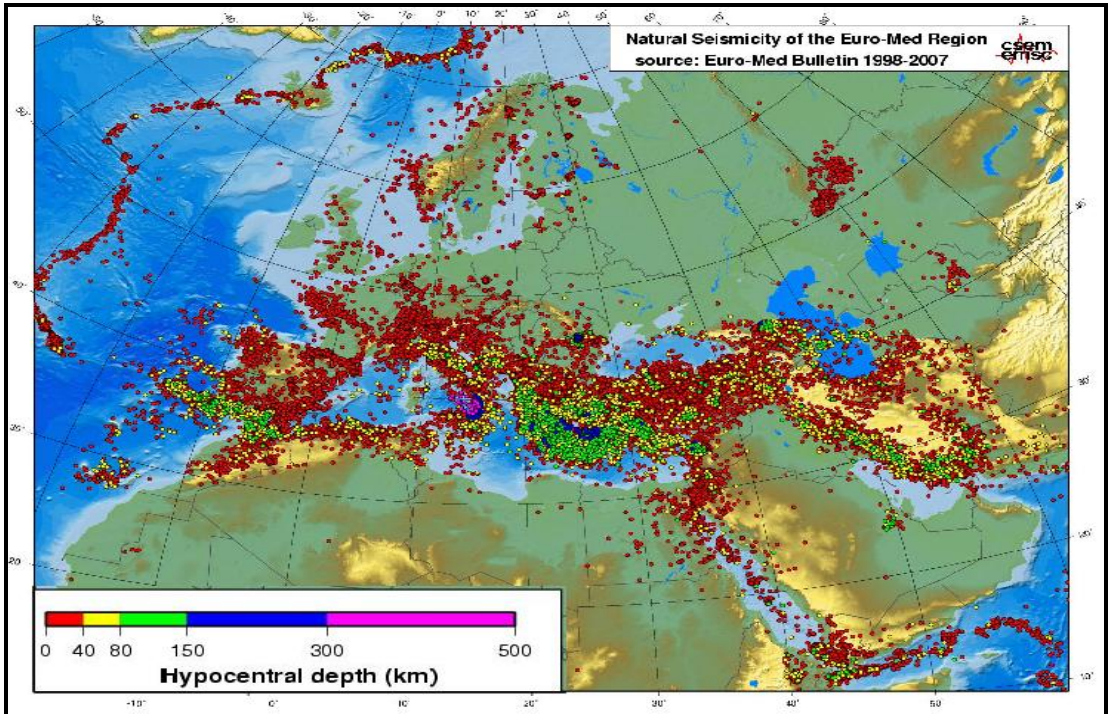
Çizelge 4.24'ün devamı

Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer
28 02		36.50	29.10	IX	Fethiye,Mugla,Rhodos-(Tsunami)
24 07		39.90	41.30	IX	Erzurum
28 02		40.20	29.00	IX	Bursa,Kemalpasa-(300 ölü)
11 04		40.20	29.10	X	Bursa-(faulting 20 km,1300 ölü)
12 10		36.25	28.00	X	Rhodos,Karpatos,Girit-(Tsunami)
13 11		38.25	26.25	IX	Rhodos, Aegean Sea
02 06	10:30	39.90	41.30	IX	Erzurum-(15 000 ölü)
03 11	3:00	38.40	27.70	IX	Turgutlu,Manisa
22 04		36.50	28.00	IX	Rodos
23 07	21:30	39.40	26.20	IX	Midilli,Canakkale,Gelibolu
07 03		39.10	26.50	IX	Midilli-(500 ölü)
23 04		40.00	41.70	IX	Erzurum,Kars
02 04	7:45	36.25	36.10	IX	Antakya,Samandag-(1800 ölü)
01 02	1:00	37.75	27.00	IX	Sisam Island, Izmir,Aydin
03 05	9:00	38.10	30.10	IX	Dinar,Civril-(1300 ölü,20 km faulting)
10		40.20	26.40	IX	Canakkale
01 11	10:00	39.90	41.30	X	Erzurum
13 05	6:00	38.80	30.50	IX	Afyonkarahisar-(many ölü)
29 07	4:40	38.60	27.10	IX	Menemen,Emiralem,Izmir-(many ölü)
03 04	11:30	38.25	26.10	X	Khios Island, Aegean Sea-(4000 ölü)
30 05		38.50	43.30	IX	Van,Bitlis,Mus
15 10	15:30	38.30	26.30	IX	Cesme, Aegean Sea (1500 ölü)
29 02	18:30	37.20	27.20	IX	Aegean Sea
25 10	23:20	39.30	26.30	IX	Midilli,Sakiz,Izmir
20 05		39.90	38.80	IX	Refahiye,Erzincan
31 03		38.40	38.70	IX	Malatya-(469 ölü)
10 07	12:30	40.60	28.70	X	Prenses Island,Istanbul
19 08		37.80	27.80	IX	Aydin
20 09	10:30	37.90	28.10	IX	Nazilli,Aydin,Denizli,Usak

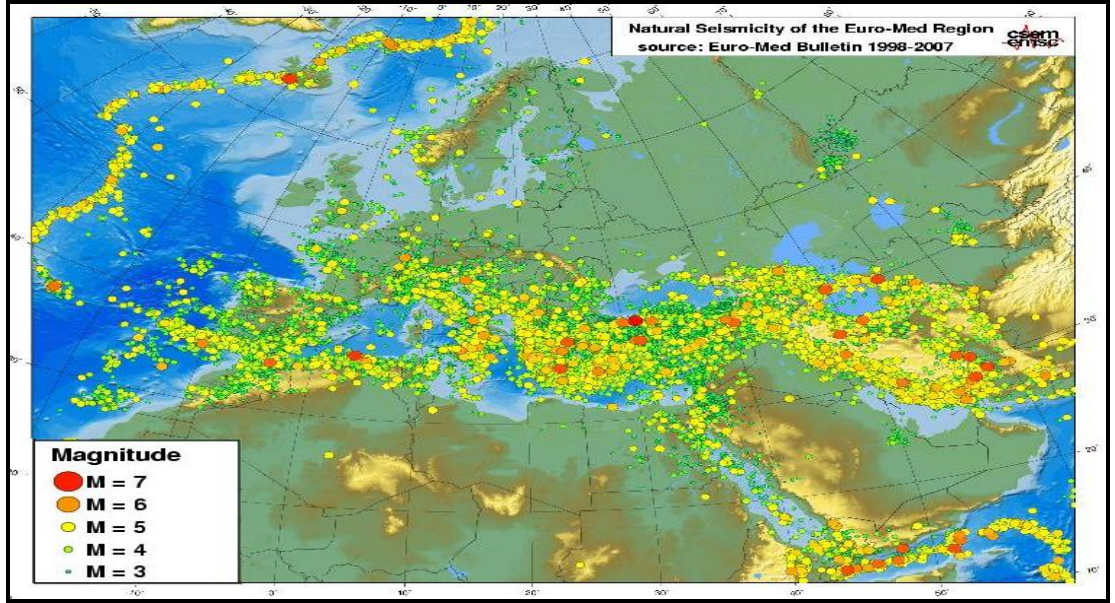
Tarihsel deprem bilgilerinin yanı sıra, günümüzün gelişen deprem kayıt sistemleri ve bu sayede oluşturulan ulusal ve uluslar arası deprem izleme ağları ile sürekli izlenebilen, güncel deprensellik kayıtları da (Şekil 4.43, Şekil 4.44, Şekil 4.45, Şekil 4.46). Türkiye'nin (özellikle ana fay kuşakları boyunca) ve bunun yanı sıra bölgenin aktif bir sismisiteye sahip olduğunu göstermektedir.



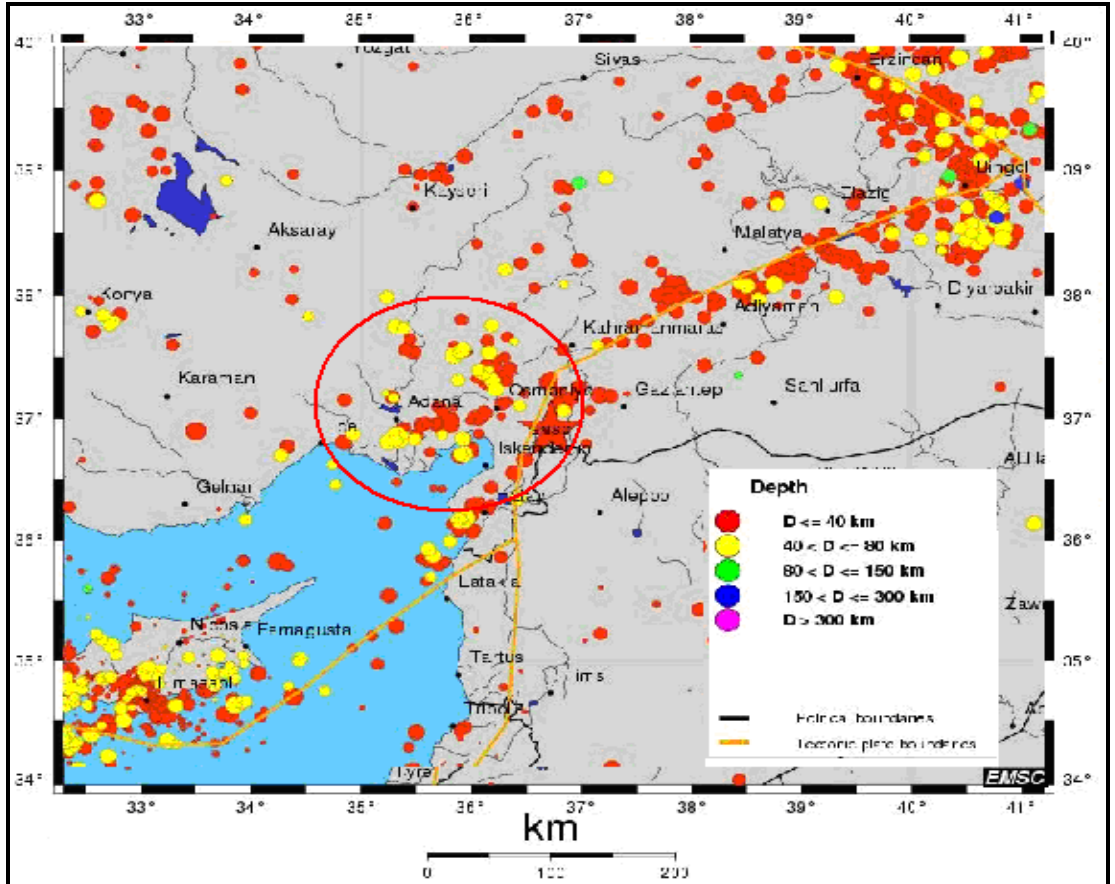
Şekil 4.43. Türkiye geneli için 2008 yılında 1 aylık deprem kayıtları (EMSC’ den alınmıştır)



Şekil 4.44. Türkiye geneli için deprem episentral derinliklerine göre bölgesel sismisite, (EMSC, Euro-Med Bulletin 1998-2007’ den alınmıştır)

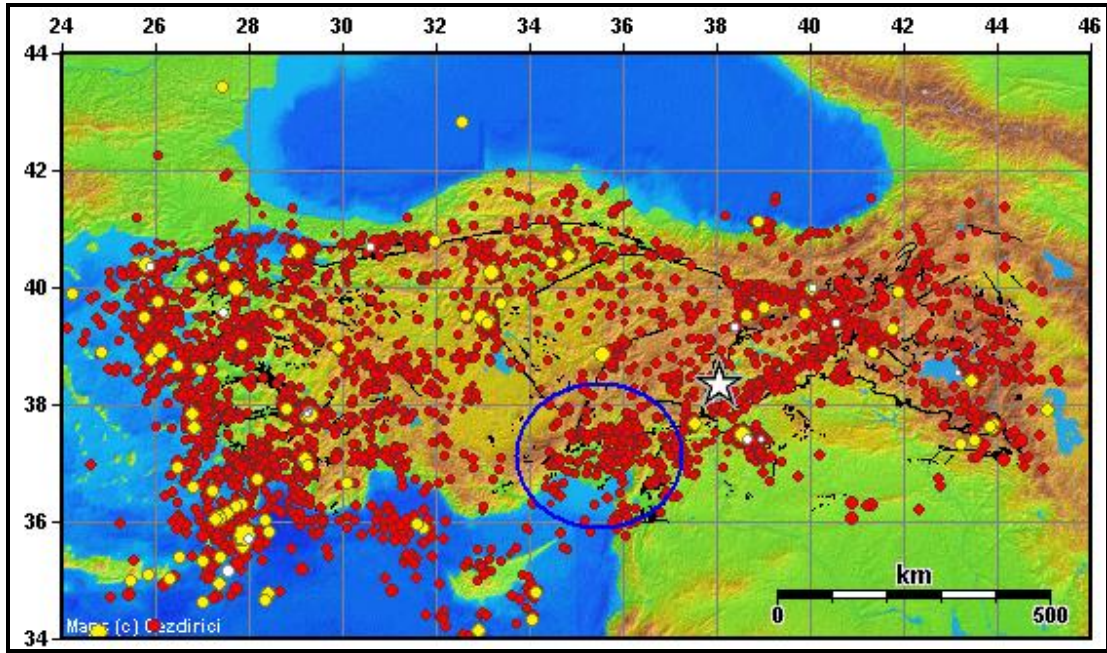


Şekil 4.45. Türkiye geneli için deprem magnitüdüne göre bölgesel sismisite (EMSC, Euro-Med Bulletin 1998-2007' den alınmıştır)



Şekil 4.46. İnceleme alanı ve çevresi için 2008 yılında 1 aylık deprem kayıtları (EMSC' den alınmıştır)

İnceleme alanı için, çalışma kapsamında kullanılan veriler, ağırlıklı olarak inceleme alanına göre, yaklaşık 150 km yarıçapındaki alan (Şekil 4.47) içinde 1900-2008 yılları arasında oluşmuş 4,5 ve daha büyük magnitudlü deprem kayıtları kullanılmıştır. Bu deprem kayıtları B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Entitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nden temin edilmiştir.



Şekil 4.47. İnceleme alanı civarı depremleri (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, UDİM'den alınmıştır)

İnceleme alanının içinde bulunduğu yaklaşık 150 km çapındaki alanda (35,82-38,74 derece enlem ve 33,78-37,43 derece boylamları arası) 1900-2008 yılları arasında olmuş 4,5 ve daha büyük deprem kayıtları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. İnceleme alanını içeren yaklaşık 150 km çapındaki alanda 1900-2008 yılları arasında olmuş 4,5 ve daha büyük depremler (B.Ü., UDİM'den kayıtlarından alınmıştır).

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Derinlik (km)	Büyükük (M)
18.08.2004	05:57	36,79	34,35	10,0	4,6
14.12.2002	01:02	37,47	36,22	14,0	4,8
23.05.2002	01:08	37,39	36,34	9,0	4,8

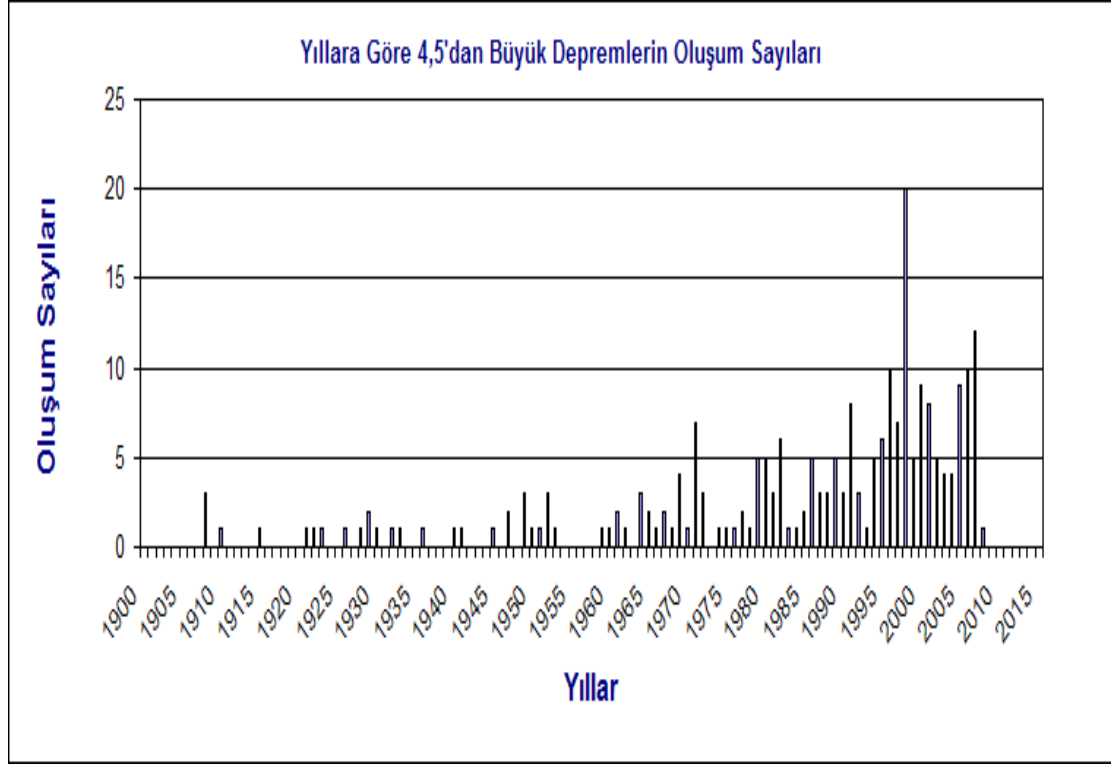
Çizelge 4.25'in devamı

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Derinlik (km)	Büyükük (M)
31.10.2001	12:33	37,22	36,13	3,0	5,2
18.10.2001	15:50	36,78	35,33	10,0	4,9
25.06.2001	13:28	37,20	36,16	5,0	5,5
17.01.2001	12:09	36,96	36,27	8,0	4,9
12.05.2000	04:01	37,00	36,16	10,0	4,8
02.04.2000	12:41	37,86	37,08	5,0	4,7
10.06.1999	23:25	37,28	35,88	12,0	4,5
15.01.1999	02:04	37,04	35,81	19,0	4,5
04.07.1998	09:24	36,85	35,51	20,0	4,5
04.07.1998	02:15	36,85	35,47	35,0	5,1
28.06.1998	03:59	37,00	35,68	6,0	4,9
27.06.1998	13:55	36,96	35,52	18,0	6,3
22.01.1997	18:24	36,13	36,08	23,0	5,0
22.01.1997	17:57	36,14	36,12	23,0	5,5
19.06.1996	00:18	35,99	36,05	6,0	4,6
18.06.1996	23:44	35,99	36,14	11,0	4,5
13.04.1995	20:23	37,39	36,13	0,0	4,5
30.07.1994	10:37	37,33	36,15	0,0	4,5
10.02.1994	06:15	36,97	35,83	17,0	4,9
03.01.1994	21:00	37,00	35,84	26,0	5,0
26.09.1991	20:24	37,37	36,31	10,0	4,7
10.04.1991	01:08	37,31	36,14	33,0	5,2
24.06.1989	03:09	36,71	35,93	46,0	4,9
03.08.1988	20:42	35,88	35,65	56,0	4,6
05.08.1986	19:58	37,19	37,26	10,0	4,5
03.08.1986	01:33	37,19	37,16	39,0	5,0
15.06.1986	09:18	38,04	37,28	10,0	4,5
21.12.1985	05:05	37,55	35,47	33,0	4,6
22.06.1985	07:58	37,26	36,98	33,0	4,5
24.11.1983	00:14	37,05	36,12	37,0	4,7
19.01.1982	18:38	35,93	35,61	46,0	4,5
30.06.1981	07:59	36,17	35,89	63,0	4,7
19.02.1981	02:41	36,35	36,42	52,0	4,6
19.05.1980	15:50	37,57	35,92	50,0	4,5
02.01.1980	12:52	36,56	36,38	32,0	4,6
28.12.1979	03:09	37,52	35,85	47,0	5,1
26.04.1979	09:28	37,54	36,16	45,0	4,7
04.12.1978	03:12	38,07	37,43	37,0	5,0
11.12.1977	22:48	37,31	36,2	68,0	4,7
15.07.1976	20:24	37,55	35,9	55,0	4,6
01.01.1975	00:30	36,67	36,49	35,0	4,8
17.08.1971	04:29	37,09	36,77	35,0	5,0

