

M. YAMAN, 2013



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

VAN İL MERKEZİNİN YERLEŞİME UYGUNLUK YÖNÜNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ

|

MÜJDAT YAMAN

Ağustos 2013

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

VAN İL MERKEZİNİN YERLEŞİME UYGUNLUK YÖNÜNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ

MÜJDAT YAMAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yard. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Ağustos 2013

Müjdat YAMAN tarafından **Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ** danışmanlığında hazırlanan “**Van İl Merkezinin Yerleşime Uygunluk Yönünden Değerlendirilmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mustafa FENER (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ORHAN (Nevşehir Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/..../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/..../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.


Müjdat YAMAN

ÖZET

VAN İL MERKEZİNİN YERLEŞİME UYGUNLUK YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

YAMAN, Müjdat

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Ağustos 2013,99 sayfa

Van İlinde 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen deprem sonrası Van merkezinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yeniden planlamaya gidilmiş ve bu planlamaya altlık teşkil edecek şekilde hızlı bir şekilde jeolojik ve jeoteknik etüt raporları hazırlanmıştır. Bu çalışmada yeni yerleşim alanları ile mevcut yerleşimlerin bulunduğu alanlara ait temel zeminlerinin değişik alanlarda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen taşıma gücüne yönelik hesaplama verileri ve diğer eğim ve YAS durumu gibi veriler de kullanılarak bölgeye yönelik yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında geçmiş dönemlerde yerleşim için seçilen alanların temel zeminlerinin durumu, yayılımı, kalınlığı ve YAS durumu gibi mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ile uygun yer seçimine yönelik öneriler yapılmıştır.

*Anahtar Sözcükler:*Taşıma gücü, Van Depremi, Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi,

ABSTRACT

EVALUATION OF VAN CITY CENTRE IN RESPECT OF SUITABILITY FOR SETTLEMENT

YAMAN, Müjdat

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Mustafa KORKANÇ

August 2013, 99 pages

After the earthquake occurred on 23 October 2011 in Van Province The Ministry of Environment and Urbanism this re-planning were re-planned, the center of Van and as a base for the geological and geotechnical survey reports quickly prepared. In this study, from the data of calculated carrying capacity obtained after drilling studies at different locations belong to new residential and existing areas and by using the data of inclination and GWL status, evaluations of suitability for settlement in the regions were made. In this study, recommendations were made for selection of suitable areas for settlement after determination of ground conditions, distribution, thickness and GWL status in the previous period.

Keywords: Geotechnical Survey Report, Van Earthquake, Land Suitability Assessment.

ÖN SÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, Van il merkezinin yerleşime uygunluk yönünden değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bu çalışmada, 23 Ekim 2011 ve 9 Kasım 2011 depremleri sonrası Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Van merkezinin ve yeni yerleşim yerleri olarak seçilen (Edremit) alanlarında yapılan İmar Planına Esas Jeolojik- Jeoteknik Etüt sonuçlarının yerleşime uygunluk yönünden değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma, Van ilinde meydana gelen bu büyük deprem sonrası zemin büyütmesi, sıvılaşma, oturma, taşıma gücünün yitirilmesi vb. mühendislik problemleri nedeniyle yıkıma neden olan zemin problemlerinin ortaya konması, her tür ölçekteki planlamaya altlık oluşturması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca bu kapsamda yapılan çalışmalar, Van ili ve civarında tekrarlanabilecek ve yıkıma sebep olabilecek bir depremde afet zararlarının en aza indirgenmesi ve riskli alanların tespiti açısından da büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında, Van merkez ve yeni yerleşim alanlarında ve olası afet risklerini ve zeminin mühendislik parametrelerini belirlemek ve önlem amaçlı hazırlanacak projelere yön vermek amacıyla arazi incelemeleri, paleosismoloji çalışmaları, sondaj çalışmaları, jeofizik araştırmalar ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak jeolojik - jeoteknik değerlendirmeler sonucunda alanın yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Yard. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ'a ve tezin yazımı aşamalarında göstermiş olduğu sabır ve yardımlardan dolayı Jeoloji Yüksek Mühendisi Erkan CEYLAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün değerli öğretim elemanlarına, maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
BÖLÜM I GİRİŞ	2
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
1.2 İnceleme Alanı	4
1.3 Morfoloji.....	6
1.4 İklim ve Bitki Örtüsü	8
BÖLÜM II ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
BÖLÜM III MATERYAL VE METOD.....	15
3.1 Arazi Çalışmaları	15
3.2 Laboratuvar Çalışmaları	16
3.3 Büro Çalışmaları	16
BÖLÜM IV BULGULAR VE TARTIŞMA	17
4.1 Genel Jeoloji	17
4.1.1 Stratigrafi	17
4.1.1.1 Toprakkale Formasyonu (Tpt).....	21
4.1.1.2 Van Formasyonu (Tv).....	22
4.1.1.3 Beyüzümü Formasyonu (Tplb).....	24
4.1.1.4 Alüvyon (Qal)	25
4.1.2 Yapısal Jeoloji.....	27
4.2 Mühendislik Jeolojisi.....	30
4.2.1 Jeoteknik Amaçlı Sondaj Çalışmaları.....	30
4.2.2 Jeoteknik amaçlı Laboratuvar Çalışmaları	32
4.3 Taşıma Gücü Analizleri, Şişme ve Oturma Problemleri Değerlendirmesi.....	33

4.3.1 Taşıma Gücü Analizi	33
4.3.1.1 SPT Verileri ile Taşıma Kapasitesi Hesapları	34
4.3.1.2 Laboratuvar Verileri ile Taşıma Kapasitesi Hesapları.....	35
4.3.2 Zeminlerin Şişme Özellikleri.....	36
4.3.3 Zeminlerin Oturma Özellikleri	39
4.4 Jeofizik Çalışmalar	40
4.4.1 Sismik Kırılma Çalışmaları	41
4.4.2 Sismik Yansıma	42
4.4.3 Mikrotremör Ölçümleri.....	43
4.4.4 Elektrik Özdirenç	44
4.5 Zemin ve Kaya Türlerinin Jeoteknik Özellikleri	46
4.5.1 Zemin ve Kaya Türlerinin Sınıflandırılması.....	46
4.5.1.1 Zeminler.....	46
4.5.1.2 İnce Taneli Zeminler.....	47
4.5.1.3 İri Taneli Zeminler.....	47
4.5.1.4 Kaya Birimler	48
4.6 Sıvılaşma Analizi ve Değerlendirme	48
4.7 Zemin Büyütmesi ve Hakim Periyodunun Belirlenmesi	50
4.8 Kütle Hareketleri	54
4.9 Su Baskını Tehlikesi	54
4.10 Çığ Tehlikesi.....	54
4.11 Mühendislik Zonları ve Zemin Profilleri.....	54
4.12 Zeminin Dinamik – Elastik Parametreleri	57
4.13 Hidrojeolojik Özellikler	58
4.14.1 Yeraltı Suyu Durumu.....	58
4.14.2 İçme ve Kullanma Suyu Yüzey Suları.....	59
4.14 Doğal Afet Tehlikelerinin Değerlendirilmesi	60
4.14.1 Deprem Durumu	60
4.14.2 Aletsel Dönem Deprem Etkinliği	63
4.14.3 Bölgenin Deprem Tehlikesi ve Risk Analizi	63

BÖLÜM V ÇALIŞMA ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	65
5.1 Önemli Alanlar (ÖA)	65
5.1.1 Önemli Alan (Ö.A – 1.1): Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önemli Alanlar	65
5.1.2 Önemli Alan (Ö.A – 5.1): Önlem Alılabilecek Nitelikte Şişme Durumu ve Oturma Açısından Sorunlu Alanlar.....	68
BÖLÜM VI SONUÇLAR.....	70
KAYNAKLAR	72
EKLER.....	87
ÖZ GEÇMİŞ	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası	5
Şekil 1.2. İnceleme alanı ve civarının uydu görüntüsü.....	6
Şekil 1.3. İl topraklarının yeryüzü şekillerine göre dağılımı	7
Şekil 4.1. Van Gölü doğusu jeoloji haritası	20
Şekil 4.2. Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşları	22
Şekil 4.3. Van formasyonuna ait birimlerin görünümü	23
Şekil 4.4. Van Formasyonuna ait birimler üzerinde gözlenen kıvrımlı yapılardan bir görünüm	24
Şekil 4.5. Beyüzümü formasyonuna ait birimlerin yakından görünümü	25
Şekil 4.6. İnceleme alanına ait alüvyon birimlerden bir görünüm.....	26
Şekil 4.7. Van Gölü ve yakın çevresinin sismotektonik haritası	28
Şekil 4.8. Van Gölü Havzası'nda bulunan fay hatları	29
Şekil 4.9. Sondaj çalışmaları sırasında işlemlerden görüntümler	31
Şekil 4.10. Sismik kırılma çalışmalarından bir görünüm	41
Şekil 4.11 Sismik yansıma çalışmalarından bir görünüm	43
Şekil 4.12. İnceleme alanında alınan mikrotremör ölçüye ait görüntü.....	44
Şekil 4.13. Çalışmada kullanılan rezistivite cihazının görünümü	45
Şekil 4.14. DES çalışmasından bir görünüm	45
Şekil 4.15. Elek analizi dağılım sonuçları	46
Şekil 4.16. SK-27 – SK- 74 jeolojik kesiti	54
Şekil 4.17. SK-27 – SK- 74 jeolojik kesiti	55
Şekil 4.18. Türkiye ve yakın çevresinin ana tektonik hatları ve levha hareket yönleri ..	60
Şekil 4.19. Doğu Anadolu Bölgesi deprem kuşakları haritası.....	61
Şekil 4.20. Van ili ve çevresinin deprem kuşakları haritası	62
Şekil 4.21. Ekim 2011 depreminden sonra Van ve çevresinde meydana gelen depremler	63
Şekil 4.22.İnceleme alanı ve yakın çevresindeki 100 km yarıçaplı bölgede, aletsel (1900-2012) kayıtlara göre, Ms=4.0 büyük depremler.....	64
Şekil 4.23. Deprem probabilistik risk analizi program çıktıları	66

Şekil 4.24. Deprem probabilistik risk analizi program çıktıları	66
Şekil 5.1. Van il merkezi ve çevresinin mühendislik jeolojisi haritası.....	68
Şekil 5.2. Van merkez yerleşim alanının yerleşime uygunluk haritası.....	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 İnceleme alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ve sayısı.....	16
Çizelge 4.1 3.00, 6.00, 12.00, 19.50 m derinlikleri için SPT değerleri	32
Çizelge 4.2 SPT'ye dayalı zemin değerlendirmesi	32
Çizelge 4.3 Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşlarının özellikleri	33
Çizelge 4.4 SPT verilerine göre hesaplanmış taşıma gücü	34
Çizelge 4.5 Laboratuvar verilerine göre hesaplanmış taşıma gücü	35
Çizelge 4.6 Laboratuvar verilerine göre hesaplanmış maksimum taşıma gücü değerleri	36
Çizelge 4.7 Şişme potansiyeli deneyi sonuçları.....	37
Çizelge 4.8 Şişme potansiyeli tanımı.....	38
Çizelge 4.9 Şişme potansiyeli ile laboratuvar ve arazi verilerinin korelasyonu	39
Çizelge 4.10 Konsolidasyonlu oturma miktarları	40
Çizelge 4.11 Sismik yansıma ve kırılma hat uzunlukları	43
Çizelge 4.12 İnce taneli zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması	47
Çizelge 4.13 Sıvılaşma analizi sonuçları	50
Çizelge 4.14 Sismik profillerde hesaplanan V_{s30} değerleri, göreceli yer büyütme faktörleri ve yer hakim titreşim periyotları.....	50
Çizelge 4.15(a) Yer hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri ve (b) spektral büyütme ölçütleri	53
Çizelge 4.16 Deprem bölgelerindeki yönetmeliğe göre; Zemin Grubu	123
Çizelge 4.17 Deprem bölgelerindeki yönetmeliğe göre; Zemin Sınıfı	12
Çizelge 4.18 NEHRP hükümlerine göre ve Uniform Building Code yer sınıflaması	12
Çizelge 4.19 TS EN 1998-1 (Eurocode 8) yer sınıflaması	123
Çizelge 4.20 G_{max} ve E_d 'ye göre yer özelliği tanımlamaları.....	12
Çizelge 4.21 Sondajlarda ölçülen yeraltı suyu seviyesi.....	59
Çizelge 4.22 Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi değerleri	62
Çizelge 4.23 1900–2012 yılları arasında meydana gelen depremlerin magnitüd-oluşum sayısı ilişkisi.....	64

Çizelge 4.24 Probabilistik deprem risk analizlerine göre olasılık hesap tablosu..... 65

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
<i>NEHRP</i>	Ulusal deprem tehlikeleri azaltma programları
<i>IP2WIN</i>	Rezistivite değerlendirme yazılımı
<i>TSE</i>	Türk standartları enstitüsü
<i>M_w</i>	Moment magnitüt
<i>GSMH</i>	Gayri safi milli hasıla
<i>SPT</i>	Standart penetrasyon testi
<i>TCR</i>	Toplam karot verimi
<i>kN</i>	Kilonewton
<i>RQD</i>	Kaya kalite göstergesi
<i>kPa</i>	Kilopascal
<i>q_u</i>	Serbest basınç dayanımı
<i>C</i>	Kohezyon
<i>I_s</i>	Nokta yükleme indisi
<i>T_o</i>	Zemin hakim titreşim periyodu
<i>b</i>	Büyütme katsayısı
<i>Hz</i>	Hertz
<i>DES</i>	Düşey elektrik sondaj
<i>CH</i>	Yüksek plastisiteli kil
<i>CL</i>	Düşük plastisiteli kil
<i>ML</i>	Düşük plastisiteli inorganik kil
<i>I_c</i>	Kıvam indisi
<i>LL</i>	Likit limit
<i>w</i>	Doğal su muhtevası
<i>PI</i>	Plastisite indisi
<i>SC</i>	Killi kum
<i>SM</i>	Siltli kum
<i>GC</i>	Killi çakıl

GM	Siltli akıl
GW	İyi derecelenmiş akıl
SW	İyi derecelenmiş kum
M_s	Yüzey dalgası büyüklüğü
$YASS$	Yeraltı su seviyesi
V_s	Kayma dalga hızı
A_{kM}	Göreceli yer büyütme değeri
V_{s30}	30 m derinlikteki ortalama kayma dalga hızı
G_{max}	Maksimum kayma modülü
ρ	Yoğunluk
E_d	Young modülü
ν	Poisson oranı
k	Bulk modülü
A_0	Etkin yer ivmesi
KAF	Kuzey Anadolu Fayı

BÖLÜM I

GİRİŞ

Yerleşime uygunluk değerlendirmesi son yıllarda önemli bir aşama kaydetmiştir. Yaşanılan büyük depremler ve taşkınlar gibi büyük doğal felaketler nedeniyle birçok can kaybı yaşanmıştır. Seçilen yanlış yerleşimler ve proje hataları nedeniyle büyük sorunlar yaşanmaktadır. 20 yüzyılın en önemli verisi kalabalık, çarpık ve plansız büyüyen şehirler olmuştur. Hızlı nüfus artışı ve insanların daha konforlu yaşama isteği kentleşme çalışmaları için mühendislik jeolojisi ve yerel zemin özelliklerinin ayrıntılı olarak çalışılması gerekliliğinin ortaya koymuştur. Şehirleşmeye önem veren ülkelerde planlı kentleşme açısından önemli mesafeler kat etmişlerdir. Zemin etütleri sırasında açılan sondajlarla çok kısıtlı bir alan hakkında bilgi edinilmekte, çoğu kez yeraltı hakkında daha güvenilir bilgi edinmek için sondaj sayısı ve derinliğini artırmak gerekmekte ve bu da yapılan çalışmaların maliyetini artırmaktadır (Aloğlu, 2006). Yapı projelendirmelerinde en önemli unsurlardan biri, zeminin üzerine etkileyen yük altında, zeminin buna karşı göstereceği mukavemetin bilinmesidir. Bu ise; zemin taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi parametreleri ile bilinmektedir (Çinicioğlu, 1993). Temel zeminin özelliklerine bağlı olarak yapının güvenliği, zemin taşıma gücü ve oturma gibi iki faktörle denetlenir. Ayrıca dinamik koşullar da dikkate alınması gereken diğer bir faktördür (Ulusay, 2001). Zeminlerin taşıma gücü bir stabilite (denge) sorunu olup göçme olmadan zeminin taşıyabileceği yüküdür. Zeminlerin taşıma gücü zeminin mukavemet karakteristiklerine bağlı olmakla beraber, uygulanan yükün miktarına ve dağılımına da bağlıdır. Emniyetli zemin gerilmesi ise nihai taşıma gücünün bir emniyet faktörüne bölünmesi sonucu bulunan taşıma gücüdür. Emniyet faktörü boyutsuz bir rakamdır. Küçük alanlı temellerde muhtemelen sadece makaslama yenilmesi söz konusu olacağından nihai taşıma gücü küçük bir emniyet faktörüne (katsayısına) bölünebilir. Doğada zeminler kendi çevrelerindeki tabakalardan gelen gerilmelerin etkisi altındadır. Zemin araştırmaları için uygulanan metotlar belirli bir proje için zemin araştırmalarının büyüklüğü aşağıdaki etkenlere bağlıdır. Tasarlanan yapının büyüklüğü, tipi ve önemi, temel zemininin durumuna ve değişikliklerine ilişkin önceden elde edilen bilgiler, zemin araştırması için tasarlanan giderlerin, tüm yapı giderine oranı ve araştırmalar için ayrılan süredir. Bu etkenlere göre, küçük ve önemsiz yapıların temel

zemini araştırmaları kck çapta; buna karşılık büyük ve önemli yapıların temel zemini araştırmaları da geniş çapta yapılmalıdır. Bu konuda deneyimli bir mühendis, yukarıdaki iki etken belli iken üçüncü etkenin ölçüsünü en uygun şekilde saptayabilir ve belirli bir yapı için hangi çapta bir temel zemini araştırması yapılacağına karar verebilir (Uzuner, 1995).

Bu tür çalışmalarda amaç, yüzeyden itibaren belirli bir derinliğe kadar zemin ve kaya tabakalarının yapısı hakkında gerekli bilgileri elde etmektir. Esas hedef tasarlanan yapının planda oturacağı alanda meydana gelecek yükleme sonucu etkilenecek tabakaların bulunduğu derinliğe kadar düşey olarak, yani üç boyutlu hacimde zemin yapısı ve özelliklerini ortaya çıkarmaktır (zvan vd., 2005).

Van İlinde 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen deprem sonrası Van merkezinde evre ve şehircilik Bakanlığı tarafından yeniden planlamaya gidilmiş ve bu planlamaya altlık teşkil edecek şekilde jeolojik ve jeoteknik etüt raporları hazırlanmıştır. Bu çalışmada yeni yerleşim alanları ile halihazırdaki yerleşimlerin bulunduğu alanlara ait temel zeminlerinin, değişik alanlarda yapılan sondajlı çalışmalardan elde edilen taşıma gücüne yönelik hesaplanan veriler ve diğer eğim ölçümleri ile YAS durumu gibi veriler de kullanılarak bölgeye yönelik yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu alışma; Van ili merkez sınırları içerisinde kalan yaklaşık 3000 hektar alan için hazırlanan İmar Planına Esas Jeolojik- Jeoteknik Etüt sonucu yerleşime uygunluk değerlendirmesini kapsamaktadır. Bu alışma kapsamında inceleme alanında olası afet tehlike risklerini ve zeminin mühendislik parametrelerini belirleyerek gerekli önlem projelerine yön vermek amacıyla gerekli arazi incelemeleri, sondaj çalışmaları, jeofizik ölçümler, laboratuvar verileri kullanılarak, yapılan jeolojik - jeoteknik değerlendirmeler sonucunda alanın yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmıştır. alışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi alışmaları kapsamında, evre ve şehircilik Bakanlığı tarafından yaptırılan derinlikleri 12 – 40 m arasında değişen ve toplam derinliği 1760 m olan 82 farklı lokasyondaki sondaj çalışmaları ilebu sondajlardan alınan örnekler üzerinde laboratuvar

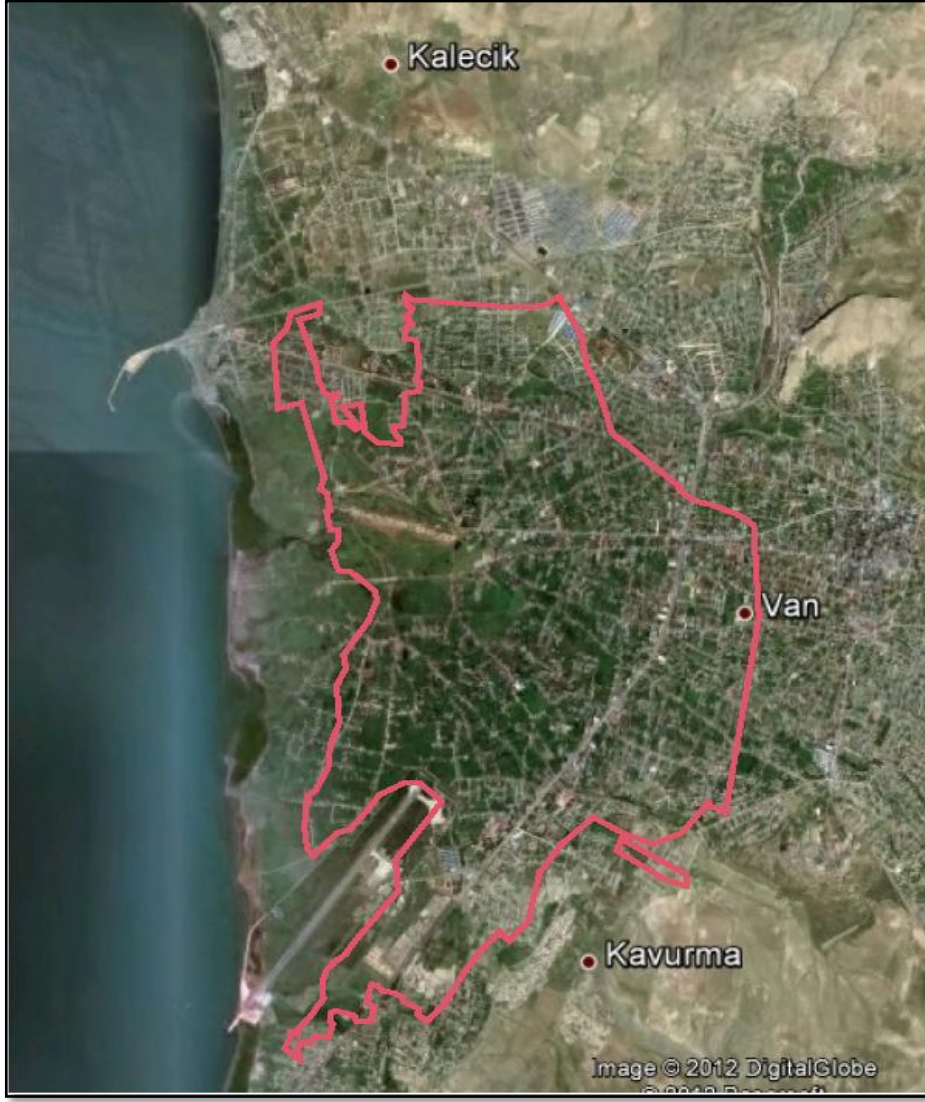
deneyleyiyapılmıştır. Ayrıca jeofizik çalışmalar kapsamında 100 adet sismik kırılma, 60 adet 110 m açılımlı sismik yansıma 80 adet mikrotromör ölçümü yapılmıştır.

1.2 İnceleme Alanı

Bu çalışma kapsamında yaklaşık 3000 hektar büyüklüğünde bir alanın ayrıntılı araştırması yapılmıştır. Çalışma alanının, güneyinde Edremit, doğusunda Erek Dağı, kuzeyinde Kalecik, batısında ise Van Gölü yer almaktadır (Şekil 1.1, 1.2).



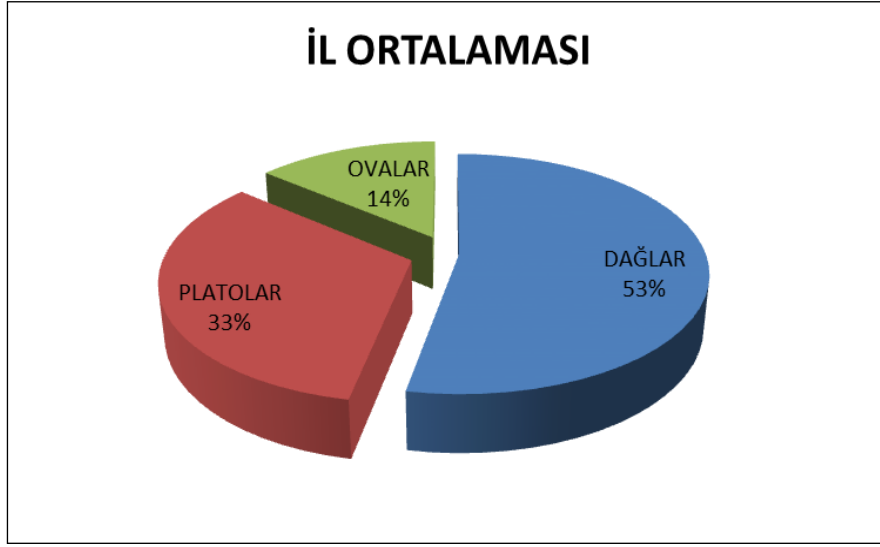
Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası



Şekil 1.2 İnceleme alanı ve civarının uydu görüntüsü

1.3 Morfoloji

İnceleme alanı genelde topoğrafik olarak az eğimli (% 0-10) bir arazi yapısına sahiptir. Genel olarak Van İli'nin yükseltisi 1500 m'nin altına düşmez. En yüksek kesimlerde ise 4000 m'yi aşmaktadır. İl topraklarının yeryüzü şekillerine göre dağılımı incelenecek olursa; %53'ünün dağlarla, %33'ünün platolarla, %14'ünün ovalarla kaplı olduğu görülmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 İl topraklarının yeryüzü şekillerine göre dağılımı.

İl alanının %53' ünü dağlık alanlar kaplarlar, il alanı genelde yüksek sıradağlar ve volkanik kökenli dağlarla kaplıdır. İl sınırları içinde dorukları 3000 m' yi aşan birçok dağ vardır. Kuzey kesimini, dorukları il sınırları dışında kalan Aladağ (3255 m) ve Tendürek Dağı (3542 m) oluşturulur. Bölgedeki diğer yükseltiler ise; Dumanlıdağ, Elegan dağları, Kırklar dağı, Tavor dağı ve Kotur tepesidir. Bendimahi havzası ve Karasu havzasının kuzeyinde, 2850 m yükselteli Alikelle Dağı Abağa Düzüne doğru uzanır. Bu yöredeki dağların en yükseği Pirreşit dağıdır (3200 m). Daha sonra sırasıyla Manda dağı (3020 m), İsabey dağı (3000 m) yükselir. Bu dağlar düzenli bir sır halinde güneybatı yönünde, Karasu vadisi ile Van Gölü arasında, Şoli dağı (2900 m) ile devam eder. bölgedede yükselti güneydoğuya gidildikçe artmakta ve düzgün sıradağlar halinde görülmektedir. Ovalar ilin %14' ünü kapsamaktadır. İl sınırları içinde başlıca ovalar: Van Ovası; Van İli'nin kurulduğu yerde olup, yaklaşık 150 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Karasu ile Hoşap suyu arasında kalan ova, batıda Van Gölüne ulaşmaktadır. Erciş Ovası; 150 km²'lik bir alanı kaplamakta ve Van Gölü'nün kuzeyindedir. İki bölüme ayrılmaktadır. Birincisi, Zilan deresi ile beslenen, batıya doğru genişleyen Hatun Ovası, İkincisi de Erciş İlçe merkezinin kurulduğu Suluova'dır. Hoşap Ovası; yaklaşık 180 km²'lik bir alanı kaplamakta ve Hoşap merkezinin güneydoğusundadır. Bu ovanın yükseltisi 2400 m civarındadır. Doğu Anadolu'da ve özellikle Van İli ve çevresinde yeryüzünün şekillenmesi, Neotektonik dönem Orta Miyosen'de başlamıştır. Peneplen ya da peneplene yakın bir paleocoğrafya ile başlayan bu dönemde (Erinç, 1953) tektonik ve volkanizma etkindir. Bu etkin tektonik ve volkanizma Van İli ve çevresinin yapısal ve jeomorfolojik gelişimini değiştirmiştir.

Penepren ya da peneprene yakın olan jeomorfolojik birimler değişerek dağ oluşturacak şekilde gelişme göstermiştir. Van İli ve çevresinde konu ile ilgili eski çalışmaları şöyle sıralayabiliriz: Doğu Anadolu'da Neotektoniğin jeomorfolojik gelişimde etkin olduğu Erinç (1973), Erol (1979), Ardos (1979) tarafından vurgulanmıştır. İzbırak (1951), Van Gölü yöresinde yaptığı coğrafik araştırmalarda yörenin yapısal şekilleri ile orografik uzanışı arasında bir ilgi olduğunu belirtmiştir. Erinç (1953), Doğu Anadolu'nun Üst Miyosen' den sonra denizin çekilmesi ile yaşit olarak kıvrımlanma yeteneğini yitirerek tektonik kuvvetlere karşı genelde rijit kütle tepkisi gösterdiğini ve bölgenin bütün olarak yükseldiğini gösterir. Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemde volkanizma etkin bir şekilde gelişmiştir. Çok yaygın ve kalın olan bu volkanizma topografyanın şekillenmesinde tektonizma kadar etkin olmuştur. Van Gölü kuzeyinde il sınırları içinde Tendürek volkanizmanın son aşamasını yaşamaktadır. Van Gölü çevresinde jeolojik ve jeomorfolojik birimlerin yaşları bir yana bırakıldığında litolojik benzerlikler nedeniyle bölgede yumuşak ve olgun görünümlü bir rölyef göze çarpar. Ancak aşınıma dayalı bu litolojiye, özellikle volkanik kayalara bağlı morfoloji ise, kayanın doğası ile ilgili olarak kendine özgü bir rölyef oluşturur ve bu olgun morfolojiyi bozmaktadır.

1.4 İklim ve Bitki Örtüsü

Doğu Anadolu'nun iklimi, şiddetli karasal olmasıyla dikkati çeker. Bu karakter, bölgenin merkezi boyunca, doğuya doğru gidildikçe, yani çevre denizlerin etki alanlarından uzaklaşıldıkça daha da belirginleşir. Bölgede kışlar özellikle çok uzun, şiddetli ve karlıdır. Buna karşılık yaz mevsimi çok kısa olmakla birlikte, bölgenin en kuzeyindeki yüksek platolarda bile oldukça sıcak geçer. Karasallığın en basit ifadesi olan en sıcak ve en soğuk ay ortalamaları arasındaki farklar: Türkiye'nin kıyı bölgelerinde 20°'yi aşmadığı halde, Doğu Anadolu Bölgesi'ne doğru gittikçe artarak kuzeydoğu kesiminde 30°'nin üzerine çıkmaktadır. Bu bakımdan Van Gölü çevresi, bölgenin diğer birçok kısmında rastlanılmayacak derecede düşük karasallık değerleri göstermektedir. Süresi ve miktarı yıldan yıla değişen donlu günler, Van Gölü kıyılarında batıdan doğuya doğru hafifçe artar. Donlu gün sayısı, Bitlis ili'ne bağlı Tatvan ve Ahlat ilçelerinde 110 gün civarında olduğu halde Van, Erciş ve Muradiye'de 130 güne çıkmaktadır. Ortalama olarak Kasım başında görülmeye başlayan donlu günler, Nisan başında son bulur. Ancak, bu ortalama tarihlerde yaklaşık bir aylık bir

sapma meydana gelerek bazı yıllar Ekim başında görülürken, bazı yıllar Mayıs sonuna da sarkabilmektedir. Bu süre esnasında yaşamın çeşitli yönleri, özellikle tarım faaliyetleri kısıtlandığı gibi, erken ve geç olanlar, ürünlere büyük zararlar verebilmektedir. Van Bölümü'nde Akdeniz ve karasal yağış rejimleri arasında geçiş tipi bir yağış rejimi görülür. Yağışın en fazla olduğu mevsim ilkbahardır(% 39). Bunu kış (%26.6) ve sonbahar (%27.2) izler. Yağışın en az olduğu mevsim ise yazdır (%7.1). Yağışın büyük bir kısmının kışa yığıldığı, fakat yaz mevsiminin yok denecek kadar az yağış aldığı Akdeniz yağış rejiminden, en yağışlı mevsimin kıştan ilkbahara kaymasıyla ayrılır (karasal tesir). En az yağış alan mevsimin kışa rastladığı, en fazla yağışın ise yazın düştüğü karasal rejimden ise, kışın en yağışlı ikinci mevsim olması ve yaz kuraklığıyla farklılaşır. Yağışlı geçen 85 günün 35'inde kar yağar. Kar yağışlarının görüldüğü devre kasım başından nisan sonuna kadar devam eder ve yağın kar, 3 aya yakın yerde kalır. Doğu Anadolu, İç Anadolu ile İran arasında, büyük bir kısmı doğal orman sahasına dahil bir ada gibi yükselmektedir. Bu durum, İç Anadolu ve İran'a göre Doğu Anadolu'nun daha nemli olmasından kaynaklanmaktadır. Ormanların alt sınırı herşeyden önce nemlilik derecesine bağlıdır. Bu sınır bölgenin batısında 1100-1400 m iken, doğusunda 1800-1900 m'ye kadar çıkmaktadır. Bölgenin başka bir özelliği de ormanların üst sınırının çok yüksek olmasıdır. Bölgenin batısında ormanların üst sınırı 2400 m, doğusunda ise 2800 m kadardır. Hatta Akdeniz'den gelen nemli hava akımlarının bu bölgeye kolayca sokulduğu, Bitlis oluşunun tam karşısına denk gelen Nemrut Dağı'nın güney yamaçlarında, çalılık halinde meşeler yayılırken, kalderanın içinde meşelerden, yabani meyve ağaçlarından ve kavaklardan oluşan bir orman görülür. Bu orman, kalderanın dik olan iç duvarlarında yer yer 2900 m'ye kadar çıkar ki bu, ülkemizde tesbit edilmiş olan en yüksek orman sınırınıdır. Doğu Anadolu'daki ormanlar genellikle şiddetli ve uzun kışlara ve fazla olmayan yağış miktarına uyum sağlamış, soğuğa dayanıklı, seyrek ve orman altı çok zayıf, kuru ormanlar halindedir. Ekolojik şartlar göz önüne alındığında Van'ın güney kesimleri dışında kalan yörelerde, geçmişteki doğal bitki örtüsünün ağaçlı step olduğu söylenebilir. Step içindeki başlıca türler, çeşitli meşe türleri ve bodur ardıçlardır. Çam türleri, Van Gölü çevresinde kendilerine uygun, ekolojik ortamı bulamamışlardır. Van'da yetişebilecek çam türü sarıçamdır. Bugün orman kalıntılarına ilin güney kesimlerinde rastlanır. Bu kesimlerde bitki örtüsü genellikle meşelerden oluşur. Meşeler, bozulmuş, birçok yerde çalılık halini almıştır. Ağaçlık sahalara Gevaş'ın güneyinde de rastlanır. Meşeler yanında, seyrek de

olsa, sakız menengiç, bodur ardıç, kızılıçık, doğu çınarı, ceviz, titrek kavak ve yabani meyve ağaçları da görölmektedir. Van'ın güneyinde stepler de görölür ve en önemli elemanı geven otudur. İlin güneyi dışında ormanlara rastlanmaz. Sadece Erciş'in kuzeyinde, Ilıca Suyu Vadisi'nde seyrek meşe toplulukları bulunur. Van'ın doğu ve kuzeyi bugün antropojen step görünümündedir. Seyrek olarak vadi boylarında ağaçlara rastlanır. Bu kesimde hakim olan step formasyonu otsu bitkilerden oluşur (Gürbüz, 1994).

BÖLÜM II

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Van İli ve çevresinde konu ile ilgili yapılan eski çalışmaları, tarih sırasıyla şöyle sıralayabiliriz:

Foley (1938), bölgenin stratigrafisini çalışarak kil, kum ve çakıl tabakalarının Pleistosen yaşlı olduğunu belirtmektedir.

Arni (1939), Van İli ve civarında yapılan çalışma ilk çalışmalardandır. Araştırmacı özetle bu çalışmada metamorfik kayaların Paleozoyik, ofiyolitik birimlerin Üst Kretase, kireçtaşlarının ise Eosen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Ortynski (1944), Van ve civarında yer alan göl çökellerinin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğunu belirtmektedir. Göl çökellerinin tabaka duruşlarının yataydan farklılıklar göstermesini orojenik hareketlere bağlamakta ve orojenik hareketlerin Pleistosen’de sona erdiğini ileri sürmektedir.

Ternek (1953), Van ilinin doğusunda yaptığı çalışmalarda, bölgenin 1/100000 ölçekli haritasını yapmış, tektonik evriminden bahsetmiştir. Tektonik hatların genelde kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu, basınç gerilmelerinin ise, yaklaşık kuzey-güney doğrultulu bindirme karakterli olduğunu sonucuna ulaşmıştır.

Altınlı (1964), Van civarında yaptığı çalışmada en yaşlı kayaların Paleozoyik yaşlı şist ve mermerler olduğunu belirtir. Altınlı’ya göre; Van’ın doğusunda yer alan beyaz renkli kireçtaşları Alt Eosen, marn, şeyl kireçtaşları birimi ise Paleosen-Alt Eosen yaşlıdır ve bölgede büyük boyutlu sürüklenimler vardır.

Altınlı (1966), Doğu ve Güneydoğu Anadolu’nun jeolojisi başlıklı çalışmasında Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yaptığı genel sentezde bu alanın eski masifler, orta tektonik bölge ve fliş bölgesi (İranid, Torid, Anatolid) ile kenar kıvrım bölgesi olmak üzere üç ana tektonik bölgeden meydana geldiğini vurgular. Araştırma alanı bunlardan, Torid tali orojenik kuşağının kuzeyinde yer alır.

Yalçınlar (1973), “Doğu Anadolu’nun Jeolojik Temel Strüktürleri” adlı çalışmasında Doğu Anadolu Bölgesi’nde temel yapıyı oluşturan metamorfik ve kristalin arazilerin

genellikle Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer tabakaları ile volkanik formasyonların altında kalmış olmakla birlikte bazı sahalarda yüzeye çıkmış olduğundan bahseder.

İnnocenti vd. (1976), Van Gölü civarındaki volkanitlerin kökenini ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde oluşan volkanizmaların oluşumlarını incelemişlerdir. Doğu Anadolu Bölgesi'nin levha tektoniği açısından oldukça ilginç bir konuma sahip olduğunu belirten araştırmacılar Van Gölü çevresindeki volkanitlerin kökeninin Neojen boyunca Arabistan levhasının Anadolu levhası altında yitimiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Saydamer (1976), Türkiye-İran sınırı boyunca yaptığı araştırmalarda Permiyen'de kristalize kireçtaşı ve metamorfitlelerin oluşumundan bahseder. Araştırmacının Özalp ilçesi dolayında yaptığı çalışmaya göre; Üst Kretase'de ofiyolitler ve kırmızı renkli kireçtaşları oluşmuştur. Bu birim içinde Permiyen metamorfitlelerinin bulunduğunu da açıklar.

Ketin (1977), Van gölü ile İran sınırı arasındaki yaptığı çalışmalarda, melanji, metamorfik kayaçların, kuvarsit, yeşil şist, kalk şist ve Permiyen yaşlı kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmektedir. Ayrıca, Van Gölü doğusunda doğu-batı ve kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı faylar olduğunu belirtmiştir.

Tchalenko (1977), Uydu fotoğrafları üzerinde yaptığı çalışmalarda bölgedeki tektonik hatların kuzeybatı-güneydoğu doğrultularında olduğunu belirtir. Ayrıca Anadolu ve İran'ın başlıca büyük faylarının Van Gölü'ne yaklaşırken önemini yitirdiklerine dikkat çekmektedir.

Saydamer (1978), İnceleme alanının doğusunda Türkiye-İran sınırı boyunca 10-20 km eninde bir şeridin 1:100 000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Bölgede en yaşlı birim olarak Permiyen yaşlı kireçtaşları tarafından diskordans olarak örtülen metamorfik kayaçlardan bahseder. İncelediği alanın güneyinde Üst Triyas-Jura Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarının devamlı bir istif oluşturduklarını belirtir.

Valeton (1978), Van Gölü çevresinde oluşmuş terasları incelemiştir. Araştırmacı, göl su seviyesinin son buzul devrinde en yüksek seviyesi olan 1720 metre'ye ulaştığını vurgulamıştır.

Balkas (1980), Araştırmacı, epirojenik hareketlerin Miyosen sonrasında başladığını ve bölgenin bugünkü tektonik yapısının oluştuğunu belirtmiştir.

Savcı (1980), Doğu Anadolu volkanizmasının, neotektonik dönemin başlangıcı ile birlikte ya da ondan çok kısa bir süre sonra başladığını, bu durumda genç Doğu Anadolu volkanizmalarının Bitlis yama kuşağı boyunca görülen kıtasal çarpışmanın bir sonucu olduğunu belirtmektedir.

Şaroğlu ve Güner (1981), Doğu Anadolu Bölgesi'nde Orta Miyosen'de sıkışmaya bağlı olarak meydana gelen yapısal şekilleri ve tektonizma ile volkanizmanın, bölge jeomorfolojisi üzerindeki etkilerini ortaya koymaya çalışmışlardır.

Şaroğlu ve Yılmaz (1984), Van ve civarında yaptıkları çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi'nin jeolojik evrimini dört döneme ayırmışlardır. Birinci dönem; metamorfitle, ikinci dönem, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalarla, Üçüncü dönem; sedimanter kayalarla ve dördüncü dönem; Üst Miyosen'den günümüze kadar devam eden karasal ortam çökelleri ve volkanizma ile temsil edilmektedir. Araştırmacılar, Van çevresinde gelişmiş olan yapıların ancak bir sıkışma rejimiyle açıklanabileceğini ifade ederler.

Şaroğlu (1985), "Doğu Anadolu'nun Neotektonik Dönemde Jeolojik ve Yapısal Evrimi" adlı doktora çalışmasında Doğu Anadolu Bölgesi'nde meydana gelmiş olan son tektonik rejim değişikliğinden günümüze kadar ki dönemde tektonizmanın genel özellikleri ile tektonizma etkisinde oluşmuş olan şekil değiştirme geometrileri ve yapıları incelenmiştir.

Aktürk (1985), Van- Çatak dolayında yaptığı çalışmada bölgenin tektonik yapısının Miyosen sonunda meydana gelen devinimlerle olduğunu belirtmiştir. Aktürk'e göre; güneye doğru en az 15 kilometrelik sürüklenimler mevcuttur.

Acarlar vd., (1991), Van Gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi adlı çalışmalarında, Üst Pleyistosen yaşlı yelpaze çökelleri, göl çökelleri, akarsu çökellerini eski ve güncel olmak üzere 2 grupta incelemişlerdir.

Barka ve Şaroğlu (1995), Edremit traverteninin erken göl evresine ait olabileceğini ve tektonizma ile eğim kazanmış ve yükselmiş olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Ulusay (2000), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs alanındaki kum birimlerinin sıvılaşmaya karşı duyarlı olduğunu belirtmiştir.

Koçyiğit (2001), Neotetis'in güney kolu, Geç Miyosen kadar kapanmamış olduğunu ve buranın daha sonra kapanması ile Arap ve Avrasya plakası ile birleştiğini öne

sürmektedir. Bölgede, KB doğrultulu sağ yönlü, KD doğrultulu sol yönlü aktif doğrultu atımlı fayların, olduğunu ifade etmiştir.

Selçuk (2002), Yüzüncü Yıl Üniversitesi yerleşkesinde yapmış olduğu çalışmada göl ve akarsu çökellerinde bulunan kum birimlerinin sıvılaşma riskinin yüksek olduğunu, killerin ise aşırı konsolide olduğunu ve Üniversitenin bulunduğu alanın ova karakterinde olması ve tasıma gücü ile elastik modülünün düşük olması nedeniyle yerleşime uygun olmadığını belirtmiştir.

Üner (2003), Van İlinin doğusunda yapmış olduğu çalışmada, delta ve göl çökellerinin sedimantolojik özelliklerini ve paleocoğrafik gelişimini ortaya koymuş ve Van Gölünün daha önceki çalışmacıların belirttiği şekilde deniz seviyesinden maksimum 1720 metre değil, 1800 metre yüksekliğe kadar çıktığını saptamıştır.

Özkaymak (2003), Van ili şehir merkezi ve yakın çevresinde etkili olabilecek aktif fayların depremler üretebileceğine vurgulamıştır. Ayrıca Van Gölü havzasında Pliyo – Kuvaterner’de başlayan Neotektonik dönemin görsel çökellerde saptadığı faylara dayanarak hala devam ettiğini belirtmiştir.

Özvan (2004), Van ili yerleşim alanının mühendislik jeolojisi adlı çalışmasında, Van şehrinin alüvyon birimler üzerinde kurulduğunu, zemin problemlerinin olduğunu ortaya koymuş; afet tehlikeleri açısından daha sağlıklı yerleşim alanlarının seçilebileceğini ve şu anda mevcut olan yerleşim alanlarının tarım alanı olması gerektiğini belirtmiştir.

Akyüz vd., (2011), Yeni yerleşim alanı olarak seçilen Edremit bölgesinin tektonik ve kaya-zemin özelliklerin incelemiştir. Bu inceleme sonucunda yerleşim merkezinin hemen yakınında K10-15D doğrultulu Holosen birimlerini de kesen bir fayın varlığını tespit etmiştir.

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOD

İnceleme alanında Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşları ile alüvyondan oluşan birimler gözlenmektedir. Toprakkale formasyonu inceleme alanının çok az bir kısmında, sadece Van Kalesinde gözlenmektedir. Açık bej renkli kireçtaşları, az kırıklı çatlaklı bir yapıya sahip olup göreceli olarak yüksek dayanımlıdır. İnceleme alanının genelinde gözlenen alüvyonlar akarsu ve göl çökellerinden oluşmaktadır. Akarsu çökellerinden oluşan alüvyonlar araştırmacılar tarafından akarsu yatağı çökelleri ve akarsu yelpazesi çökelleri olarak adlandırılmıştır. Yapılan arazi gözlemlerinde ve sondaj çalışmalarında çakıllı, kumlu siltli kil – az çakıllı siltli killi kum düzeylerinden oluştuğu gözlenmiştir. Göl çökelleri gölsel bataklık çökelleri olarak adlandırılmış olup, içinde daha çok kum ve silt boyutlu malzeme yaygın olarak gözlenmekte ve inceleme alanının batı kısmında az bir alanda gözlenmektedir. Bu çalışma arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada çalışma sahasına ait topoğrafik harita temin edilmiş ve bölge ile ilgili önceki çalışmalar derlenmiştir. İkinci aşamada ise arazide yerinde arazi çalışmaları yapılmış, heyelanlar detaylı olarak haritalanmış ve laboratuvar çalışmaları için gerekli örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınmıştır. Üçüncü aşamada çalışma sahasından alınan örnekler üzerinde zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Araziden örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınarak zeminin fiziksel, indeks ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, tane boyu analizleri, Atterberg (kıvam) limitleri, doğal birim hacim ağırlığı, su içeriği tayini deneyi, direk kesme, üç eksenli basınç veserbest basınç deneyleri yapılmıştır.

3.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanını içine alan, MTA (1991) tarafından hazırlanan, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılarak, sondaj, jeofizik çalışmalar ve gözlemsel incelemeler yapılmıştır. Derinlikleri 12 - 40 m arasında değişen toplam derinliği 1767 m olan 82 farklı lokasyonda sondaj çalışması yapılmıştır. Ayrıca yerin dinamik parametrelerinin tayinine yönelik jeofizik çalışmalar yapılmıştır.

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvarda örnekler üzerinde, Atterberg limitleri, elek analizleri, doğal birim hacim ağırlık, su muhtevası, konsolidasyon, üç eksenli basınç, kesme kutusu vb. laboratuvar deneyleri TSE standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Kaya ortamından alınan karotlar üzerinde laboratuvarda nokta yük dayanım indeksi deneyi, doğal birim hacim ağırlık vb. deneyleri yapılmıştır. Yapılan laboratuvar deneyleri ve sayıları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 İnceleme alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ve sayısı

Deney Adı	Adet	Deney Adı	Adet
Elek analizi	412	Konsolidasyon	85
Atterberg limitleri	286	Nokta yük dayanım	2
Doğal birim hacim ağırlık	146	Üç eksenli basınç deneyi	109
Su içeriği	412	Zeminde direkt kesme	43
Şişme yüzdesi	85	Şişme basıncı	85

Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlar, bulgular kısmında ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında arazide topoğrafya haritası üzerinde işlenen verilerin jeoloji haritaları üzerine aktarılması ile jeoloji haritaları büro ortamında tamamlanmıştır. Haritalar üzerinde jeolojik ortamı en iyi şekilde tespit edecek yönlerde jeolojik enine kesitler alınmıştır. Doğal afet tehlikesi; inceleme alanı jeoloji - jeoteknik ve jeofizik çalışmalar yoluyla kayma, sel baskını, akma, çökme, kaya düşmesi, çığ gibi doğal afetler yönünden incelenmiş ve bu veriler kullanılarak yerleşime uygunluk haritaları elde edilmiştir.

BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Genel Jeoloji

4.1.1 Stratigrafi

Van Gölü Havzası'nda Paleozoyik-Güncel zaman aralığında oluşmuş kaya toplulukları ve alüvyon sedimanları yüzlek vermektedir. Genel olarak havzanın güneyinde Bitlis Masifi'ne ait metamorfik kayalar, batısı ve kuzeyinde genç Nemrut ve Süphan'ın ürünleri olan volkanik ve volkanoklastik kayalar, doğusunda ise Yüksekova karmaşığı'na ait volkanik kayalar ve ofiyolit bileşenleri, genç güncel akarsu ve gölsel kırıntılar ile karbonatlar yüzeylemektedir (Şekil 4.1).

Van Gölü'nü güneyde sınırlayan Bitlis Masifi, günümüze kadar değişik değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Ketin 1947; Ternek 1953, Göncüoğlu ve Turhan 1984; Helvacı ve Griffin 1984; Yılmaz vd., 1981, 1993, 1998; Ustaömer vd., 2009; Oberhansli vd., 2010). Masif içinde eski okyanus tabanına ait ofiyolitler ile değişik metamorfik fasiyesleri içeren kayaç toplulukları da yer almaktadır (Yılmaz vd., 1981). Havzanın doğusunda çok geniş bir alanda yüzeyleyen Yüksekova Karmaşığı'na ait ofiyolitik melanj (Yılmaz vd., 1993; Parlak vd., 2000, 2001) bileşenleri ile Paleosen'e kadar çıkan filiş fasiyesinin kırıntılı kayaları genel olarak Üst Kretase-Paleosen aralığında yaşlandırılmaktadır. Taban ve tavan ilişkisi tektonik olan bu kayalar yer yer Pliyosen-Pleyistosen yaşlı karasal kırıntılar tarafından açılal diskordansla örtülmektedir. Havzada iki grup Senozoyik birimleri yüzeylemektedir. Havzanın batı ve kuzey kesimlerini hemen hemen tümüyle kaplayan karasal volkanik kayalar ve havzanın doğusunda yer yer yüzlek veren Eosen ve Miyosen yaşlı denizel kırıntılı ve karbonat serileri ile Neojen yaşlı gölsel ve karasal kırıntılılardır.

Doğu Anadolu'da kıta-kıta çarpışmasına ilişkin sıkışma tektoniğine bağlı olarak gelişen volkanik aktivite Genç Miyosen döneminde başlamış ve tarihsel süreç içerisinde neredeyse hiç kesilmeden günümüze kadar sürmüştür (Güner, 1984; Ersoy vd., 2006;

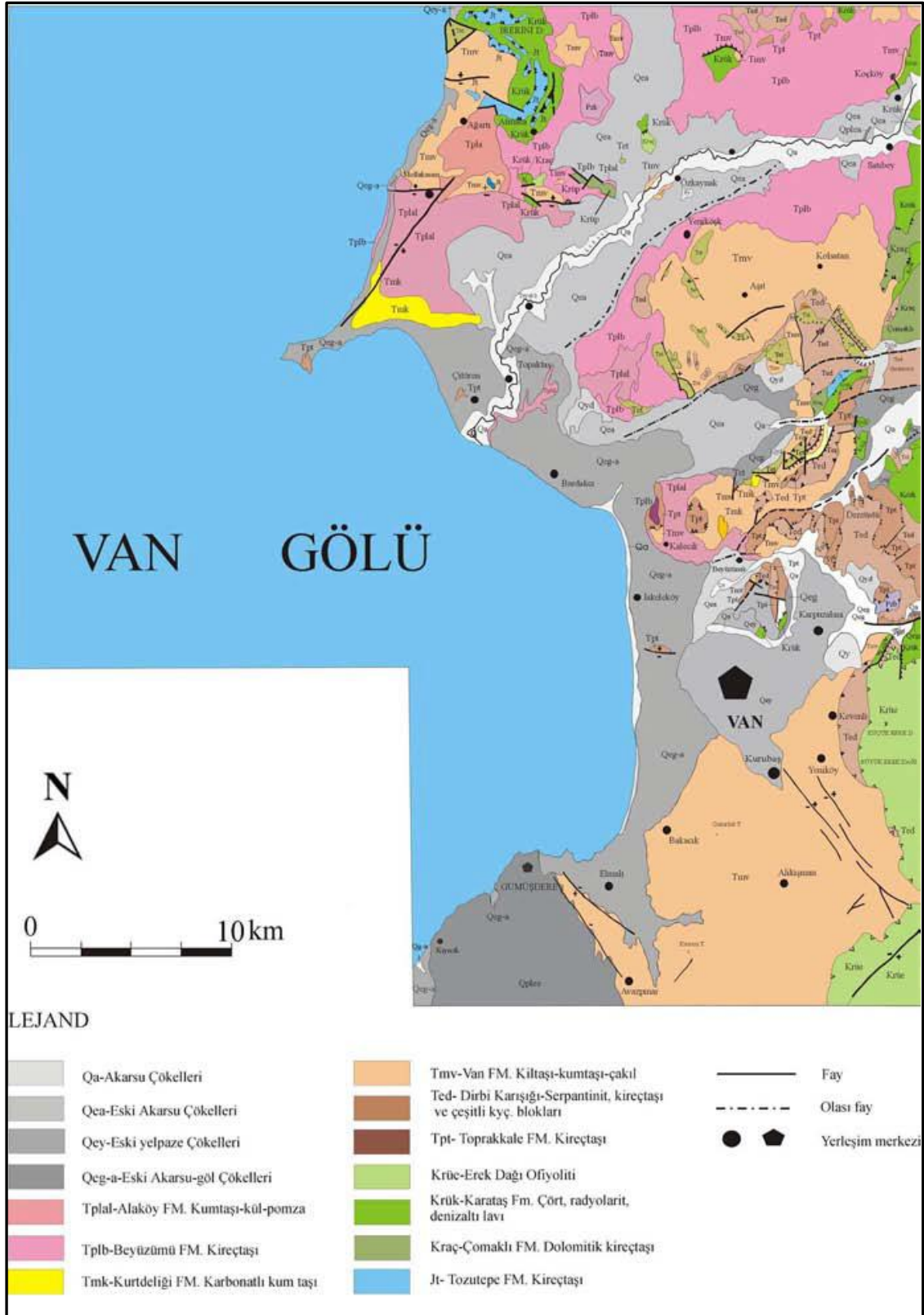
Özdemir vd., 2011). Tatvandan başlayarak KD'ya doğru Ahlat, Adilcevaz, Erçiş, Muradiye hattı boyunca yer alan Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı Dağları gerek kendi içinde gerekse mekansal olarak ardalanan farklı volkanik ve volkanoklastik ürünler vermişlerdir. Nemrut dolayında bazaltik lav ve proklastikleri ağırlıklı litolojileri oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra yer yer andezitik kayalar ile tüfitler ve bolca ignimbritler genel ürünleri oluşturmaktadır (Karaoğlu vd., 2005). Süphan Dağı ise daha çok riyolit bileşimli ürünler vermiştir. Lav ve piroklastik ürünler volkanı her yönde kuşatır haldedir. Eteklerinde bol miktarda pomza gelişmiştir (Özdemir vd.,2011). Havzanın doğusunda Senozoyik'in tabanında Geç Paleosen yaşlı Toprakkale Formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyon sarı bej renkli fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon Erken-Orta Eosen yaşlı Tekmal Formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Bu formasyon, genel olarak şarabi renkli kireçtaşı - çamurtaşı ile açık yeşil gri renkli kiltası - siltaşı türü litolojilerden oluşmaktadır. Kolsatan köyü güneyi ve Dereüstü köyü KB kesimlerinde mostralara rastlanır. Orta Eosen - Erken Miyosen döneminde havzanın GD kesimlerinde kumtaşı çamurtaşı ardalanmalı bir seri çökelmiştir. Bu kırıntılı seri, Kırkgeçit Formasyonu olarak adlandırılmaktadır (Aksoy, 1988). Geç Eosen-Oligosen yaşlı Dirbi karışığı, genel olarak gabro, serpantin, kuvarsit, kireçtaşı gibi çeşitli kayaç bloklarından oluşmaktadır. Bu karmaşık daha çok Van il merkezinin kuzey kesimlerinde geniş yüzlekler vermektedir. Geç Oligosen - Erken Miyosen yaşlı denizel Van formasyonu ise genel olarak ince orta katmanlı kiltası, kumtaşı, çakıltaşı, ardalanmasından oluşmaktadır (Sağlam, 2003).