Çizelge 4.25'in devamı

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Derinlik (km)	Büyükük (M)
15.07.1971	06:15	37,20	36,8	34,0	4,6
11.07.1971	20:12	37,16	36,85	19,0	5,0
01.07.1971	23:15	37,17	36,91	0,0	4,5
29.06.1971	11:13	37,33	36,72	12,0	4,5
29.06.1971	09:08	37,11	36,85	35,0	5,0
13.10.1970	00:53	38,28	36,98	34,0	4,6
19.05.1969	18:14	37,75	35,31	55,0	4,6
15.05.1969	13:08	37,29	35	86,0	4,7
07.04.1967	18:33	37,36	36,24	32,0	4,8
07.04.1967	17:07	37,43	36,17	38,0	4,6
26.06.1966	13:17	36,84	35,92	58,0	4,8
25.11.1965	02:06	37,24	36,22	50,0	4,5
15.12.1964	17:31	36,46	34,8	41,0	4,5
17.11.1964	22:50	36,81	35,33	4,0	4,6
10.09.1961	16:17	37,02	36,11	0,0	4,7
01.06.1961	16:31	37,65	36,76	40,0	5,0
19.05.1960	17:46	36,00	34	0,0	4,5
24.03.1953	21:17	37,02	37	10,0	5,2
22.10.1952	17:00	37,25	35,65	70,0	5,6
12.07.1951	06:51	36,60	36,3	0,0	4,8
08.04.1951	21:38	36,58	35,85	50,0	5,8
14.01.1950	22:19	36,50	35,8	0,0	4,5
09.12.1947	23:40	36,52	34,34	10,0	5,2
20.03.1945	07:58	37,11	35,7	60,0	6,0
20.04.1941	22:23	37,35	35,74	0,0	4,6
21.02.1940	00:50	38,40	35,3	0,0	5,2
14.06.1936	17:01	36,64	35,85	70,0	5,5
25.09.1933	09:46	37,00	35,5	0,0	5,0
26.12.1932	19:03	36,90	34,73	60,0	4,9
04.08.1929	15:12	36,50	36	0,0	4,7
16.05.1929	01:22	37,24	35,3	10,0	4,5
23.08.1928	06:15	36,50	36	0,0	4,7
17.03.1926	13:20	37,00	35	0,0	5,5
01.02.1922	16:52	38,00	37	0,0	5,3
05.10.1921	19:09	36,40	35,2	0,0	5,5
25.12.1915	06:06	36,47	36,14	10,0	5,2
20.03.1910		36,80	34,6	0,0	4,9
30.10.1908	11:30	37,60	36,8	0,0	5,4
17.02.1908	03:00	37,40	35,8	0,0	6,0
02.02.1908		37,50	34,5	0,0	4,9

İnceleme alanında 1900-2008 zaman aralığında oluşmuş 4,5 ve daha büyük depremlerin zamana göre dağılım grafiği, Şekil 4.48’de verilmiştir.



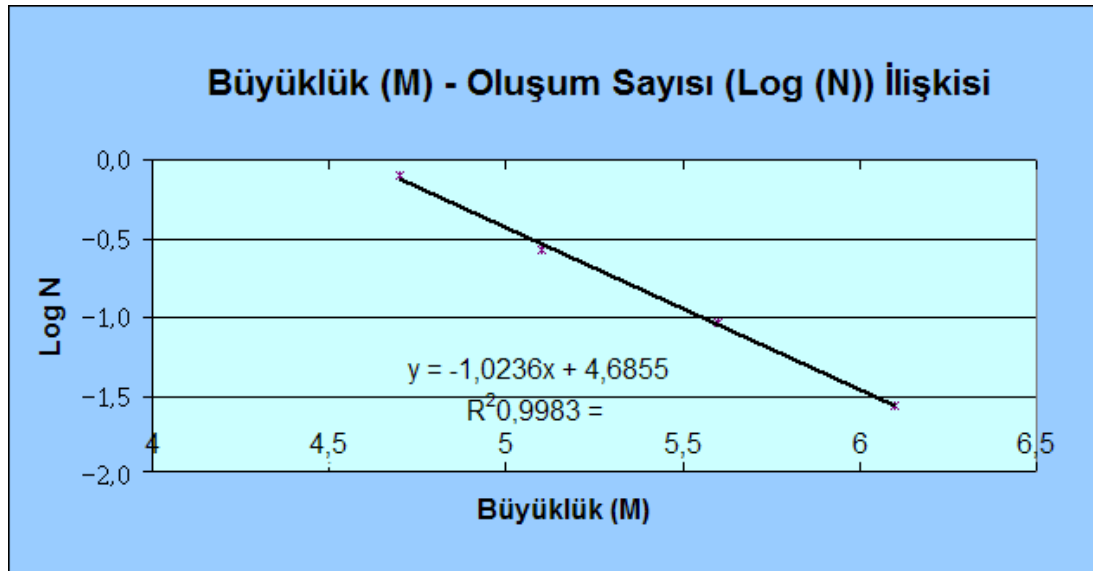
Şekil 4.48. İnceleme alanı çevresinde 1900-2008 yılları arasında oluşmuş 4,5 ve daha büyük depremlerin zamana göre dağılım grafiği

Yukarıda verilmiş olan, inceleme alanının yaklaşık 150 km civarındaki 4,5 den büyük deprem kayıtlarından hareketle, inceleme alanı için Poisson Olasılık Dağılımı ile Probabilistik Deprem Tehlike Analizi yapılmıştır.

Analizde, “ZeminJeofizikanaliz” (Özçep,2005) Mikrosoft®exel yazılım programı kullanılmıştır. Burada, hesaplamaların teori ve formülasyonlarından ziyade, inceleme alanı deprensellik verileri doğrultusunda probabilistik analiz veri girişleri ve sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 4.26. Poisson olasılık dağılımı ile deprem tehlike analizi verileri ve sonuçları

YIL		108			
Büyüklik (M) Aralıkları	4.5 ≤ M < 5.0	5.0 ≤ M < 5.5	5.5 ≤ M < 6.0	6.0 ≤ M < 6.5	
Ni (Oluşum Sayıları)	56	19	7	3	
Ortalama Büyüklik(M) yada (Xi)	4,7	5,1	5,6	6,1	
SNi (Kümülatif Oluş Sayıları)	85	29	10	3	
SNi/t	0,787037037	0,268518519	0,092592593	0,027777777	
Log SNi/t yada (Yi)	-0,10400483	-0,571025758	-1,03342375	-1,5563025	
SXi	21,5000000				a 4,685502158
SYi	-3,2647568				b -1,023570487
SXi²	116,6700000				Log (N) = a - b*M
SXiYi	-18,6816723				
(Sxi)²	462,2500000				



Şekil 4.49a. Poisson olasılık modeli için magnitüt-oluşum sayısı ilişkisi

Çizelge 4.27. Poisson olasılık dağılımı ile hesaplanan farklı büyüklükteki depremlerin farklı zaman süreleri için oluşum olasılıkları ve aşılma oranları

Büyükük (M)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	Tekrarlama Periyodu (Yıl)
10	97,5	100,0	75	100	3
5	67,9	99,7	100,0	100,0	9
5,5	29,5	82,6	92,8	97,0	29
6	6,5	28,5	39,6	48,9	149
6,7	4,1	18,9	27,0	34,3	238
6,9	2,6	12,3	17,8	23,0	382
7,1					

Çizelge 4.28. Poisson olasılık dağılımı ile hesaplanan farklı büyüklükteki depremlerin 50 yıl için aşılma oranları

D (yıl)	% Aşılma Olasılığı	M (büyükük)
50	28,5	6,7
D (yıl)	% Aşılma Olasılığı	M (büyükük)
50	18,9	6,9
D (yıl)	% Aşılma Olasılığı	M (büyükük)
50	12,3	7,1

İnceleme alanı için deterministik analiz başlığı altında belirlenmiş olan , iki ayrı kaynak modellerinde, Ecemiş Fayı için 6,7 büyüklüğünde, DAF için ise 7,1 büyüklüğündeki depremlerin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı sırasıyla %28,5 ve %12,3 olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanı için bu iki kaynağın oluşturabileceği büyüklükteki depremin ortalaması olan 6,9 büyüklüğündeki deprem, inceleme alanı tasarım depremi olarak kabul edilecek olursa, böyle bir depremin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı ise %18,9'dur (Çizelge 4.28).

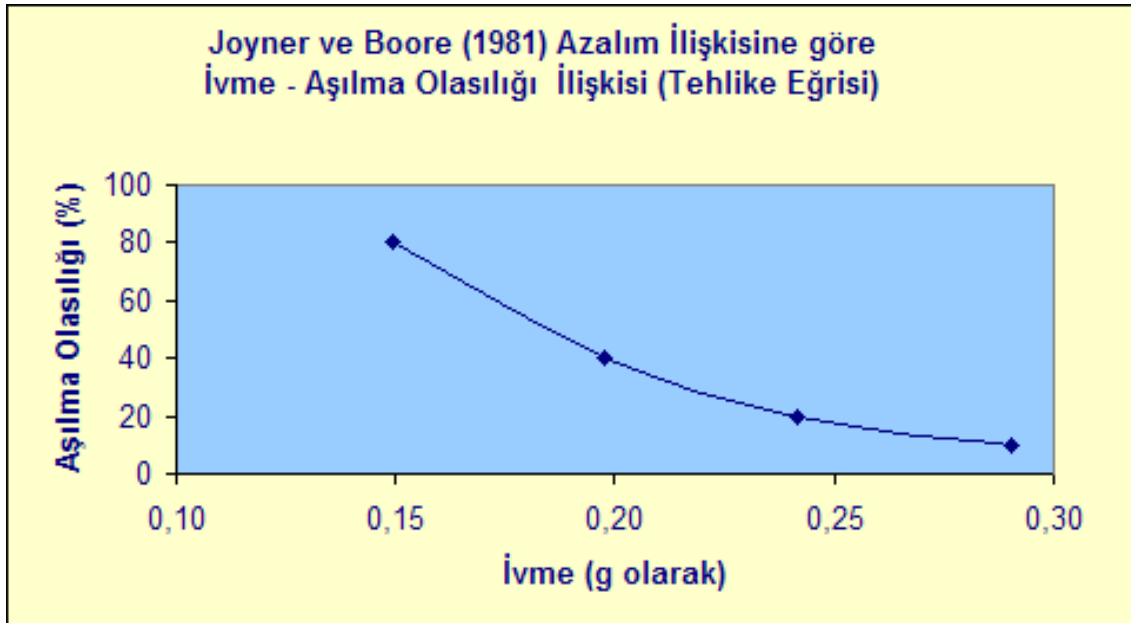
İnceleme alanı tasarım depremi için, analiz programı, 30 km episantral uzaklık ve 15 km odak derinliği kabulü ile belirtilen aşılma oranında, beklenen ivme değeri ve bu değer European Seismological Commission'a göre (Çizelge 4.29) teşkil ettiği tehlike (Çizelge 4.30), (Şekil 4.49b) orta düzeydedir.

Çizelge 4.29. European Seismological Commission'a (ESC) göre, ivme değeri - tehlike düzeyleri ilişkisi

European Seismological Commission'a (ESC) Göre	
Tehlike Düzeyi	İvme Değeri
Düşük Tehlike	< 0,08g
Orta Tehlike	0,08g - 0,24g
Yüksek Tehlike	> 0,24g

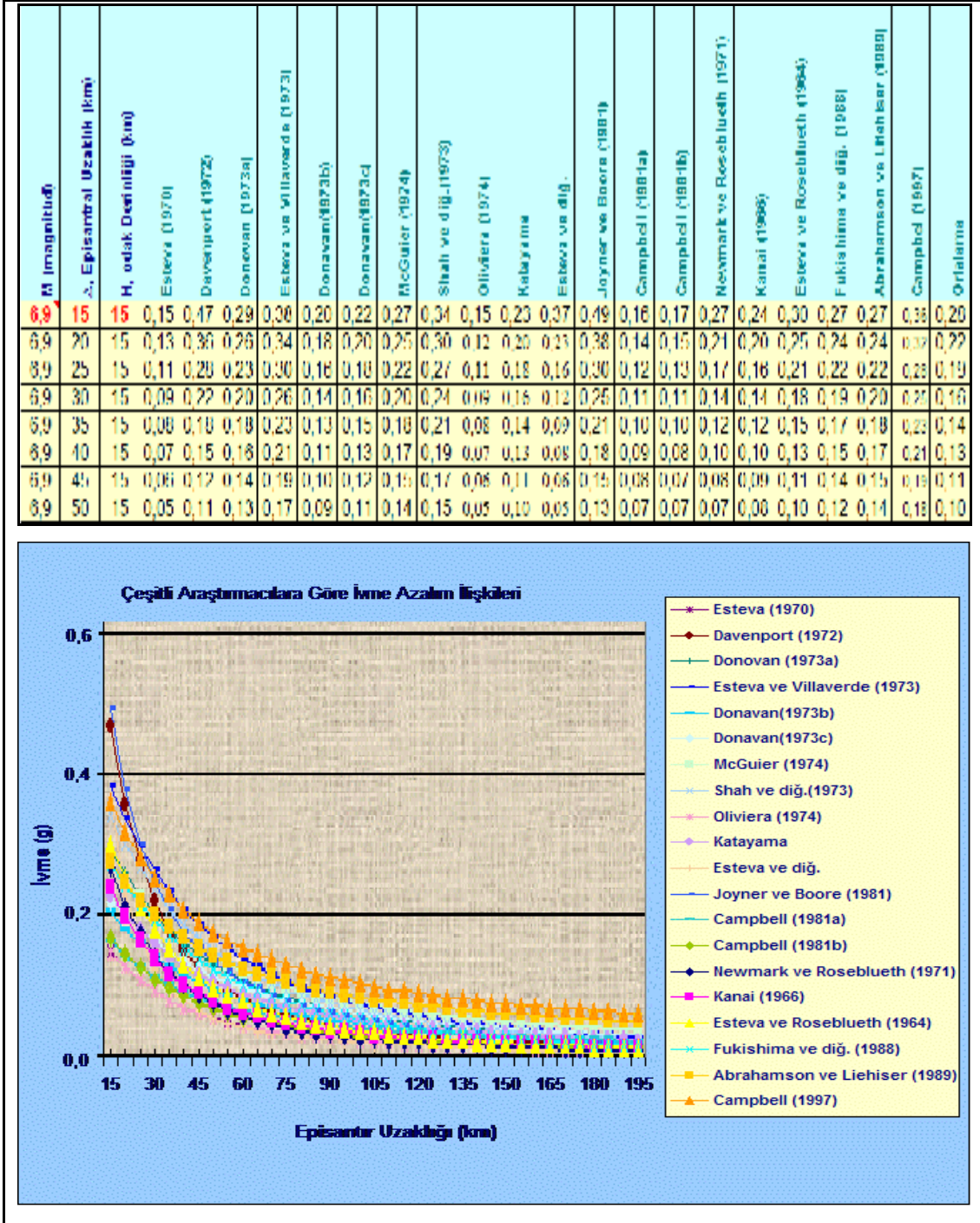
Çizelge 4.30. Büyüklüğü 6,9 olan tasarım depreminin 50 yıl ve %18,9 aşılma oranı için 30 km episantral uzaklık ve 15 km odak derinliğinde beklenen ivme değerine karşılık tehlike düzeyi, **orta tehlike** dir.

Δ, Episantral Uzaklık (km)	H, odak Derinliği (km)	50 yıl ve %18,9 aşılma olasılığı için ivme (g) değeri					(ESC)ye Göre TEHLİKE DÜZEYİ
		Donavan (1973c)	Oliviera (1974)	Joyner ve Boore (1981)	Campbell (1997)	Ortalama	
30	15	0,16	0,09	0,25	0,25	0,19	Orta Tehlike



Şekil 4.49b. Joyner ve Boore 1981 azalım ilişkisine göre ivme aşılma olasılığı ilişkisi tehlike eğrisi

İnceleme alanı tasarım depremi ($M_w:6,9$) için, farklı epantral uzaklıklara karşılık gelen ivme değerleri Şekil 4.50 de verilmiştir.

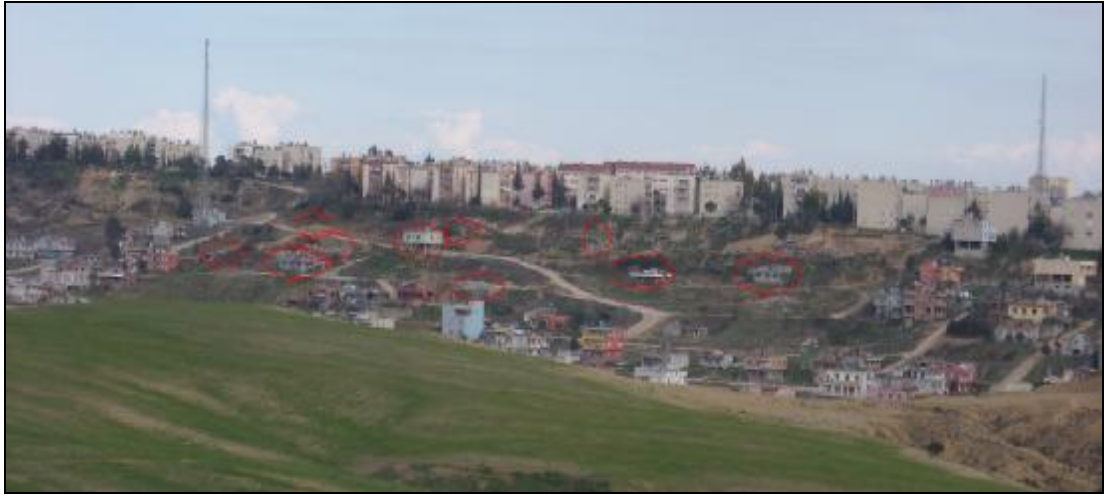


4.4.4. Afet Durumu

İnceleme alanında, afet olarak değerlendirilebilecek başlıca , alan sınırları dahilinde bulunan, önceki bölümlerde heyelanlı kesim olarak anılıp, kısaca değinilmiş olan, heyelan oluşumudur.