Van Gölü Havzası'nın doğusunda en geniş yayılıma sahip olan birim, Neotetis'in güney kolundaki son ürünler olarak bilinir. Erken Miyosen'de doğuda Van Formasyonu çökelirken havzanın KB kesimlerinde sarımsı beyaz renkli, kalın katmanlı, bol fosilli kireçtaşları çökelmiştir. Bu kireçtaşları Adilcevaz Kireçtaşı olarak adlandırılmakta ve Adilcevaz ilçesi batı-kuzeybatı kesimleri ile Erciş dolayında geniş yüzlekler vermektedir. Orta Miyosen'de çökelen ve genel olarak kötü tutturulmuş çok bileşenli çakıltaşlarından oluşan Aktaş Formasyonu havzanın KB kesimlerinde küçük yüzlekler sunar. Aynı kesimlerde yüzeyleyen bir diğer birim ise Geç Miyosen yaşlı Yağlık Bazaltı'dır. Bölgede, Pliyosen'den itibaren karasal gölsel koşullar hakim olurken buna uygun olarak akarsu, delta çökelleri oluşmaya başlar. Geç Pliyosen yaşlı Beyüzümü Formasyonu, Bardakçı Köyü kuzeyinde geniş alanlarda yüzeylenmektedir. Bu

formasyon genel olarak beyaz renkli, çakıllı, yer yer bol fosilli kireçtaşı'ndan oluşmaktadır. Ancak aynı dönemde havzanın KB kesiminde etkin volkanizma ürünü olarak Arın Köyü dolayında pomzalı tüfitlerden oluşan Erdinççayırı Formasyonu oluşmaktadır. Bu kesimdeki volkanizma Orta Pleyistosen'e kadar devam etmiş ve değişik volkanik-volkanoklastik ürünler vermiştir. Aynı süreç içinde havzanın doğu kesiminde de bazalt türü kayalar ve çakıltası oluşmakta, GD kesimlerde ise büyük traverten gelişimini (Edremit traverteni) sürdürmektedir. Yaşının en az 40000 yıl en fazla 100000 yıl olduğu belirtilen (Acarlar vd., 1991) travertenlerin Pleyistosen volkanizmasına bağıntılı gelişen çözülmüş karbonatlarca zengin suların yüzeye çıkmasıyla oluştuğu düşünülmektedir (Degens vd., 1978). Van Gölündeki su seviyesinin son buzul dönemi sonrası (Geç Pleyistosen) yükselimi ve çekilmesi süreci ile bu sürenin hemen öncesinde ve sonrasında bu sürece bağlı oluşan çökeller, Üst Pleyistosen oluşukları kapsamında değerlendirilmiştir. Bunlar eski göl çökelleri, eski göl-akarsu çökelleri ve eski yelpaze çökelleridir. Üst Pleyistosen oluşukları daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Özkaymak, 2003). Pomza arakatlı göl çökelleri, marn, kumtaşı ve kiltası ardalanmasından, akarsu çökelleri ise pekişmemiş kumlu-çakıllı ve killi-siltli düzeylerden oluşur. Kumlu-çakıllı düzeyler ve taşkın ovası çökelleri Alabayır (Everek, Bizinok) düzlüğünde, Van-Edremit karayolu çevresinde gözlenir. Bunlar eski kıyı ve eski göl tabanı çökelleri ile bunlara karışan akarsu çökellerini içerirler. Van Gölündeki su seviyesi yükselip, göl karaya doğru ilerlerken gölsel birimler çökelmiş; su seviyesinin düşmesiyle göl geri çekilmiş, açığa çıkan ve gölsel birimlerle kaplı alanlarda ise akarsu çökelleri göl çökellerinin üzerine birikmişlerdir. Göl seviyesindeki yükselme ve düşmenin tekrarlanmasına bağlı olarak göl ve akarsu çökelleri iç içe gelişmişler, öyle ki kimi alanlarda bu birimler ayırt edilemeyecek kadar karışmışlardır (Özkaymak, 2003).

Holosen çökelleri, yamaç döküntüsü, yelpaze çökelleri, göl ve akarsu çökellerini kapsar. Göl-akarsu çökelleri Van Gölü çevresinde az eğimli veya yataya yakın konumlu, az pekişmiş veya pekişmemiş çakıl, kum, kil, volkanik tuf ve pomza arakatlı gölsel çökellerdir (Özkaymak, 2003). Bu çökeller delta, fan delta ve çoğunlukla göl kıyı ortamını temsil eden tortul oluşuklarını kapsar. Göl kenarından karaya doğru bu birimler akarsu ortamı çökelleri ile geçişlidir. Delta çökelleri ince taneli sedimanlardan, fan delta çökelleri ise ince kum-silt-kil ve yer yer çakıl-kum boyu malzemelerden

oluşur. Göl kıyısı oluşukları koylar ile kumsal alanlarında ve göl akıntılarına bağlı olarak gelişen spilitler, geçici lagünler, kıyı bataklıkları ve kıyı gerisi gölcüklerde çökülürler. Genç göl çökelleri bölgede bulunan daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örter. Çoğunlukla, sarımsı bej ve grimsi kahverengi renklerde olan bu birim, ince ve kaba kırıntılı ardalanmalar şeklinde gözlenir. Bazı seviyelerinde gastropod kavkıları, biyotürbasyon yapıları, bitki ve hayvan fosilleri içermektedir. Bu çökeller içerisinde çapraz laminalanmalara ve yatay laminalanmalara sıkça rastlanmaktadır (Özkaymak, 2003).



Şekil 4.1 Van Gölü doğusu'nun jeoloji haritası (Acarlar vd., 1991'den alınmıştır)

4.1.1.1 Toprakkale Formasyonu (Tpt)

Bu formasyon Acarlar vd., (1991) tarafından adlandırılmıştır. Araştırma alanının doğusunda Özalp dolayında yüzeyleyen Şehittepe formasyonunun resifal kireçtaşı üyesi Toprakkale formasyonu ile benzer özellikler gösterir (Şenel vd., 1984). Ayrıca bu formasyon, Balkaş vd., (1980) tarafından Seske formasyonu olarak kullanılmıştır.

Bu formasyon en fazla inceleme alanının güneybatısında yer alır. Toprakkale ve kuzeydeki Oğlak Tepe çevresinde, Gölyazı köyünün batısında, Tekmal Mahallesi ve Ağzıkara köyü çevresinde, Dereüstü köyü kuzeyinden Köşebaşı köyüne kadar olan sahada, Uzuntaş Tepe ve Gövelek Gölü çevresinde, Sarımeşmet Barajı'nın kuzeybatısında, Çakmak köyü çevresinde, Erçek Gölünün kuzeyinde; Davutağa Dağı çevresinde, Ocaklı köyünün batısında ve Delikli Tepe çevresinde görülür. Toprakkale formasyonu, salt neritik kireçtaşlarından oluşur. Bunlar yer yer resifal, yer yer breşik ve makroskobik olarak bol fosillidir. Dış yüzeyleri gri renkli olup kırılma yüzeyleri çoğunlukla krem, seyrek olarak da gri renklidir. Genellikle kalın katmanlı ve som görünümlüdür. Dolomitik düzeyleri çok azdır.

Toprakkale formasyonu içinde; *Miscellanea*. *Miscellanea* cf. *Miscella* d'Archiac, *Anatoliella* özalpiensis Sirel, *Dictyokathina* vanica Sirel, *Miscellanea* sp., *Eponides* sp., *Lithothamnium* sp., *Dictyokathina* sp., *Ethelia* sp. , *Anatoliella* sp., *Sakesaria* sp., *Discocyclus* sp., *Anomalina* sp., *Alveolina* sp., *Mississippina* sp., *Globigerina* sp., *Distichoplax* sp., *Quingueloculina* sp., *Razikothalia* sp., *Coskinolina* sp., *Periloculina* sp., *Gypsina* sp., *Planorbolina* sp. , *Rotaliidae* *Millioliidae*, *Textularidae*, *Dasycladacea*, *Bryozoa*, *Alg* gibi fosiller bulunmuştur. Bu fosillere göre formasyon Üst Paleosen-Alt Eosen yaşındadır (Acarlar vd., 1991).



Şekil 4.2 Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşları

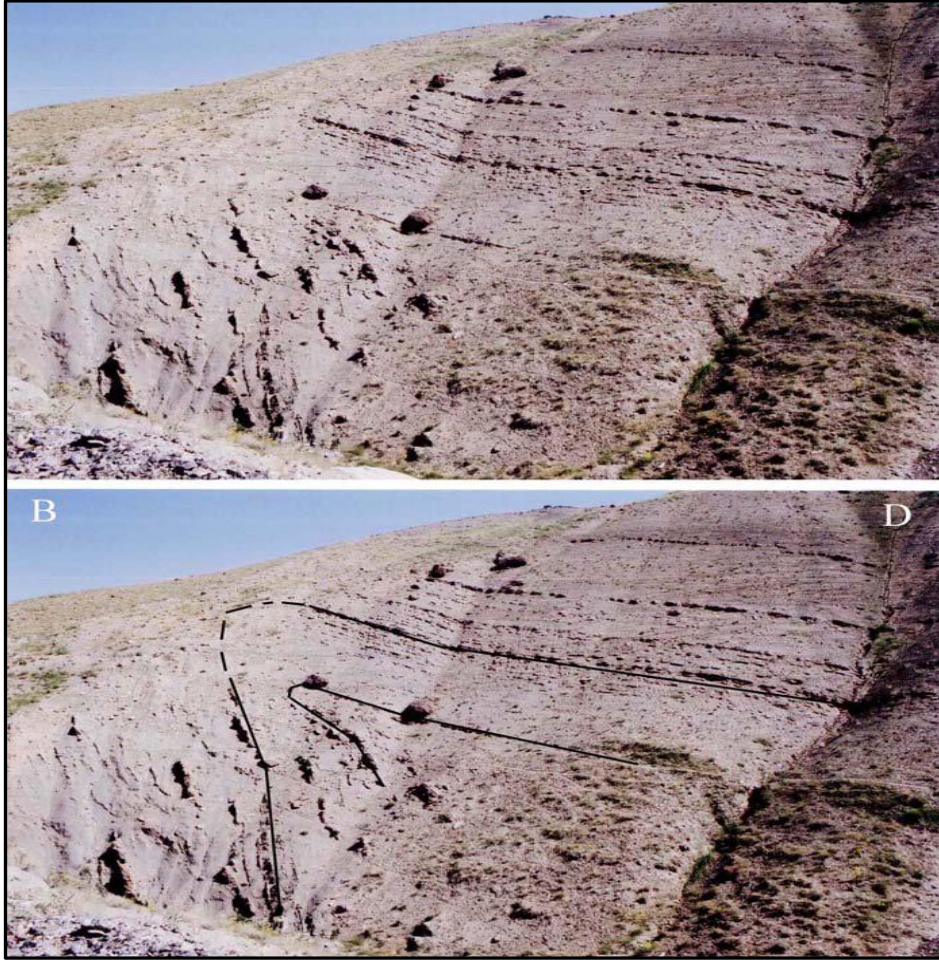
4.1.1.2 Van Formasyonu (Tv)

Türbiditik özellik taşıyan birim arazide kum matriksli, polijenik elemanlı, çakıltaşları, yeşil - gri renkli, orta - kalın tabakalı, yer yer çakıllı kumtaşları, sarı - bej renkli, kalkarenitler, iyi pekişmiş, yeşil renkli, kiltaşından oluşmaktadır (Acarlar vd., 1991). Kumtaşlarında yer yer gözlenen soğan zarı yapısına benzer oluşuklar bu formasyonun türbiditik akıntılarla oluştuğunu göstermektedir. Önceki çalışmalarda Van formasyonu (Acarlar vd.,1991) ve Kırkgeçit formasyonu (Aksoy,1988) olarak tanımlanan birim, Van Gölü doğusunda yüzeyleyen, genel olarak kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. Formasyonu oluşturan kumtaşları ince - orta katmanlı, çamurtaşları ve kiltaşları genelde ince katmanlıdır. Kumtaşları bol ofiyolit kökenli malzeme içermektedir. Kumtaşları karbonat çimentolu olup, içlerinde yer yer kaba çakıllar da gözlenmektedir. Birimin yaşı tanımlanan makro ve mikro faunaya göre Alt-Orta Miyosen olarak belirlenmiştir (Sağlam, 2003). Van formasyonu çökellerinin saha gözlemleriyle tanımlanan litolojik ve sedimantolojik özellikleri ve ilgili kaya birimlerinden elde edilen fosillerle ayırtılan biyofaiyeslerin belirlediği paleoekolojik konumları temel alınarak; alttan üstedöğru, alüvyon yelpazesi, resif biyofaiyesi, sığ karbonat, derin karbonat şelfi

biyofasiyes, derin deniz havza biyofasiyes çökel ortamları tanımlanmıştır. Tüm bu özellikleriyle Van formasyonu, transgresif bir istif durumundadır (Şekil 4.3- 4.4). Formasyonun tavan çökelleri, çakıltası-kumtaşı-şeyl ardalanmalı türbiditik bir istif sunar ve kumtaşlarında gözlemlenen sedimanter yapılardan yapılan ölçümler sonucunda genel olarak paleoakıntının KD'dan GB'ya doğru olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu türbiditik litofasiyesteki çökellerin, denizaltı yelpazesi ortamında oluştuğu ve bölgede KD'dan gelişen iki kanaldan beslendiği düşünülmektedir (Sağlam, 2003).



Şekil 4.3 Van formasyonuna ait birimlerin görünümü



Şekil 4.4 Van Formasyonuna ait birimler üzerinde gözlenen kıvrımlı yapılardan bir görünüm

4.1.1.3 Beyüzümü Formasyonu (Tplb)

Çalışma alanının orta kesimlerinde, kuzeyinde ve kuzeydoğusunda geniş bir yayılım gösteren birim, temel kayalar üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Adını iyi gözlendiği Beyüzümü Köyü'nden alır. Çökme ortamı, göl kumsalı olarak belirtilen birim, içerisinde bulunan Dressencia fosilleri yardımıyla Üst Pliyosen yaşı verilmiştir (Acarlar vd., 1991). Beyüzümü formasyonu; fosil kavrı parçalan ve pomza ara katkılı kumtaşları ile çakıltaşlarından oluşmaktadır. Kumtaşları ince taneli ve yer yer çapraz tabakalıdır. Fosilli seviyelerin ve pomza seviyelerin sıkça görüldüğü kumtaşları; tekne

türü çapraz tabakalar, biyotürbasyon yapıları ve oygu-dolgu yapıları gibi sedimanter yapılar içerir. Ayrıca kumlu birimlerde büyüme faylarına da sıkça rastlanmaktadır. Çakıllı birimler; çapraz tabakalı, yer yer iyi boylanmalı, orta-iyi yuvarlaklaşmış çakıllardan oluşmaktadır. Çakıllar kireçtaşı, kumtaşı, radyolarit ve çört kaynaklıdır. Tabakalararasında pomza seviyeleri ve fosil kavkı parçaları bulunmaktadır. Kum boyu malzeme ile bağlanan yassı çakıllar maksimum 5 cm, ortalama 1-2 cm tane boyuna sahiptir ve gevşek tutturulmuştur. Beyüzümü formasyonu deltayik, lagüner ve sığ gösel birimler ile kıyı çökellerinden oluşmuştur. Bu veriler ışığında Beyüzümü formasyonunun göl kıyısı ortamını temsil ettiği düşünülmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Beyüzümü formasyonuna ait birimlerin yakından görünümü

4.1.1.4 Alüvyon (Qal)

Çalışma alanını içinde düzlük alanlarda gözlenmektedir. Alüvyonlar güzel akarsu ve göl ortamı çökelleridir. Bunlar çakıllı, kumlu ve siltli düzeylerden oluşmuştur. Göl çökelleri içinde daha çok kum ve silt boyutlu malzeme yaygın olarak gözlenmektedir. Göl

çökelleri çalışma alanında 1800 m kotlarına kadar gözlenmektedir (Üner, 2003). Fakat çalışma alanının dışında bulunan, Edremit civarında gölün 1800 m'nin üzerine çıktığını gösteren bulgulara rastlanmıştır (Yılmazer vd., 2004). Göl çökelleri içerisindeki kum boyutlu malzeme genelde milli ve kötü derecelenmiş kum sınıfındadır. Çakıl boyutundaki malzemede ise çakılların tane boyu yer yer 5 cm.'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 4.6).Erek Dağı'ndan aşınan sedimanlar dağın batı ve kuzeybatı yamaçlarına birikmektedir. İki ayrı vadiden taşınan malzeme iki alüvyal yelpaze oluşturmuştur. Bu yelpazelerin çökel kalınlıkları yamaç eğimi ve iklimsel faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Yelpazelerin 10-15° eğime sahip kısımlarında; blok boyu malzemedan silt-kil boyu malzemeye kadar değişen tane boyunda, kötü boylanmalı moloz akış çökelleri, 2-5° eğime sahip kısımlarında ise ince çakıldan silt-kil boyu malzemeye kadar değişim gösteren çamur akış çökelleri bulunmaktadır. Erek Dağı'nın batısında yer alan alüvyal yelpaze Kevenli köyü güneydoğusundaki vadiden taşınan sedimanların çökmesiyle oluşmuştur. Dağın kuzeybatısında bulunan yelpaze ise Karpuzalan mahallesi güneyindeki vadiden taşınan sedimanlarla oluşmuştur ve daha düşük eğime sahiptir. Yelpaze çökelleri Van şehir merkezi, Haçort mahallesi ve Bostaniçi beldesi civarında göl çökelleri ile ardalanmalı şekilde bulunmaktadır.

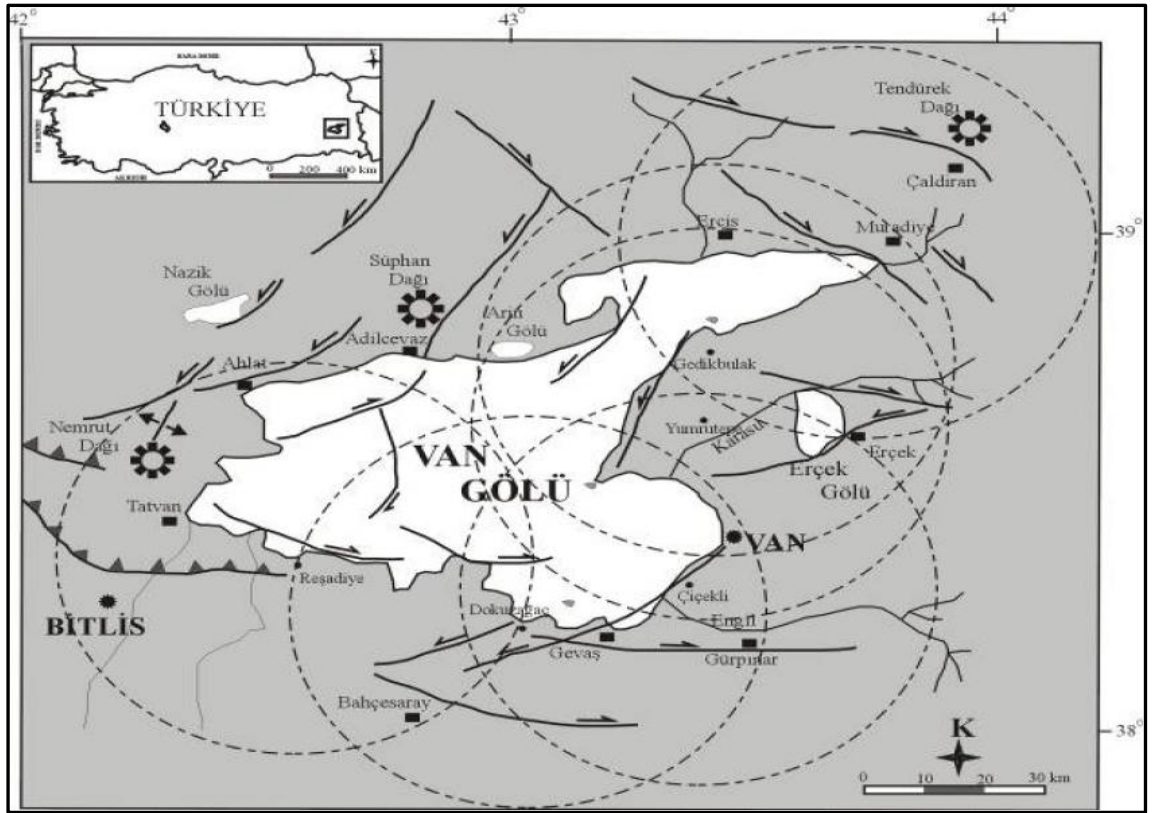


Şekil 4.6 İnceleme alanına ait alüvyon birimlerden bir görünüm

4.1.2 Yapısal Jeoloji

Doğu Anadolu'da, neotektonik rejim başlangıcının günümüzden yaklaşık 10-14 milyon yıl önceki zaman aralığını kapsayan, Serravaliyen (Miyosen) katının son dönemlerinde olduğu belirtilmektedir (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1983; Dewey vd., 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz vd., 1987; Koçyiğit vd., 2001). Bu araştırmalarda, Doğu Anadolu'daki neotektonik rejimin, yaklaşık 12 milyon yıl önce Avrasya ile Arap plakalarının çarpışması sonucu Neotetis okyanus tabanının tamamen yok olması ile geliştiği belirtilmektedir. Çarpışmayı takiben gelişen yeni bir tektonik rejim ile eşzamanlı olarak magmatik aktivite de başlamıştır. Doğu Anadolu'da neotektonik dönem boyunca, bölgesel bir yayılım gösteren Batı-Doğu doğrultulu kıvrımlar, bindirmeler ve eşlenik doğrultu atımlı faylar etkin olmaya başlamıştır (Ketin, 1983). Ayrıca volkanların çıkışlarını denetleyen K-G yönlü açılma çatlakları da gelişmiştir. Çarpışma sonrası kıta-kıta birleşmesini takip eden bu dönemdeki etkin deformasyon, kabuk kısılması ve kalınlaşması, dolayısıyla da bölgenin yükselmesine neden olmuş (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz vd., 1987), Doğu Anadolu-İran Platosu günümüzde 2000 metreye kadar yükselmiştir (Koçyiğit vd., 2001). Çarpışmaya bağlı olarak bölgede etkin olan K-G yönlü kısılma ile kalınlaşan kabuk, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform faylarının oluşmasına, sonrasında ise D-B açılmalarla sıkışma tektoniğine uyum sağlamıştır (Yılmaz vd., 1987). Kıta-kıta çarpışmasının olduğu bu bölgede, jeolojik bir yapı olarak Bitlis Kenet Kuşağı yer alır ve bu kuşak daha doğuda İran sınırlarına kadar uzanır. Bazı yeni araştırmalarda, Geç Miyosen sonu ile Erken Pliyosen sonu arasındaki dönemde, sıkışma-kısılma ile temsil edilen tektonik rejimin, ancak Bitlis Kenet Kuşağı boyunca etkin olabileceğinden söz edilmektedir (Koçyiğit vd., 2001). Erken Pliyosen'in sonlarında sağ yönlü Kuzey Anadolu Fayı, sol yönlü Doğu Anadolu Fayı ve ikisi arasında daha sonra Afrika okyanusal litosferine doğru kaçmaya başlayan Anadolu Plakacığı olmak üzere başlıca 3 ana yapının meydana geldiği bilinmektedir (Hempton, 1987; Koçyiğit ve Beyhan, 1998). Koçyiğit vd. (2001) daha yeni olan bu görüş doğrultusunda, sıkışmalı-daralmalı tektonik rejimin yerini, geç Pliyosen'de sıkıştırırmalı-genişlemeli türdeki neotektonik rejime bıraktığını belirtmektedir (Şekil 4.7). Yazar ayrıca, yeni tektonik rejimi temsil eden yapılar olarak

Ayrıca, bölgedeki Kuvaterner yaşlı çökeller üzerinde yapılan bir çalışmada, Van Gölü'ne ait göl istiflerinde yaygın olarak gözlenen sismit gibi çökelleme ile yaşıt depremle ilişkili deformasyon yapılarının varlığı, Van Gölü Havzası ve yakın çevresinin Geç Kuvaterner'de 5.0 ve üzeri büyüklüklerde birçok depremin etkisinde kaldığını göstermektedir (Üner vd., 2010).



Şekil 4.8 Van Gölü Havzası'nda bulunan fay hatları (Bozkurt, 2001; Koçyiğit, 2002)

23 Ekim 2011 Pazar günü yerel saat 13:41'de merkez üstü Van-Tabanlı, büyüklüğü 7.2 (M_w), derinliği 19 km olan bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremde 15 Kasım itibarıyla 604 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Akabinde 09.11.2011 tarihinde yerel saat 21.23'de merkez üstünün Van-Edremit olduğu açıklanan büyüklüğü 5.6 (M_w) ve derinliği 5km olan ikinci bir deprem, Van Merkez ve Edremit'te hasarsız olduğu düşünülen iki otelin göçmesine ve 40 vatandaşımızın enkaz altında kalarak yaşamlarını yitirmesine neden olmuştur. Van depremleri bir kez daha göstermiştir ki; ülkemiz

jeolojik özellik ve meteorolojik koşullarından dolayı tarih boyunca afet olayları ile sık karşılaşan bir coğrafyada yer alır. Bu coğrafyanın afet riski; depremden tıbbi jeolojik risklere, kuraklıktan heyelan ve su baskınlarına kadar oldukça geniştir. Anadolu tarihi, afet olaylarının yarattığı zararların üzerinde yaşayan herkesi hemen hemen her dönem etkilediğini, hatta kimi zaman afet şiddetinin uygarlıkların yok olmasıyla sonuçlanmasına kadar ulaşabildiğini göstermektedir. Ülkemiz planlama, kentleşme, yapılaşma ve denetim konularında bilim ve mühendisliğe aykırı uygulamalar nedeniyle, bir "afet ülkesi" haline dönüşmüştür. GSMH'nin her yıl ortalama % 3'ü ile % 7'si afet zararlarını karşılamaya harcanmaktadır. Gerçekte hepsi birer doğa olayı olan deprem, heyelan/kaya düşmesi, çığ, su baskını v.b. olaylar; bilinçsizce verilmiş yer seçimi kararları, mühendislik verilerinden yoksun imar planları, mühendislik hizmeti görmemiş düşük standartlardaki yapı üretimi ve denetimi süreci ile uygulanan sosyo-ekonomik politikalar sonucu insani, sosyal ve ekonomik yıkımlara dönüşmektedir.

4.2 Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

4.2.1 Jeoteknik Amaçlı Sondaj Çalışmaları

Çalışma alanında zeminde 12-40 m arasında sondajlar açılmıştır. Toplam sondaj metrajı 1767 m'dir (Şekil 4.9). Çalışma alanında yapılan jeoteknik sondajlar zeminlerin litolojik özelliklerini, düşey doğrultudaki değişimlerini ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirleme amacına yönelik olarak yapılmıştır. Sondajlarla birlikte yapılan standart penetrasyon deneyinde Türkiye'de genellikle kullanılan % 45 enerjili şahmerdan düzeneğinin aksine % 60 enerji elde edilebilen otomatik düşürmeli halka tipi şahmerdan kullanılmıştır. Kuyu içerisinden standart penetrasyon deneyi sırasında alınan örselenmiş örnekler, 2" dış çaplı ve 1^{3/8"} iç çaplı yarık numune alıcı ile alınmıştır. Alınan numuneler doğal özelliklerini kaybetmemesi için iç içe geçmiş iki ayrı naylon torba içine konmuş, etiketlenmiş ve ağızları hava almayacak şekilde sıkıca bağlanmıştır. Örselenmemiş numuneler (UD) kuyu içerisinden, 500 mm uzunluğunda, 76 mm çapında ince çeperli tüpler (Shelby tüpü) kullanılarak hidrolik baskı ile alınmıştır. Örnek alındıktan sonra tüpün iki tarafı parafinlenerek örneklerin hava

almaması sağlanmıştır. Açılan 20 kuyuda yeraltı suyuna rastlanmış olup, ölçülebilen yeraltı suyu derinlikleri 2.20 m ile 13.40 m arasında değişmektedir.



Şekil 4.9 Sondaj çalışmaları sırasında işlemlerden görünüm

İnceleme alanındaki zeminin dayanımını belirleyebilmek amacıyla 3.00, 6.00, 12.00, 19.50 metre derinlikleri için en alt ve en üst sınırdaki SPT değerleri oluşturulmuştur (Çizelge 4.1 – 4.2).

Çizelge 4.1 3.00, 6.00, 12.00, 19.50 m derinlikleri için SPT değerleri

DERİNLİK	SPT N30
3.00	11-37
6.00	7-R
12.00	12-R
19.50	17-R

Çizelge 4.2 SPT'ye dayalı zemin değerlendirilmesi

SPT'ye dayalı zemin değerlendirilmesi	
İnce taneli (kohezyonlu)	İri taneli (kohezyonsuz)
0 - 2 Çok yumuşak	0 - 4 Çok gevşek
3 - 4 Yumuşak	5 - 10 Gevşek
5 - 8 Orta katı	11 - 30 Orta sıkı
9 - 13 Katı	31 - 50 Sıkı
14 - 30 Çok katı	> 50 Çok sıkı
> 30 Sert	

Bu değerlendirmelere göre ince taneli zeminler katı-çok katı-sert, iri taneli zeminler ise orta-sıkı, sıkı ve çok sıkı olarak değerlendirilmiştir.

4.2.2 Jeoteknik amaçlı laboratuvar deneyleri

Temel zeminlerinin jeoteknik özelliklerinin belirlenebilmesi için sondaj kuyularından alınan örnekler üzerindeki zemin ve kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Zeminlerin indeks ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan örselenmiş ve örselenmemiş numunelerden yeterli sayıda Atterberg limitleri, elek analizi ve doğal su içerikleri belirlenmiştir (Ek-1). Zeminlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi aşamasında örselenmemiş numunelerde üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon deneyi ve kesme kutusu deneyi yapılarak kohezyon ve içsel sürtünme açıları elde edilmiştir. Yapılan sondajlarda sadece bir kuyuda kaya ortamı olarak değerlendirilebilecek kumtaşı birimlerine rastlanılmış ve alınan karot numuneler üzerinde nokta yükleme

deneyi yapılmıştır. Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşı biriminde ise TCR değerleri 0-55 aralığında, RQD değerleri 0-35 aralığında ve nokta yükleme deneyinden $I_s = 2.8-7.2 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişen değerler elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu değerlere göre birim “çok düşük dayanımlı kaya” olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.3 Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşlarının özellikleri

Sondaj No	Numune türü	Seviye (m)	Doğal birim hacim ağırlık (kN/m^3)	Nokta yük indeksi I_s (kgf/cm^2)	Litoloji
SK-7	CR	5.10-5.25	21.74	5,745	Kireçtaşı
SK-7	CR	10.50-10.60	23.85	30,099	Kireçtaşı

Van Kalesi’nde yapılan sondajlara göre,

Birimin arasında;

TCR = % 0-55 arasında

RQD = % 0-35 (Çok Zayıf -Zayıf Nitelikli Kaya)

Tek Eksenli Basınç Dayanımı (39.6 kg/cm^2) = Düşük Dayanımlı

Zemin Grubu = A- B

Zemin sınıfı = Z_1-Z_2 olarak belirlenmiştir.

4.3 Taşıma Gücü Analizleri, Şişme ve Oturma Problemleri Değerlendirilmesi

4.3.1 Taşıma gücü analizi

4.3.1.1 Zeminlerin SPT verileri ile taşıma kapasitesinin belirlenmesi

İnceleme alanında açılan SK-22 nolu temel sondaj kuyusunda örselenmemiş numune alınmadığından SPT verilerine göre taşıma gücü hesaplanmıştır. Örselenmiş örnekler

üzerinde yapılan çalışmalardan taşıma kapasitesi hesapları, Terzaghi ve Peck (1967) yöntemiyle SPT-N değerleri kullanılarak HS-Jeotek Programı (Sönmez 2004) ile yapılmıştır. Hesaplamalarda mütemadi (şerit) temel tipi için izin verilebilir taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. Temel derinliği 3.0 m, temel genişliği 2.0 m olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda sondaj kuyu verilerine dayalı olarak yapılan taşıma kapasitesi hesaplamalarında kuyudaki ilk 4 SPT-N değerleri dikkate alınmıştır. Buna göre, yapılan taşıma kapasitesi hesabında taşıma gücü değeri 3.14 kg/cm^2 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 SPT verilerine göre hesaplanmış taşıma gücü

Temelin genişliği: 2 m			
Temelin derinliği: 3 m			
SPT yapılan seviye sayısı: 4			
SPT - N30 ve düzeltilmiş SPT – N değerleri			
Derinlik (m)	SPT - N30	CN	SPT - N
1.73	27	1.61	33.85
3.23	24	1.25	24.37
4.73	27	1.02	21.43
6.23	16	86	13.37

Ortalama düzeltilmiş SPT -N: 26.47

Ortalama birim hacim ağırlık: 20 kN / m^3

Yeraltısuyu durumu: YOK

Yeraltısuyuna ilişkin düzeltme katsayısı: 1

İzin verilebilir taşıma gücü: 308.6 (kPa) (3.14 kg / cm^2)

Hesaplama yöntemi: Terzaghi ve Peck (1967)

4.3.1.2 Laboratuvar verileri ile taşıma kapasitesi hesapları

İnceleme alanında açılan sondaj kuyularının çeşitli derinliklerinden alınan örselenmemiş numunelerin en düşük ve en yüksek kohezyon değerleri dikkate alınarak taşıma kapasitesi hesapları Terzaghi ve Peck (1967) yöntemiyle laboratuvar verileri

kullanılarak HS-Jeotek Programı (Sönmez 2004) ile yapılmıştır. Laboratuvar verileri ile hesaplamalar yapılırken güvenlik katsayısı: 1 alınmış ve maksimum taşıma güçleri hesaplanmıştır. Laboratuvar verilerine göre hesaplanan taşıma gücü değerlerinin 2.24 – 6.87 kg/cm² aralığında olduğu görülmüştür. Laboratuvar verilerine dayalı olarak yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5 - 4.6'da verilmiştir. Bu veriler öngörüniteliğinde değerler olup, yapılaşmalarda kullanılmamalıdır. Laboratuvar verilerinden hesaplanan taşıma gücü 458 kPa (4.58 kg/cm²) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Laboratuvar verilerine göre hesaplanmış taşıma gücü

Zeminin jeoteknik parametreleri
Kohezyon: 28.67 kPa İçsel sürtünme açısı: 12° Birim hacim ağırlık: 19 kN / m ³ Yeraltısuyu durumu: YOK
Taşıma kapasitesi faktörleri Nc: 9.279 Nq: 2.972 Ng: 754
Maksimum taşıma gücü: 449.8 kPa Güvenlik katsayısı: 1 İzin verilebilir taşıma gücü: 449.8 kPa (4.58 kg / cm ²) Hesaplama yöntemi Terzaghi ve Peck (1967) – Hanna ve Mayerhof (1981)

Çizelge 4.6 Laboratuvar verilerine göre hesaplanmış maksimum taşıma gücü değerleri

Derinlik	En düşük maksimum taşıma	En yüksek maksimum taşıma
	gücü (kg / cm ²)	gücü (kg / cm ²)
3.00-3.50	2.858	6.337
4.50-5.00	2.2	4.051
6.00-6.50	2.42	6.14
7.50-8.00	2.41	4.146
9.00-9.50	4.346	4.853
10.50-11.00	2.941	6.733
12.00-12.50	2.781	6.555
13.50-14.00	2.828	3.432
15.00-15.50	2.925	5.079
16.50-17.00	4.498	-

İnceleme alanında yapılan araştırmalara göre,
Kaya zeminlerde taşıma gücü;

$$I_s = 5,2 \text{ kg/cm}^2 \text{ için,}$$

$$q_u = C \cdot I_s$$

$$q_u = 12 \times 5,2$$

$$q_u = 62,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_a = K_s \cdot q_u$$

$$q_a = 62,4 \text{ kg/cm}^2 \text{ için,}$$

$$q_a = 62,4 \times 0.1$$

$$q_a = 6,24 \text{ kg/cm}^2 \text{ dir.}$$

4.3.2 Zeminlerin şişme özellikleri

şişme basıncının miktarı; zemin içindeki kil minerallerine, zemin yapı ve dokusuna, kasyon değerliği, tuz konsantrasyonu, çimentolanma ve organik madde varlığı gibi birçok fiziko-kimyasal faktörlere bağlıdır. Başka diğer tüm faktörler aynı olmak kaydıyla montmorillonit illitden; illit de kaolinitden büyük şişme potansiyeline sahiptir. Düzensiz dokuya sahip zeminler yönlenmiş dokulu zeminlerden daha fazla şişme eğilimindedir. şişme zemin çökelinin genellikle üst kesimlerinde meydana gelmekte olup, daha çok hafif yapılara, yol kaplamalarına ve kanal astarlarına zarar vermektedir. şişme basıncı 40-50 m kalınlığındaki dolgunun sağladığı basına eşdeğer olan 1000 kPa'a varan büyüklüklere çıkabilmektedir. 100-200 kPa gibi orta derecedeki şişme basınçları 5-6 m kalınlığındaki dolguları etkileyebileceğinden, temel zeminde şişmeye karşı önlemler alınmalıdır. Ortalama bir binanın temeile ileteceği basınç her bir kat başına yaklaşık olarak 15 kPa'dır.

Bir zeminde zarar verici anlamda bir şişmenin meydana gelmesi  şarta bağlıdır: (1) zeminde montmorillonitin varlığı, (2) zeminin doğal su içeriğinin PL civarında olması ve (3) bir su kaynağının bulunması (Gromko, 1974). İnceleme alanındaki killerin şişme

derecelerinin belirlenmesi Holtz ve Gibbs (1956) tarafından hazırlanmış olan şişme potansiyeli tanımına göre yapılmıştır.

Zeminlerin şişme özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan hesaplarda şişme yüzdesi hesaplanmış ve Çizelge 4.7’de verilmiştir. Killerin aktivite değerleri ile özellikle killi seviyelerden alınan UD numunelerinin 85 tanesinde şişme yüzdesi hesaplanmış ve laboratuvardan elde edilen sonuçlardan killerin, 74 tanesinde düşük şişme, 11 tanesinde ise orta şişme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Şişme potansiyeli deneyi sonuçları

Numune			Konsolidasyon		Numune			Konsolidasyon	
Sondaj No	Tipi ve adı	Derinlik	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)	Sondaj No	Tipi ve adı	Derinlik	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)
SK-2	UD	1.50-2.00	0.50	0.042	SK-34	UD	3.00-3.50	0.00	0.005
SK-2	UD	4.50-5.00	1.10	0.12	SK-35	UD	3.00-3.50	0.40	0.005
SK-5	UD	4.00-4.50	2.10	0.117	SK-36	UD	3.00-3.50	0.30	0.005
SK-5	UD	7.00-7.50	1.50	0.121	SK-36	UD	4.50-5.00	0.40	0.016
SK-7	UD	2.50-3.00	0.60	0.054	SK-37	UD	3.00-3.50	1.00	0.131
SK-7	UD	4.50-5.00	0.00	0.005	SK-38	UD	3.00-3.50	0.00	0.005
SK-8	UD	3.00-3.50	1.10	0.099	SK-39	UD	3.00-3.50	2.40	0.174
SK-8	UD	6.00-6.50	1.70	0.120	SK-40	UD	2.50-3.00	0.00	0.005
SK-9	UD	3.00-3.50	0.50	0.050	SK-42	UD	6.00-6.50	0.00	0.005
SK-9	UD	9.00-9.50	0.00	0.005	SK-42	UD	9.00-9.50	0.00	0.005
SK-11	UD	4.50-5.00	0.4	0.005	SK-43	UD	7.50-8.00	1.00	0.061
SK-13	UD	7.50-8.00	0.00	0.005	SK-44	UD	3.00-3.50	0.20	0.005
SK-18	UD	3.00-3.50	0.00	0.005	SK-47	UD	3.00-3.50	0.10	0.005
SK-18	UD	6.00-6.50	0.00	0.005	SK-48	UD	7.50-8.00	0.00	0.005
SK-21	UD	3.00-3.50	1.80	0.200	SK-48	UD	9.00-9.50	2.60	0.378
SK-24	UD	3.00-3.50	0.50	0.118	SK-51	UD	6.00-6.50	1.10	0.117

Farklı sondajlardan elde edilen örneklerin şişme yüzdesi 0.2-2.1 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerlere göre incelenen zeminlerin düşük ve orta şişme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Şişme potansiyeli tanımı (Holtz ve Gibbs 1956)

Serbest şişme (%)	Tanım
0 – 1,5	Düşük
1,5 – 5	Orta
5 – 25	Yüksek
>25	Çok yüksek

İncelenen örneklerin laboratuvarda UD numuneleri üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucunda killerin şişme miktarları (mm) ve şişme yüzdeleri kullanılarak, Holtz ve Gibbs (1956)'e göre şişme potansiyeli verilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 Şişme potansiyeli tanımında laboratuvar ve arazi verilerinin korelasyonu

Laboratuvar ve arazi verilerinin korelasyonu						
Lab & arazi verileri		Şişme derecesi				
# 200 no'lu elekten geçen yüzde miktarı	Likit limit	SPT – N değeri	Olası şişme (%) *	Şişme (ksf)	Basınç (kPa)	Şişme potansiyeli
< 30	< 30	< 10	< 1	1	50	Düşük
30 - 60	30 - 40	10 - 20	3 - 5	3 - 5	150 - 250	Orta
60 – 95	40 – 60	20 – 30	5 – 20	5 - 20	250-1000	Yüksek
> 95	> 60	> 30	>20	> 20	> 1000	Çok yüksek
<ul style="list-style-type: none"> ksf (50 kPa)'lık toplam gerilmeye karşılık gelen % hacim değişimi 						

4.3.3 Zeminlerin oturma özellikleri

Bilindiği gibi çalışmanın parsel bazında olmaması ve sadece bir noktadan elde edilen sonuçların genel olarak kabul edilemeyeceği bilinmelidir. Bu nedenle çalışma alanında yapılan sondajlardan örselenmemiş örnek alınan killi seviyeler için konsolidasyon deneyleri yapılmış, bu deneylerin çeşitli metrelerinde elde edilen mv (hacimsel sıkışma katsayısı) değerinin en düşük ve en yüksek değeri alınarak konsolidasyon oturması hesaplanmıştır. Konsolidasyon oturması hesapları, Hs-Jeotek programı kullanılarak yapılmıştır (Sönmez, 2004). Zeminlerin kohezyonsuz seviyelerindeki oturma Timeshenko ve Goodier (1951) tarafından geliştirilen formül kullanılarak bulunmuştur(Çizelge 4.10). Zeminlerin oturma özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan hesaplamalarda 0.90 cm 4.58 cm arasında değişen oturma miktarları hesaplanmıştır. Yapı temellerinde izin verilen toplam oturma miktarları killi zeminlerde münferit temeller için 7.5 cm, radye temellerde ise 12.5 cm'dir (Şekercioğlu, 2002). Yapılan oturma hesaplarına göre, incelemealanındaki killi birimlerde oturma miktarlarının müsaade edilen sınırları geçmeyeceği belirlenmiştir.

Çizelge 4.10 Konsolidasyonlu oturma miktarları

Lokasyon	Temel derinliği H (m)	Doğal birim hacim ağırlık(kN/m ³)	Hacimsel sıkışma katsayısı (cm ² /kg)	Toplam oturma (cm)
SK-77	3.00-3.50	19.41	0.0110	0.90
SK-44		20.86	0.0602	4.45
SK-4	4.50-5.00	18.76	0.0221	1.91
SK-3		17.14	0.0291	2.80
SK-43	6.00-6.50	20.41	0.0054	0.42
SK-44		21.01	0.0629	4.58
SK-75	7.50-8.00	20.03	0.0440	0.34
SK-17		20.31	0.0294	2.31
SK-49	9.00-9.50	19.94	0.0230	1.81
SK-28		18.75	0.0531	4.58
SK-76	10.50-11.00	19.83	0.0210	0.88
SK-48		19.14	0.0360	1.60
SK-50	12.00-12.50	21.02	0.0200	1.46
SK-47		21.97	0.0469	3.45
SK-33	13.50-14.00	19.79	0.0389	0.00
SK-42		20.03	0.0547	0.01
SK-40	15.00-15.50	20.06	0.0428	1.77
SK-44		19.01	0.0291	2.46
SK-24	16.50-17.00	19.82	0.0307	2.44

4.4 Jeofizik Çalışmalar

Jeofizik çalışmalar, Van merkez yerleşim alanı içerisinde yüzeyleyen Pliyo-Kuvaterner çökelleri içerisinde yapılmıştır. Jeofizik çalışmalar aynı zamanda araziden elde edilen jeolojik ve jeoteknik verilerle birlikte yorumlanmıştır. Jeofizik çalışmalar kapsamında 100 adet sismik kırılma, 80 adet mikrotromör ölçü, 60 adet 110 m açılımlı sismik yansıma ölçümleri alınmış olup jeofizik çalışmalara ait eğri ve grafikler, Ek-2' de verilmiştir.

4.4.1 Sismik kırılma çalışmaları

Sismik kırılma yöntemi ile zeminin dinamik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmış ve bu amaçla P ve S dalgası hızları ölçülmüştür. Yöntemin temeli; sıg ortamda yatay olarak yayılan elastik dalgaların belirli ortamlarda kırılıp yansıdıktan sonra, alıcıdan kayıtçıya kadar geçen ilk varış zamanlarının kayıt edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Sismik dalga hızları; ilerlediği ortamın yoğunluğuna, içerdiği su miktarına, süreksizlik, porozite ve çimentolanma derecesine bağlıdır. Bu ilke doğrultusunda zeminin sismik dalga hızları, dinamik elastik parametreleri ve bu parametrelere bağlı zemin özellikleri değerlendirilerek yorum yapılır ve zemin özellikleri ortaya konmaya çalışılır. Sismik kırılma yöntemi, yeraltı suyu araştırmalarında, mühendislik amaçlı zemin etütlerinde, özellikle deprem tehlikesinin beklendiği yörede sismik tehlike araştırmalarında yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızların belirlenmesi ve gerçek tabaka kalınlıkları ve bunların dinamik özelliklerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Çalışma alanında 100 profilde 12 kanallı Geometrics Smartseis model sismograf kullanılarak sismik kırılma (refraksiyon) çalışmaları yapılmıştır. Profillerde jeofon aralığı 5.0 m ve ofset mesafesi 5.0 m olacak şekilde profil geometrileri seçilmiştir. Sismik kaynak olarak ağırlık düşürme metodu seçilmiş ve balyoz kullanılmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Sismik kırılma çalışmalarından bir görünüm

4.4.2 Sismik yansıma

Sismik yansıma yöntemi, basitçe, karmaşık bir geometriyle toplanan sismik kayıtların, bir seri veri-işlem prosedürü sonucunda bir araya getirilerek bir kesit haline dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Bir kaynak tarafından üretilen akustik enerji, küresel olarak yayılırken yeraltında farklı akustik empedanslara sahip ara yüzeylerden yansıyarak alıcılara ulaşır. Yansıma yönteminde, kullanılan atış-alıcı geometrisi sonucu yeraltında özel bazı noktalar belirlenir. CDP (Common Depth Point) adı verilen bu özel noktalarda, farklı atışların farklı alıcılarından gelen izlerin bir araya getirildiği bir veri kümesi oluşturulur. Çeşitli veri işlem aşamalarından geçirilen veri, son olarak Final Section haline dönüştürülür ve son aşamada diğer verilerle birlikte yorumlanır. Sismik yansıma çalışmalarında tasarlanan kayıt geometrisinin uygunluğu, veri kalitesini ve çalışmanın doğruluğunu etkileyen çok önemli bir faktördür. Bu nedenle sahada ilk olarak, çalışma yapılacak bölgelerde hatların konumlarını belirleyecek topoğrafik aplikasyonlar yaptırılmıştır. Veri toplamada her bir yansıma hattı için toplam 60 ayrı serim yapılmıştır. Bu serimlerde uzak atış ofseti 120.00 m, yakın atış ofseti 10.00 ve jeofon aralıkları 10.00 m olarak belirlenmiştir(Şekil 4.13).

İnceleme alanında belirlenen 60 lokasyonda yeraltı yapısını belirlemeye yönelik sismik yansıma çalışması yapılmıştır (Çizelge 4.11). Yöntemlere ait tanımlamalar, saha çalışmaları ve analizler aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuştur.



Şekil 4.13 Sismik yansıma çalışmalarından bir görünüm

Çizelge 4.11 Sismik yansıma ve kırılma hat uzunlukları

Hat Adı	Sismik Yansıma	Atış sayısı	Jeofon aralığı
Y (Yansıma)	120.0 m	14	10 metre

İnceleme alanında yapılan sismik yansıma verilerinde örnekleme yapılarak bölgede en uygun hız değeri 1475 m/sn kullanılmıştır. Van ili yerleşim alanında yapılan toplam 60 adet sismik yansıma kesitlerinde dik ya da açılı bir süreksizliğe rastlanmamıştır. Bölge genelinde sismik yansıma profilleri altında kalan tabakaların yatay ya da yataya yakın konumlanmış olduğu; sadece birkaç profilde eğimli tabakalanma olduğu gözlenmiştir.

4.4.3 Mikrotremör ölçümleri

İnceleme alanında deprensellik katsayıları olan zemin hakim titreşim periyodu (T_0) ve büyütme (b) değerleri mikrotremör yoluyla belirlenmiştir. Mikrotremör ölçümü Güralp CMG-6TD marka 3 bileşenli hızölçer kullanılarak veriler, her bir kayıt süresi yaklaşık 20 dakika olacak şekilde toplanmıştır (Şekil 4.12). Değerlendirmeler Geopsy programı ile yapılmıştır.



Şekil 4.12 İnceleme alanında alınan mikrotremör ölçüye ait görüntü

Mikrotremör ölçümleri 80 noktada, 20 Hz örnekleme aralığı ile mikrotremör kayıtları alınmış ve bu kayıtlar çalışmada kullanılmıştır. Her bir kayıt süresi yaklaşık 20 dakikadır. Değerlendirme aşamasında 40 sn.' lik pencereler kullanılmıştır. Kayıtnoktaları seçilirken mümkün olduğunca kanalizasyon sistemleri, ana su taşıma boru sistemleri, yüksek gerilim hatları ile elektrik hatlarından uzak durulmaya çalışılmıştır. Bu veri alımı tek cihazla Nakamura tekniğine göre gerçekleştirilmiştir. Bu verilere göre inceleme alanının genelinde zemin hakimtitreşim periyodunun; $T_0 = 0.13 - 0.89$ s vezemin büyütmesinin de; $b = 1.29 - 6.03$ arasında değiştiği belirlenmiştir.

4.4.4 Elektrik 6zdiren çalışmaları

Çalışma alanında 65 noktada Schlumberger elektrot dizilimi kullanılarak d6şey elektrik sondaj (DES) alışması yapılmıştır (şekil 4.13 ve şekil 4.14).



şekil 4.13 çalışmalarda kullanılan rezistivite cihazının g6r6n6m6



şekil 4.14 DES çalışmalarından bir g6r6n6m

İnceleme alanında alınan elektrik özdirenç değerlere göre özdirenç değerleri 4.9 – 4.10 Ohm-m düzeyinde olduğu bulunmuştur.

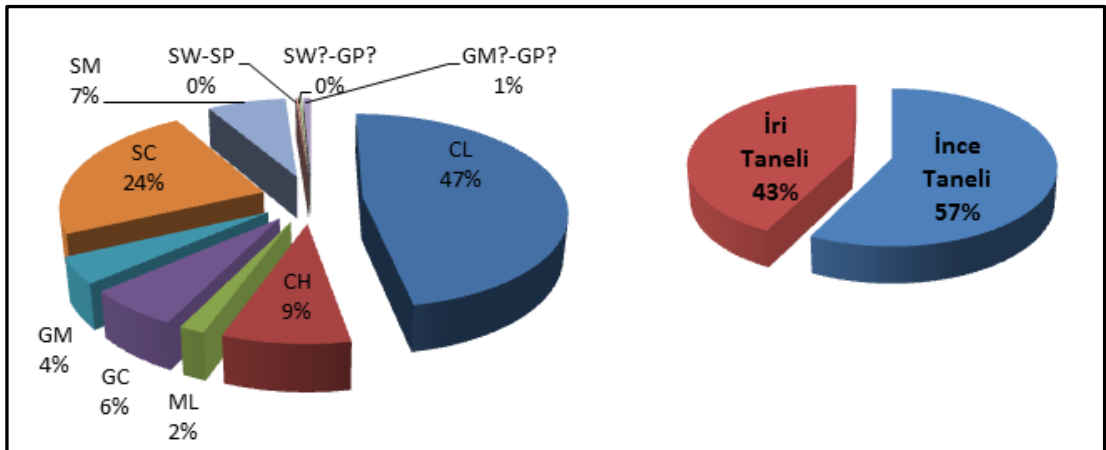
4.5 Zemin ve kaya türlerinin jeoteknik özellikleri

4.5.1 Zemin ve kaya türlerinin sınıflandırılması

İnceleme alanı zemin ve kaya olmak üzere iki farklı ortamdan oluşmaktadır. Toprakkale Formasyonuna ait kireçtaşları kaya ortamı, alüvyon birimler ise zemin ortamını oluşturmaktadır.

4.5.1.1 Zeminler

İnceleme alanında alüvyon birimi zemin özelliğinde olupyapılan sondajlardan alınan zemin örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarına göre incelenen zeminlerin % 57'si ince taneli; % 43'ü ise iri taneli zeminler olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15). Çalışma alanındaki tamamen ayrılmış birimler, zemin sınıfında değerlendirilmiştir.



Şekil 4.15 Elek analizi dağılım sonuçları

4.5.1.2 İnce taneli zeminler

Birleşik zemin sınıflamasına göre, ince taneli zeminlerden alınan 235 örnekten, 35 (%15) tanesi yüksek plastisiteli kil (CH) ve 193 (%82) tanesi düşük plastisiteli kil (CL)'den, 7 (%3) tanesi de düşük plastisiteli inorganik kil (ML)'den oluşmaktadır. İncelenen zeminlerden hesaplanan plastisite indeksleri % 9-37 arasında olup, Burmister (1951) sınıflamasına göre plastisite derecesi; % 2'si düşük plastisiteli, % 58'i orta plastisiteli, ve % 40'ı yüksek plastisitelidir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 İnce taneli zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması (Means ve Parcher, 1963)

Kıvamlılık İndeksi, Ic	TANIMLAMA
< 0	Akışkan (çamur)
0 - 0.25	Çok yumuşak
0.25 - 0.50	Yumuşak
0.50 - 0.75	Yarı sert (sıkı)
0.75 - 1.00	Sert
> 1.00	Yarı katı (çok sert)

4.5.1.3 İri taneli zeminler

Birleşik zemin sınıflamasına göre, iri taneli zeminlerden alınan 175 örnekten 96'sı (% 54) killi kum (SC)'den, 30'u (%17) siltli kum (SM), 26'sı (%15) killi çakıl (GC), 18'i (%10) siltli çakıl (GM), 3'ü (%2) kumlu çakıl (GW-GP) ve 3'ü (%2) çakıllı kum (SW-SP)'dan oluşmaktadır. Çalışma alanındaki zeminlerinin su içeriği en düşük % 2.87, en yüksek % 41.97, ortalama % 16.4' tür. Zeminlerin likitlimit değerleri ise % 27-65 arasındadır. Plastik limit değerleri ise % 14-29 arasında değişim göstermektedir.