4.4.4.1. Heyelan

İnceleme alanı sınırları içerisinde bulunan 100. yıl mahallesinin batısındaki, hakim Handere Formasyonu üzerinde, eğim derecesi %30 dan yüksek ve bir kesimi yerleşime açılmış, yaklaşık olarak 120 tek-iki ve üç katlı konutun yapılmış olduğu yamaçlarda eskiden ve 2001 yılı sonu ile 2002 yılı başındaki yağış döneminde oluşan heyelanlar gözlenmektedir. Bu heyelanlar 50 civarında konutu etkilemiş bunlardan 24 ü oturulamaz hale gelerek boşaltılmak zorunda kalmıştır (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. İnceleme alanı içinde bulunan 100. Yıl Mahallesi'nin batısında yer alan heyelanlı kesimden bir görünüm

Doğuda, daha yüksek kotlarda, kuzey güney uzanımlı, %0-10 derece eğimli kalın sayılabacak kaliçi birimleri üzerine inşaa edilmiş 100. Yıl Mahallesi'nin batı yakası boyunca uzanan bu sınırlarda kaliçinin Handere Formasyonu'nun üzerine

geldiği kesimlerdeki yer yer 10 m'ye varan yükseklikteki heyelan aynaları , düşme, devrilme, kayma, yanal yayılma, akma şeklinde birden çok hareketin kombinasyonları gözlenmektedir (Şekil 4.52, Şekil 4.53).



Şekil 4.52. İnceleme alanı heyelanlı kesimde bulunan 100. Yıl Mahallesi'nin batısında yer alan heyelanlı kesimde gelişmiş heyelan aynası



Şekil 4.53. İnceleme alanı içindeki heyelanlı kesimde, gelişmiş heyelan aynası ve yarım bırakılmış bazı konut inşaatları

Üstten sert bir kabukla başlayan zaman, zaman iri boyutlu taraça ve karbonat çimentolu konglomeratik çakıllı, kumlu bantlarla devam eden kaliçi, inceleme alanının genelinde olduğu gibi buralarda da yağışlı mevsimlerde bünyesinde biriktirdiği suları, özellikle bu kesimlerdeki Handere Formasyonu'nun %30 dan yüksek eğimli killi, jipsli (alçıtaşı) birimlerinin üzerine, dokanaklar boyunca akıtarak duraylılığı bozmakta, yamaç hareketlerine sebep olmaktadır (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. Heyelanlı kesimin eğim yukarısında bulunan kaliçi birimi ve Handere Formasyonu dokanağı

Yine heyelanlı kesimin eğim yukarısında, kaliçi biriminin bitim sınırlarındaki, uç kesimlerde çevresel ve iklimsel değişimler ve özellikle yağışların etkisiyle daha düşük kotlardaki, bozmuş üst seviyeleri oldukça duraysız yüksek eğimli Handere Formasyonu'nun üzerine doğru gelişen karmaşık hareketli kütle kopmaları, düşmeler ve devrilmeler de, eğim aşağı karmaşık kitlesel sürüklenimler oluşturarak (Şekil 4.55) buralardaki yamaç stabilitesini bozan sebeplerdir.



Şekil 4.55. İceleme alanında Handere Formasyonu'nun bozuşmuş üst kısımlarındaki eğim aşağı gelişen karmaşık kitlesel hareketler

Literatürde bu tür yamaç hareketleri sınıflandırılarak bir değerlendirme sistematığı getirilmeye çalışılmıştır, D.J. Varnes, 1978 yamaç hareketlerini Çizelge 4.31'deki gibi sınıflandırmaktadır.

İnceleme alanı içerisindeki heyelanlı bölgede Çizelge 4.31'de sistematik bir şekilde verilen yamaç hareketlerinin hemen, hemen hepsini gözlemek mümkündür. Malzeme cinsi olarak üst kotlarda Handere Formasyonu'nu yüzeyleyen kaliçi biriminin sert kısımları, yukarıda değinilen yamaç hareketleri esnasında kaya özellikleri taşımakta, düşük kotlardaki Handere Formasyonu'nun üzerine, kaya düşmesi, kaya devrilmesi, rotasyonel veya düzlemsel olarak bir veya birden çok fazla birimler olarak kaymalar sergilemektedir. Yamaç hareketine karışan kaliçi biriminin bozuşmuş taraça ve konlomeratik kısımlarındaki ayrışmış çakıllı, iri kumlu birimler Çizelge 4.30'da sözü edilen iri taneli zeminlerin davranışlarını, eğimli Handere Formasyonu'nun bozuşmuş üst kesimlerindeki kil ağırlıklı birimler ince taneli zeminlerin davranışlarını sergilemektedir.

Çizelge 4.31. Yamaç hareketleri (Varnes, 1978)

HAREKET TİPİ			MALZEMENİN CİNSİ		
			ANAKAYA	MÜHENDİSLİK ZEMİNLERİ	
				İRİ TANELİ	İNCE TANELİ
DÜŞMELER			Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Toprak Düşmesi
DEVRİLMELER			Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Toprak Devrilmesi
KAYMALAR	ROTASYONAL	Birden fazla birim	Kaya Bloğu Kayması	Moloz Slumpı	Toprak Slumpı
	DÜZLEMSEL	Çok fazla birim	Kaya Kayması	Moloz Bloğu Kayması	Toprak Bloğu Kayması
YANAL YAYILMALAR			Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Toprak Yayılması
AKMALAR			Kaya Akması	Moloz Akması	Toprak Akması
KOMPLEKS			İki veya daha fazla hareketin kombinasyonu		

Yukarıda değinilen, heyelanlı kesimdeki, yamaç hareketlerinin genel nedeni yer çekimidir. Buradaki hareketi kolaylaştıran, çabuklaştıran ise; su, yüksek eğim, Handere Formasyonu'nu oluşturan tabaka eğimlerinin yamaç eğimiyle aynı yönde

olması, zeminin litolojik ve mühendislik özellikleri, zemin duraylılığını bozucu dış etkiler (yapılaşma vb. gibi) bu yamaç hareketine sebep olan diğer başlıca nedenlerdir.

Bu heyelanlı bölgede yakın geçmişte başlamış ve 2001 yılı sonu ile 2002 yılı başlangıcı arasındaki yağışlı dönemdeki heyelan oluşumuna kadar devam eden, ancak bu zemin hareketlerinin etkisiyle yavaşlayan yapılaşmalar da bu bölgede meydana gelen kaymaları tetiklemiş ve hızlandırmıştır.

Yapılaşma amacıyla konut inşaatları için kazılan temeller, açılan lokal kullanma ve atık su kanal ve çukurları, tüm bu aktiviteler sonucu zeminin doğal yüzeyindeki bozulmalar ile birlikte yapılaşma sonrasında tamamlanamayan altyapı nedeniyle zemine akan ve sızan sularla beraber 2001 yılı Aralık ayı ve 2002 yılı Ocak dönemindeki yoğun yağışlar da buralarda zeminin suya doygun hale gelerek, killi kesimlerde şişmesine, boşluk suyu basıncının artmasına ve kohezyonun azalmasına neden olmuş, yer yer jips mercekleri içeren kesimlerde ise erimeler gelişmiş, üzerine gelen yapı yüklerinin de etkisiyle zemin iyice duraysızlaşmış ve bu kesimlerde birbiriyle bağlantılı veya bağımsız, yamaç hareketleri meydana gelmiştir (Güzel, 2002).

Bu heyelanlı kesimde bulunan ve heyelandan etkilenen konutlarda (Şekil4.56) ve çevresinde yapılan gözlemlerde; zeminde, heyelen başlangıç yerlerindeki esas heyelan aynaları, kayma yüzeyi kesitleri, enine ve boyuna gerilme çatlakları (Şekil 4.57), alçalan ve yükselen zemin blokları, alçalan bloklar üzerinde oluşan ve yağışlı mevsimlerde su birikmelerine sebep olan heyelan gölcükleri, kayma yüzeylerinden yer yer yüzeye çıkan küçük debili (jips eriyiklerinden kaynaklanarak tuzlanan) kaynaklar, çökme ve kabarma bölgeleri, kayan kitleler ve topuklar, akmalar ve akma uçları gözlenebilmektedir.

Hasarlı binalarda; oturmalar, kolonlarda düşeyden sapmalar, kayma yönünde veya aksi yönde ya da yanlara doğru eğilmeler, yapı ve çevre duvarlarında çatlamlar, yer yer yıkılmalar, topuk bölgelerindeki yapılarda çevrelerine moloz ve heyelan kitlesi akmaları neticesinde gömülmeler (Şekil 4.56) gözlenmiştir.



Şekil 4.56. Heyelandan oturulamaz hale gelen bazı konutlar ve çevresinin görünümü



Şekil 4.57. Heyelan etkisiyle gelişen gerilme çatlakları

Heyelanlı kesimlerde açılan zemin sondajlarındaki (SK-14, SK-15, SK-16, SK-17) litolojik veriler, SPT değerleri (Çizelge 4.31), jeofizik-sismik refraksiyon uygulamalarındaki V_p , V_s hız değerleri ve tabaka geometrileri ile dinamik zemin parametreleri (Çizelge 4.32), (SP 50,51,52,53) rezistivite ölçümleriyle (DES 2,3,4,5,6,11) elde edilen zeminin özdirenç değerleri, yanal ve düşey değişimler beraberce değerlendirildiğinde, bu bölgede özellikle yüzeydeki gözlemlerden heyelanın etkilerinin en fazla görüldüğü kesimlerde (özellikle heyelanın etkilerinin en fazla görüldüğü 238 sokağın orta kısımlarında) kayan kitlenin düşey kalınlığının 5,5 ile 7 metre aralığında olduğu, (bkz. Başlık 4.1.2, Şekil 4.16, Şekil 4.17, AA' ve BB' kesitleri) kayma yüzeyinin bu derinliklerde olduğu ve kaymayan temelin bu derinliklerde başladığını söylemek mümkündür.

Burada açılan Zemin sondajlarında (Sk-14, Sk-15, Sk-16) kayan kitlenin SPT-N₃₀ değerlerinin düşük olduğu, 6,8-7,5 metrelerde Handere Formasyonu'nun kaya niteliğindeki sert kesimine girildiği, 15 nolu kuyuda 10,50 metrede jips bloğu kesildiği (Şekil 4.7) gözlenmiştir.

Çizelge 4.32. Heyelan bölgesi sondaj verileri

	SPT N ₃₀ 1.5m	SPT N ₃₀ 3m	SPT N ₃₀ 4.5m	SPT N ₃₀ 6m	6.8-7.5m	9m	10.5m	12m	13.5m	15m
SK-14	23	26	26	48	K	K	K	K	K	K
SK-15	28	38	R	R	K	K	Jips	K	K	K
SK-16	17	26	36	43	K	K	K	K	K	K

(R: Refü, K: Kaya özelliğinde litoloji)

İnceleme alanı, heyelanlı kesimde yapılan sismik uygulamalarda toplam kalınlıkları 5,5-7,0 arasında değişen düşük hızlı iki tabakadan (kayan kitle) sonra yüksek hız değerleri dolayısıyla elastik parametre değerleri de üstteki kayan kitle zemininden daha yüksek olan temel kaya gelmektedir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Heyelanlı kesime ait sismik veriler

Profil Tabaka No	Kalınlık (m)	Vp Hızı (m/sn)	Vs Hızı (m/sn)	Vp/Vs	Poission Oranı	Din. Ela. Modülü (Kgf/cm ²)	Kayma Modülü (Kgf/cm ²)	E. Taşma Gücü (Kg/cm ²)	Bulk Modülü (Kg/cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	To (sn)
SP50 T1	1,5	314	114	2,75	0,42	615	216	0,47	1351	1,66	
SP50 T2	5	563	364	1,55	0,14	5177	2269	1,56	2402	1,71	
SP50 T3	-	1425	511	2,79	0,42	14186	4973	2,41	32045	1,90	0,21
SP51 T1	3	458	199	2,30	0,38	1853	669	0,84	2655	1,69	
SP51 T2	4	762	205	3,72	0,46	2151	736	0,90	9193	1,75	
SP51 T3	-	1391	394	3,53	0,45	8560	2938	1,85	32712	1,89	0,27
SP52 T1	3	478	185	2,58	0,41	1638	580	0,78	3100	1,69	
SP52 T2	3	863	246	3,51	0,45	3123	1072	1,09	11771	1,77	
SP52 T3	-	1353	417	3,24	0,44	9464	3269	1,95	30058	1,88	0,25
SP53 T1	2	417	118	3,53	0,45	682	234	0,50	2614	1,68	
SP53 T2	3	889	211	4,21	0,47	2327	791	0,94	12995	1,77	
SP53 T3	-	1729	367	4,71	0,47	7950	2692	1,79	56168	1,99	0,29

4.5. Mikrobölgeleme Haritaları

Burada, çalışmanın asıl amacını oluşturan, inceleme alanının mikrobölgeleme ölçütlerinin haritalanması yapılmıştır. Bu ölçütlerin seçiminde ve haritalanmasında, bu alan için planlanan yapılaşma türü, çevresel iklim şartları, yerel zemin koşulları, afet durumu ve bölgenin deprensellik özellikleri göz önünde bulundurulmuştur.

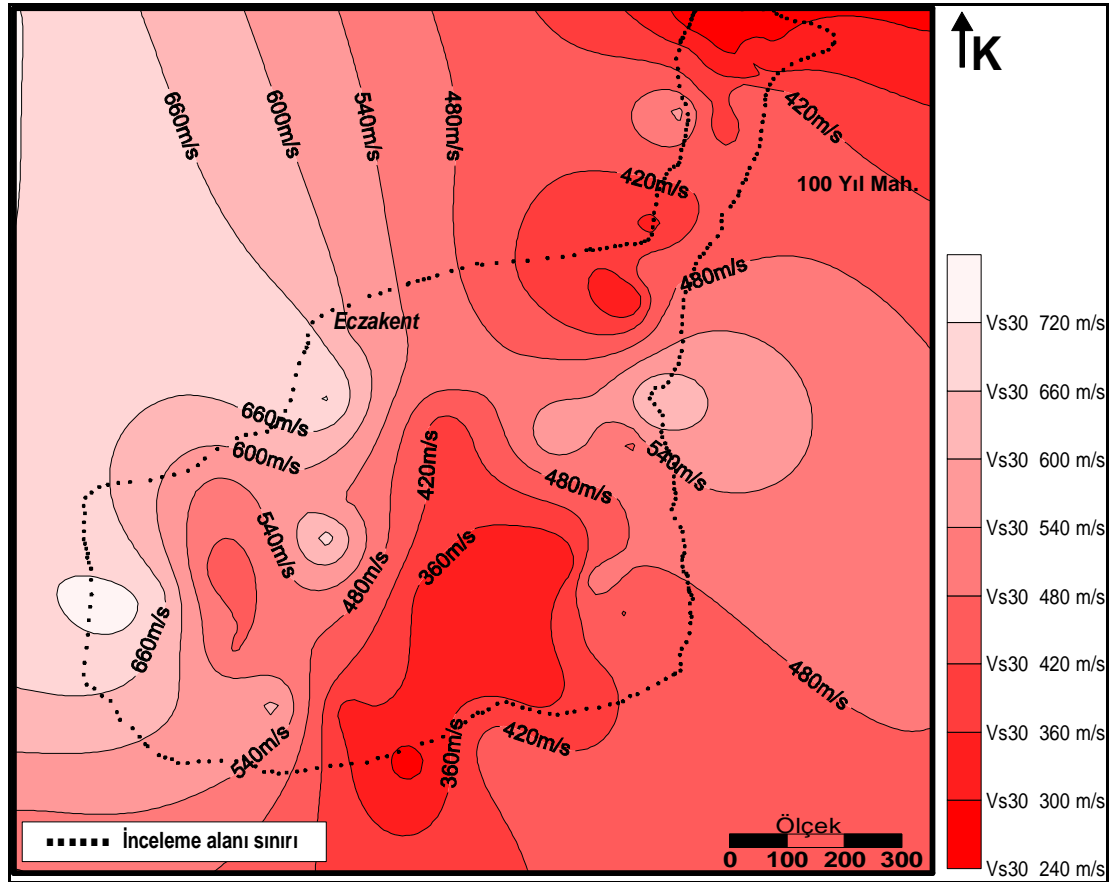
İnceleme alanında, ilgili başlıklar altında geniş açıklamaları verilmiş olan jeolojik, jeofizik, jeoteknik bilgiler ve uygulamalarla sağlanan veriler mikrobölgeleme ilkeleri doğrultusunda, saha için gerekli olan ölçütler kullanılarak ayrı, ayrı haritalanmıştır.

4.5.1. İnceleme Alanı Vs 30 Haritası

İnceleme alanı Vs30 haritası, inceleme alanındaki sismik uygulamalarla elde edilmiş olan ve inceleme alanı zemininin ilk 30 metresinin ortalama S hızlarının haritasıdır. Mikrobölgeleme ölçütlerinde kullanılan, gerekli Vs30 hızları inceleme alanı zemini için, uygulamada, ölçülen S dalga hızlarının ortalamasının hesaplanmasıyla elde edilmiştir, hız ortalaması hesaplamalarında aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır.

$$V_{s30} = 30 / (\sum_{i=1, n} (h_i / V_{si}))$$

Bağıntıda, **h_i** zemin tabakasının kalınlığı, **V_{si}** ise tabakanın S dalga hızıdır. İnceleme alanı Vs 30 haritası Şekil 4.58’de verilmiştir.



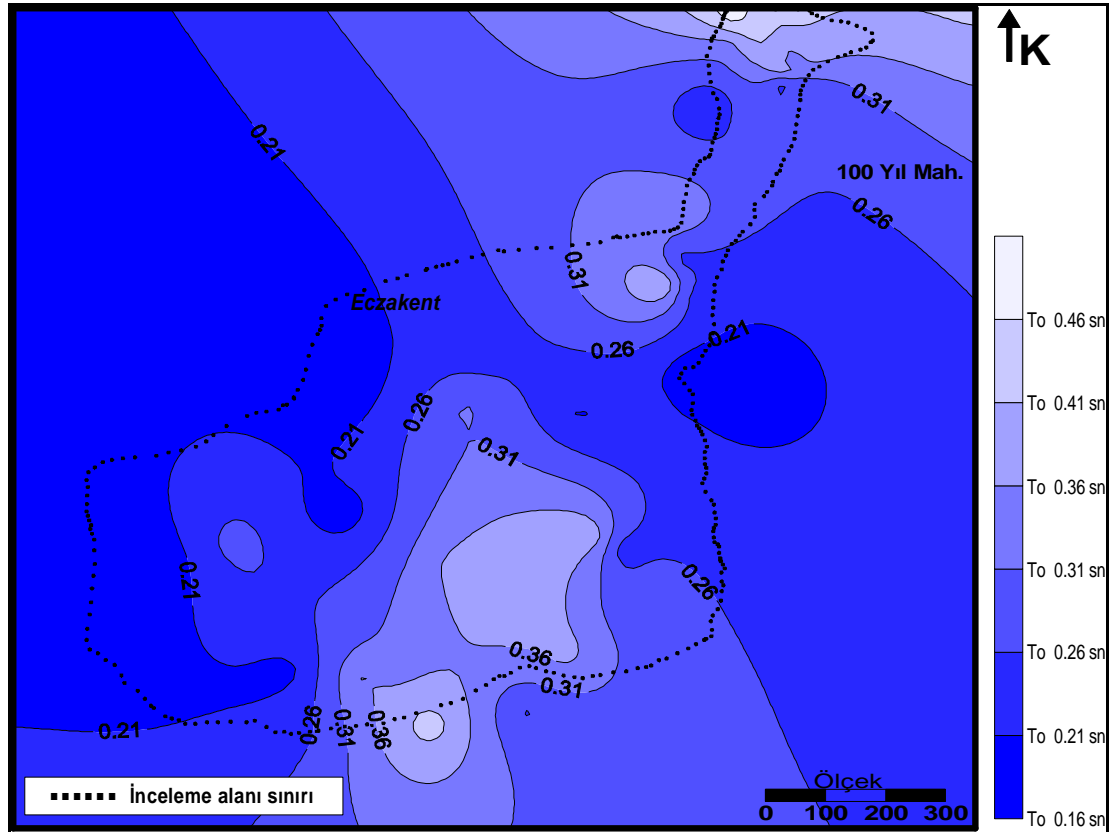
Şekil 4.58. İnceleme alanı Vs30 haritası

4.5.2. İnceleme Alanı Zemin Hakim Periyodu Haritası

Hakim periyot bir yer hareketinin frekans içeriğinin temsil edilebilmesi için gerekli bir parametredir. Hakim periyot Fourier genlik spektrumun maksimum değerine karşılık gelen titreşim periyodu olarak tanımlanmaktadır. Doğada, teknik olarak sağlam kaya tabakası üzerinde bulunan yumuşak bir zemin tabakasının küçük sönümsüz titreşimler için hakim titreşim periyodu (veya T_z , Baskın Periyot, Predominant Period, Fundamental Period, Characteristic Site Period olarak da anılır) vardır ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Kanai, 1983).

$$T_z = \sum 4H_i / V_{si}$$

Burada, H_i , Tabaka kalınlığı, V_{si} , S dalga hızıdır. Bu bağıntı kullanılarak İnceleme alanında ölçülen sismik hızlarla hesaplanan, zemin hakim periyodu değerleri Çizelge 4.2 verilmiştir. İnceleme alanı zemini hakim periyot değerlerinden hareketle hazırlanmış olan Zemin Hakim Periyodu Haritası Şekil 4.59'da verilmiştir.