4.5.1.4 Kaya birimler

İnceleme alanının kuzeyinde ve çok az bir alanda yapılan sondajlarda yamaç molozunun altında kireçtaşlarına rastlanılmıştır.

Alınan karotların üzerinde yapılan değerlendirmelere göre kireçtaşlarının;

TCR = % 42

RQD = % 14 (zayıf nitelikli kaya) sınıfında oldukları belirlenmiştir.

Tek Eksenli Basınç Dayanımı (44.8kg/cm^2) = Düşük Dayanımlı Kaya

Buna göre yerel zemin grubu = A- B ve

Yerel zemin sınıfında = Z₁-Z₂ olduğu ortaya konmuştur.

4.6 Sıvılaşma analizi ve değerlendirme

Sıvılaşma olgusu, Calvers (1920), Fort Peck 1938, Fukui (1948), Niigata (1964), Anorage (19649, Mino-Owari (1980), Lizon (1990), Northridge (1994), Kobe (1995), Marmara (1999) depremlerinde zemin yapıları, altyapı tesisleri ve yapı temelleri için önemli hasar nedenlerinden olduğunu göstermiştir. Tarihi depremlerde İstanbul ve çevresinde deprem nedeniyle sıvılaşma konusu belirgin olmamakla birlikte, 1912 Saros-Marmara depreminde (Ms=7.4) kaynak faydan yaklaşık 180 km mesafeye kadar sıvılaşma izlerine rastlanmıştır. Sıvılaşma, belli koşullar altında ortaya çıkmaktadır. Sıvılaşma potansiyelinin bulunabilmesi için sıvılaşmayı başlatan zemin özellikleri ve deprem özelliklerini birlikte değerlendirmek gerekmektedir. Suyu doygun, gevşekkum/kumlu zeminler, tekrarlı yükler etkisinde, sıkışma ve hacim daralması eğilimi gösterirler. Bu eğilim, drenajın olmadığı koşullarda, boşluk suyu basıncını artırır. Tekrarlı yükler kum tabakası içindeki boşluk suyu basıncının artmasını desteklediği zaman, toplam normal gerilme, boşluk suyu basıncına eşit değere ulaşabilir. Bu durumda, kohezyonsuz zemin kayma direnimini kaybeder ve bir sıvı gibi davranarak büyük yer değiştirmelerine maruz kalır. Böylece sıvılaşma evresine geçilmiş olur (Moretti vd.,1999). Sıvılaşma genellikle, jeolojik anlamda genç ve gevsek çökellerin, özellikle kum ve silt tane boyundaki malzemenin depolandığı ve yeraltı suyunun sık olduğu ortamlar sıvılaşmanın gelişmesi açısından en uygun ortamlardır.

Sıvılaşmaya karşı en duyarlı çökeller; Holosen yaşlı (10.000 yıldan daha genç) delta, akarsu, taşkın ovası, taraça, kıyı ve çöl ortamlarındaki çökme süreçleri sonucunda birikmiş çökellerdir. Çünkü bu ortamlarda egemen olan çökme süreçleri, tanelerin uniform şekilde (hemen hemen aynı tane boyundan oluşan tanelerin bir araya gelmesi) ve gevşek halde depolanmasına olanak sağlamaktadır. Ülkemizdeki depremler sırasında gözlenen sıvılaşmaların Holosen yaşlı çok genç alüvyal çökellerin bulunduğu alanlarda gözlenmesi de bu olguyu desteklemektedir (Özvan vd., 2002). Sıvılaşma, yeraltı suyu tablasının yüzeyden itibaren en fazla 10 metre derinlikte bulunduğu ortamlarda yaygın şekilde meydana gelebilmektedir. İnceleme alanında açılmış olan kuyulardan yeraltı suyunun bulunduğu siltli, kumlu olanlarına, deprem etkisi verilerek sıvılaşma analizi yapılmıştır. Açılmış olan bu kuyularda yapılan sondajlarda SPT-N değerlerinin düşükten çok yükseğe kadar değişken olduğu gözlenmiştir. Kuyulardan alınan zemin örneklerinde yapılan elek analizi sonuçlarına göre de kum, kil, silt, çakıl ve bunların karışımından oluşan birimlere rastlanılmıştır. Yeraltı suyuna rastlanılan kuyulardaki zemin bileşimi kil içeriği %35'ten küçük sıvılaşma potansiyeli irdelenmiştir. Hesaplamalarda, senaryo deprem büyüklüğü $M_s=7$ ve 400 gal'lik yatay yer ivmesi esas alınmıştır. Sıvılaşma analizlerinde kullanılan yeraltı su seviyesi 2012 Nisan ayında ölçülmüş olup ölçüldüğü şekliyle dikkate alınmıştır. Analizlerde Seed ve DeAlba'nın yönteminin son şekliyle yer aldığı Youd ve diğ. (2001)'e göre hazırlanan HS-Jeotek programı kullanılmıştır (Sönmez 2004). Bu yöntem, sıvılaşma potansiyeli araştırılan zeminin tekrarlı gerilimler altındaki makaslama dayanımı ile bu zeminde deprem sırasında beklenen tekrarlı makaslama geriliminin karşılaştırma esasına dayanır ve bu karşılaştırmadan elde edilen güvenlik katsayısının büyüklüğüne göre incelenen zeminin sıvılaşma direnci değerlendirilir. Çalışma alanında açılmış ve yeraltı su seviyesi ölçülen kuyularda 0-10 marasındaki derinliklerde olan kuyularda ve kil içeriğinin % 35 ten az olduğu kuyularda sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Yeraltı su seviyesi 12 adet kuyuda (SK-10, SK-11, SK-13, SK-63, SK-67, SK-68, SK-69, SK-74, SK-76, SK-77, SK-79, SK-82) tespit edilmiştir (Ek 3). Bu kuyularda yapılan sıvılaşma analizlerinde sıvılaşma şiddeti indeksi 0-31.83 aralığında olup, düşük sıvılaşma riski taşımaktadır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 Sıvılaşma analizi sonuçları

Sondaj No	YASS (m)	Ls	Sıvılaşma Şiddeti
SK-10	3.40	0.0	Sıvılaşma riski yoktur
SK-11	5.50	21.94	Düşük sıvılaşma riski
SK-13	8.70	0.0	Sıvılaşma riski yoktur.
SK-63	3.40	19.78	Düşük sıvılaşma riski
SK-67	3.80	9.28	Çok düşük sıvılaşma riski
SK-68	6.50	31.83	Düşük sıvılaşma riski
SK-69	6.30	2.93	Çok düşük sıvılaşma riski
SK-74	9.00	4.29	Çok düşük sıvılaşma riski
SK-76	8.40	2.85	Çok düşük sıvılaşma riski
SK-77	8.00	6.80	Çok düşük sıvılaşma riski
SK-79	9.80	9.96	Çok düşük sıvılaşma riski
SK-82	4.10	2.87	Çok düşük sıvılaşma riski

4.7 Zemin büyütmesi ve hakimperiyodunun belirlenmesi

Proje alanında kayma dalgası hızları (V_s) kullanılarak Midorikawa (1987) tarafından önerilen bağıntı yardımıyla göreceli yer büyütme değerleri (A_{kM}), zemin hakimtitreşim periyodu değerleri (T_0) ise Kanai (1983) tarafından verilen bağıntı kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 4.14’de sunulmuştur.

Çizelge 4.14 Sismik profillerde hesaplanan V_{s30} değerleri, göreceli yer büyütme faktörleri ve yer hakim titreşim periyotları

Ölçü No	Jfsis1	Jfsis2	Jfsis3	Jfsis4	Jfsis5	Jfsis6	Jfsis7	Jfsis8	Jfsis9	Jfsis10
V_{s30}	544	294	491	404	371	280	371	469	493	463
T_0	0.3	0.6	0.3	0.4	0.5	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4
A_{kM}	1.6	2.2	1.7	1.9	2.0	2.3	2.0	1.7	1.6	1.7
	Jfsis11	Jfsis12	Jfsis13	Jfsis14	Jfsis15	Jfsis16	Jfsis17	Jfsis18	Jfsis19	Jfsis20
V_{s30}	533	423	334	326	370	341	454	441	407	485
T_0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
A_{kM}	1.6	1.8	2.1	2.1	2.0	2.1	1.7	1.8	1.8	1.7

Ölçü No	Jfsis21	Jfsis22	Jfsis23	Jfsis24	Jfsis25	Jfsis26	Jfsis27	Jfsis28	Jfsis29	Jfsis30
V_{S30}	465	434	393	339	396	323	356	531	444	372
T₀	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5
A_{KM}	1.7	1.8	1.9	2.1	1.9	2.1	2.0	1.6	1.8	1.9
Ölçü No	Jfsis31	Jfsis32	Jfsis33	Jfsis34	Jfsis35	Jfsis36	Jfsis37	Jfsis38	Jfsis39	Jfsis40
V_{S30}	432	394	542	421	542	397	532	275	386	322
T₀	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	0.7	0.5	0.6
A_{KM}	2.1	1.9	1.6	1.8	1.6	1.9	1.6	2.3	1.9	2.1
Ölçü No	Jfsis41	Jfsis42	Jfsis43	Jfsis44	Jfsis45	Jfsis46	Jfsis47	Jfsis48	Jfsis49	Jfsis50
V_{S30}	362	448	366	374	371	303	337	332	603	358
T₀	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.5
A_{KM}	2.0	1.7	2.0	1.9	2.0	2.2	2.1	2.1	1.5	2.0
Ölçü No	Jfsis51	Jfsis52	Jfsis53	Jfsis54	Jfsis55	Jfsis56	Jfsis57	Jfsis58	Jfsis59	Jfsis60
V_{S30}	396	444	377	407	533	463	374	402	290	329
T₀	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5
A_{KM}	1.9	1.8	1.9	1.8	1.6	1.7	1.9	1.9	2.3	2.1
Ölçü No	Jfsis61	Jfsis62	Jfsis63	Jfsis64	Jfsis65	Jfsis66	Jfsis67	Jfsis68	Jfsis69	Jfsis70
V_{S30}	551	364	482	344	395	466	476	341	513	298
T₀	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.6
A_{KM}	1.5	2.0	1.7	2.0	1.9	1.7	1.7	2.1	1.6	2.2
Ölçü No	Jfsis71	Jfsis72	Jfsis73	Jfsis74	Jfsis75	Jfsis76	Jfsis77	Jfsis78	Jfsis79	Jfsis80
V_{S30}	309	314	484	273	288	338	391	362	375	301
T₀	0.6	0.6	0.4	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6
A_{KM}	2.2	2.2	1.7	2.3	2.3	2.1	1.9	2.0	1.9	2.2
Ölçü No	Jfsis81	Jfsis82	Jfsis83	Jfsis84	Jfsis85	Jfsis86	Jfsis87	Jfsis88	Jfsis89	Jfsis90
V_{S30}	310	430	457	425	481	376	386	394	359	436
T₀	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
A_{KM}	2.2	1.8	1.7	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7	2.0	1.8
Ölçü No	Jfsis91	Jfsis92	Jfsis93	Jfsis94	Jfsis95	Jfsis96	Jfsis97	Jfsis98	Jfsis99	Jfsis100
V_{S30}	319	551	582	330	394	443	343	417	424	390
T₀	0.6	0.3	0.3	0.6	0.5	0.4	0.6	0.4	0.4	0.5
A_{KM}	2.1	1.5	1.5	2.1	1.9	1.8	2.0	1.8	1.8	1.9
V _{S30} : 30 m derinlikteki ortalama kayma dalga hızı (m/sn) T ₀ : Yer hakim titreşim periyodu (sn) A _{KM} : Göreceli yer büyütmesi, Midorikawa (1987) (boyutsuz)										

Bilindiği gibi depremlerde yapının oturduğu zeminin titreşimi ya da diğer bir deyişle salınımı durumunda mühendislik yapısı da salınımına uğramaktadır. Bir deprem durumunda mühendislik yapısı ile oturduğu zeminin periyodunun birbirine yakın olması halinde, rezonans nedeniyle, hasar beklenenden fazla olmaktadır. Depremde yapıda oluşturduğu zorlamaların (başka deyimle yerden yapıya aktarılan enerjinin) büyüklüğü, o noktadaki şiddetin büyüklüğü ile “yapı doğal periyodu” nun “yerin baskın periyodu”na yakınlığına bağlıdır. Bu nedenle, yapı “doğal” periyotlarının yerin “baskın” periyodundan uzak kılınması, başka bir deyimle “yapı-yer uyumu”, bir mühendislik hedefi olan “güvenlik ve ekonominin bir araya getirilmesi”nde çok önemli bir anahtardır. Bunun sağlanması ise, gerek yapının gerekse yerin dinamik özelliklerinin daha iyi bilinmesini ve bunlar üzerinde daha büyük bir duyarlılıkla durulmasını gerektirmektedir (Aytun, 2001).

Deprem esnasında oluşacak yatay ivmenin, büyütme oranında artarak mühendislik yapılarına etki edeceği unutulmamalıdır. Önerilen büyütme değeri dikkate alınarak yapının temel ve boyut analizi yapılmalı ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine bağlı kalınmalıdır. Bu değerleri inceleyen proje mühendislerine, statik hesaplama ilavesiyle uyguladıkları dinamik hesaplamalarda bu değerleri göz önüne almaları, özellikle ağırlık merkezleri ile (eğer varsa) simetri eksenleri çakışmayan yapılarda, büyütmesi dolayısıyla artacak olan ikinci mertebe burulma modülüne donatı boyutlandırma sırasında itibar etmeleri ve özen göstermeleri önerilir. Proje alanında yer hakim titreşim periyotları; alüvyonda (Qal) “ $0.3 \leq T_0 \leq 0.7$ sn”, aralığında değişmektedir. Hesaplanan yer hakim titreşim periyodu değerleri, proje alanında yer alan birimlerin salınım durumları ile ilgili genel öngörüm amacını taşımaktadır. Ansal vd., (2004) ölçütüne göre yer hakim titreşim periyodu değer değişimleri çalışma alanının geneli için “B” ve “C” sınıfına girmektedir. Göreceli yer büyütme faktörleri ise Midorikawa (1987) ilişkisine göre alüvyonda (Qal) “ $1.5 \leq A_{KM} \leq 2.30$ ” aralığında değişmektedir. Ansal vd., (2004) ölçütüne göre spektral büyütme değeri değişimleri çalışma alanının geneli için “A, düşük tehlike düzeyi” sınıfına girmektedir (Çizelge 4.15). Bu açıdan büyütmeden kaynaklanabilecek jeoteknik sorunlara dikkat edilmeli, yapı boyut ve temel analizleri buna göre gerçekleştirilerek, depreme dayanıklı

yapı tasarımı ilkelerine bağılı kalınmalıdır. Deprem esnasında oluşacak yatay ivmenin, büyütme oranında artarak mühendislik yapılarına etki edeceği unutulmamalıdır. Önerilen büyütme değeri dikkate alınarak yapının temel ve boyut analizi yapılmalı ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine bağılı kalınmalıdır. Bu değerleri inceleyen proje mühendislerine, statik hesaplamaya ilaveten uyguladıkları dinamik hesaplamalarda bu değerleri göz önüne almaları, özellikle ağırlık merkezleri ile (eğer varsa) simetri eksenleri çakışmayan yapılarda, büyütmesi dolayısı ile artacak olan ikinci mertebe burulma modülüne donatı boyutlandırma sırasında itibar etmeleri ve özen göstermeleri önerilmektedir.

Çizelge 4.15 (a) Yer hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri ve (b) spektral büyütme ölçütleri (Aytun vd., 2001)

(a)		(b)	
Zemin hakim titreşim periyodu aralığı	Ölçüt Tanımı	Spektral Büyütme	Tehlike Düzeyi
0.10 – 0.30 sn	A	0.0 – 2.5	A (Düşük)
0.30 – 0.50 sn	B	2.5 – 4.0	B (Orta)
0.50 – 0.70 sn	C	4.0 – 6.5	C (Yüksek)
0.70 – 1.00 sn	D	-	-

4.8 Kütle hareketleri

İnceleme alanının eğim değerleri % 0-10 arasında olduğundan herhangi bir kütle hareketi beklenmemektedir.

4.9 Su baskını tehlikesi

Çalışma alanında bulunan kuru ve sulu dereler ile ilgili plan yapılmadan önce su baskını konusunda DSİ'den görüş alınması, planlama DSİ'nin görüşü doğrultusunda yapılması önerilmiştir.

Zemin grubu, yerel zemin sınıfı ve spektrum karakteristik periyotları belirlenirken sismik profiller boyunca hesaplanan kayma dalga hızı (V_s) – tabaka kalınlıkları içerisinde yapı temellerinin oturacağı derinliğin hemen altındaki hızlar kullanılmıştır (Çizelge 4.16-4.19.). Zemin grubu ve yerel zemin sınıfları **alüvyonda (Qal) D-Z4 ve B-Z2** olarak değişmektedir. Bu değerler genel öngörüm amacı taşımaktadır. Parsel bazında yapılacak çalışmalar ile ayrıca belirlenmelidir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.16 Afet İşleri Başkanlığının deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmeliğe göre; Zemin Grubu

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

Çizelge 4.17 Afet İşleri Deprem Bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmeliğine göre; Zemin Sınıfı

<i>Yerel Zemin Sınıfı</i>	<i>Zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığı (h_1)</i>
Z_1	(A) grubu zeminler / $h_1 < 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z_2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler / $h_1 < 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z_3	$15 \text{ m} < h_1 < 50 \text{ m}$ olan (C) grubu zeminler/ $h_1 < 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z_4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler / $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Çizelge 4.18 NEHRP hükümlerine göre ve Uniform Building Code yer sınıflaması

Zemin sınıfı	V _{s30} Değeri	Zemin tanımlaması
A	1500 m/sn	İntrüzif mağmatik kayalar
B	750-1500m/sn	Volkanikler, Mesozoyik yanlı anakayalar ve bazı Franciscan anakayaları
C	360-760 m/sn	Kuvaterner yaşlı kumlar (1.8 Milyon yıldan daha az yaşlı), kumtaşları, çamurtaşları ve bazı Üst Tersiyer (1.8 – 24 Milyon yıl) yaşlı kumtaşları, kireçtaşları, bazı Alt Tersiyer (24 -64 Milyon yıl) yaşlı çamurtaşları ve kumtaşları, Franciscan melanji ve serpantinileri
D	180-360 m/sn	Bazı Kuvaterner çamurtaşları, kum, çakıl, alüvyonlar
D1	300-360 m/sn	
D2	250-300 m/sn	
D3	220-250 m/sn	Bazı Kuvaterner çamurtaşları, kum, çakıl, alüvyonlar
D4	200-220 m/sn	
D5	180-200 m/sn	
E	<180 m/sn	Suya doymuş çamur ve yapay dolgular

Çizelge 4.19 TS EN 1998-1 (Eurocode 8) yer sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar	V _{s30} >800
B	Çok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer	360<V _{s30} ≤800
C	Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	180<V _{s30} ≤360
D	Gevşekten orta sıkıya kadar kohezyonsuz zemin ya da yumuşaktan sert kadar kohezyonlu zemin	180<V _{s30}

NEHRP-UBC tanımına göre proje alanındaki birimler ağırlıklı olarak “C-360 m/sn≤V_{s30}≤760 m/sn” ve “D-180 m/sn≤V_{s30}≤360 m/sn dir.

Proje alanında maksimum kayma modülü (G_{max}) değerleri incelendiğinde; Kramer (1996)’e göre ağırlıklı olarak alüvyon birimde yüzey kotundan itibaren 2.00 m ile 10.00 m derinliklere kadar “orta gevşek” sınıfına girmektedir. Bu seviyelerden sonrası sonrası ise “sağlam/çok sağlam” sınıfındadır. Eski alüvyon birimi yüzey kotundan itibaren 2.00 m ile 6.00 m derinliklere kadar “orta gevşek” sınıfına girmektedir. Zeminden kaynaklanabilecek yapısal hasarların engellenebilmesi için “depreme dayanıklı yapı tasarımı” ilkelerine sıkı sıkıya bağlı kalınması gerekmektedir.

4.12 Zeminin dinamik – elastik parametreleri

Deprem mühendisliği problemlerinin çözümünde dinamik zemin özelliklerinin ölçülmesi son derece önemli bir işlemdir (Kramer, 1996). Elastik dalgaların (deprem dalgası vb.) yayılmasını etkileyen dinamik zemin özellikleri ve diğer düşük deformasyon kavramları rijitlik, sönümlenme, poisson oranı, yoğunluk ve diğer dinamik parametrelerdir (Kramer, 1996). Sismik hızlar zeminin yoğunluğuna ve elastisite parametrelerine (Grant ve West, 1965), elastik parametreler ise kayaçların ve zeminlerin litolojisine bağlıdır. Hesaplanan V_p ve V_s hızlarına göre yerin dinamik-esneklik özelliklerini ortaya koymak amacıyla belirlenen her bir tabaka için yoğunluk (ρ), maksimum kayma modülü (G_{max}), Young modülü (E_d), Poisson oranı (ν), Bulk modülü (k), serbest basınç dayanımı (q_u) ve V_{s30} (m/sn) değeri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Özçep (2005) tarafından hazırlanan Excel tabanlı “Zemin Jeofizik Analiz©” programından faydalanılmıştır. Dinamik elastisite modülü (E_d) değerleri incelendiğinde; G_{max} değer değişimine paralel olarak Bowles (1988)’e göre alüvyon birimde yüzey kotundan itibaren 2.00 m ile 10.00 m derinliklere kadar “orta gevşek” sınıfına girmektedir (Çizelge 4.20). 30 m derinlik için ortalama kayma dalga hızı değerleri (V_{s30}); **273 m/sn** ≤ V_{s30} ≤ **603 m/sn** aralığında değerler almaktadır.

Çizelge 4.20 Maksimum kayma modülü (G_{max}) ve dinamik elastisite modülüne (E_d) göre yer özelliği tanımlamaları

G_{max} (kg/cm ²)	Yer Özelliği	E_d (kg/cm ²)	Yer Özelliği
0-600	Gevşek	0-2000	Gevşek
600-3000	Orta gevşek	2000 – 10000	Orta gevşek
3000 – 10000	Sağlam	10000 – 30000	Sağlam
> 10000	Çok sağlam	> 30000	Çok sağlam

4.13 Hidrojeolojik Özellikler

4.13.1 Yeraltı suyu durumu

Araştırma alanında açılmış olan zemin sondaj kuyularından 62 tanesinde 2.20 ile 13.40 m seviyelerinde yeraltı suyuna rastlanmıştır (Çizelge 4.21). Göl çökellerinin kumlu ve

çakıllı seviyelerinde serbest akifer özelliği taşımayan yeraltı suyu seviyesi, Van il merkeziningüneyi ve Van Gölü kıyı şeridine yaklaştıkça daha sığlaşırken, il merkezi ve yakın civarlarında daha derinlerde bulunmaktadır (Ek-4).

Çizelge 4.21 Sondajlarda ölçülen yeraltı suyu seviyesi

SONDAJ NO	YASS	SONDAJ NO	YASS	SONDAJ NO	YASS	SONDAJ NO	YASS	SONDAJ NO	YASS
SK-1	2.20	SK-15	9.10	SK-45	11.10	SK-60	5.00	SK-73	10.50
SK-2	3.10	SK-16	6.30	SK-46	12.20	SK-61	3.50	SK-74	9.00
SK-3	2.70	SK-17	10.20	SK-47	11.40	SK-62	3.80	SK-75	9.60
SK-4	6.20	SK-18	12.10	SK-48	10.20	SK-63	3.40	SK-76	8.40
SK-5	5.40	SK-19	11.50	SK-49	11.80	SK-64	5.00	SK-77	8.00
SK-6	6.00	SK-20	13.40	SK-50	12.00	SK-65	5.80	SK-78	6.50
SK-8	5.80	SK-21	12.80	SK-51	12.20	SK-66	4.30	SK-79	9.80
SK-9	4.10	SK-28	10.40	SK-52	12.10	SK-67	3.80	SK-80	8.00
SK-10	2.50	SK-31	12.30	SK-53	12.05	SK-68	6.50	SK-81	6.00
SK-11	5.50	SK-36	10.10	SK-56	12.10	SK-69	6.30	SK-82	4.00
SK-12	8.40	SK-39	10.80	SK-57	12.15	SK-70	12.80		
SK-13	8.70	SK-43	8.70	SK-58	8.10	SK-71	10.20		
SK-14	6.50	SK-44	10.50	SK-59	8.00	SK-72	9.10		

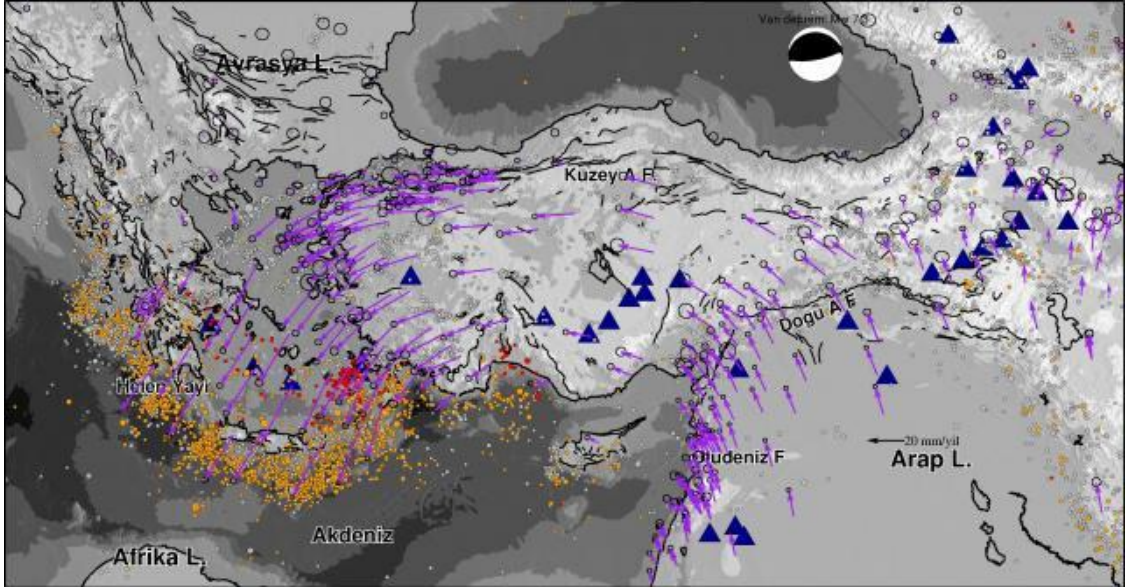
4.13.2 İçme ve kullanma suyu, yüzey suları

İnceleme alanının il merkezi batısında, ülkemizin en büyük gölü olan yaklaşık 188.000 hektarlık alanı kaplayan Van Gölü bulunmaktadır. Ayrıca inceleme alanı içerisinde kanallar boyunca akış gösteren ve mevsimsel yağışlara göre debisi değişen irili ufaklı birçok sulu ve kuru dere mevcuttur. İnceleme alanında içme ve kullanma suyu sorunu yoktur. İçme ve kullanma suyu ihtiyacı belediye tarafından sağlanmaktadır.

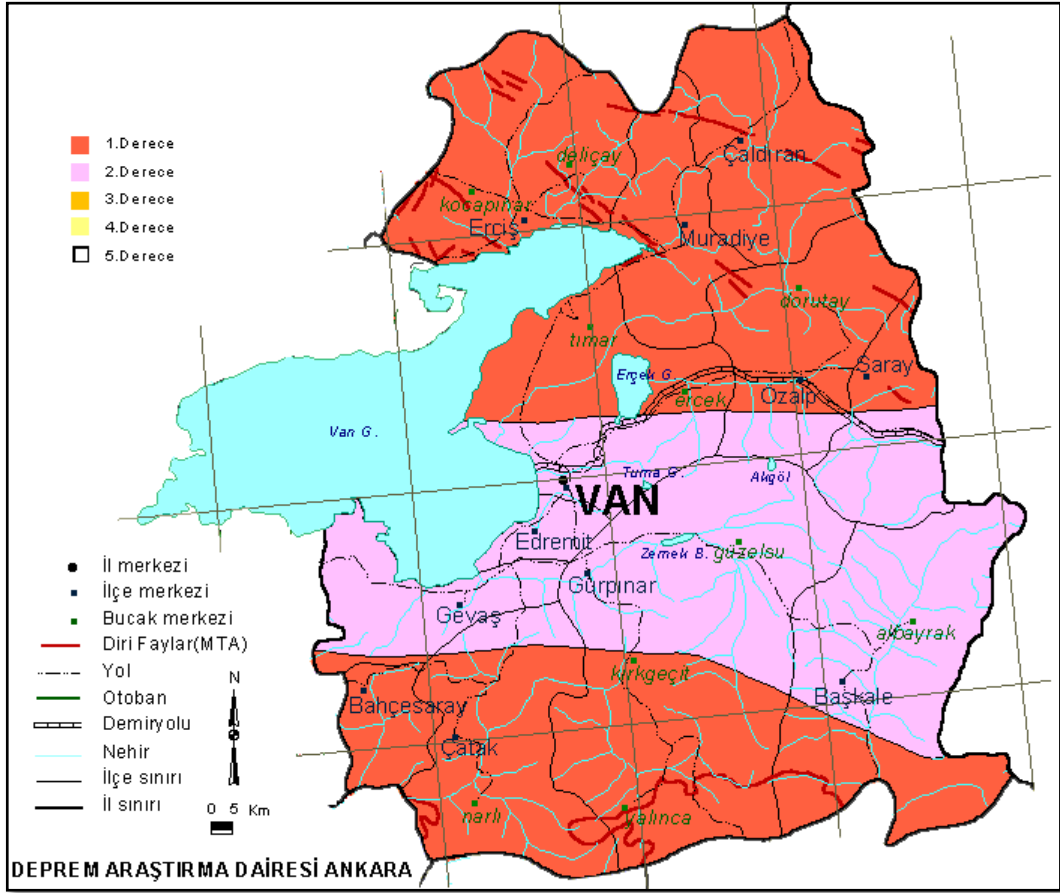
4.14 Doğal Afet Tehlikelerinin Değerlendirilmesi

4.14.1 Deprem durumu

Türkiye’de üç büyük levhanın (Afrika, Arap ve Avrasya levhaları) göreceli hareketleri sonucu, zaman içerisinde yıkıcı depremler meydana gelmektedir (Şekil4.18). Arap Levhası’nın, Avrasya Levhası’nın altına dalarken kenet oluşturduğu Bitlis Bindirme Kuşağı’nın hemen kuzeyinde bulunan Van Gölü havzası, aynı zamanda Kuzey Anadolu Fayı’nın Doğu Anadolu Fayı’yla kesiştiği Karlıova Eklemi ile Zagros Fay Zonu arasında yer alır. Önemli sismik aktivite gösteren Çaldıran Fayı’nın da içinde yer aldığı bir geçiş fay zonu üzerinde bulunması, Van Gölü Havzasının deprenselliğine ayrı bir önem kazandırmaktadır (Nalbant vd., 2002). Bölgede tarihsel ve aletsel dönemdeki kayıtlardan 6.0 – 6.5 büyüklüğünde depremlerin olduğu görülmektedir (Şekil 4.19). Bu depremlerin 30 – 35 yıllık aralıklarla tekrarlanma olasılıkları yüksek olduğu ve bölgedeki birçok fay için bu sürenin dolmuş olması önemli bir tehlike unsuru olarak görülmektedir.



Şekil 4.18 Türkiye ve yakın çevresinin ana tektonik hatları ve levha hareket yönleri



Şekil 4.20 Van ili ve çevresinin Deprem Kuşakları Haritası

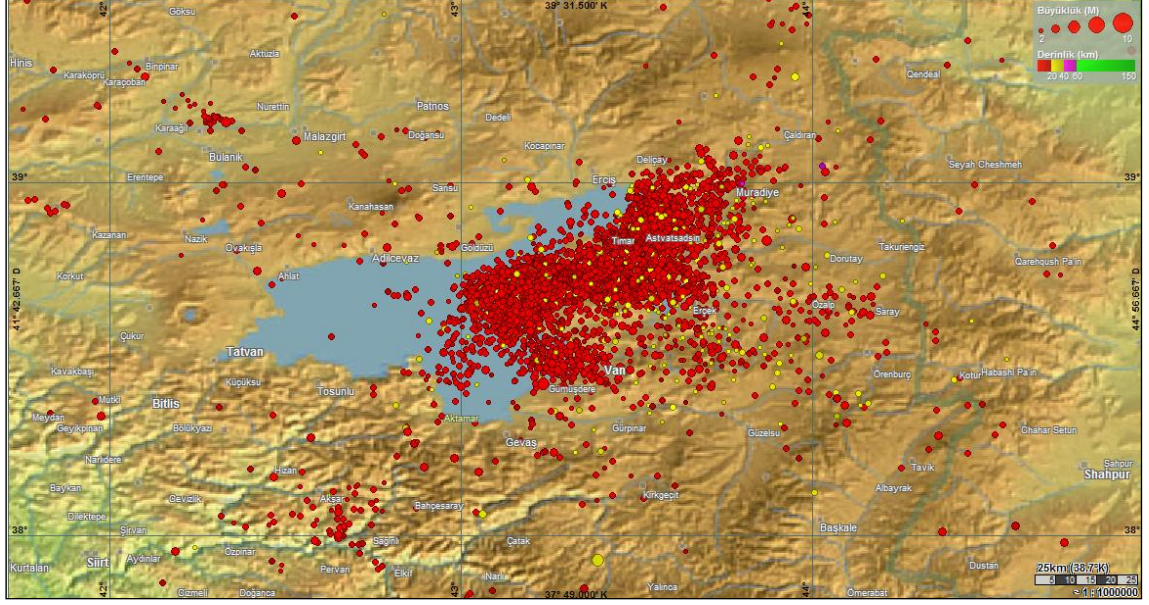
Çizelge 4.22 Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi değerleri

Deprem Bölgesi	Etkin Yer ivmesi A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

4.14.2 Aletsel dönem deprem etkinliği

Doğu Anadolu Bölgesinde açığa çıkan birikimli deprem enerjisinin yıllara göre değişimi incelendiğinde Doğu Anadolu Bölgesinin aletsel dönemde sismik bakımdan

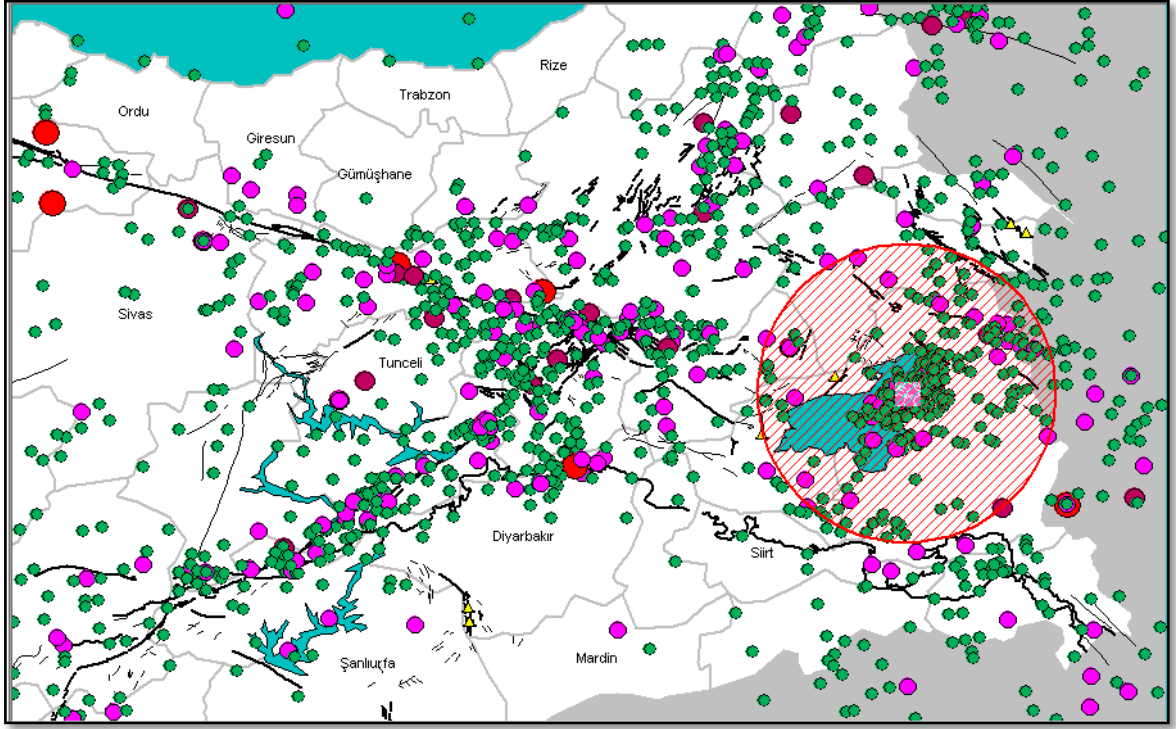
oldukça aktif olduğu, 1970'lerde sonra özellikle yoğun bir döneme girdiği gözlenmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Ekim 2011 depreminden sonra Van ve çevresinde meydana gelen depremler

4.14.3 Bölgenin deprem tehlikesi ve risk analizi

Doğal afet tehlikeleri açısından 7269 Sayılı Yasa kapsamında, inceleme alanı ve yakın çevresini etkileyecek aktif diri faylar, Kuzey Anadolu Fayının (KAF) ve Doğu Anadolu bindirme kuşağının inceleme alanı çevresindeki kollarıdır (Şaroğlu vd., 1987). İnceleme alanının bu faylara en fazla uzaklığı 25 km'dir. İnceleme alanı ve çevresini etkileyen aletsel dönem depremleri (1900–2012) Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsünün deprem verilerinden derlenmiş ve deprem risk analizlerinde bu veriler kullanılmıştır (Şekil 4.22) (Çizelge 4.23). Bölgede meydana gelen büyük depremlerin artçı şokları bu analizlerde kullanılmamış, bireysel olarak $M_w \geq 4.5$ ve üzeri depremler değerlendirmeye katılmıştır (Gündoğdu, 1986). İnceleme alanı merkezli 100 km yarıçaplı bir alan içinde kalan depremler için Poisson Olasılık Dağılımı ile Probabilistik Deprem Risk analizi yapılmıştır (Özçep, 2005).



Şekil 4.22 İnceleme alanı ve yakın çevresindeki 100 km yarıçaplı bölgede, aletsel (1900-2012) kayıtlara göre, $M_s=4.0$ büyük depremler

Çizelge 4.23 1900–2012 yılları arasında meydana gelen depremlerin magnitüd-oluşum sayısı ilişkisi

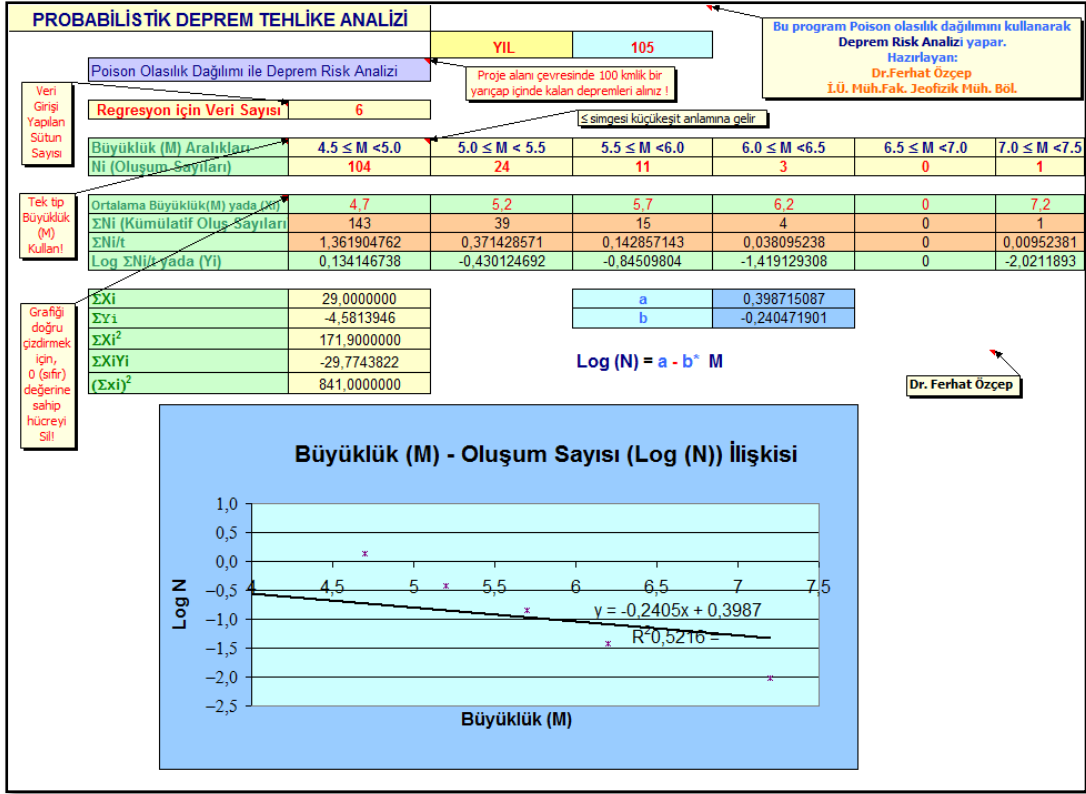
Deprem büyüklükleri	Adet
4.0 - 4.9	315
5.0 - 5.9	35
6.0 - 6.9	3
7.0 - 9.9	1
Toplam	354

1900 ile 2012 yılları arasındaki aletsel dönemde oluşan ve büyüklükleri (magnitüdüleri) $M_s \geq 4.5$ olan depremler için yapılan analiz sonucu büyüklük-sıklık bağıntısı “ $\log N = 2.6840 - 0.6673 * M$ ” olarak hesaplanmıştır. Bu analiz esas alınarak gelecek 25, 50, 75 ve

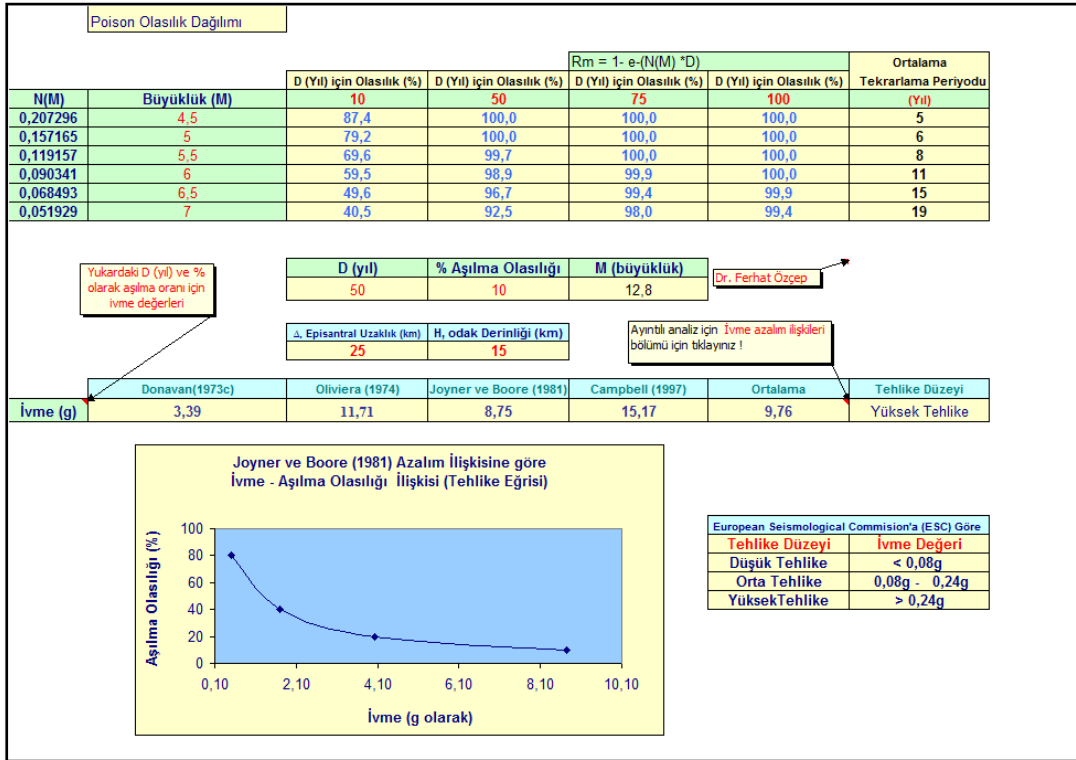
105 yıllık hesaplanan olasılık değerleri, Çizelge 4.24’de verilmiştir. Deprem risk analizi program çıktıları ise Şekil 4.23ve Şekil 4.24’de sunulmuştur.

Çizelge 4.24 Probabilistik deprem risk analizlerine göre olasılık hesap tablosu

Büyükük (M)	D (Yıl) için	D (Yıl) için	D (Yıl) için	D (Yıl) için	Tekrarlama periyodu (Yıl)
	olasılık (%)	olasılık (%)	olasılık (%)	olasılık (%)	
	10	50	75	100	
4,5	87,4	100,0	100,0	100,0	5
5	79,2	100,0	100,0	100,0	6
5,5	69,6	99,7	100,0	100,0	8
6	59,5	98,9	99,9	100,0	11
6,5	49,6	96,7	99,4	99,9	15
7	40,5	92,5	98,0	99,4	19



Şekil 4.23 Deprem probabilistik risk analizi program çıktıları



Şekil 4.24 Deprem probabilistik risk analizi program çıktıları

BÖLÜM V

ÇALIŞMA ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanının tamamını alüvyon birimler oluşturmakta olup, sadece Van Kalesinde Toprakkale Formasyonuna ait kireçtaşı birimi bulunmaktadır (Şekil 5.1). Topoğrafik eğimin % 0–10 olduğu alanda yapılan sondajlarda yeraltı suyu 2.20-13.40 m derinliklerde gözlenmiştir. İnceleme alanında yapılan sıvılaşma analizlerinde arazinin batısında sıvılaşma potansiyelinin orta- yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Alüvyon ortamlarda yapılan oturma-şişme analizlerinde oturma değerlerinin kabul edilebilir sınırları yer yer aştığı görülmüştür. Yapılan arazi gözlemleri sondajlar, jeofizik ölçümler, laboratuvar verileri ve afet riskleri ile birlikte yapılan jeoteknik değerlendirme sonucunda inceleme alanı yerleşime uygunluk durumu 2 kategoride değerlendirilmiştir. Van merkez yerleşim alanının yerleşime uygunluk haritasının hazırlanmasında CAD çizim programından yararlanılmıştır.

Önemli alanlar:

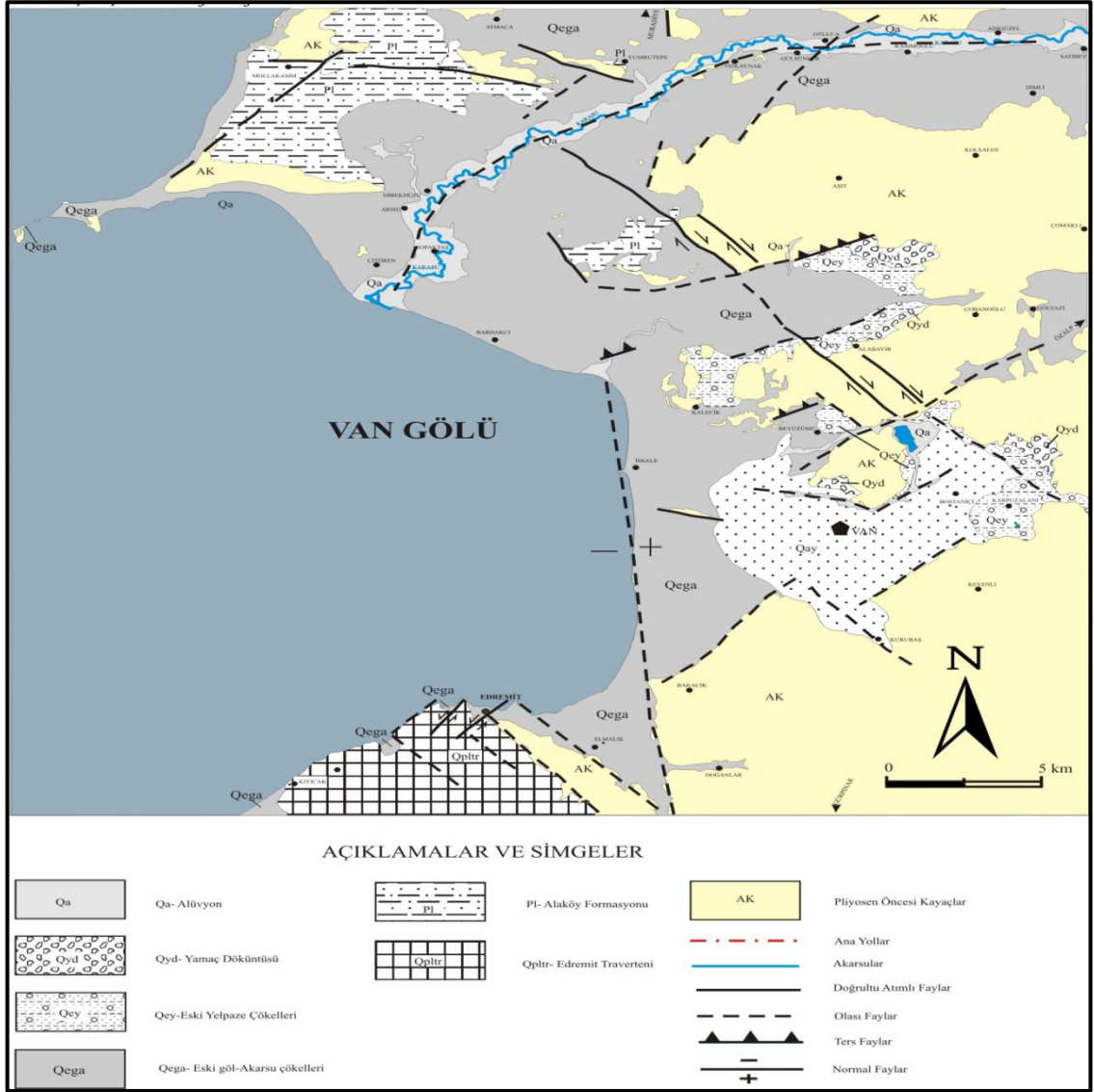
- ❖ Önlemler Alan (ÖA – 1.1): Sıvılaşma tehlikesi açısından önlemler alanlar
- ❖ Önlemler Alan (ÖA – 5.1): Önlem alınabilecek nitelikte şişme, oturma açısından sorunlu alanlar

5.1. Önemli Alanlar (ÖA)

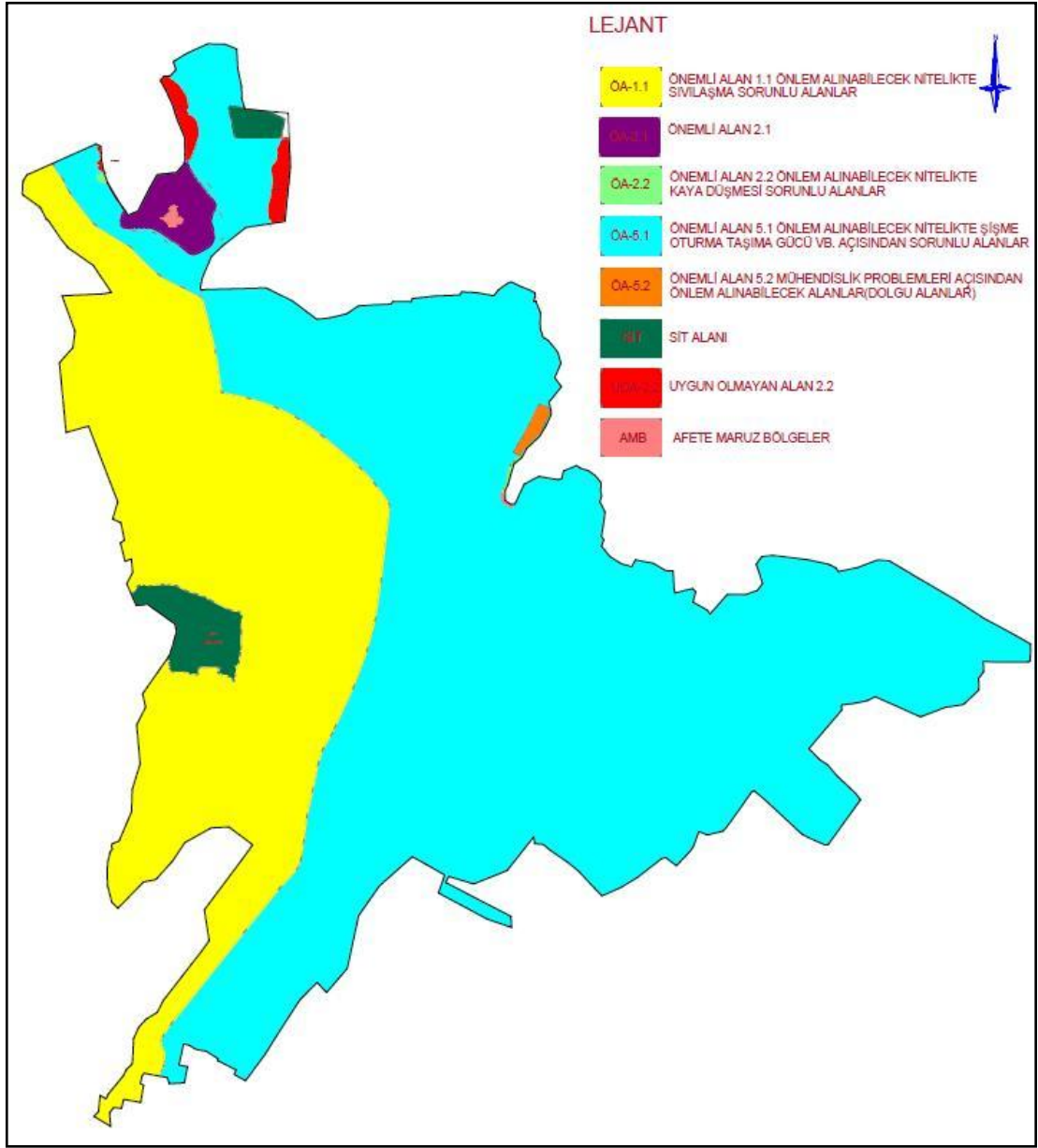
5.1.1. Önlemler Alan (ÖA – 1.1): Sıvılaşma tehlikesi açısından önlemler alanlar

İnceleme alanının batısında yer alan litolojik olarak gölsel çökellerin ve akarsu yelpazesi düzlüğünün bulunduğu alanlarda sıvılaşma riski olduğu belirlenmiştir. Bu alanlarda yapılan sondaj çalışmalarından alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen parametreler kullanılarak sıvılaşma analizleri likit limit değerlerinin $LL < \%35$ olduğu, suya doymun, gevşek, orta, sıkı seviyelerde yapılmıştır.

Bu seviyelerde $N_{30}=13-R$, yeraltı suyu seviyesi ise 2.20 – 13.40 m. seviyesindedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre sıvılaşma indeksi sıvılaşmaz-düşük derece ($L_s = 0.00 - 31.83$) düzeyinde çıkmıştır. Her ne kadar sıvılaşma indeksi düşük çıkmış olsa da bu alanlarda sıvılaşma olayı gelişebileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu alanlarda oturma, şişme ve taşıma gücü vb. mühendislik problemleriyle karşılaşılabilir belirlenmiştir. Bu alanlar yerleşime uygunluk açısından **Önemli Alan 1.1 sıvılaşma tehlikesi açısından önemli alanlar** olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 Van İl merkezi ve çevresinin mühendislik jeolojisi haritası



Şekil 5.2 Van merkez yerleşim alanının yerleşime uygunluk haritası

Bu alanlarda;

- ❖ Özellikle sivilaşma olmak üzere, şişme, oturma, taşıma gücü tahkikleri, projeye esas zemin etüt çalışmalarında ayrıntılı olarak irdelenmelidir. Tespit edilecek zemin sorunlarına yönelik gerekli önlemler alınarak, gerekirse zemin iyileştirme yöntemleri uygulanarak, yapılaşmaya gidilmelidir.