Şekil 4.59. İnceleme alanı zemin hakim periyodu haritası

Deprem zararlarının azaltılması açısından, zemin özelliklerinin belirlenmesi ve üzerine inşa edilecek yapıların hakim titreşim periyotlarının, zemin hakim periyodundan uzak tutulması gereklidir.

4.5.3. İnceleme Alanı Büyütme Haritaları

Yerleşim planlamaları yapılmış veya yapılacak olan herhangi bir yerdeki olası bir depremde zemin etkisinin bilinmesi, depreme yapılar inşa edilebilmesi açısından önemlidir. Yumuşak zeminlerin deprem sırasında, deprem dalgalarını sert zeminlere ve kaya ortamlarına göre önemli derecede büyüttüğü ve deprem sonucunda meydana gelen hasarlarda büyük paya sahip olduğu bilinmektedir.

Yer hareketinin gözlemi ve analizlerine dayanan incelemelerde, belirli bir derinlik için yüzey tabakasının ortalama kayma dalgası hızı, bağıl büyütme ile güçlü bir ilişki göstermektedir (Midorikawa, 1987; Joyner ve Fumal 1988; Borchardt ve ark., 1991). Bu araştırmacılarca geliştirilen Vs30 hızı ile büyütme ilişkisi bağıntıları Çizelge 4.6'da, verilmiştir. İnceleme alanı için Vs30 hızlarından hareketle ilgili büyütme bağıntılarıyla elde edilen büyütme değerleri Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.34. İnceleme alanı büyütme değerleri

SP noktası	x	y	$V_{s30} = 30 / (\sum_{i=1}^n (h_i/V_{si}))$	Midorikawa 1987 $A = 68V_1^{-0,6}$ Büyütme Değeri	Joyner and Fumal 1984 $A = 23V_1^{-0,45}$ Büyütme Değeri	AHSA = 700/V1 (Zayıf Hareket İçin) Büyütme Değeri	AHSA = 600/V1 (Kuvvetli Hareket İçin) Büyütme Değeri
1	432101	4101419	563	1,5	1,3	1,2	1,1
2	431947	4100712	448	1,7	1,5	1,6	1,3
3	431747	4100536	319	2,1	1,7	2,2	1,9
4	430348	4100768	-	-	-	-	-
5	432030	4100805	416	1,8	1,5	1,7	1,4
6	431004	4101064	691	1,3	1,2	1,0	0,9
7	431600	4100337	476	1,7	1,4	1,5	1,3
8	431032	4101180	541	1,6	1,4	1,3	1,1
9	431831	4100971	304	2,2	1,8	2,3	2,0
10	431595	4100702	313	2,2	1,7	2,2	1,9
11	431363	4100865	321	2,1	1,7	2,2	1,9
12	431165	4100508	380	1,9	1,6	1,8	1,6

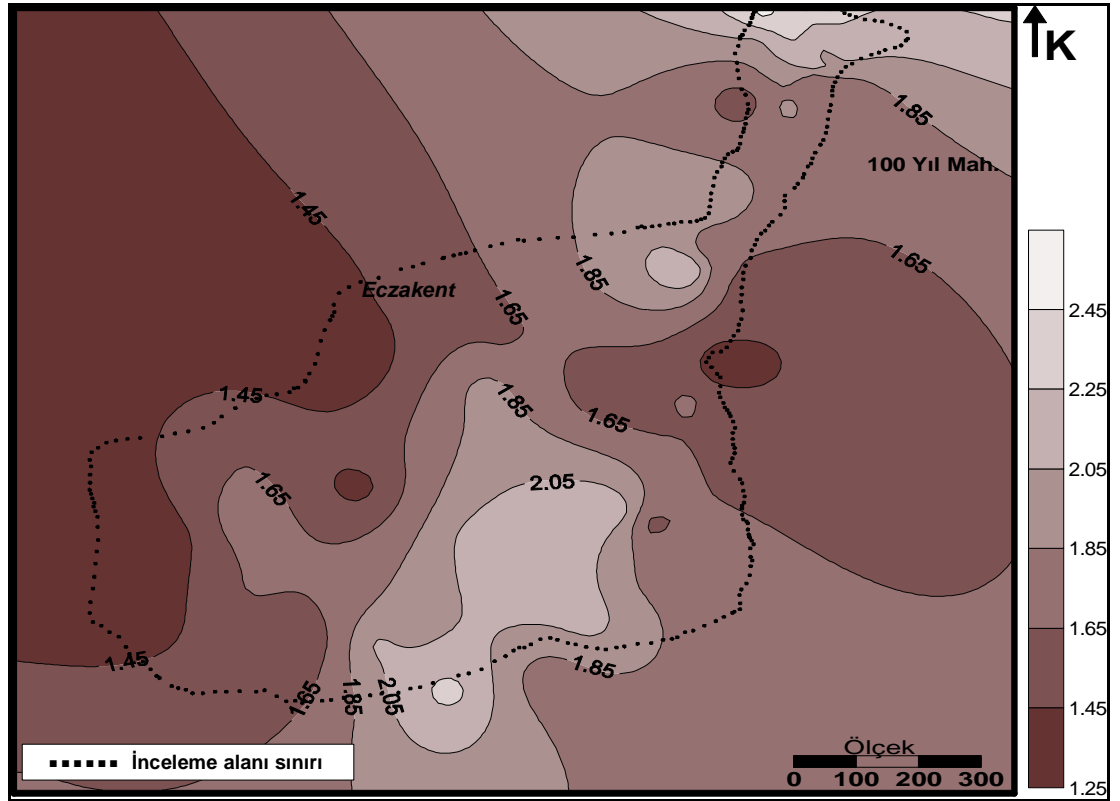
Çizlge 4.34'ün devamı

SP noktası	x	y	$V_{s30} = 30 / (\sum_{i=1, n} (h_i / V_{si}))$	Midorikava1987 A=68V1 ^{-0,6} Büyütme Değeri	Joyner and Fumal 1984 A=23V1 ^{-0,45} Büyütme Değeri	AHSA =700/V1 (Zayıf Hareket için) Büyütme Değeri	AHSA =600/V1 (Kuvvetli Hareket için) Büyütme Değeri
13	430940	4100233	445	1,8	1,5	1,6	1,3
14	431935	4100916	533	1,6	1,4	1,3	1,1
15	431888	4101214	453	1,7	1,5	1,5	1,3
16	432147	4101601	621	1,4	1,3	1,1	1,0
17	432139	4101846	456	1,7	1,5	1,5	1,3
18	432119	4101982	484	1,7	1,4	1,4	1,2
19	432136	4102146	342	2,1	1,7	2,0	1,8
20	431434	4101935	-	-	-	-	-
21	432554	4102736	304	2,2	1,8	2,3	2,0
22	432486	4102714	374	1,9	1,6	1,9	1,6
23	432466	4102674	298	2,2	1,8	2,3	2,0
24	432638	4102814	307	2,2	1,7	2,3	2,0
25	432436	4102711	299	2,2	1,8	2,3	2,0
26	432370	4102773	291	2,3	1,8	2,4	2,1
27	432274	4102763	358	2,0	1,6	2,0	1,7
28	432299	4102619	414	1,8	1,5	1,7	1,4
29	432371	4102507	385	1,9	1,6	1,8	1,6
30	432301	4102426	447	1,7	1,5	1,6	1,3
31	432208	4102302	-	-	-	-	-
32	432063	4101886	285	2,3	1,8	2,5	2,1
33	431714	4101998	402	1,9	1,5	1,7	1,5
34	431405	4101440	380	1,9	1,6	1,8	1,6
35	432062	4101395	463	1,7	1,5	1,5	1,3
36	430756	4101519	-	-	-	-	-
37	431460	4101631	508	1,6	1,4	1,4	1,2
38	431011	4101540	725	1,3	1,2	1,0	0,8
39	430872	4101686	717	1,3	1,2	1,0	0,8
40	431087	4101780	591	1,5	1,3	1,2	1,0
41	430628	4101206	499	1,6	1,4	1,4	1,2
42	430412	4100861	692	1,3	1,2	1,0	0,9
43	430312	4100616	677	1,4	1,2	1,0	0,9
44	430491	4100362	583	1,5	1,3	1,2	1,0
45	430674	4100671	475	1,7	1,4	1,5	1,3
46	432497	4102881	282	2,3	1,8	2,5	2,1
47	432366	4102873	276	2,3	1,8	2,5	2,2
48	432429	4102899	295	2,2	1,8	2,4	2,0
49	432301	4102881	238	2,5	2,0	2,9	2,5
50	432230	4102537	563	1,5	1,3	1,2	1,1
51	432594	4102583	444	1,8	1,5	1,6	1,4
52	432456	4102623	484	1,7	1,4	1,4	1,2
53	432398	4102585	416	1,8	1,5	1,7	1,4
54	432054	4101641	-	-	-	-	-
55	432132	4101533	661	1,4	1,2	1,1	0,9
56	431967	4101321	518	1,6	1,4	1,4	1,2

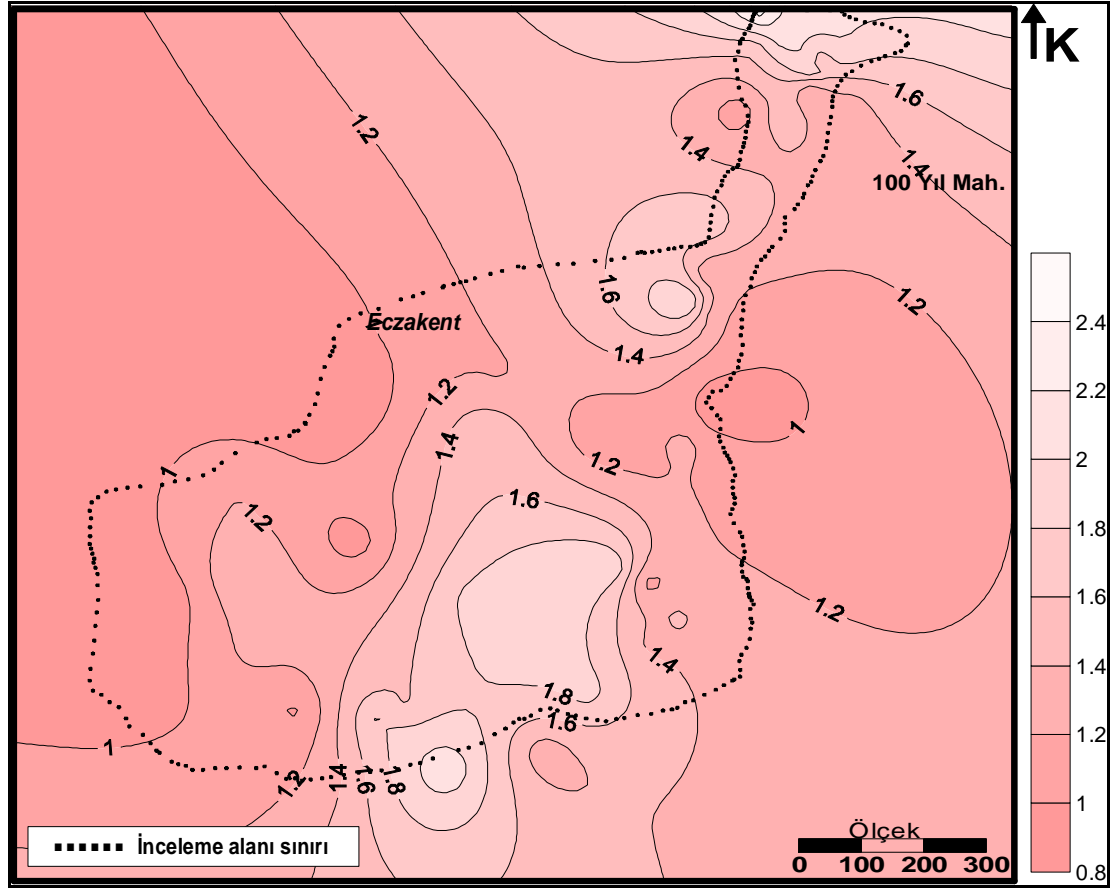
Çizlge 4.34'ün devamı

SP noktası	x	y	$V_{s30} = 30 / (\sum_{i=1}^n (h_i/V_{si}))$	Midorikawa1987 $A=68V1^{-0,6}$ Büyütme Değeri	Joyner and Fumal 1984 $A=23V1^{-0,45}$ Büyütme Değeri	AHSA =700/V1 (Zayıf Hareket için) Büyütme Değeri	AHSA =600/V1 (Kuvvetli Hareket için) Büyütme Değeri
57	431785	4101411	586	1,5	1,3	1,2	1,0
58	432002	4100884	471	1,7	1,4	1,5	1,3
59	431066	4100461	329	2,1	1,7	2,1	1,8
60	431295	4100278	275	2,3	1,8	2,5	2,2
61	430824	4100476	616	1,4	1,3	1,1	1,0
62	430637	4100950	429	1,8	1,5	1,6	1,4
63	430294	4100810	742	1,3	1,2	0,9	0,8
64	431668	4100970	315	2,2	1,7	2,2	1,9

İnceleme alanı için hesaplanan büyütme değerleri kullanılarak, Midorikawa(1987), Joyner ve Fumal(1984), Borchardt ve ark.(1991)'na göre büyütme haritaları sırasıyla, Şekil 4.60, Şekil 4.61, Şekil 4.62 ve Şekil 4.63'de verilmiştir.



Şekil 4.60. İnceleme alanının Midorikawa (1987)'ya göre büyütme haritası



Şekil 4.63. İnceleme alanının Borcherdt ve ark. (1991)'na göre kuvvetli hareket zemin büyütme haritası

Ansal ve ark. (2002) ye göre, büyütme ölçütüne bağlı tehlike düzeyi;

0,0-2,0 büyütme değeri için, tehlike düzeyi C (düşük tehlike)

2,0-4,0 büyütme değeri için, tehlike düzeyi B (orta tehlike)

4,0-6,5 büyütme değeri için, tehlike düzeyi A (yüksek tehlike)

Şeklinde ifade edilmiştir.

Buna göre, Midorikawa(1987), Joyner ve Fumal(1984), Borcherdt ve ark.(1991) ne göre hazırlanmış büyütme haritalarında Şekil 60, Şekil 61, Şekil 62, Şekil 63 inceleme alanının güney kesiminde, küçük bir alanda büyütme değerleri açısından B (orta) tehlike düzeyi sözkonusudur.

4.5.4. İnceleme Alanı Yamaç Stabilitesi Haritası

Yamaç yenilmeleri gerek depremler sırasında gerekse aşırı ve sürekli yağış dönemlerinde çok sayıda zarara neden olur ve yamaçların üzerinde ve yakınında inşa edilmiş çeşitli tür ve boyutta yapılarda hasarlar oluşturmaktadır. Genel olarak depremler, yağışlar gibi doğa olayları tetikleyici rol oynamakla birlikte, yamaç yenilmeleri bir çok olguyu kapsamaktadır. Yamaç duraysızlığı; dış hareket ettirici kuvvet ve hareket etmeyen malzemenin direnci olmak üzere iki faktöre bağlıdır. Dış hareket ettirici kuvvet gravite ve sismik kuvvetler olurken malzemenin direnci yersel (jeolojik, jeofizik ve jeoteknik) koşullar tarafından yönlendirilirler. Günümüzde birkaç yöntem çalışmalarda uygulanarak bu faktörleri doğru biçimde değerlendirmek için geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

İnceleme alanı yamaç duraysızlığını haritalama amaçlı değerlendirmede, Uluslararası Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Birliği mikrobölgeleme konusunda hazırladığı Elkitabı'nda (ISSMFE, 1993) da önerilen yöntemlerden olan Siyahi ve Ansal tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır.

Koppula (1984) tarafından önerilen bir yöntemi geliştirerek, Siyahi ve Ansal (1993) yamaç duraysızlığı için bir bölgeleme yöntemi önermişlerdir. Yöntem orijinal olarak, sismik bir katsayı kullanarak yamaç duraylılığının bir değerlendirmesini içermektedir. Araştırmacılar sonuç olarak

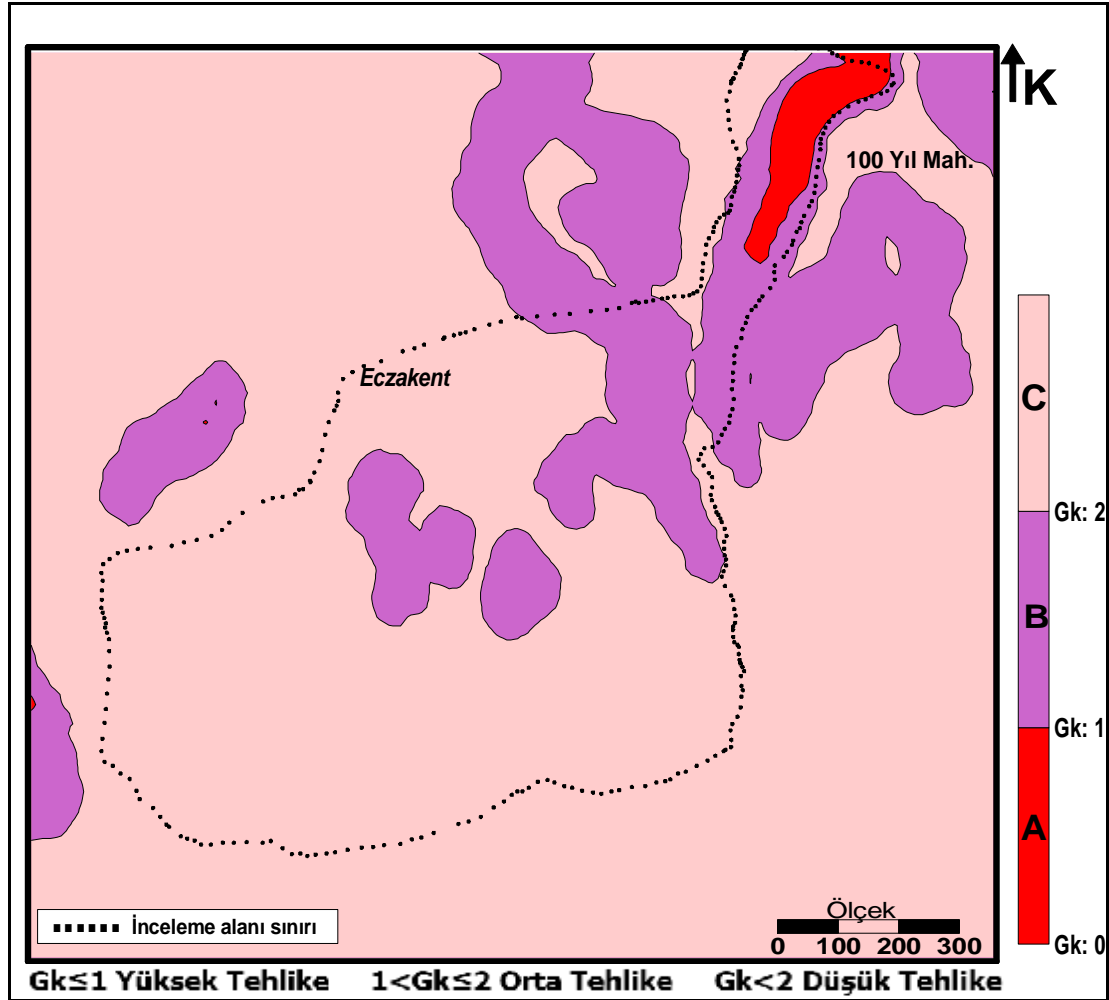
$$GK = \tan \Phi N_1$$

denklemleriyle güvenlik parametresi tanımlamışlardır.

Güvenlik faktörü (GK); kayma mukavemeti (Φ) açısı ve yamaç ile yenilen yüzeyin konfigürasyonunu temsil eden duraylılık sayısı N_1 ' e bağlıdır.

N_1 ' in ivme ve yamaç açısına bağlı olarak değişimi, önceki alt bölümlerden, **3.3.3. Yamaç stabilitesi** başlığı altında Şekil 3.3'te verilmişti.

İnceleme alanı yamaç stabilite haritası, yukarıdaki yöntem kullanılarak zemine ait parametreler doğrultusunda hazırlanarak Şekil 4.63 'de verilmiştir.

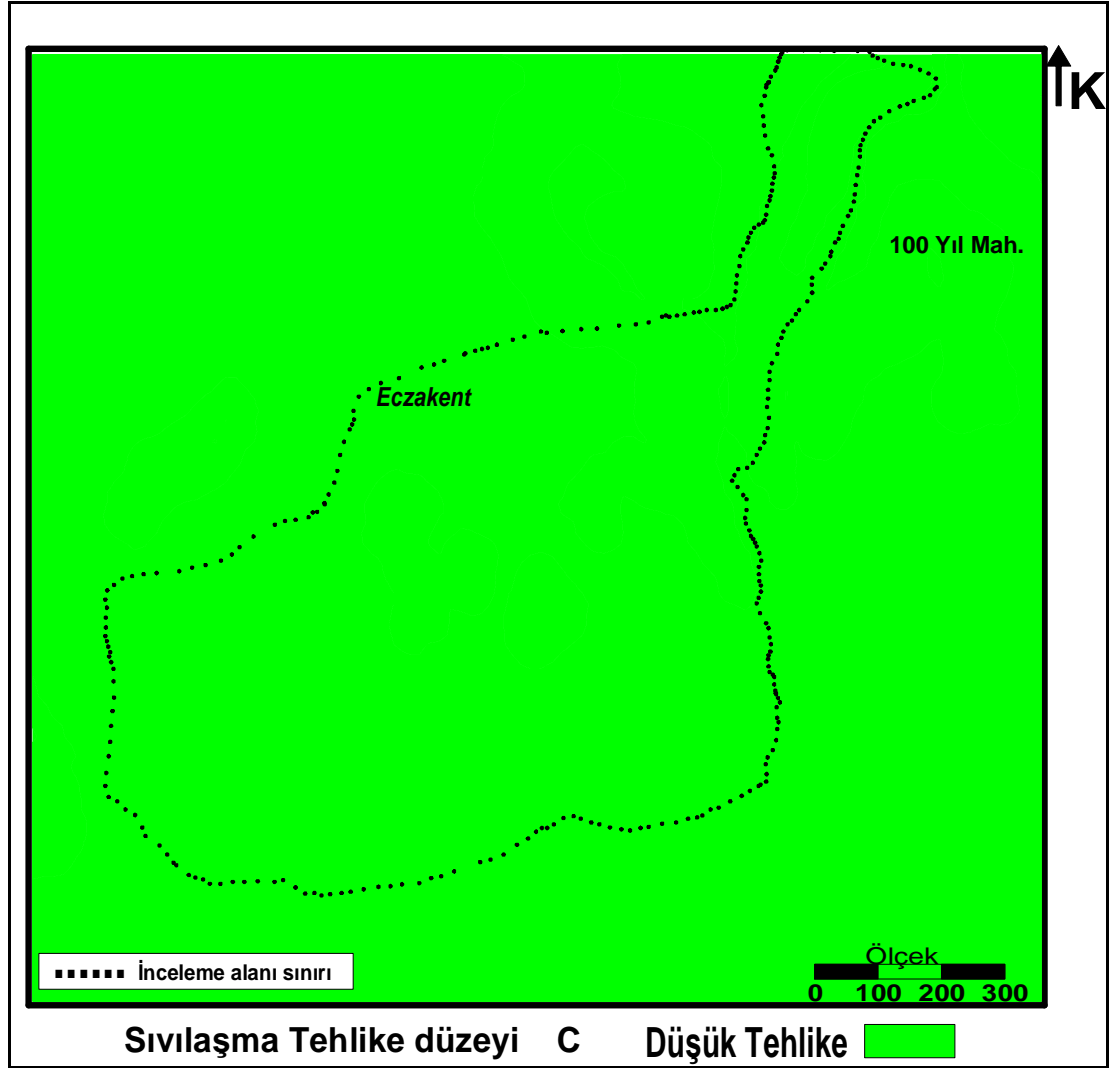


Şekil 4.64. İnceleme alanı yamaç stabilite haritası

4.5.5. İnceleme Alanı Sıvılaşma Haritası

İnceleme alanı zemininde sıvılaşmaya sebep olabilecek yer altı suyu ve yer altı suyuna doymun halde, gevşek, dane çapı üniform dağılımlı kum, silt ve bunların bileşikleri hakim değildir. Dolayısıyla inceleme alanının geneli için, zemin sıvılaşması riski yoktur.

Mikrobölgeleme ölçütlerinde tehlike düzeyinin A (Yüksek sıvılaşma olasılığı/yüksek tehlike), B (Orta sıvılaşma olasılığı/Orta tehlike), C (Düşük sıvılaşma olasılığı/tehlike yok) olarak belirlendiği tehlike seviyeleri açısından, sıvılaşma tehlike seviyesi C olarak haritalanabilecektir. İnceleme alanı sıvılaşma tehlikesi haritası Şekil 4.64 verilmiştir.

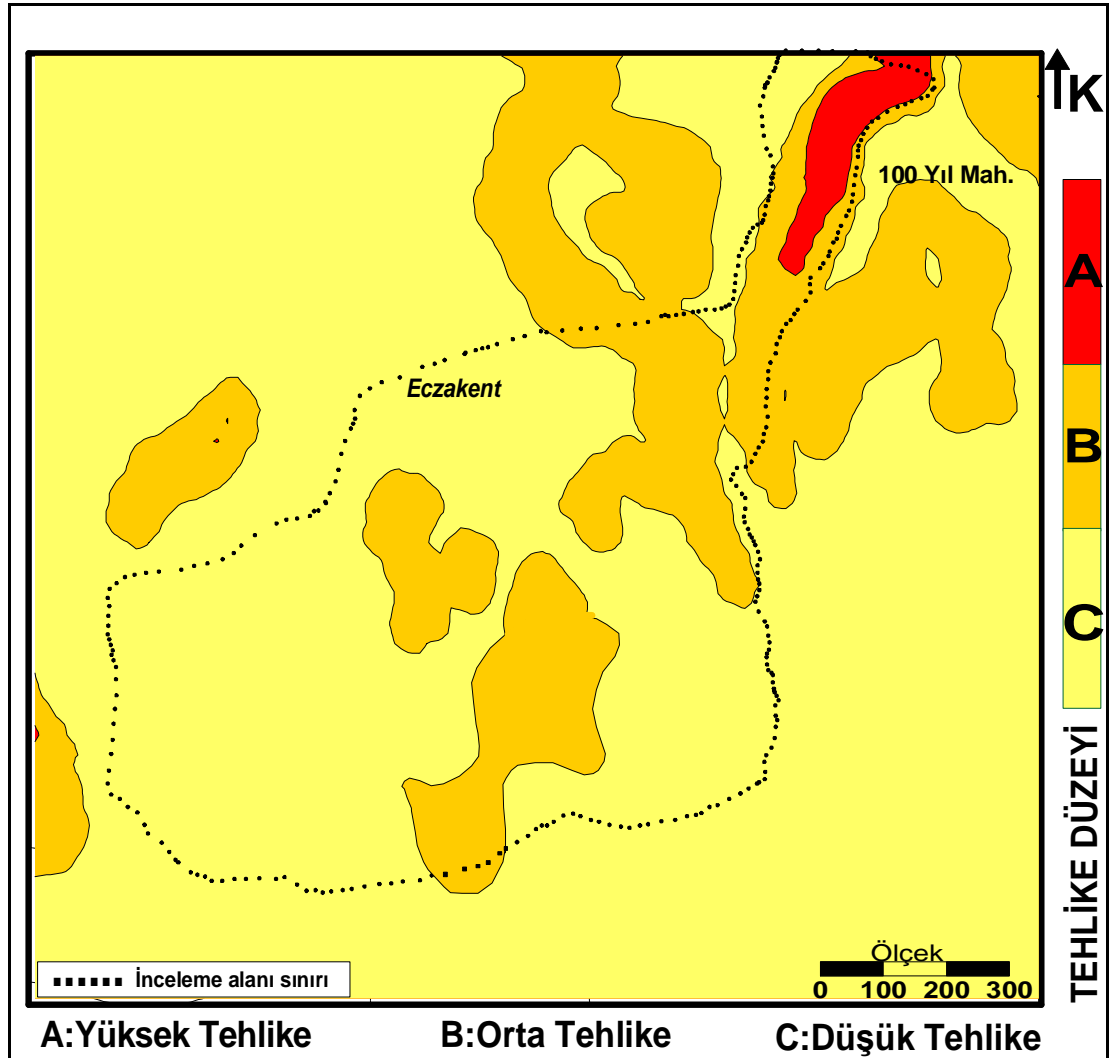


Şekil 4.65. İnceleme alanı sıvılaşma tehlikesi haritası

4.5.6. İnceleme Alanı Mikrobölgeleme Haritası

Daha önce Materyal ve Metod bölümünde geniş yer verilmiş olan mikrobölgeleme haritalarında her deprem etkisi için genellikle üç bölge (A, B ve C olmak üzere) tanımlanmaktadır. Bu üç bölgenin her biri ayrı bir risk seviyesine karşılık gelmektedir (World Institute for Disaster Risk Management, Inc., 2004). Bu seviyeler Çizelge 3.4'de verilmişti.

Burada, bundan önceki alt bölümlerde haritalanmış olan mikrobölgeleme ölçütlerinin birleştirilmesi ile inceleme alanının mikrobölgeleme haritası sunulmuştur. Haritada da görüleceği gibi, inceleme alanı, düşük, orta ve yüksek tehlike düzeylerine ayrılmıştır. Haritalar ayrı, ayrı değerlendirildiğinde, mikro bölgeleme haritasının, yamaç stabilite ölçütü ve büyütme ölçütlerinin birleştirilmiş halini gösterdiği ve bu durumun Vs30 hız haritası ve zemin hakim periyodu değerleriyle de büyük oranda uyumlu olduğu görülmektedir. Haritadaki A tehlike sınıfını gösteren kısımlar inceleme alanında heyelanlı kesime karşılık gelmektedir.



Şekil 4.66. İnceleme alanı mikrobölgeleme haritası

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, jeolojik, jeofizik ve jeoteknik verilerin birlikte kullanımı ile inceleme alanının mikrobölgelemesi yapılmıştır. Bölgede, jeolojik olarak, basenin anakayasını oluşturan, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve marn aralanmalı yer yer jips oluşumları içeren birimlerden oluşan Pliosen yaşlı Handere Formasyonu, bu birimin üzerinde Kuvaterner yaşlı, bazen üzeri bozuşmuş bitkisel nitelik kazanmış çoğunlukla bitkisel toprakla örtülü, yüzeyde beyaz, gri, bazen kahve renkli ve sert, alta doğru bazen yumuşak bir arabirimden sonra, çoğunlukla karbonatlı çimentolu kum, çakıl, taraça içerikli konlomera niteliği kazanmış Kaliçi mevcuttur. Alan içerisindeki küçük, kuru dere boylarında killi, siltli, kumlu, genç, alüvyon çökelimler yer almaktadır.

Farklı litolojik özelliklerdeki Handere, kaliçi ve alüvyon birimler çalışma alanında, genel olarak, CH, CL, ML türü ince taneli, SM, SC, GC, GM türü ince tane içerikli kaba taneli ve GW, GP türü kaba taneli zeminlerden oluşmaktadırlar. Bu zeminlerin indeks özelliklerinden olan likit limit (LL) değerleri %20-68 aralığında, plastik limit (PL) değerleri %12-33, Su içeriği W(n) değerleri %0,60-44,5 aralığındadır.

İnceleme alanının büyük kesiminde yüzeyi kaplayan kaliçinin sert kısım, yumuşak kısım, kumlu-çakıllı karbonat çimentolu veya kil çimentolu konglomeratik yapıdaki farklı seviyelerinin elektrik özdirenç değeri farklılıklar göstererek 10-267 Ohm.m arasında değişmektedir. Kaliçi ve dere boylarında gözlenen genç, ince alüvyon birimlere kıyasla, çalışma alanında bu birimlerin altına gelen ve anakayayı oluşturan Handere Formasyonu, aşırı jipsli 0,3 Ohm.m gibi çok düşük özdirençli kesimler ile, yüzeydeki bozuşmuş kısımları 35 ohm.m'lere varan özdirenç değerleri almaktadır.

İnceleme alanında ölçülen, sismik hızların, yüzeyden itibaren genellikle iki bazen üç seviyeli ortam hızlarından en alt seviyesi, basen jeolojisinde anakayayı oluşturan Handere Formasyonu'nu oluşturmaktadır. Anakayayı oluşturan bu birimin hızları istisnai durumlar dışında genellikle üstteki, alüvyon (kil, silt, ince kum) ve yoğun karbonat bileşenli kaliçi hızlarından daha yüksek değerlerdedir. İnceleme

alanının, 30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hızı (V_{s30}) 238-742 m/s aralığında, zemin hakim titreşim periyodu (T_0) 0,17-0,50 sn aralığındadır.

Depremsellik açısından, inceleme alanı ve çevresini etkileyen Karaisalı-Karsantı, Karataş-Osmaniye faylarının yanısıra başlıca ana deprem kaynakları, Doğu Anadolu Fay Zonu ile Ecemiş (Orta Anadolu Fay Zonu) Fay zonlarıdır. Bu kaynakların etkileri doğrultusunda inceleme alanı için, deterministik yaklaşıma göre Ecemiş Fayının (25 km'lik segmentin kırılmasıyla) oluşturabileceği depremin magnitud büyüklüğü 6,7 dir. Doğu Anadolu Fayının (50 km'lik segmentin kırılmasıyla) oluşturabileceği deprem büyüklüğü 7,1'dir. Probabilistik deprem tehlike analizi (Poisson Olasılık Modeli) hesaplarında inceleme alanı için kestirilen tasarım depreminin magnitud büyüklüğü 6,9' dur. Bu magnitudde bir depremin 50 yıllık periyot için aşılma olasılığı % 18,9 dur.

İnceleme alanında, Handere Formasyonu'nun kil birimleri, özellikle fazla eğimli yamaçlarda duraysızdır. Alan içerisinde bulunan 100. yıl mahallesinin batısında, Handere Formasyonu üzerinde, bir kesimi yerleşime açılmış, yapılaşma olarak, tek-iki ve üç katlı konutların olduğu yamaçlarda farklı zamanlarda gelişmiş heyelanlar bulunmaktadır. Heyelan etkilerinin en fazla görüldüğü kesimlerde, sondaj ve jeofizik uygulamalarla, kayan kitlenin düşey kalınlığının 5,5 ile 7 metre aralığında olduğu saptanmıştır.

Uygulamada, mikrobölgeleme ilkeleri doğrultusunda, gerekli sistematik yaklaşım ve değerlendirme prensipleriyle, inceleme alanına ait jeolojik veriler, jeofizik ölçümler ve jeoteknik uygulama ve bulgular ile alanın mikrobölgeleme açısından önemli ölçütleri haritalanmıştır. İnceleme alanı için ayrı, ayrı haritalanan ölçütlerden yamaç stabilitesi haritasında, düşük, orta ve yüksek tehlike (heyelanlı bölge) seviyesine karşılık gelen alanlar mevcuttur. Aynı zamanda büyütme ölçütü haritalarında da özellikle alanın güney kesimlerindeki çökelimin daha kalın olduğu kısımlarda büyütme değeri 2 nin üzerindedir. Bu durum haritalanan V_{s30} hızı ve zemin hakim periyodu değerleriyle de uyusmaktadır. İnceleme alanının mikrobölgeleme haritasında heyelanlı kesimler yüksek tehlike düzeyinde, potansiyel heyelan alanları orta tehlike düzeyinde, diğer kesimler düşük tehlike/tehlikesiz düzeyindedir.

Mikrobölgeleme çalışmalarında ölçek büyüdükçe ayrıntılı sonuçların elde edileceği bilinmektedir. Bu çalışmada, gerek veri toplama aşamasındaki arazi uygulamaları gerekse değerlendirme aşamalarında olsun, mikrobölgeleme uygulamalarında aynı zamanda ayrıntının ve detayın da ölçüsü olan harita ölçeği olarak 1/1000 kullanılmıştır. Seçilen büyük ölçek, sahanın değişken eğimli morfolojisinin de etkili olduğu, yüzeydeki heterojen litolojik yapısının çözümlenmesinde kolaylık sağlamıştır.

İnceleme alanında, jeolojik olarak farklı koşullarda ve farklı evrelerde oluşumları sonucu, farklı özelliklerdeki basen anakayasını oluşturan Handere Formasyonu ile üzerine gelen değişken kalınlıklı kaliçi ve alüvon birimlerinin incelenmesinde sağlanan verilere bakıldığında, mikrobölgeleme gibi elverdiğince geniş ve detaylı bilgiler sunma amaçlı uygulamaya, veri sağlarken, multidisipliner uygulama ve yaklaşımların gerekliliği görülmüştür.