- ❖ Yüzey suları, atık sular ve yeraltı sularının yapı temellerine ulaşmasını engelleyecek drenaj sistemleri uygulanmalıdır.
- ❖ Temel derin kazılarında civardaki yol, altyapı ve binaların statik güvenliği sağlanmalıdır.
- ❖ Derin kazılarda oluşacak şevler açıkta bırakılmamalı, uygun projelendirilmiş istinat yapılarıyla desteklenmelidir.
- ❖ Alüvyon birimlerde yatay yönde değişimler beklendiğinden farklı oturmaların olabileceği dikkate alınarak temel tipi ve temel derinliği ile yapıların taşıttırılacağı seviyelerin mühendislik parametreleri temel ve zemin etüt çalışmalarında belirlenmelidir.

Bu alanlar 1/5000 ölçekli yerleşime uygunluk paftalarında; “ **ÖA-1.1** ” simgesi ile gösterilmiştir.

5.1.2. Önlemler Alanları (Ö.A-5.1): Önlem alınabilecek nitelikte şişme durumu ve oturma açısından sorunlu alanlar

İnceleme alanının alüvyon birimlerden oluştuğu yeraltı su seviyesinin 2.20 – 13.40 m. arasında olduğu kesimler **önlemler alanları 5.1 (Ö.A – 5.1)** olarak değerlendirilmiştir. Bu alanlarda yapılan oturma tahkiklerinde oturmaların kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı görülmüştür. Bu alanlarda şişme potansiyeli çoğunlukla düşük, yer yer orta mertebelerde olduğu görülmüştür. Taşıma gücü hesaplarında taşıma gücünün yeterli olduğu seviyelerin yanı sıra düşük taşıma gücü değerlerinin varlığı da tespit edilmiştir. Bu alanlarda yapılaşma öncesi, parsel bazında temel ve zemin etütlerinde, şişme, oturma, taşıma gücü ve sıvılaşma problemleri ayrıntılı olarak irdelenmeli gerek görülmesi halinde, gerekli zemin iyileştirme yöntemleri uygulanmalıdır. Heterojen yapıya sahip alüvyon birimlerinde farklı oturmalara karşı yapılar homojen zeminlere oturtulmalıdır. Derin kazılarda oluşacak şevler açıkta bırakılmamalı, uygun projelendirilmiş istinat yapılarıyla desteklenmelidir. Yüzey suları, atık sular ve yeraltı sularını ortamdaki uzaklaşmasını sağlayacak drenaj sistemleri uygulanmalıdır. Yapı

yüklerinin taşıtırlacağı seviyelerin mühendislik parametreleri ile temel tipi ve derinliği parsel bazı zemin etüdlerle belirlenmelidir. Bu alanlar 1/5000 ölçekli yerleşime uygunluk paftalarında; “ **A-5.1** ” simgesi ile gösterilmiştir.

BÖLÜM VI

SONUÇLAR

23 Ekim 2011 Pazar günü merkez üssü Van olan, büyüklüğü 7.2 (Mw), derinliği 19 km olan bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremde 15 Kasım 2011 itibariyle 604 kişi hayatını kaybetmiştir. Akabinde 09 Kasım 2011 tarihinde yerel saat 21.23’de merkez üstünün Van-Edremit olduğu açıklanan büyüklüğü 5.6 (Mw) ve derinliği 5 km olan ikinci bir deprem, Van - Merkez ve Edremit’te hasarsız olduğu düşünülen iki otelin göçmesine ve 40 kişinin enkaz altında kalarak yaşamlarını yitirmesine neden olmuştur.

Bu çalışmada 23 Ekim 2011 ve 9 Kasım 2011 depremleri sonrası Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Van Merkez ve Edremit yerleşim alanlarında yaklaşık 7500 hektarlık alanın, yerleşime uygunluk durumunun yeniden değerlendirilmesi amacıyla hızlı bir çalışma yapılmış ve veriler bu çalışmada özetlenmeye çalışılmıştır.

Bu tür çalışmalarda, yerleşim alanı olarak seçilen alanlarda yapılan jeoteknik çalışmalar ile zeminlerin litolojik özelliklerini, düşey ve yanal yönde değişimlerini ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirlemek esas hedeftir.

Deprem büyüklüğü, fay özelliklerinin ve jeolojik formasyonların ana girdi parametresi olarak kullanıldığı yatay yer ivmesi, deprem sonrası oluşan deformasyon, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, arazi eğimi, mevcut ulaşım ve yerleşime yakınlık dikkate alınarak üretilen yerleşime uygunluk haritası, yeni yerleşim alanlarının seçimi için önemli bir altlık olarak kullanılmaktadır.

Sonuç olarak yeni yerleşim alanı topoğrafik eğimin % 0–10 olduğu alanda yapılan sondajlarda yeraltı suyu 2.20-13.40 m arasında olup, yapılan sıvılaşma analizlerinde arazinin batısının sıvılaşma potansiyelinin “orta- yüksek” düzeyde olduğu belirlenmiştir. Alüvyon ortamlarda yapılan oturma-şişme analizlerinde oturma değerlerinin yer yer kabul edilebilir sınırları aştığı belirlenmiştir. Bölgede yapılan

ayrıntılı arazi gözlemleri, sondajlar, jeofizik çalışmalar ile laboratuvar verileri ve afet riskleri de göz önüne alınarak yapılan jeoteknik değerlendirmelerde; inceleme alanı yerleşime uygunluk durumu **2 kategoride** değerlendirilmiştir.

Önemli alanlar:

- ❖ Önlemler Alan (ÖA – 1.1): Sıvılaşma tehlikesi açısından önlemler alanlar
- ❖ Önlemler Alan (ÖA – 5.1): Önlem alınabilecek nitelikte şişme, oturma açısından sorunlu alanlar olarak tanımlanmıştır.

Söz konusu bu öneriler göz önüne alınarak bundan sonra bölgede yapılacak yerleşim uygulamalarında dikkatli olunması gerçeğini bu deprem bir kez daha gözler önüne koymuştur.

KAYNAKLAR

Acarlar, M. vd., Van Gölü Doğusu ve Kuzeyinin Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Yayını*, Rapor No: 9469, Ankara. (1991)

Ambraseys, N.N., ve Finkel, C., Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899-1915, *Annales Geophysicales*, B, 701-726. (1987)

Acarlar, M., Bilgin, Z. A., Erkal, T., Güner, E., Şen, A.M., Umut, M., Elibol, E., Gedik, Aksoy, E., Van İli Doğu-Kuzeydoğu Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği. Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (1988)

Ambraseys, N.N., “Engineering Seismology”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 17, No 1, Wiley, Chichester. (1988)

Aktürk. A., Çatak-Narlı (Van) Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi (Basılmamış), Elazığ. (1985)

Akyüz, S., Zabcı, C. ve Sançar, T., 23 Ekim 2011 Van depremi hakkında ön rapor. *İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü*, (2011)

Aloğlu, S., Zemin Etüdü Sondaj Bulgularının Sismik ve Yer Radarı gibi Tekniklerle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir. (2006)

Altınlı, E.İ., 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Explanatory Text of the Geological Map of Turkey), *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını*, Ankara. (1964)

Altınlı, E., “Doğu ve Güneydoğu Anadolu’nun Jeolojisi”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, Sayı:67, s.1-24. (1966)

Ardos, M., Türkiye jeomorfolojisinde neotektonik. İ. Ü. Yay. No. 2641. **Coğrafya Enst. Yay.** No. 113. 228 s, İstanbul. (1979)

Arni, P., Van Vilayetinin Jeolojisi Hakkında Rapor, **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü**, Rapor No:883, Ankara . (1939)

Aytun, A., Olası deprem hasarını en aza indirmek amacıyla yapıların “doğal” salınım periyodlarının yerin “baskın” periyodundan uzak kılınması, **Uşak İli ve Dolayı (Frigya) Depremleri Jeofizik Toplantısı**, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara. (2001)

Balkaş, Ö. vd., Başkale-Gürpınar-Çatak-Van alanının Jeolojisi ve Petrol Olanakları, **TPAO Arama Grubu**, Rapor No: 1455, Ankara. (1980)

Barka, A. Reilinger, R., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C. The Isparta Angle: its importance in the neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. **Proceedings of the International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region**, 1, 3-18. (1995)

Başokur, A.T., REF 3 Sismik Kırılma Değerlendirme Yazılımı, **Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümü**, (2001)

Başokur, A.T., Gökten, E., Seyitoğlu, G., Varol, B., Ulugergerli, E., Işık, V., Candansayar, E., Tokgöz, E., Jeolojik ve Jeofizik Çalışmalar Işığında 03.02.2002 Çay (Afyon) Depreminin Mekanizması, Hasarın Nedenleri ve Bölgenin Deprem Etkinliği, **Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını**, Ankara. (2002)

Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey; a synthesis, **Geodinamica Acta**, 14, 30.CurveExpert, 1-3. (2001)

Bowles, J. E., Foundation Analysis and Design, **McGraw Hill**, 4th Edition, Singapore. (1988)

Burmister, D.M., Identification and classification of soils – An appraisal and statement of principles. ASTM STP 113, *Amer. Soc. For Test. and Mat.*, 3-24, 85-91, (1951)

Büyükaşikoğlu, S., Sismoloji Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, (1987)

Campbell, K. W., Near-source attenuation of peak horizontal acceleration. *Bulletin of the Sismological of America*. Vol.71, pp. 2039-2070, (1981)

Campbell, K. W., Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity and pseudo-absolute acceleration response spectra, *Seismological Research Letters*, Vol.68, No.1, pp. 154-179, (1997)

Çinicioğlu, F., Zemin Mekaniği Dersleri, *Anadolu Üniversitesi Yayınları*. (1993)

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, ANKARA, (1997)

Çetin, K., Ö., Bakır, B., S., Yılmaz, R., Gülkan, P., Soyöz, S., Yılmaz, M., T., Unutmaz, B. ve Ozan, C., Zemin araştırmaları ve yüzey zeminlerinin karakterize edilerek belgelendirilmesi. “Türkiye Afet Yönetim Sisteminin İyileştirilmesi” projesi. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı yayını*, (2002)

Degens, E.T., and Kurtman, F., The geology of Lake Van. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını*, No.169. (1978)

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık İskan Bakanlığı*.(1998)

Dewey J.F., Hempton M.R., Kidd W.S.F., Şaroğlu F. ve Şengör A.M.C., Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia-A Young Collision Zone. *Geol. Soc. Spec. Publ.*,19, 3-37. (1986)

Ergin K., Güçlü U. ve Uz Z., Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (MS. 11-1964). İstanbul. *İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü yayınları*, No 28. (1967)

Eriñç, S., Doğu Anadolu Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Yayını No:572, Üniversitesi Edebiyat Fakültesi *Coğrafya Enstitüsü Yayını* No:15, İstanbul. (1953)

Eriñç, S., Jeomorfoloji II, İ.Ü. *Coğr. Enst. Yay.* İstanbul. (1973)

Erol,O., Türkiye'de Neojen ve Kuvaterner Aşınım Dönemleri, Bu Dönemlerin Aşınım Yüzeyleri ile Yaşıt Tortullara Göre Belirlenmesi, *Jeomorfoloji Dergisi*, Sayı;8, Sf. 1-40, Ankara. (1979)

Ersoy O., Chinga G., Aydar E., Gourgaud A., Çubukcu H.E ve Ulusoy İ. Texture discrimination of volcanic ashes from different fragmentation mechanisms: A case study, Mount Nemrut stratovolcano, eastern Turkey. *Computers & Geosciences*, 32, 936-946. (2006)

Esteva, L. & Villaverde, R., Seismic Risk, Design Spectra and Structural Reliability.*Proc. 5th WCEE*, Rome, 2586-2597, (1973)

FEMA-302, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Part 1Provisions, Federal Emergency Management Agency, February, (1997)

Foley, E.J., Van Mıntıkasının Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü*, Rapor No: 719, Ankara. (1938)

Göncüoğlu M.C. ve Turhan N. Geology of the Bitlis metamorphic belt. In: Tekeli, O. ve Göncüoğlu, M.C. (eds), Geology of Taurus Belt. *MTA Yayınları*, 237-244. (1984)

Grant, F.S. and G.F. West. Interpretation Theory in Applied Geophysics. *McGraw-Hill*, New York. pp. 306-381. (1965)

Guidoboni E., Comastri A. ve Triana G. Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century. *Italy: Istituto Nazionale di Geofisica*. (1994)

Karaoğlu Ö., Özdemir Y., Tolluoğlu Ü., Karabıykoğlu Ö., Köse O. ve Froger J.-L., Stratigraphy of the volcanic products Around Nemrut caldera: implications for reconstruction of the caldera formation. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14, 123–143. (2005)

Gündoğdu, O., Türkiye depremlerinin kaynak parametreleri ve aralarındaki ilişkiler, *İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), İstanbul, (1986)

Güner, Y., Nemrut yanardağının jeolojisi, jeomorfolojisi ve volkanizmanın evrimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 12, 23–65. (1984)

Gürbüz, O., Van Gölü Çevresinin Coğrafyası (Beşeri ve İktisadi Coğrafya Açısından), *İ. Ü. Sosyal Bilimler Enst.* (yayınlanmamış doktora tezi), İstanbul. (1994)

Helvacı C., Griffin, W.L., Rb-Sr geochronology of the Bitlis Massif, Avnik (Bingöl) area, S.E. Turkey. In: Dixon, J.E. ve Robertson, A.H.F. (eds), The Geological Evolution of eastern Mediterranean. *Geological Society, London, Special Publications* 17, 403-413. (1984)

Hempton, M.R., Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red sea. *Tectonics*, 6: 687-705. (1987)

Holtz, W.G. and Gibbs, H.J., Properties of Expansive Clays. *Transactions ASCE*, Vol. 121. pp. 641-677, (1956)

Holtz, R.D. and Kovacs, D., An Introduction to Geotechnical Engineering. *Prentice-Hall Inc., New Jersey*, 736 pp, (1981)

Innocenti, F. vd., "Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian, Anatolian and Iranian plates (Lake Van, East Turkey)" *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1, 103-112. (1976)

İ., Hakyemez, Y. ve Uğuz, M.F., Van Gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi. *MTA Rapor No: 9469*, (1991)

İzıbrak, R., Cilo Dağı ve Hakkari ile Van Gölü Çevresinde Coğrafya Araştırmaları. *A.Ü. D.T.C.F. Yay.* No: 67. Ankara. (1951)

Çetin, J., Siyahi, Ö., Fahjan, B., Gülkan, Y., Bakır, P., Lestuzzi, S., Elmas, P., Köksal, M., D. ve Gökçe, O., Belediyeler için Sismik Mikrobölgeleme Örnek Uygulamalar, Araştırma Raporu, Afet işleri Genel Müdürlüğü, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, *Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü*. (2004)

Ketin İ. Kurzer Bericht über die letzten Erdbeben in der Türkei. *Geol. Rdsch.*, Bd. 35., (1947)

Ketin, İ., Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış; *İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı: 1259* İstanbul, (1983)

Ketin, İ., Van Gölü ile İran sınırı arasındaki bölgede yapılan jeoloji gözlemlerinin sonuçları hakkında kısa bir açıklama. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 79-85., (1977)

Koçyiğit A., Neotectonic Characteristics and Seismicity of East Anatolia. *Workshop-2002 on the Geology of East Anatolia*, 1-3. (2002)

Koçyiğit A. ve Beyhan A., A New Intracontinental Transcurrent Structure: The Central Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, 284, 317-336. (1998)

Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. ve Kuloshvili, S., Neotectonics of EastAnatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to Strike-Slip Faulting. *Geodinamica Acta*, 14, 177-195., (2001)

Köse O., Özkaymak Ç., Van Şehri Kuzeyi Genç Göl Çökellerinde Aktif Tektonik Bulgular. ATAG-6 (Aktif Tektonik Araştırma Grubu Altıncı Toplantısı), 21-22 Kasım 2002, *Bildiri Özleri Kitabı*, 64-65. (2002)

Kramer, S. L., *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice-Hall, Inc. New Jersey, (1996)

Lomnitz, C. ve Epstein, B., A Model for Occurrences of Large Earthquakes, *Nature*, 211. (1966)

Lomnitz, C., Poisson Processes in Earthquake Studies, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 63. No.2, (1973)

Means, R.E., Parcher, J.W., Physical Properties of Soils. Charls E. *Merril Publicatipn Company., Columbia*, Ohio, 467 pp. (1963)

Midorikawa, S., Tasarım Depremine göre İzosismik Haritanın Tahmini, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 33B, pp.43-48, (İngilizce), (1987)

Moretti, M., Alfaro, P., Caselles, O., and Canas, J.A., Modelling seismites with a digital shaking table. *Tectonophysics*, 304, 369–383. (1999)

MTA, 1:25 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Van paftası. **MTA Genel Müdürlüğü**, Ankara, (2002)

Nalbant, S. S., McCloskey, J., Steacy, S. and Barka, A. A., 2002. Stres accumulation and increased seismic risk in Eastern Turkey. **Earth and Planetary Science Letters** 195 291-298. (2002)

Oberhansli R., Candan O., Bousquet R., Rimmele G., Okay A.I. ve Goff J., Alpine high pressure evolution of the eastern Bitlis complex, SE Turkey. In: **Geological Society**, London, Special Publications, 340, 461-483. (2010)

Ortynski, I., Geological Report on a trip to Van Area, **Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü**, Rapor No: 1519, Ankara. (1944)

Özdemir Y., Blundy J. ve Güleç N., The importance of fractional crystallization and magma mixing in controlling chemical differentiation at Süphan stratovolcano, eastern Anatolia, Turkey. **Contribution of Mineral Petrology**, 162, 573–597. (2011)

Özçep F., Statik ve Dinamik (Deprem) Etkiler Altında Zemin Davranışı ve Mühendislik Uygulamaları, **TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası** Mesleki Eğitim ve Belgelendirme Kurs Notları, No:3, 237 Sayfa, ISBN No: 975-395-974-5, Ankara (2005)

Özkaymak, Ç., Van şehri ve yakın çevresinin aktif tektonik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, **Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, 76 s., (2003)

Özçep, F., Zemin Jeofizik Analiz, Microsoft® Excel Programı, İ.Ü. Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl., İstanbul. (2005)

Özçep F., Statik ve Dinamik (Deprem) Etkiler Altında Zemin Davranışı ve Mühendislik Uygulamaları, **TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Mesleki Eğitim ve Belgelendirme Kurs Notları**, No:3, 237 Sayfa, ISBN No: 975-395-974-5, Ankara, (2005)

Özkaymak, Ç., Van şehri ve yakın çevresinin aktif tektonik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 76 s.(2003)

Özvan, A., Akkaya, İ., Tapan, M., ve Şengül, M. A., 2005. Van yerleşkesinin deprem tehlikesi ve olasılı bir depremin sonuçları. *Kocaeli Deprem Sempozyumu*, Özler Kitabı, Kocaeli Üniversitesi, sf. 1386-1393. (2005)

Özvan, A., Kaplan, C., Çiftçi, Y., Van İli Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyeli, *55. Jeoloji Kurultayı*, s233-234, 11-15 Mart 2002, Ankara. (2002)

Özvan, A., Van ili yerleşim Alanının Mühendislik Jeolojisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. (2004)

Özvan, A., Van ili yerleşim alanının mühendislik jeolojisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2004)

Özvan, A., Şengül, M.A. ve Tapan, M., Van Gölü havzası Neojen çökellerinin jeoteknik özelliklerine bir bakış: Erciş yerleşkesi. *Geosound*, 52, 297-310. (2008)

Parlak O., Delaloye M., Kozlu H., Höck V. ve Çelik Ö.F., Geochemistry and tectonic setting of the Yüksekova ophiolite from the South-East Anatolian Orogenic Belt. *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region* (IESCA-2000), 25-29 Eylül, s. 240. (2000)

Parlak O., Delaloye, M., Kozlu, H., Höck, V. ve Çelik Ö.F., Examination of an oceanic crust generation in island arc tectonic setting: evidence from the Yüksekova ophiolite. *4th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, 21-25 Mayıs 2001, Isparta Turkey, s. 62. (2001)

Sağlam A., Van Gölü Doğusu ve Güneydoğusunda Yüzeyleyen Van Formasyonunun Stratigrafisi, Paleontolojisi ve Çökelme Ortamları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, s. 88. (2003)

Savcı, H.vd., Doğu Anadolu Volkanizmasının Neotektonik Önemi, *Yeryuvarı ve İnsan*, Cilt:5, Sayı:3-4. (1980)

Saydamer, M., İran Sınırı Boyunca Yapılan Jeolojik Çalışmanın Nihai Raporu, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No:5622, Ankara. (1976)

Saydamer, M., Türkiye-İran Hudut Boyu Jeolojisi hakkında nihai Rapor, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mineraloji ve Petrografi Kürsüsü Yüksek Lisans Tezi* (Basılmamış), İstanbul. (1978)

Seed, H.B. and De Alba, P., Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands. In use of In-situ Tests in Geotechnical Engineering. *ASCE Geotechnical Special Publication*, 6, 281-302. (1986)

Selçuk, L., ve Çiftçi, Y., Microzonation of the Plio-Quaternary soils: A study on the liquefaction risk potential in the Van Lake Basin, Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66, 161-176. (2007)

Selçuk, L., Özvan, A., Sengül, A., Aras, B., Akkaya, I., Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Alanında Sivilasma Riskine Sahip Alanların Değerlendirilmesi, *Workshop 2002 On The Geology Of East Anatolian*, Van, Türkiye. (2002)

Soysal H., Sipahioğlu S., Kolçak D. ve Altınok Y., Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (2100 B.C.–1900 A.D.). *TÜBİTAK raporu, No. TBAG-341*. (1981)

Sönmez, H., 2004, HS Jeotek, Jeoteknik Paket Programı, Haccettepe Üniv. Müh. Fak. Vakfi Sönmez, H. and Gökçeoğlu, C., 2005. A Liquefaction Severity Index Suggested For Engineering Practice. *Environ Geology*48:81-91. (2004-2005)

Şaroğlu, F., Doğu Anadolu'nun neotektonik döneminde jeolojik ve yapısal evrimi. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi*, (yayımlanmamış). (1985)

Şaroğlu, F., Güner, Y., “Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Öğeler: Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, Cilt: 24, Sayı:2, s.39-50. (1981)

Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., Geological evolution and basin models during neotectonic episode in the eastern Anatolia, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 107, 61-83. (1987)

Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri, *MTA Dergisi*, Sayı: 107, (1986)

Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşçu, İ. Türkiye Diri Fay Haritası, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara, (1992)

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., The East Anatolian Fault Zone of Turkey, *Anal. Tecn.*, 6, 99-125, (1992)

Şengör, A. M. C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, *Soc. Econ. Paleontol. Spec. Public.*, pp. 227-264. (1985)

Şengör, A. M. C., Özeren, M. S., Keskin, M., Sakınç, M., Özbakır, A. D. ve Kayan, I., Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for postcollisional crust-forming processes in Turkic-type orogens, *Earth-Science Reviews*, pp. 90-100. (2008)

Şenel, M. vd., Özalp (Van)-İran Sınırı Arasındaki Alanın Jeolojisi (Başkale-K52), *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 7623, Ankara. (1984)

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri, *MTA raporu*, 8174, 394 s. (1987)

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., Türkiye'de Tetis'in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Kurumu, Yerbilimleri Özel Dizisi*, No: 1, 75 sf. (1983)

Şekercioğlu, E., Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*: 28, Ankara, 280s. (2002)

Şengör, İ., Türkiye Tektonik tarihinin Yapısal Sınıflaması, *Ketin Sempozyumu*(20 - 21 Şubat), İstanbul.(1984)

Şengör A.M.C. ve Kidd W.S.F., Post-collisional Tectonics of the Turkish Iranian Plateau and a Comparison with Tibet. *Tectonophysics*, 55, 361-376. (1979)

Şengör A.M.C., Yılmaz Y., 1983. Türkiye'de Tetis'in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından bir Yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi*, No:1, İstanbul. (1983)

Tapponnier P., Tectonic Evolution of the Alpine system in the Mediterranean:punching and crushing rigid-plastic. *Bull. Soc. Geol. France*, 7, 437-460. Geological Society of France. (1977)

Tchalenko, J.S., A reconnaissance of the seismicity and tektonics at the northern border of the Arabian Plate (Lake Van Region).*Revue de Geographie Physique et de Geologie Dynamique*,XIX,2,189-208. (1977)

Ternek, Z., Van Gölü Güneydoğu Bölgesinin Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 4. (2):1-27., (1953)

Terzaghi, K. and Peck, R.B. Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Ed., *John Wiley & Sons, Inc.*, New York, 729 p. (1967)

Tezcan, S., Keçeli, A. ve Özdemir, Z., 2006b, Kayma Dalga Hızı Yardımı İle Zemin Emniyet Gerilmesi Tayini, *Şantiye Dergisi*, Sayı:214 p:102-105. (2006)

TS 1500 İnşaat Mühendisliğinde zeminlerin sınıflandırılması, (1987)

TS 1901 İnşaat Mühendisliğinde sondaj yolları ile örselenmiş ve örselenmemiş numune alma yöntemleri, (1975)

TS 5141 EN 12954 Standartı, Yer altı çelik boru hatlarının katodik korunması kuralları.