İnceleme alanının mikrobölgelemesi için, jeolojik, jeofizik, jeoteknik çalışma ve veri oluşturma amaçlı uygulamaların, efektif uygulanabilirliği, zemin özelliklerini tanımlama yeteneği ve maliyet özellikleri açısından birbirine göre avantajları ve dezavantajları gözlenmiştir. İnceleme alanı jeolojik birimlerinden kaliçi; farklı konumlardaki oluşumlarda, farklı oranlardaki karbonatlı yapısı nedeniyle, dayanım özelliklerinin saptanmasında, sondaj ve yerinde deneylerden (sondaj uygulaması sırasında karbonat bileşeninin suda eriyip yıkanması nedeniyle yanıltıcı litolojik görünüm ve SPT-N sayıları, birimin dağılımdaki yoğun heterojenite gereği, noktasal olabilen, çok sayıda sondaj gerekliliği ve bunun getireceği maliyet fazlalığı) alınan neticeden ziyade, sismik uygulama ile ölçülen sismik hızlardan sağlanan veriler bu birimin dayanım özelliklerini belirlemede (gerek uygulamanın, zeminin doğasını bozmadan yapılabilir olması açısından daha özgün olması, gerekse noktasal olmayıp profil bazlı, hızlı ve ekonomik olması açısından) daha efektif ve daha belirleyici olmuştur.

İnceleme alanı anakayasını oluşturan Handere Formasyonu'nun sondajla belirlenebilir ekonomik derinliği aşan, devamlılığının belirlenmesinde ve bu birimde hidrojeolojik açıdan su içerebilecek geçirimsizlikteki kısımların veya özellikle Handere'nin karakteristik içeriklerinden olan jips etkili zonların ayırımında

rezistivite ölçümleri sondaj ve sismik uygulamalardan daha etkili ve efektif bir uygulama olmuştur.

Normal kazılarla, ulaşılamayacak derinliklerdeki, zemin/kaya birimlerinin, litolojik tanımlaması ve indeks özelliklerin belirlenmesi amaçlı, numunelerinin temini sondaj uygulamalarıyla sağlanabilmektedir.

Mikrobölgeleme çalışmaları belirli ilkeler ve prensipler çerçevesinde yapılabilir olmakla beraber, gerek dünya geneli gerekse Türkiye'deki uygulamalara bakıldığında, genellikle farklı uygulama alanları için, gerekli ölçütlerin farklı olabileceği veya ölçüt tanımlamada öncelik sırasının değişebileceği görülmektedir. Örneğin yer altı suyunun yüksek olduğu, ince alüvyonlu zeminlerin hakim olduğu bir alanın mikrobölgelemede, öncelikli mikrobölgeleme ölçütü sınırlama iken, bu çalışmadaki gibi, ince taneli ayrışık zeminlerin yüksek eğimli kesimlerde yer alması durumunda, mikrobölgelemenin yamaç duraysızlığı ölçütü önem kazanmaktadır. Aktif bir tektonizmanın ve faylanmanın olduğu bir alan için ise, mikrobölgelemenin faylanma ölçütünün tanımlanması öncelik kazanacaktır. Bunun yanı sıra, aynı zamanda, bilinen mikrobölgeleme ölçütlerinin birçoğunun veya hepsinin gerekli ve öncelikli olduğu çevre ve zemin şartları da olabilmektedir. Daha genel bir deyimle, belli bir alan için, mikrobölgeleme ölçütlerinin seçiminde bu alan için planlanan yapılaşmanın türü, çevresel iklim şartları, yerel zemin koşulları, afet durumu ve bölgenin depremselliği gibi özelliklerinin göz önünde bulundurulması gereklidir.

Mikrobölgeleme uygulamaları, bilinen yerleşime uygunluk amaçlı veya imar planlarına esas olarak hazırlanan klasik etüdlerin içeriklerine ilave olarak, özellikle statik yapılaşmada başlıca tehlike unsuru olan dinamik (büyütme ölçütü gibi) veri analizleri, deprem tehlike analizleri ve risk hesapları gibi verileri de içermesi bakımından bir adım daha ileridir. Özellikle depremle yaşamak zorunda olan topluluklarda, deprem hasarlarının azaltılması açısından yerleşilmiş ve yerleşilecek alanlar için mikrobölgeleme çalışmaları gerekli uygulamalardır.

KAYNAKLAR

- Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü, 2004a, Belediyeler İçin Sismik Mikrobölgeleme: El Kitabı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü, 2004b, Belediyeler İçin Sismik Mikrobölgeleme: Bilimsel Son Durum, Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- ALTINOK, Y., 2004, Sismik Risk Analizi, Yüksek Lisans Ders Notları, Yayınlanmamış, İ.Ü. Jeofizik Müh. Böl. İstanbul.
- ALTINOK, Y. AND ALPAR, B., 2006, Marmara Island Earthquakes, of 1265 and 1935; Turkey, Natural Hazards and Earth System Sciences, 6, 999-1006.
- ANDRUS, R. D., STOKOE, K. H., CHUNG, R. M. 1999, Draft Guidelines For Evaluating Liquefaction Resistance Using Shear Wave Velocity Measurements And Simplified Procedures. Nistir 6277; 134 P.
- ANDRUS, R. D., STOKOE, K. H., II, 1996, Preliminary Guidelines for Liquefaction Assessment Using Shear Wave Velocity, U.S./Japan Natural Resources Development Program (UJNR). Wind and Seismic Effects. Joint Meeting of the U.S./Japan Cooperative Program in Natural Resources Panel on Wind and Seismic Effects, 28th. May 14-17, 1996, Gaithersburg, MD, Raufaste, N. J., Jr., Editor, 77-83 pp.
- ANDRUS, R. D.; STOKOE, K. H., II, 1997, Liquefaction Resistance Based on Shear Wave Velocity, in Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER) Workshop. Proceedings. January 5-6, 1996, Salt Lake, UT, Youd, T. L.; Idriss, I. M., Editors, 89-128 pp.
- ANDRUS, R. D., STOKOE, K. H., 1999, Liquefaction Evaluation Procedure Based on Shear Wave Velocity, in Wind and Seismic Effects. U.S./Japan Natural Resources Development Program (UJNR). Joint Meeting, 31st. Technical Memorandum of PWRI 3653. Proceedings. May 11-14, 1999, Tsukuba, Japan, 469-474 pp.

- ANSAL, A., 2004, Bağcıların (İstanbul) Mikrobölgelemesi, “Belediyeler için Mikrobölgeleme El Kitabı” içinde, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ANSAL, A., 2004, (Ed.); Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation, Kluwer Academic Publishers, netherlands.
- ANSAL, A., BİROL, Y., 2004, Seismic microzonation, “Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation” ANSAL, A., 2004, (Ed.); içinde, Kluwer Academic Publishers, 253-266.
- ASLAN, S.,ACAR, B., 2002. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit D. BŞK., Jeolojik Etüt ve İzleme Şb. Müd., Jeolojik Etüt Raporu, Adana, 4s.
- ASTROZA, M., MONGE, J., 1991, Regional Seismic zonation in central Chili, Proc. 4th International Conference on Seismic Zonation, (3), 487-494.
- ASÇI, M., ÖZÇEP, F., ALPASLAN, N., KARABULUT, S., YAS, T., 2003, Evaluation of Liquefaction Potantial by different approaches in some points of Northern part of Golcuk, Turkey, The 3rd International Conference on Earth Sciences and Electronics, Proceedings, ed. By O.N.Uçan and A. M. Albora, pp. 335-343, 23-24 October, Istanbul, Turkey.
- BARKA, A.A., KANDİSKY-CADE, K., 1988, Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. Tectonics, 7, 663–684.
- Belediyeler için Sismik Mikrobölgeleme, World İnstitute for Disaster Risk Management (DRM), Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, (2004).
- BELL, F.G., 1998, Environmental Geology, Blackwell, 594p.
- BELL; F.G., CRIPS, J.C., CULSHAW, M.G., O’HARA, M., 1987, Aspects of geology in planning, in: Culshaw, M.G., Bell; F.G., Crips, J.C., O’Hara, M., (eds.), Planning and Engineering geology, Geological Society Engineering geology Special pub. No:4, pp.1-38.

- BORCHERDT, R.D. WENTWORTH, C.M. JANSSEN, A. FUMAL, T. AND GIBBS, J, 1991. Methodology for Predictive GIS Mapping of Special Study Zones for Strong Ground Shaking in the San Francisco Bay Region, Proc. Fourth Intern'l. Conf. on Seismic Zonation, Vol.3, pp. 545-552.
- CEYHAN, U., 2004, Büyükçekmece İlçesinde Kayma dalgası hızı kullanılarak Mikrobölgeleme çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- CID, J., SUSAGNA, T., GOULA, X., CHAVARRIA, L., FIGUERAS, S., FLETA, J., CASAS, A., ROCA, A., 2001, Seismic zonation of Barcelona based on numerical simulation of site effects, PAGEOPH, 158, 2559-2577.
- CHAVEZ-GARCIA, F.C., CUENCA, J. 1998, Site effects and microzonations in Acapulco, Earthquake Spectra, 14, 1, 75-94.
- COŞGUN, A.A. 2003, 100. Kireçocağı (Seyhan-Adana) Dolayının Mühendislik Jeoloji İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- ÇAYNAK, S., YETİŞ, C. Ve ERTUNÇ, A., 1991. Karaisalı-Karsantı Karayolu Güzergahı Üzerindeki Güvenç Formasyonunda Heyelan Oluşumuna Yapı Litolojinin Etkisi. Ahmet ACAR Jeoloji Sempozyumu-Bildiriler, Adana-Türkiye, s. 63-69.
- ÇETİN, H. ve ark. (2003). Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, **374**, 163-197.
- ÇOBANOĞLU, İ., 2005, Adana İli ve Yakın Çevresinin Jeoteknik Koşullarının Statik ve Sismik Durumlar İçin Coğrafi Bilgi Sistemi İle Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- DEMİR AĞ, O., 1999, Mühendislik Jeofiziği, Zemin Araştırma Kurs notları, 1999, Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara
- De MULDER, E.F.J, 1996, Urban geoscience; in McCall, G.J.H., De Mulder, E.F.J., Marker, B.R., (eds.), Urban Geoscience , Balkema, Rotterdam, 1-11.

- EMSC-European-Mediterranean Seismological Centre, www.emsc-csem.org
- ERDİK, M., ANSAL, A., AYDINOĞLU, N., BARKA, A., IŞIKARA, A.M., YÜZÜGÜLLÜ, Ö., AVCI, J., ÖZEL, O., ALPAY, Y., BİRGÖREN, G., 2000, İzmir Deprem Senaryosu ve Deprem Master Planı, İzmir Büyükşehir Belediyesi, (<http://www.izmir-bld.gov.tr/eski/izmirdeprem/izmirrapor.htm>), İzmir.
- ERDEVE, E. 2006, 100. Yıl (Seyhan-Adana) Heyelanı Jeolojik-Jeoteknik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- ERDİK, M., DURUKAL, E., 2004, Strong Ground Motion, Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering And Microzonation'nde, Ed. A. Ansal, Kluwer academic Publishers.
- ERGÜNAY, O., 1971, Türkiye'de Mikrozon çalışmaları ve Gediz kasabası uygulaması. İMO Teknik Bülteni, (8):115-128.
- ERGÜNAY, O., 2002, Türkiye'nin Afet Yönetimi Sistemine Genel Bir Bakış: Sorunlar ve Çözümler, "Kentsel Yerleşmeler ve Doğal Afetler: Derleyen: Emine M. Komut" içinde, Sayfa 1-9, Mimarlar Odası UIA II. Bölge Çalışma Programı, Ankara.
- ERGÜNAY, O., 2006, Mikrobölgeleme Çalışmaları ve Afet Senaryoları, JICA-İçişleri Bakanlığı Belediye Elemanları için Düzenlenen Zarar Azaltma Eğitimi Kursu (18-22 Eylül 2006)
- FACCIOLI, E., BATTISTELLA, C., ALEMANI, P., LO PRESTI, D., TIBALDI, A., Seismic microzoning and soil dynamics studies in San Salvador, 12th ICSMFE, Rio de Janeiro, Brazil.
- FACCIOLI, E., PESSINA, V., 2001, The Catania Project: Earthquake damage scenerios for a high risk area in Mediterrean, CNR Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 225 pp.
- FAH, D., RÜTTENER, E., NOACK, T., KRUSPAN, P., 1997, Microzonation of the city Basel, Journal of Seismology, 1,87-102.

- FINN, W.D.L, 1991. Geotechnical Engineering Aspect of Microzonation, Proc. Fourth Intern'l. Conf. On Seismic Zonation, Vol.1, pp. 199-259.
- GÖRÜR, N., 1979. Karaisalı Kireçtaşmm (Miyosen) sedimantolojisi, TJJ. Bült., 22/2, 227-234,
- GÜL N., KÖKSAL A., 1982, İller Bankası İmar Dairesi Başkanlığı, İmar Planına Esas Olacak Ek Jeolojik Rapor, Adana, 8s.
- GÜLLÜ, H., 2001, Dinar'ın zemin Büyütmelerine göre coğrafik bilgi sistemleri ile mikrobölgelemesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- GÜNDÜZ, A., 2006, İstanbul Büyükçekmece-Küçükçekmece Göller arası bölgede yerleşime uygunluk, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- GÜRBÜZ, M., 2002. Avcılar Mikrobölgeleme Çalışmaları .Süleyman Demirel Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisan Tezi, Isparta
- GÜZEL, M., 2002, Kireçocağı Mevkii İmar Planına Esas Jeolojik Jeofizik Jeoteknik Etüd Raporu, Adana.
- GÜZEL, M., 2008 Osmaniye Bahçe 135 MW Rüzgar Enerji Santrali Sismik Tehlike Analiz Raporu.
- HASGÜR, Z., 1996, "Deprem Risk Analizinde Kullanılan Azalım İlişkileri" Şubat 1996 İstanbul TDV/TR 96-002.
- HAKE, S.S., 1987, A review of engineering geological and geotechnical aspects of town and country planning with particular reference to minerals and extractive processes, in: Culshaw, M.G., Bell; F.G., Crips, J.C., O'Hara, M., (eds.), Planning and Engineering geology, Geological Society Engineering geology Special pub. No:4, pp.53-58.
- HAYS, W.W., 1980. Procedures for estimating ground motions, U.S.G.S Professional Paper, 1114, 77 p.
- HEMPTON, R.M,1985, Structure and deformation history of the Bitlis Suture near Lake Hazar, SE Turkey. Geological Society of America Bulletin,96,233-243.

- ISSMFE, 1993, Manual for zonation on seismic geotechnical hazards, published by Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- ISSMGE/TC4 (1999) Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards, Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, The Japanese Geotechnical Society.
- İLKER, S., 1975, Adana baseni kuzeybatısının jeolojisi ve petrol olanakları: T.P.A.O. Arama Arşiv No: 973, Ankara, 63 s.
- JOYNER, W.B. and FUMAL, T., 1984, Use of measured Shear-Wave velocity for predicting Geological site effects on strong motion, Proc Eighth World Conf. On Earthquake Eng., vol. 2, pp. 777-783.
- KANAI, K., 1983, Engineering Seismology, IIESEE Lecture Note, IEES Japan.
- KAYNAK, U., 2002, Anadolunun Yürüyen Volkanları. Jeofizik Bülteni, Ocak-Nisan 2007, Sayı 54
- KEÇELİ, A., 1990. Zemin emniyet gerilmesinin sismik metodlar ile tayini, Jeofizik Dergisi, Ankara, Türkiye, 4, 83-92
- KOÇ, M., 2006, Jeofizik Yöntemlerle Avcılar Esenyurt (İstanbul) arasındaki alanın yerleşime uygunluğunun değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KOÇYİĞİT, A., BEYHAN, A., 1998. A new intrcontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Tectonophysics, 284, 317-386.
- KOPPULA, S.D., 1984. Pseudo-static analysis of clay slopes subjected to earthquakes, Geotechnique, 71-79, 1984.
- KOZACI, H., 1970, Gediz deprem etüdü ve yeni Gediz yerleşme alanı mikrozon etüdüleri, İmar ve iskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- KOZLU, H., 1987. Misis-Andırın dolayının stratigrafisi ve yapısal evrimi. Proc. 7th Biannual Petroleum Congress of Turkey, Ankara, pp. 104-116.
- LASTERICO, R., MONGE, J., 1972, Chilean Experience in seismic microzonation, Proc. International Conference on Microzonation, (1), 231-248.

- LAV, A., 1994, İstanbul ve Erzincan şehirlerinde Zemin büyütme etkilerine göre mikrobölgeleme, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- LEGGET, R.F., 1987, The value of geology in planning, in: Culshaw, M.G., Bell; F.G., Crips, J.C., O'Hara, M., (eds.), Planning and Engineering geology, Geological Society Engineering geology Special pub. No:4, pp.53-58.
- LUNGU, D., ALDEA, A., CORNEA, T., ARION, C., 2000, Seismic microzonation of the City of Bucharest, 6th International Conference on Seismic Zonation, California, US.
- MARCELLINI, A., STUCCI, M., PETRINI V., 1982, Some aspects of the microzonation of Ancona, Proc. 3rd International Earthquake Microzonation Conference; University of Washington Seattle, (3), 1475-1488.
- MARCELLINI, A., VE ARK., 1998, Seismic microzonation of some municipalities of the area (Emilia-Romagna Region), Proc. 11th European Conference on Earthquake Engineering, A. Balkema Rotherdam.
- MCCLUSKY, S., S. BALASSANÍA, A. BARKA, C. DEMİR, S. ERGİNTAV, I. GEORGİEV, O. GURKAN, M. HAMBURGER, K. HURST, H. KAHLE, L. KASTENS, G. KEKELİDZE, R. W. KING, V. KOTZEV, O. LENK, S. MAHMOUD, A. MİSHİN, M. NADARİYA, A. OUZOUNİS, D. PARADİSSİS, Y. PETER, M. PRİLEPİN, R. REİLİNGER, I. SANLI, H. SEEGER, A. TAELEB, M. N. TOKSOZ, AND G.VEİS, 2000, GPS constraints on plate motions and deformation in the Eastern Mediterranean: Implications for plate dynamics, J. Geophys. Res., 105, 5695–5719,
- MIDORIKAWA, S., 1987, Prediction of Iseismic Map in the Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake, Journal of Structural Engineering, Vol.33B, pp. 43-38

- NAZİK, A., 1983. Güvenç Formasyonu Stratigrafik Kesitinin Planktonik Foraminiferlerl Biyostratigrafi İncelemesi. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara, s.35.
- NEHRP (2003) Recommended Provisions For New Buildings And Other Structures, FEMA-450, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- NIGG, J., 1982. Microzonation And Public Preparedness: A Viable Approach, Proceedings Of The 3th International Earthquake Microzonation Conference, Seattle.
- ORAL, M. B., REİLİNGER, R.E., TOKSÖZ, M. N., KİNG, R.W., BARKA, A.A., et.al., 1995. Global Positioning System offers evidence of plate motions in the eastern Mediterranean. Eos, Trans. Am. Geophys. Union 76, 2, 9–11.
- ÖZÇEP, F., KARABULUT, S., ALPASLAN, N., CEYHAN, U., GÜNDOĞDU, O., 2003, Deprem Zararlarının Azaltılması için Kent / Bölge Planlama Sürecinde Mikrobölgeleme Çalışmaları, Kocaeli 2003 Deprem Sempozyumu, Sunular, Sayfa: 477-486, Kocaeli Üniversitesi, Kasım 2003, Kocaeli.
- ÖZÇEP, F., 2004, “ZeminJeofizikAnaliz”, Excel Tabanlı Bilgisayar Programı, www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/zemin/ZeminJeofizikAnaliz.xls.
- ÖZÇEP, F., 2005, Statik ve Dinamik (Deprem) Etkiler Altında Zemin Davranışı ve Mühendislik Uygulamaları, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslekiçi Eğitim ve Belgelendirme Kurs Notları, No:3, 237 Sayfa, ISBN No: 975-395-974-5, Ankara.
- OZCEP, F., ZARIF, H., 2006, Microzonation Studies based on Soil Liquefaction: Yalova City (Turkey), First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Abstract Book, pp. 348.
- ÖZÇEP, F., 2007, Mikrobölgeleme : İlkeler ve Uygulamalar, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, 211 Sayfa, ISBN No: 978-9944-89-231-5, Ankara.

- PERİNÇEK, D., GÜNAY, Y. AND KOZLU, H., 1987. New observations on strike-slip faults in east and southeast Anatolia. 7th Petroleum Congress of Turkey, UCTEA Chamber of Petroleum Engineers, Turkish Association of Petroleum Geologists, , Ankara, pp. 89-103.
- PITILAKIS, 2004, Site effects, "Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation" ANSAL, A., 2004, (Ed.); içinde, Kluwer Academic Publishers, 139-193.
- REİLİNGER, R. E., MCCLUSKY, S. C., ORAL, M. B., KING, R. W., TOKSÖZ, M. N., BARKA, A., KİNİK, I., LENK, O. and SANLI, I. 1997, Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *Journal of Geophysical Research*, 102, 9983-9999.
- REİTER, L., 1990. Earthquake Hazard Analysis-Issues and Insights, Columbia University Press, Newyork, 254 pp.
- SCHMIDT, G.C., 1961. Stratigrafic Numenculature for the Adana region petroleum district VII: Petroleum Administration Bulletin, Number 6, Ankara, pp. 47-63.
- SEED, H.B., IDRİSS, I.M. 1971. Simplified Procedure For Evaluating Soil Liquefaction Potential, *J. Sfmd, Asce*, Vol. 97, No.9, Pp. 1249-1273.
- SEED, H. B., ÇETİN, K. O., MOSS, R. E. S. 2001, Recent Advances in Soil Liquefaction Engineering and Seismic Site Response Evaluation, Proceedings: Fourth International Conference On Recent Advances In Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium In Honor Of Professor W.D. Liam Finn San Diego, California, March 26-31.
- SHARMA, S. AND KOVACS, W.D., 1980, Microzonation Of Memphis, Tennessee Area, A Report On Research Sponsored By The Usgs, No: 14.08.0001-17752.
- SHERIF, M.A., 1982, Introductory statement of 3 th international earthquake microzonation proceedindgs, June 28-July1, Seattle, USA.

- SHIMA, E, 1978. Seismic Microzoning Map Of Tokyo, Proc. Second International Conf. On Microzonation, Vol.1, Pp.519-530.
- ŞİYAHİ, B.G., ANSAL, A. M. 1993 “ Slope Stability by Koppula Method”, Personal Communication. Seismic Hazard Program (GSHAP) (1999) “<http://seismo.ethz.ch/GSHAP/>”
- STOKOE, K.H., ROESET, J.M., BIRSCHWALLE, J.G., AOUAD, M., 1988, Liquefaction Potential Of Sands From Shear Wave Velocity, Proceedings, 9nd World Conference On Earthquake, Vol.13 Pp213-218.
- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., BORAY, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve deprensellikleri (Active faults of Turkey and their seismicity). MTA Report no. 8174 (unpublished), Ankara, p. 394.
- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., KUŞÇU, İ., 1992, Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö. AND KUŞÇU, İ., 1992. The East Anatolian Fault Zone of Turkey. *Annales Tectonicae*, Special Issue-Supplement to Volume VI, pp. 99-125.
- TATAR, O., PİPER, J. D. A., GÜRİSOY, H., TEMİZ, H. 1996. Regional Significance of Neotectonic Counterclockwise rotation in central Turkey. *Inter. Geol. Review*, V.38, 692-700.
- TATAR, O., PİPER., J. D. A., GÜRİSOY, H., 2000. Palaeomagnetic study of the Erciyes sector of the Ecemiş Fault Zone: neotectonic deformation in the southeastern part of the Anatolian Block. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper, J.D.A. (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society of London, Special Publication, vol. 173, pp. 423–440.
- TATHAM, R. H., 1982. Vp/Vs and Lithology. *Geophysics*, 47, 336-344
- TAYMAZ, T., TAN, O., 2001. Source Parameters of June 6, 2000 Orta-Çankırı (Mw=6.0) and December 15, 2000 Sultandağı-Akşehir (Mw=6.0) earthquakes obtained from inversion of teleseismic P-and SH-body-waveforms, *Symposia on the North-Western Anatolia and recent Turkish earthquakes*, pp. 96-107, İstanbul Technical University.

- TEMİZİÇ, A., AÇIKGÖZ, M., YİĞİT, H., 1993, İller Bankası Genel Müdürlüğü, İmar Planlama Dairesi Başkanlığı Jeolojik Etüd Müdürlüğü, İmar Planına Esas Olacak Jeolojik Rapor, Adana, 10s.
- TERNEK, Z., 1957, Adana havzasının Alt Miyosen (Burdigaliyen) formasyonları, bunların diğer formasyonlarla münasebetleri ve petrol imkânları: Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 49, 48-66.
- TEZCAN, S. ACAR, Y., ÇİVİ, A., 1979, İstanbul için Deprem Riski Analizi, Deprem Araştırma Bülteni, sayı: 26, Sayfa: 5-33.
- TEZCAN, S., TERİ, L., 1996, Shear wave propagation and liquefaction in layered soils, Türkiye Deprem Vakfı Yayınları, No: TDV/TR 96-0005.
- TİRİFİNOV, V. G., 1995, World Map of Active Faults (Preliminary Result of Studies). Quaternary International, V. 25, pp. 3-12, 1995.
- TOPAL, T., DOYURAN, N., KARAHANOĞLU, N., TOPRAK, V., SÜZEN, M.L., YEŞİLNACAR, E., 2003, Microzonation for earthquake hazards: Yenişehir settlement, Bursa, Turkey, Engineering Geology, 70, 93-108.
- TÜRKELLİ, N., SANDVOL, E., ZOR, E., GÖK, R., ÖRGÜLÜ, G., AL-LAZKİ, A., BEKLER, T., KARABULUT, H., EKEN, T., ŞEBER, D., BARAZANGİ, M., KESKİN, M. 2003, Doğu Adadolu Depremi Projesi Sonuçları ve Bölgenin Jeodinamik Yapısının Yeniden Yorumlanmasına Olan katkıları, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Entitüsü, Kuvaterner Çalıştay.
- ULUSAY, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, Türkiye, 4. baskı, s. 192
- UYANIK, O., 2002, Kayma Dalgası Hızına bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analizi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Müh. Anabilim Dalı, İzmir.
- ÜNLÜGENÇ, U. C., KELLING, G., DEMİRKOL, C., (1990) Aspect of Basin Evolution in the Neogene Adana Basin, SE Turkey. International Earth Sciences Congress Aegean Regrom. 1-6 October, Eds. M. Y. Savaşan and A.H. Eronat, 353-370, Turkey.

- VARNES, D. J., 1978. Slope movements, type and processes. In Schuster, R.L., Krizek, R. J. (Eds.), *Landslide Analysis and Control*. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, Washington D.C.
- YALÇIN, M. N., GÖRÜR, N., 1984, Sedimentological evolution of the Adana basin: International symposium on the Geology of the Taurus Belt, Ankara, 165-172
- YALÇIN, N., 1979, Doğu Anadolu Yarılımının Türkoğlu-Karaağaç (Kahramanmaraş) Arasındaki Kesiminin Özellikleri ve Bölgedeki Yerleşim Alanları. E. Altın Jeoloji Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi. Türkiye Jeoloji Kurumu Özel sayı, s. 49-55.
- YETİŞ, C. VE DEMİRKOL, C, 1984, Adana baseni kuzey-kuzeybatı kesiminin temel stratigrafisine ilişkin bazı gözlemler: Türkiye Jeol. Kur., 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, Ankara, 59-61.
- YETİŞ, C. Ve DEMİRKOL, C, 1986, Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü. M.T.A. Raporu, No: 8037, Adana
- World Institute for Disaster Risk Management, Inc., 2004a: *Seismic Microzonation for Municipalities. Manual*.
- World Institute for Disaster Risk Management, Inc., 2004b: : *Seismic Microzonation for Municipalities. State of Art*.
- YILMAZER, İ, 1991b Yumuşakgen (Softpan) ve Sertgen (Hardpan) Bileşenlerinden Oluşan Kalışın Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri, V. Ulusal Kil Sempozyumu, Anadolu Üniversitesi Eskişehir.
- YOUD, T.L. ve IDRİSS, I.M., 1997, Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Proceedings of the NCEER Workshop, Technical Report NCEER-97-0022, National Center for Earthquake Engineering Research.

- YOU, T.L., IDRİSS, I.M., ANDRUS, R.D., ARANGO, I., CASTRO, G., CHRISTIAN, J.T., DOBRY, R., FINN, W.D.L., HARDER, L.F.JR., HYNES, M.E., ISHİHARA, K., KOESTER, J.P., LİAO, S.S.C., MARCUSON, W.F.III., MARTİN, G.R., MİTCHELL, J.K., MORİWAKİ, Y., POWER, M.S., ROBERTSON, P.K., SEED, R.B. & STOKOE, K.H.II. 2001 "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, (127)10:817-833.
- YÜCEMEN, M. S., 1982, Seismic Risk Analysis, Middle East Technical University, Ankara 160 pp
- ZARİF, H., ÖZÇEP, F., ASÇI, M., 2006, Microzonation Studies based on Soil Liquefaction: Yalova and Izmit (Turkey) Cities, EGU General Assembly 2006, Wien, Austria.
- WILLKENS, R., SIMMONS, G. And CARUSO, L., 1984. The ratio V_p/V_s as a discriminant of composition for siliceous limestones. Geophysics, 49(11), 1850-1860.

ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Adıyaman'da doğdu. İlk, orta, lise eğitimini Adıyaman'da tamamladı. Yıldız Teknik Üniversitesi, Kocaeli Müh. Mim. Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünden 1986 yılında mezun oldu. 1996 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı.

1992 yılından itibaren, halen jeolojik, jeofizik, jeoteknik konularında faaliyette bulunan Mes Yeraltı Araştırma isimli şirkette, yerbilimleri konusunda, teknik projeler koordinatörü ve yönetici olarak çalışmakta, evli ve iki çocuk babasıdır.

EK-1

SONDAJ LOGLAR

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-1

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOĞAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	11.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	12.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	432329	
	Y	4102634	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFİK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karat verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI				N								
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
1.00								0.00-0.20mt Bitkisel Toprak							
2.00		SPT1	23	38	40	78		0.20-5.50m Koyu kahverengi, yer yer küçük boyutlu çakıllı, az kumlu SERT KİL							
3.00															
4.00		SPT2	25	27	36	63									
5.00		SPT3	30	33	38	71									
6.00															
7.00		SPT4	50/01	-	-	R		5,5-15,00 m Yeşilimsi Gri renkli, yer yer CaCO3 kırıntılı yumuşak karakterli MARN sarımsı kahverenkli bütünüyle ayrıışmış kiltaşından oluşmuş zayıf kaya kaliteli KILTAŞI MARN Ardalanması							
8.00															
9.00		SPT5	50/01	-	-	R									
10.00															
11.00		SPT6	50/01	-	-	R									
12.00															
13.00		SPT7	50/01	-	-	R									
14.00															
15.00		SPT8	50/01			R									
		SPT9	50/01			R									
		SPT10	50/01			R		SONDAJ SONU 15.00 m							

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa) II Zayıf (5-25 MPa) III Orta dayanımlı (25-50 MPa) IV Dayanımlı (50-100 MPa) V Çok dayanımlı (100-250 MPa) VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	I Taze II Az ayrıışmış III Orta derecede ayrıışmış IV Çok ayrıışmış V Tamamen ayrıışmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Karat Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-2

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	12.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	13.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	431983	
	Y	4100993	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karot verimi %	RQD %	
			DARBE SAYISI				N								GRAFİK
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
1.00							0.00-0.20mt Bitkisel Toprak								
2.00		SPT1	15	20	27	47	0.20-6,60m Beyazımsı gri renkli, çok miktarda CaCO3 yumruları içerikli, altere olmuş KALİÇİ								
3.00		SPT2	20	20	29	49									
4.00															
5.00		SPT3	19	24	30	54	6,60-15,00 m Sarımsı kahverenkli, CaCO3 yumrulu zayıf kalıçlı çimentolu KONGLOMERATİK KALİÇİ								
6.00															
7.00		SPT4	22	27	36	R									
8.00															
9.00		SPT5	50/09	-	-	R									
10.00															
11.00		SPT6	50/05	-	-	R									
12.00															
13.00		SPT7	50/06	-	-	R									
14.00															
15.00		SPT8	50/01			R									
		SPT9	50/06			R									
		SPT10	50/02			R	SONDAJ SONU 15.00 m								

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa) II Zayıf (5-25 MPa) III Orta dayanımlı (25-50 MPa) IV Dayanımlı (50-100 MPa) V Çok dayanımlı (100-250 MPa) VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	I Taze II Az ayrılmış III Orta derecede ayrılmış IV Çok ayrılmış V Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneği N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Karot Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-3

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	13.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	14.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	431798	
	Y	4101752	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFİK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Keret verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI												
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N									
								0.00-0.30mt Bitkisel Toprak							
1.00															
2.00		SPT1	17	23	28	51		0.30-6,60m Sarımsı kahverenkli, CaCO3 yumruları içerikli altere olmuş orta sert KALİÇİ							
3.00															
4.00		SPT2	14	20	24	44									
5.00															
6.00		SPT3	18	26	26	52									
7.00															
8.00		SPT4	22	29	37	66		6,60-15,00 m Sarımsı-beyazımsı kahverenkli, çok zayıf kalıç ile çimentolanmış KONGLOMERATİK KALİÇİ							
9.00															
10.00		SPT5	50/08	-	-	R									
11.00															
12.00		SPT6	50/02	-	-	R									
13.00															
14.00		SPT7	50/08	-	-	R									
15.00															
		SPT8	50/01			R									
		SPT9	50/05			R									
		SPT10	50/04			R		SONDAJ SONU 15.00 m							

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
i Çok zayıf (1-5 MPa) ii Zayıf (5-25 MPa) iii Orta dayanımlı (25-50 MPa) iv Dayanımlı (50-100 MPa) v Çok dayanımlı (100-250 MPa) vi Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	i Taze ii Az ayrılmış iii Orta derecede ayrılmış iv Çok ayrılmış v Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Keret Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-4

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOĞAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	14.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	15.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	431305	
	Y	4100799	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karat verimi %	RQD %	
			DARBE SAYISI				N								GRAFİK
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
1.00							0.00-0.40mt Bitkisel Toprak								
2.00		SPT1	4	7	9	16	0.40-5,50m Kahverenkli, az miktarda küçük boyutlu çakıl içerikli, orta katı-katı SİTLİ, KİLLİ KALİÇİ								
3.00		SPT2	12	14	14	28									
4.00							5,50-9,60 m Sarımsı kahverenkli yer yer CaCO3 yumruları içerikli, çok sert karakterli KALİÇİ								
5.00		SPT3	11	13	16	29									
6.00							9,60-15,00 m Sarımsı kahverenkli, zayıf CaCO3 lı kil çimentolu KONGLOMERATİK KALİÇİ								
7.00		SPT4	16	21	26	47									
8.00							SONDAJ SONU 15.00 m								
9.00		SPT5	12	20	28	48									
10.00															
11.00		SPT6	14	23	36	59									
12.00															
13.00		SPT7	50/08	-	-	R									
14.00															
15.00		SPT8	50/08			R									
		SPT9	50/04			R									
		SPT10	50/11			R									

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
i Çok zayıf (1-5 MPa) ii Zayıf (5-25 MPa) iii Orta dayanımlı (25-50 MPa) iv Dayanımlı (50-100 MPa) v Çok dayanımlı (100-250 MPa) vi Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	i Taze ii Az ayrılmış iii Orta derecede ayrılmış iv Çok ayrılmış v Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Karat Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-5

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	15.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	16.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	431194	
	Y	410819	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Keret verimi %	RQD %		
			DARBE SAYISI				N								GRAFİK	
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm											
1.00							0.00-0.40mt Bitkisel Toprak									
2.00		SPT1	11	14	15	29	0.40-8,00m Sarımsı kahverenkli, CaCO3 yumruları içerikli fazlasıyla altere olmuş KALIÇI	[Pattern]								
3.00		SPT2	13	17	17	34										
4.00																
5.00		SPT3	12	20	24	44										
6.00																
7.00		SPT4	12	19	27	46										
8.00									8,00-15,00 m Sarımsı kahverenkli yer yer CaCO3 yumruları içerikli, çok sert karakterli KONGLOMERATİK KALIÇI	[Pattern]						
9.00		SPT5	20	22	36	58										
10.00		SPT6	50/07			R										
11.00		SPT7	50/08			R										
12.00		SPT8	50/08			R										
13.00																
14.00		SPT9	50/04			R										
15.00		SPT10	50/11			R	SONDAJ SONU 15.00 m									

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
i Çok zayıf (1-5 MPa) ii Zayıf (5-25 MPa) iii Orta dayanımlı (25-50 MPa) iv Dayanımlı (50-100 MPa) v Çok dayanımlı (100-250 MPa) vi Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	i Taze ii Az ayrılmış iii Orta derecede ayrılmış iv Çok ayrılmış v Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneği N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Keret Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-6

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	16.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	17.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	430953	
	Y	4101700	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karat verimi %	RQD %	
			DARBE SAYISI				N								GRAFİK
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
0.00							0.00-0.40mt Bitkisel Toprak								
1.00							0.40-8,00m Sarımsı kahverenkli, CaCO3 yumruları içerikli fazlasıyla altere olmuş KALIÇI								
2.00		SPT1	50/06			R									
3.00															
4.00		SPT2	50/04			R									
5.00															
6.00		SPT3	50/01			R									
7.00															
8.00		SPT4	50/07			R									
9.00															
10.00		SPT5	50/11			R									
11.00							5,50-15,00 m Sarımsı kahverenkli yer yer CaCO3 yumruları içerikli, çok sert karakterli KONGLOMERATİK KALIÇI								
12.00		SPT6	50/03			R									
13.00															
14.00		SPT7	50/08			R									
15.00															
		SPT8	50/06			R									
		SPT9	50/06			R									
		SPT10	50/04			R									

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa) II Zayıf (5-25 MPa) III Orta dayanımlı (25-50 MPa) IV Dayanımlı (50-100 MPa) V Çok dayanımlı (100-250 MPa) VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	I Taze II Az ayrılmış III Orta derecede ayrılmış IV Çok ayrılmış V Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Karat Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-7

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOĞAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	17.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	18.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	430773	
	Y	4101102	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFIK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karat verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI				N								
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
								0.00-0.25mt Bitkisel Toprak							
1.00								0.25-4,20m Kahverenkli nadiren küçük boyutlu çakıl içerikli sert SİLTİLİ, KİLLİ, KALİÇİ							
2.00		SPT1	11	16	18	34									
3.00								4,20-8,20 m Sarımsı kahverenkli yer yer CACO3 yumruları içerikli, aşırı altere olmuş KALİÇİ							
4.00		SPT2	9	15	24	39									
5.00								8,20-15,00 m Sarımsı kahverenkli yer yer CACO3 yumruları içerikli, çok sert karakterli KONGLOMERATİK KALİÇİ							
6.00		SPT3	16	20	29	52									
7.00								SONDAJ SONU 15.00 m							
8.00		SPT4	15	22	30	58									
9.00															
10.00		SPT5	17	25	33	R									
11.00															
12.00		SPT6	50/06			R									
13.00															
14.00		SPT7	50/05			R									
15.00															
		SPT8	50/04			R									
		SPT9	50/01			R									
		SPT10	50/06			R									

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
i Çok zayıf (1-5 MPa) ii Zayıf (5-25 MPa) iii Orta dayanımlı (25-50 MPa) iv Dayanımlı (50-100 MPa) v Çok dayanımlı (100-250 MPa) vi Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	i Taze ii Az ayrılmış iii Orta derecede ayrılmış iv Çok ayrılmış v Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneği N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Karat Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-8

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	20.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	22.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	10.58mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	430867	
	Y	4100315	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karat verimi %	RQD %	
			DARBE SAYISI				N								GRAFİK
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
0.00							0.00-0.25mt Bitkisel Toprak								
1.00							0.25-5,00m Kahverenkli orta- küçük boyutlu çakıl içerikli sert SİLTİLİ, KİLLİ, KALIÇI								
2.00	SPT1	50/09				R									
3.00							5,0-10,58 m Kahverenkli, çok zayıf kil çimentolu KONGLOMERATİK KALIÇI								
4.00	SPT2	13	19	26	45										
5.00	SPT3	20	33	39	R										
6.00							SONDAJ SONU 10.58 m								
7.00	SPT4	38	50/02		R										
8.00	SPT5	50/03			R										
9.00															
10.00	SPT6	50/07			R										
11.00	SPT7	50/08			R										
12.00															
13.00															
14.00															
15.00															

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
i Çok zayıf (1-5 MPa) ii Zayıf (5-25 MPa) iii Orta dayanımlı (25-50 MPa) iv Dayanımlı (50-100 MPa) v Çok dayanımlı (100-250 MPa) vi Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	i Taze ii Az ayrılmış iii Orta derecede ayrılmış iv Çok ayrılmış v Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneği N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Karat Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-9

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	22.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	23.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	431218	
	Y	4100562	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ				GRAFIK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karat verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI											
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N								
							0.00-0.25mt Bitkisel Toprak							
1.00							0.25-4,20m Kahverenkli küçük boyutlu, yuvarlak çakıllı, sert KİL İÇERİKLİ KALİÇİ							
2.00	SPT1	14	19	21	40									
3.00							4,20-8,40 m Sarımsı kahverenkli yer yer CaCO3 yumruları içerikli, SERT KALİÇİ							
4.00	SPT2	11	16	23	39									
5.00							8,40-10,58 m Kahverenkli çok zayıf kil çimentolu KONGLOMERATİK KALİÇİ							
6.00	SPT3	14	22	26	48									
7.00							SONDAJ SONU 10.58 m							
8.00	SPT4	17	23	29	52									
9.00														
10.00	SPT5	13	28	39	67									
11.00														
12.00	SPT6	50/07			R									
13.00														
14.00	SPT7	50/09			R									
15.00														

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
i Çok zayıf (1-5 MPa) ii Zayıf (5-25 MPa) iii Orta dayanımlı (25-50 MPa) iv Dayanımlı (50-100 MPa) v Çok dayanımlı (100-250 MPa) vi Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	i Taze ii Az ayrılmış iii Orta derecede ayrılmış iv Çok ayrılmış v Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Karat Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-10

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOĞAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	24.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	24.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	431596	
	Y	4100704	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFIK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karot verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI				N								
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
1.00								0.00-0.25m Bitkisel Toprak							
2.00		SPT1	9	14	17	31		0.25-2,00m Koyu kahverenkli, az çakılı, sert SİTLİ KİL İÇERİKLİ KALİÇİ							
3.00															
4.00		SPT2	15	21	26	47									
5.00															
6.00		SPT3	24	37	43	79		2,00-10,50 m Sarımsı kahverenkli CaCO ₃ yumruları içerikli, SERT KALİÇİ							
7.00															
8.00		SPT4	24	39	44	83									
9.00															
10.00		SPT5	50/04			R									
11.00															
12.00		SPT6	50/02			R									
13.00															
14.00		SPT7				R									
15.00															
		SPT8				K		10,50-15,00 m Kahverenkli çok zayıf kalıç çimentolu KONGLOMERATİK KALİÇİ							
		SPT9				K									
		SPT10				K		SONDAJ SONU 15,00 m							

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa) II Zayıf (5-25 MPa) III Orta dayanımlı (25-50 MPa) IV Dayanımlı (50-100 MPa) V Çok dayanımlı (100-250 MPa) VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	I Taze II Az ayrılmış III Orta derecede ayrılmış IV Çok ayrılmış V Tamamen ayrılmış	N=0-2 Çok yumuşak N=3-5 Yumuşak N=6-9 Orta katı N=10-16 Katı N=17-30 Çok katı N=>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=4-10 Gevşek N=10-30 Orta sıkı N=30-50 Sıkı N=>50 Çok sıkı
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneği N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Karot Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	Mühendis: Memet GÜZEL İmza	

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-11

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOĞAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	25.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	25.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	430333	
	Y	4101180	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFİK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Keret verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI												
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N									
								0.00-0.25m Bitkisel Toprak							
1.00															
2.00		SPT1	12	16	18	34		0.25-4,00m kahverenkli, sert SİTLİ KİLLİ KALİÇİ							
3.00															
4.00		SPT2	24	28	33	61									
5.00		SPT3	50/06			R		4,00-8,00 m Sarımsı kahverenkli CaCO3 yumruları içerikli, SERT KALİÇİ							
6.00															
7.00		SPT4	24	39	44	83									
8.00															
9.00			50/04			K									
10.00															
11.00								8,00-15,00 m KİLTAŞI KİLLİ MARN Yeşilimsi gri-sarımsı kahverenkli, genellikle bütünüyle çok ayrıışmış çok zayıf dayanımlı zayıf kaya kaliteli kiltası-killi marn arıalanması							
12.00															
13.00															
14.00															
15.00															

SONDAJ SONU 15,00 m

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa)	N=0-2 Çok yumuşak	I Taze	N=0-4 Çok gevşek
II Zayıf (5-25 MPa)	N=3-5 Yumuşak	II Az ayrıışmış	N=4-10 Gevşek
III Orta dayanımlı (25-50 MPa)	N=6-9 Orta katı	III Orta derecede ayrıışmış	N=10-30 Orta sıkı
IV Dayanımlı (50-100 MPa)	N=10-16 Katı	IV Çok ayrıışmış	N=30-50 Sıkı
V Çok dayanımlı (100-250 MPa)	N=17-30 Çok katı	V Tamamen ayrıışmış	N=>50 Çok sıkı
VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	N=>30 Sert		
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Denevi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Keret Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü	<1 Seyrek	Mühendis: Memet GÜZEL	
%25-50 Kötü	1-2 Orta	İmza	
%50-75 Orta	2-10 Sık		
%75-90 İyi	10-20 Çok sık		
%90-100 Çok iyi	>20 Parçalı		

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-12

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOĞAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	26.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	27.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	430408	
	Y	4100590	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ				GRAFİK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Kerol verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI											
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N								
1.00							0.00-0.25mt Bitkisel Toprak							
2.00		SPT1	16	24	30	54		0.25-7,00m yer yer CaCO ₃ çakılları içerikli SİTLİ KİL	[Red pattern]					
3.00		SPT2	21	34	42	85								
4.00		SPT3	50/06			R								
5.00		SPT4	18	34	50/07	R								
6.00							7,00-15,00 m Sarımsı kahverenkli, çok zayıf dayanımlı, genelde bütünüyle yer yer çok ayrılmış, çok zayıf kaya kaliteli kiltası-kumtaşı araldanması	[Yellow pattern]						
7.00						K								
8.00						K								
9.00						K								
10.00						K								
11.00						K								
12.00						K								
13.00						K								
14.00						K								
15.00						K	SONDAJ SONU 15,00 m							

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa)	N=0-2 Çok yumuşak	I Taze	N=0-4 Çok gevşek
II Zayıf (5-25 MPa)	N=3-5 Yumuşak	II Az ayrılmış	N=4-10 Gevşek
III Orta dayanımlı (25-50 MPa)	N=6-9 Orta katı	III Orta derecede ayrılmış	N=10-30 Orta sıkı
IV Dayanımlı (50-100 MPa)	N=10-16 Katı	IV Çok ayrılmış	N=30-50 Sıkı
V Çok dayanımlı (100-250 MPa)	N=17-30 Çok katı	V Tamamen ayrılmış	N=>50 Çok sıkı
VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	N=>30 Sert		
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Kerol Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü	<1 Seyrek	Mühendis: Memet GÜZEL	
%25-50 Kötü	1-2 Orta	İmza	
%50-75 Orta	2-10 Sık		
%75-90 İyi	10-20 Çok sık		
%90-100 Çok iyi	>20 Parçalı		

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-13

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	28.08.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	28.08.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	430408	
	Y	4100590	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ				GRAFİK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karot verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI											
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N								
1.00							0.00-0.25mt Bitkisel Toprak							
2.00		SPT1	8	10	10	20		0.25-7,00m yer yer CaCO ₃ çakılları içerikli SİLTİLİ KİL						
3.00		SPT2	10	11	13	24								
4.00														
5.00		SPT3	9	12	14	26								
6.00														
7.00		SPT4	18	34	50/07	52	7,00-15,00 m Sarımsı kahverenkli, çok zayıf dayanımlı, genelde bütünüyle yer yer çok ayrılmış, çok zayıf kaya kaliteli kiltaş-kumtaş araldanması							
8.00		SPT5				R								
9.00														
10.00						K								
11.00						K								
12.00						K								
13.00														
14.00						K								
15.00						K								
SONDAJ SONU 15,00 m														

DAYANIMLILIK		AYRIŞMA		İNCE TANELİ		İRİ TANELİ	
I Çok zayıf (1-5 MPa)	N=0-2 Çok yumuşak	I Taze	N=0-4 Çok gevşek				
II Zayıf (5-25 MPa)	N=3-5 Yumuşak	II Az ayrılmış	N=4-10 Gevşek				
III Orta dayanımlı (25-50 MPa)	N=6-9 Orta katı	III Orta derecede ayrılmış	N=10-30 Orta sıkı				
IV Dayanımlı (50-100 MPa)	N=10-16 Katı	IV Çok ayrılmış	N=30-50 Sıkı				
V Çok dayanımlı (100-250 MPa)	N=17-30 Çok katı	V Tamamen ayrılmış	N=>50 Çok sıkı				
VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	N=>30 Sert						
KAYA KALİTESİ RQD		KIRIKLAR		SPT :Standart Penetrasyon Deneği N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Karot Numunesi X :X Ray Diffraction			
%0-25 Çok kötü	<1 Seyrek			Mühendis: Memet GÜZEL			
%25-50 Kötü	1-2 Orta			İmza			
%50-75 Orta	2-10 Sık						
%75-90 İyi	10-20 Çok sık						
%90-100 Çok iyi	>20 Parçalı						

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-14

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	01.09.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	01.09.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	432459	
	Y	4102636	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFİK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Kerol verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI				N								
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
1.00								0.00-0.30mt Bitkisel Toprak							
2.00		SPT1	8	10	10	23		0.30-6,80m Koyu-sarımsı kahverenkli yer yer CaCO3 çakalları içerikli KATI ÇOK KATI KİL							
3.00															
4.00		SPT2	10	11	13	26									
5.00		SPT3	9	12	14	26									
6.00															
7.00		SPT4	18	34	50/07	48		6,80-15,00 m Sarımsı kahverenkli, çok zayıf dayanımlı, çok ayrılmış, yer yer jips parçaları içerikli ,zayıf kaya kaliteli KİLTAŞI MARN ar dalanması							
8.00		SPT5				R									
9.00							K								
10.00							K								
11.00							K								
12.00															
13.00															
14.00							K								
15.00							K								

SONDAJ SONU 15,00 m

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa)	N=0-2 Çok yumuşak	I Taze	N=0-4 Çok gevşek
II Zayıf (5-25 MPa)	N=3-5 Yumuşak	II Az ayrılmış	N=4-10 Gevşek
III Orta dayanımlı (25-50 MPa)	N=6-9 Orta katı	III Orta derecede ayrılmış	N=10-30 Orta sıkı
IV Dayanımlı (50-100 MPa)	N=10-16 Katı	IV Çok ayrılmış	N=30-50 Sıkı
V Çok dayanımlı (100-250 MPa)	N=17-30 Çok katı	V Tamamen ayrılmış	N=>50 Çok sıkı
VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	N=>30 Sert		
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselemiş Numune UD :Örselememiş Numune K :Kerol Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü	<1 Seyrek	Mühendis: Memet GÜZEL	
%25-50 Kötü	1-2 Orta	İmza	
%50-75 Orta	2-10 Sık		
%75-90 İyi	10-20 Çok sık		
%90-100 Çok iyi	>20 Parçalı		

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-15

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOĞAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	02.09.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	02.09.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	432432	
	Y	4102577	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFIK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Karat verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI				N								
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
1.00								0.00-0.30mt Bitkisel Toprak							
2.00		SPT1	9	12	16	28		0.30-7,50m Kahverenkli CaCO3 çakılları içerikli çok katı sert kıvamlı Siltli KİL							
3.00		SPT2	12	17	21	38									
4.00								7,50-10,50 m Kahverenkli, büyük jips parçaları içeren çok zayıf kaya kaliteli aktere olmuş KİLTAŞI							
5.00		SPT3	50/11			R									
6.00								10,50-15,00 m Sarımsı kahverenkli, çok zayıf dayanımlı, çok ayrılmış, yer yer jips parçaları içerikli, zayıf kaya kaliteli KİLTAŞI							
7.00		SPT4				R									
8.00						K		SONDAJ SONU 15,00 m							
9.00						K									
10.00						K									
11.00						K									
12.00						K									
13.00						K									
14.00						K									
15.00						K									

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa)	N=0-2 Çok yumuşak	I Taze	N=0-4 Çok gevşek
II Zayıf (5-25 MPa)	N=3-5 Yumuşak	II Az ayrılmış	N=4-10 Gevşek
III Orta dayanımlı (25-50 MPa)	N=6-9 Orta katı	III Orta derecede ayrılmış	N=10-30 Orta sıkı
IV Dayanımlı (50-100 MPa)	N=10-16 Katı	IV Çok ayrılmış	N=30-50 Sıkı
V Çok dayanımlı (100-250 MPa)	N=17-30 Çok katı	V Tamamen ayrılmış	N=>50 Çok sıkı
VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	N=>30 Sert		
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Karat Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü	<1 Seyrek	Mühendis: Memet GÜZEL	
%25-50 Kötü	1-2 Orta	İmza	
%50-75 Orta	2-10 Sık		
%75-90 İyi	10-20 Çok sık		
%90-100 Çok iyi	>20 Parçalı		

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-16

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	03.09.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	0.4.09.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	432440	
	Y	4102604	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFIK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisi/m	Kerol verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI												
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N									
								0.00-0.30mt Bitkisel Toprak							
1.00															
2.00		SPT1	8	8	9	17									
3.00															
4.00		SPT2	10	12	14	26			0.30-7,50m Koyu sarımsı kahverenkli yer yer CaCO ₃ çakılları içerikli katı çok katı KİL						
5.00		SPT3	11	16	20	26									
6.00															
7.00		SPT4	14	18	25	43									
8.00		SPT5				R									
9.00															
10.00							K		7,50-15,00 m Sarımsı kahverenkli, çok zayıf dayanımlı, çok ayrılmış, yer yer jips parçaları içerikli ,zayıf kaya kaliteli KİLTAŞI						
11.00															
12.00															
13.00															
14.00							K								
15.00							K								

SONDAJ SONU 15,00 m

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa)	N=0-2 Çok yumuşak	I Taze	N=0-4 Çok gevşek
II Zayıf (5-25 MPa)	N=3-5 Yumuşak	II Az ayrılmış	N=4-10 Gevşek
III Orta dayanımlı (25-50 MPa)	N=6-9 Orta katı	III Orta derecede ayrılmış	N=10-30 Orta sıkı
IV Dayanımlı (50-100 MPa)	N=10-16 Katı	IV Çok ayrılmış	N=30-50 Sıkı
V Çok dayanımlı (100-250 MPa)	N=17-30 Çok katı	V Tamamen ayrılmış	N=>50 Çok sıkı
VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	N=>30 Sert		
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneyi N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Kerol Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü	<1 Seyrek	Mühendis: Memet GÜZEL	
%25-50 Kötü	1-2 Orta	İmza	
%50-75 Orta	2-10 Sık		
%75-90 İyi	10-20 Çok sık		
%90-100 Çok iyi	>20 Parçalı		

SONDAJ LOGU

SONDAJ
NO

SK-17

SAYFA
NO

1/1

PROJE		MAKİNA TİPİ	Rotary D500
SONDAJ YERİ	ADANA / SEYHAN / KİREÇOCAĞI	BAŞLAMA TARİHİ	05.09.2002
SONDAJ KOTU		BİTİŞ TARİHİ	05.09.2002
SONDAJ DERİNLİĞİ	15.00mt	YERALTISUYU SEVİYESİ	-
KOORDİNATLAR	X	432396	
	Y	4102600	

Derinlik (m)	Yeraltısuyu (m)	Manevra boyu	STANDART PENETRASYON DENEYİ					GRAFIK	JEOTEKNİK TANIMLAMA	LEJAND	Dayanımılık	Ayrışma	Kırılma indisim	Keret verimi %	RQD %
			DARBE SAYISI				N								
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
1.00								0.00-0.25mt Bitkisel Toprak							
2.00		SPT1	13	16	15	31		0.25-6,50m Koyu sarımsı kahverenkli yer yer CaCO3 çakılları içerikli katı-çok katı KİL							
3.00															
4.00		SPT2	9	11	14	25									
5.00		SPT3	14	21	28	49									
6.00								6,50-15,00 m Sarımsı kahverenkli, çok zayıf dayanımlı, çok ayrılmış, yer yer jips parçaları içerikli ,zayıf kaya kaliteli KİLTAŞI							
7.00		SPT4	23	36	50/09	R									
8.00							K								
9.00															
10.00							K								
11.00															
12.00							K								
13.00															
14.00							K								
15.00							K								

SONDAJ SONU 15,00 m

DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	İNCE TANELİ	İRİ TANELİ
I Çok zayıf (1-5 MPa)	N=0-2 Çok yumuşak	I Taze	N=0-4 Çok gevşek
II Zayıf (5-25 MPa)	N=3-5 Yumuşak	II Az ayrılmış	N=4-10 Gevşek
III Orta dayanımlı (25-50 MPa)	N=6-9 Orta katı	III Orta derecede ayrılmış	N=10-30 Orta sıkı
IV Dayanımlı (50-100 MPa)	N=10-16 Katı	IV Çok ayrılmış	N=30-50 Sıkı
V Çok dayanımlı (100-250 MPa)	N=17-30 Çok katı	V Tamamen ayrılmış	N=>50 Çok sıkı
VI Aşırı dayanımlı (>250 Mpa)	N=>30 Sert		
KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR	SPT :Standart Penetrasyon Deneği N :Standart Penetrasyon Direnci D :Örselenmiş Numune UD :Örselenmemiş Numune K :Kerol Numunesi X :X Ray Diffraction	
%0-25 Çok kötü	<1 Seyrek	Mühendis: Memet GÜZEL	
%25-50 Kötü	1-2 Orta	İmza	
%50-75 Orta	2-10 Sık		
%75-90 İyi	10-20 Çok sık		
%90-100 Çok iyi	>20 Parçalı		