TS EN 1998-1 Standartı, Eurocode 8: Depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesi, Bölüm 1: Genel kurallar, Sismik etkiler ve binalar için kurallar. (2003)

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, *T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara, (1996)

Ulusoy R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler: *TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayını* No:38, (2001)

Ulusay, R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. *Türkiye Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, (2000)

Ustaömer, P.A., Ustaömer, T., Collins, A.S. ve Robertson, A.H.F. Cadomian (Ediacaran–Cambrian) arc magmatism in the Bitlis Massif, SE Turkey: Magmatism along the developing northern margin of Gondwana. *Tectonophysics* 473, 99-112. (2009)

Uzuner, B.A., Temel Mühendisliğine Giriş, **Derya Kitabevi**, Trabzon. (1995)

Üner, S., Van Gölü Doğusu (Beyüzümü – Göllü Dolayı), Pliyo – Kuvaterner Yaslı Karasal Çökellerin Sedimantolojisi (yüksek lisans tezi, basılmamış). **Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Van. 78. (2003)

Üner, S., Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T. ve Üner, T., Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu. **Yerbilimleri** 31, 53–66. (2010)

Valeton I. A morphological and petrological study of the terraces around Lake Van, Turkey. In Geology of Lake Van, Degens E. and Kurtmann F. (Eds), **MTA Press 169**, Ankara: 64-80. (1978)

Yalçınlar, İ., “Doğu Anadolu'nun Jeolojik Temel Strüktürleri” **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi**: 18-19, s.35-56, İstanbul. (1973)

Yılmaz, Y., Dilek, Y., Işık, H., Gevaş (Van) Ofiyolitinin Jeolojisi ve Sinkinematik bir Makaslama Zonu. **Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni**, 24: 37-44. (1981)

Yılmaz Y., Şaroğlu F. ve Güner Y., Initiation of the Neomagmatism in East Anatolia. **Tectonophysics**, 134: 177-199. (1987)

Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Ophiolitic and Metamorphic Assemblages of Southeast Anatolia and Their Significance in the Geological Evolution of the Orogenic Belt. **Tectonics**, 12-5:1280-1297. (1993)

Yılmaz, İ., Şenel, M., Özvan, A., Biçek, C., Van Toplu Konut Sahalarının Jeoteknik Değerlendirilmesi, **57. Jeoloji Kurultayı**, Sf. 177-178, 8-12 Mart 2004, Ankara. (2004)

Youd, T.L., Geologic effects - liquefaction and associated ground failure, in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program: U.S. *Geological Survey Open-File Report 84-760*, pp. 210-232, (1984)

EK-1

Numune			Doğal su muhtevası (%)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı
Sondaj Kuyusu Adı	Tipi ve adı	Derinlik		#4 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	
SK-1	UD	4.50-5.00	17,73	0,00	89,72	46	23	23	CL
SK-1	SPT	6.00-6.45	23,65	0,00	92,91	57	25	32	CH
SK-1	SPT	10.50-10.95	15,42	0,00	83,67	51	24	27	CH
SK-1	SPT	19.50-19.95	17,37	0,00	85,59	53	24	29	CH
SK-6	UD	3.00-3.50	24,16	0,00	95,30	57	26	31	CH
SK-6	UD	6.00-6.50	19,35	0,00	88,23	45	23	22	CL
SK-6	SPT	9.00-9.45	22,52	0,00	81,79	47	24	23	CL
SK-6	SPT	15.00-15.45	18,59	0,00	72,44	42	21	21	CL
SK-11	UD	3.00-3.50	3,94	11,02	18,37	-	-	NP	SM
SK-11	SPT	4.50-4.95	5,44	17,35	18,71	-	-	NP	SM
SK-11	UD	9.00-9.50	9,4	49,66	3,02	-	-	NP	GW
SK-11	SPT	10.50-10.95	6,99	17,59	26,90	-	-	NP	SC
SK-11	SPT	18.00-18.45	25,93	0,00	88,23	57	26	31	CH
SK-18	UD	3.00-3.50	11,8	19,14	36,18	-	-	NP	SC
SK-18	SPT	4.50-4.95	16,91	15,44	36,74	36	19	17	SC
SK-18	UD	6.00-6.50	10,43	20,85	34,83	-	-	NP	SC
SK-18	SPT	9.00-9.45	13,21	30,19	23,90	-	-	NP	SC
SK-18	SPT	16.50-16.95	14,29	28,25	28,57	-	-	NP	SC
SK-18	SPT	19.50-19.95	20	0,00	85,71	46	23	23	CL
SK-22	SPT	3.00-3.45	15,28	4,86	49,65	32	16	16	SC
SK-22	SPT	9.00-9.45	6,21	36,44	22,28	-	-	NP	SC
SK-22	SPT	15.00-15.45	5,62	32,87	21,63	-	-	NP	SC

EK-1 (DEVAM)

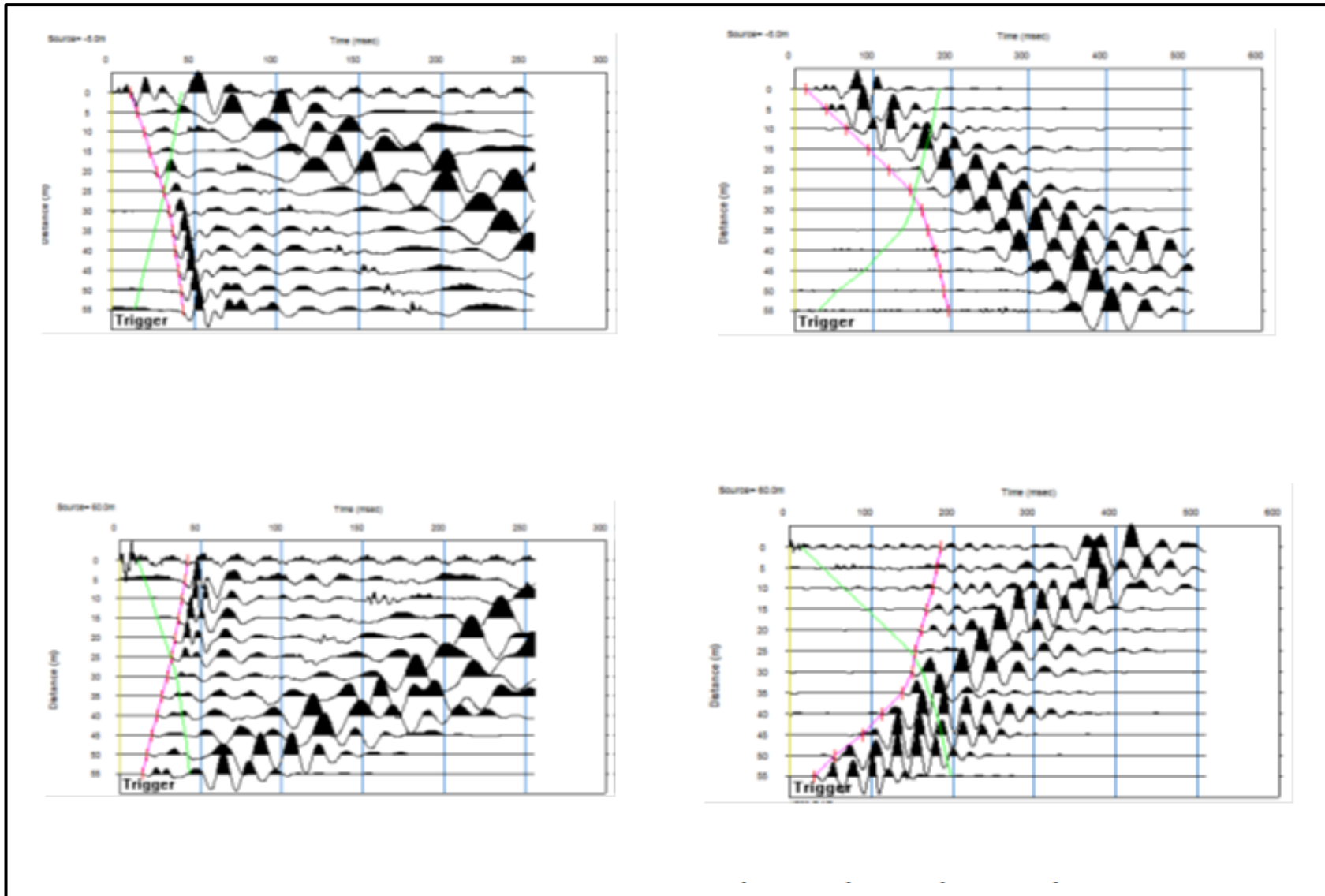
SK-22	SPT	29.50-29.95	14,19	7,61	50,87	35	17	18	CL
SK-28	UD	3.00-3.50	7,36	7,67	55,52	34	20	14	CL
SK-28	UD	6.00-6.50	13,14	2,00	51,14	33	17	16	CL
SK-28	UD	9.00-9.50	15,35	4,37	57,42	38	21	17	CL
SK-31	SPT	7.50-7.95	4,59	49,23	13,52	-	-	NP	GM
SK-31	SPT	12.00-12.45	7,89	28,42	16,84	-	-	NP	SM
SK-31	SPT	13.50-13.95	20,87	0,00	69,97	39	20	19	CL
SK-34	UD	3.00-3.50	15,64	19,83	41,90	35	18	17	SC
SK-34	SPT	4.50-4.95	4,57	48,22	12,69	-	-	NP	GM
SK-34	SPT	6.00-6.45	10,58	35,45	26,46	-	-	NP	GC
SK-34	SPT	10.50-10.95	12,27	37,08	31,85	-	-	NP	GC
SK-34	UD	12.00-12.50	26,99	9,20	65,64	38	22	16	CL
SK-42	UD	3.00-3.50	3,7	57,41	5,32	-	-	NP	GM
SK-42	UD	6.00-6.50	6,93	48,02	36,63	-	-	NP	GC
SK-42	SPT	7.50-7.95	6,47	54,73	19,65	-	-	NP	GC
SK-42	SPT	10.50-10.95	18,88	0,00	89,66	43	21	22	CL
SK-42	UD	13.50-14.00	18,62	0,00	86,21	40	20	20	CL
SK-42	SPT	19.50-19.95	19,48	10,39	64,29	35	18	17	CL
SK-46	UD	3.00-3.50	15	12,86	55,71	34	17	17	CL
SK-46	UD	6.00-6.50	17,11	7,67	64,14	37	18	19	CL
SK-46	SPT	9.00-9.45	24,31	0,00	68,40	43	20	23	CL
SK-46	SPT	16.50-16.95	12,69	18,66	52,61	36	16	20	CL
SK-59	UD	3.00-3.50	12,84	0,00	34,77	-	-	NP	SM
SK-59	UD	6.00-6.50	16,11	0,00	39,48	-	-	NP	SM
SK-59	SPT	9.00-9.45	30,19	0,00	83,97	-	-	NP	SM
SK-59	UD	10.50-11.00	23,48	0,00	77,67	41	19	22	CL
SK-59	SPT	16.50-16.95	31,79	0,00	93,13	56	28	28	CH
SK-61	UD	3.00-3.50	4,87	0,00	46,13	33	24	9	SM
SK-61	UD	6.00-6.50	14,98	16,81	34,28	-	-	NP	SC

EK-1 (DEVAM)

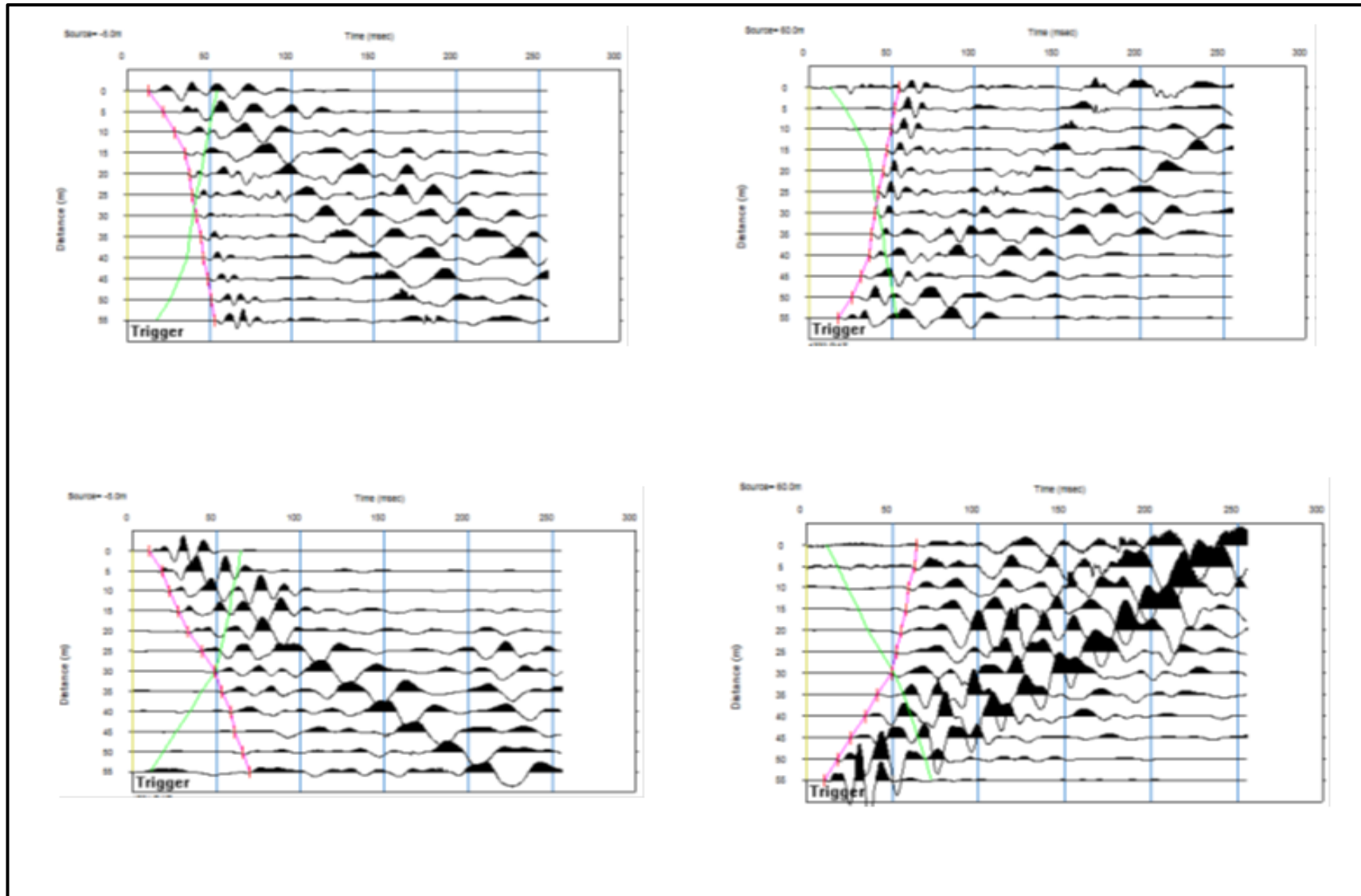
SK-61	SPT	9,00-9,45	38,81	0,00	90,71	63	29	34	CH
SK-61	SPT	12,00-12,45	6,73	0,00	38,76	-	-	NP	SM
SK-61	SPT	25,50-25,95	19,91	0,00	66,24	40	22	18	CL
SK-61	SPT	30,00-30,45	40,94	5,91	92,90	65	28	37	CH
SK-63	UD	3.00-3.50	30,60	0,00	96,58	56	27	29	CH
SK-63	UD	6.00-6.50	29,52	0,00	92,53	52	25	27	CH
SK-63	SPT	7.50-7.95	31,84	0,00	90,94	55	26	29	CH
SK-63	SPT	10.50-10.95	11,84	36,23	12,31	-	-	NP	SM
SK-63	SPT	16.50-16.95	28,95	0,00	95,45	50	22	28	CH
SK-68	UD	3.00-3.50	13,42	8,47	50,20	39	19	20	CL
SK-68	SPT	4.50-4.95	5,95	71,55	7,82	-	-	NP	GM
SK-68	UD	6.00-6.50	8,71	40,08	25,45	-	-	NP	GC
SK-68	UD	10.50-11.00	11,20	27,56	29,44	-	-	NP	SC
SK-68	SPT	13.50-13.95	6,23	71,54	9,89	-	-	NP	GM
SK-68	SPT	19.50-19.95	12,31	8,86	50,21	38	20	18	CL
SK-71	UD	3.00-3.50	5,03	37,46	10,96	-	-	NP	SM
SK-71	UD	6.00-6.50	8,01	35,20	15,07	-	-	NP	SM
SK-71	SPT	7.50-7.95	12,65	23,65	29,72	-	-	NP	SC
SK-71	SPT	13.50-13.95	15,24	20,83	27,61	-	-	NP	SC
SK-71	SPT	19.50-19.95	31,64	0,00	82,89	51	25	26	CH
SK-73	UD	3.00-3.50	8,73	19,83	21,43	-	-	NP	SC
SK-73	SPT	4.50-4.95	5,35	49,27	20,91	-	-	NP	GC
SK-73	UD	6.00-6.50	11,06	12,45	25,35	-	-	NP	SC
SK-73	SPT	9.00-9.45	17,24	1,81	56,27	38	17	21	CL
SK-73	UD	10.50-11.00	15,58	0,52	36,64	-	-	NP	SC
SK-73	SPT	15.00-15.45	19,94	0,00	60,07	40	22	18	CL
SK-74	UD	3,00-3,50	7,10	40,41	9,19	-	-	NP	SM
SK-74	UD	6.00-6.50	13,36	3,95	37,55	-	-	NP	SC
SK-74	SPT	9.00-9.45	18,68	6,03	52,82	40	22	18	CL

EK-1 (DEVAM)

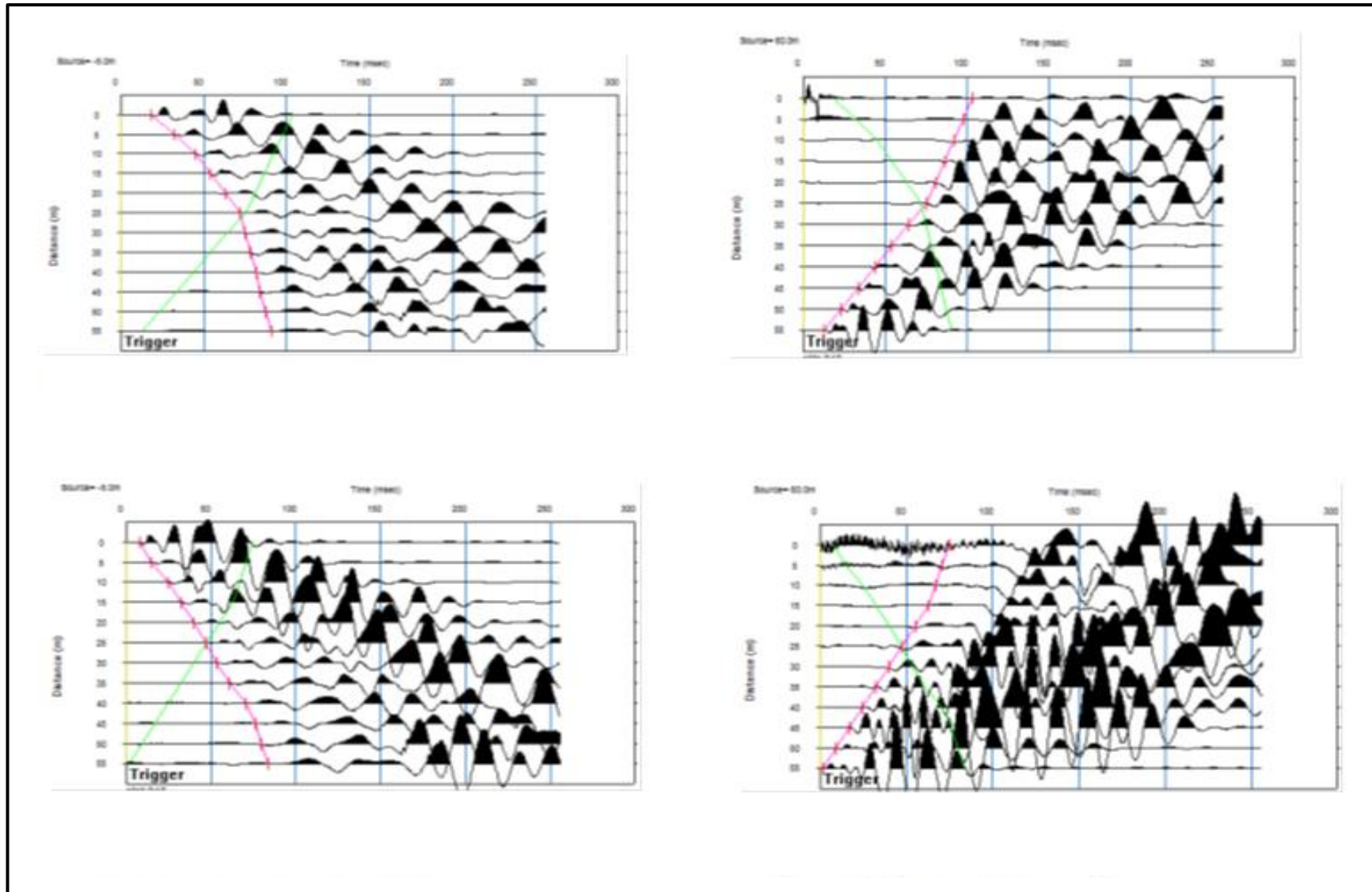
SK-74	UD	13.50-14.00	11,91	12,74	26,46	-	-	NP	SC
SK-74	SPT	15.00-15.45	15,82	13,73	42,08	38	16	22	SC
SK-76	UD	3,00-3,50	19,90	21,29	39,77	-	-	NP	SC
SK-76	SPT	4.50-4.95	15,31	13,97	51,65	39	17	22	CL
SK-76	UD	6.00-6.50	15,58	12,65	36,97	-	-	NP	SC
SK-76	SPT	9.00-9.45	23,44	0,00	82,97	41	25	16	CL
SK-76	UD	10.50-11.00	26,55	0,00	85,77	48	27	21	CL
SK-76	SPT	16.50-16.95	10,86	22,19	3,46	-	-	NP	SW-SP
SK-77	UD	3.00-3.50	23,20	0,00	92,80	42	20	22	CL
SK-77	UD	6.00-6.50	25,67	0,00	90,53	46	22	24	CL
SK-77	UD	9.00-9.50	23,83	0,00	94,74	41	26	15	ML
SK-77	SPT	12.00-12.45	27,04	0,00	95,88	49	25	24	CL
SK-77	SPT	15.00-15.45	10,80	58,08	6,95	-	-	NP	GM
SK-77	SPT	18.00-18.45	13,43	45,51	10,56	-	-	NP	GM
SK-78	UD	3.00-3.50	22,65	11,88	62,58	47	24	23	CL
SK-78	UD	6.00-6.50	17,37	6,51	63,95	40	22	18	CL
SK-78	SPT	9.00-9.45	18,90	6,95	74,79	47	21	26	CL
SK-78	UD	10.50-11.00	15,09	16,60	67,46	41	19	22	CL
SK-78	SPT	24.00-24.45	27,84	4,12	82,44	48	25	23	CL
SK-78	SPT	30.00-30.45	36,72	0,00	92,86	59	25	34	CH
SK-82	UD	3.00-3.50	20,23	0,00	84,63	40	22	18	CL
SK-82	SPT	4.50-4.95	12,21	51,75	21,54	-	-	NP	GC
SK-82	UD	7.50-8.00	13,77	18,01	52,14	34	16	18	CL
SK-82	UD	15.00-15.50	12,30	11,00	43,34	35	14	21	SC
SK-82	SPT	10.50-10.95	29,99	0,00	84,89	51	25	26	CH
SK-82	SPT	19.50-19.95	15,88	13,94	47,99	36	19	17	SC
SK-82	SPT	30.00-30.45	26,27	0,00	87,61	42	20	22	CL



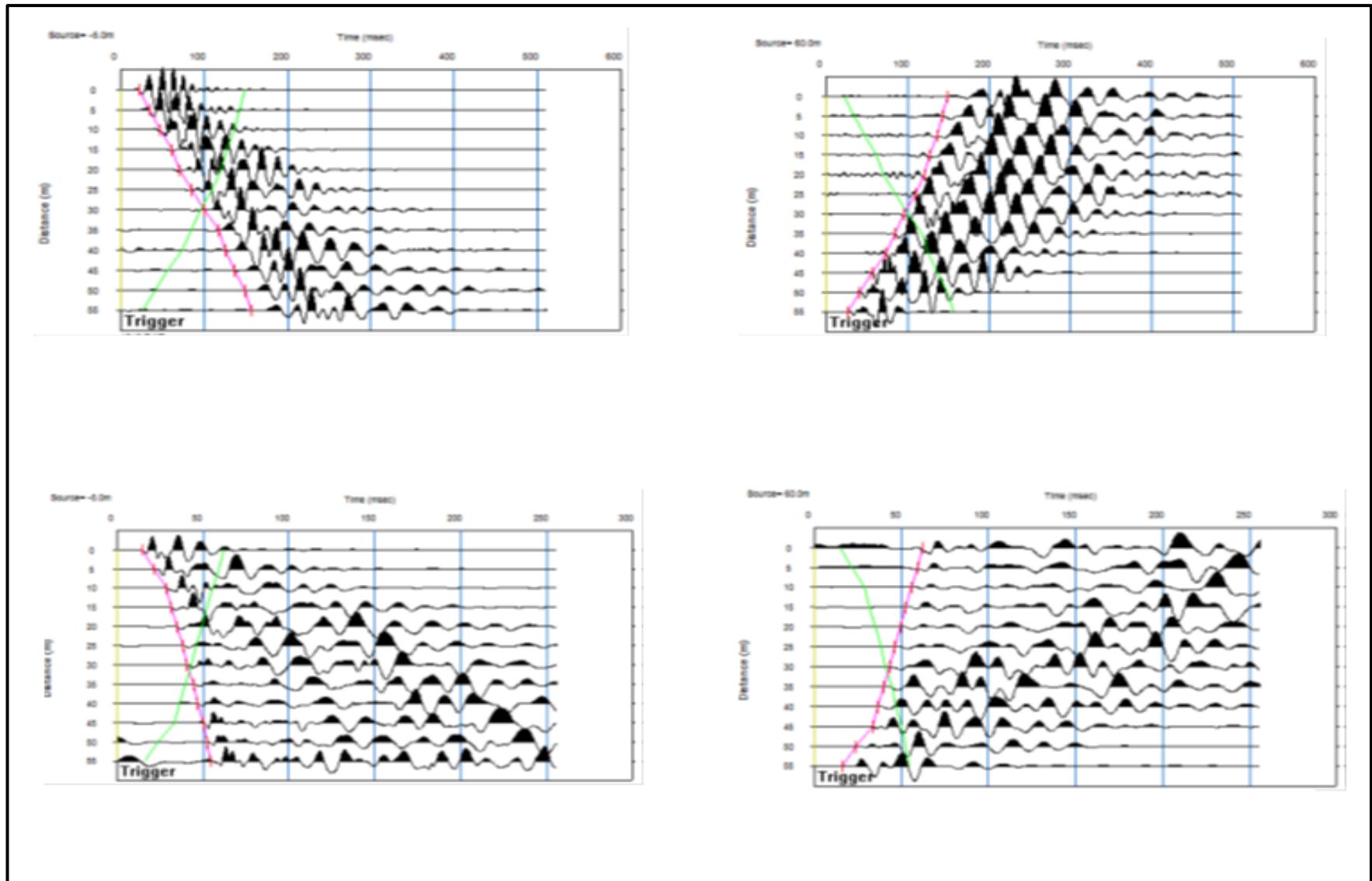
EK-2 (DEVAM)

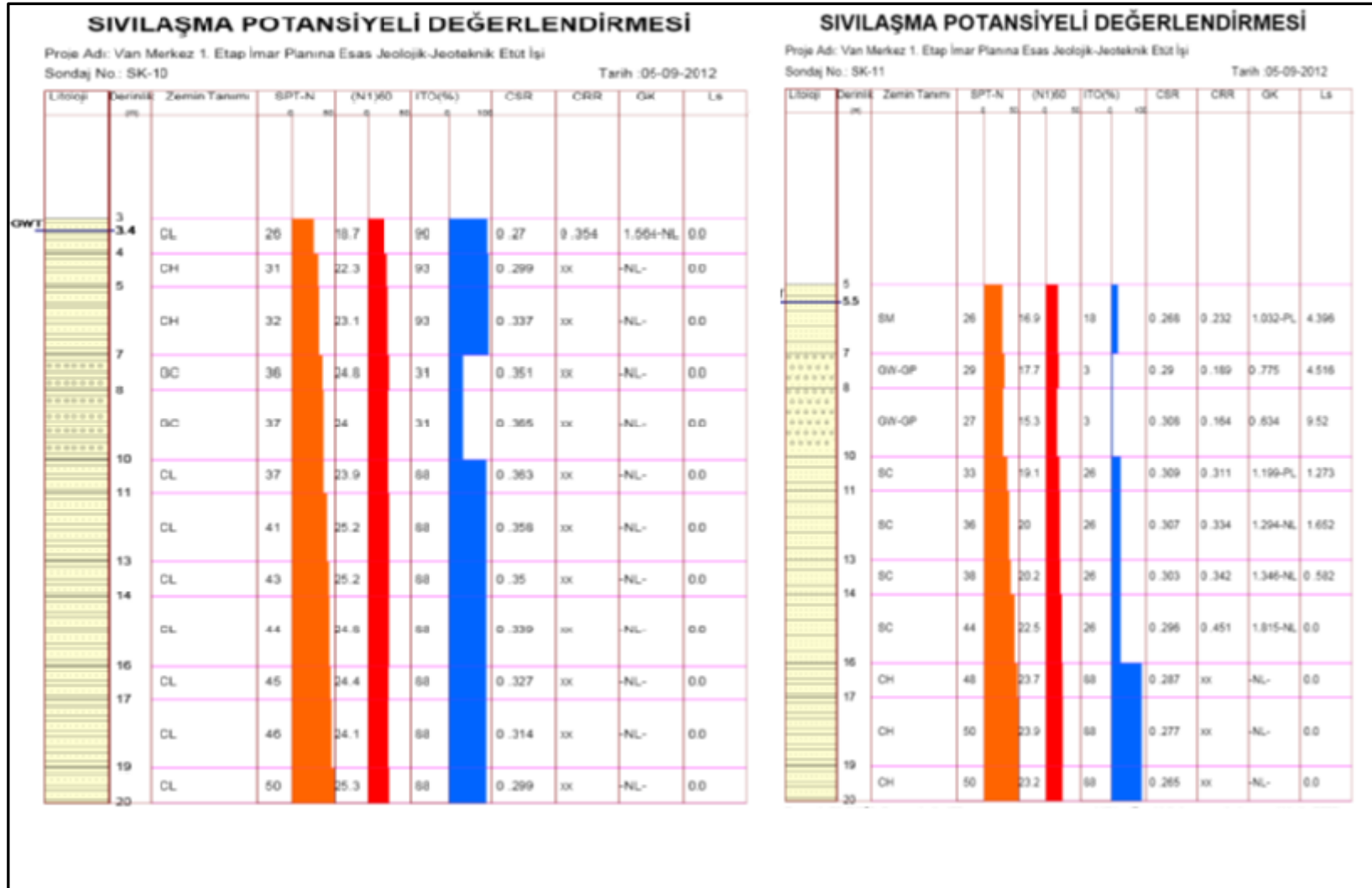


EK-2 (DEVAM)

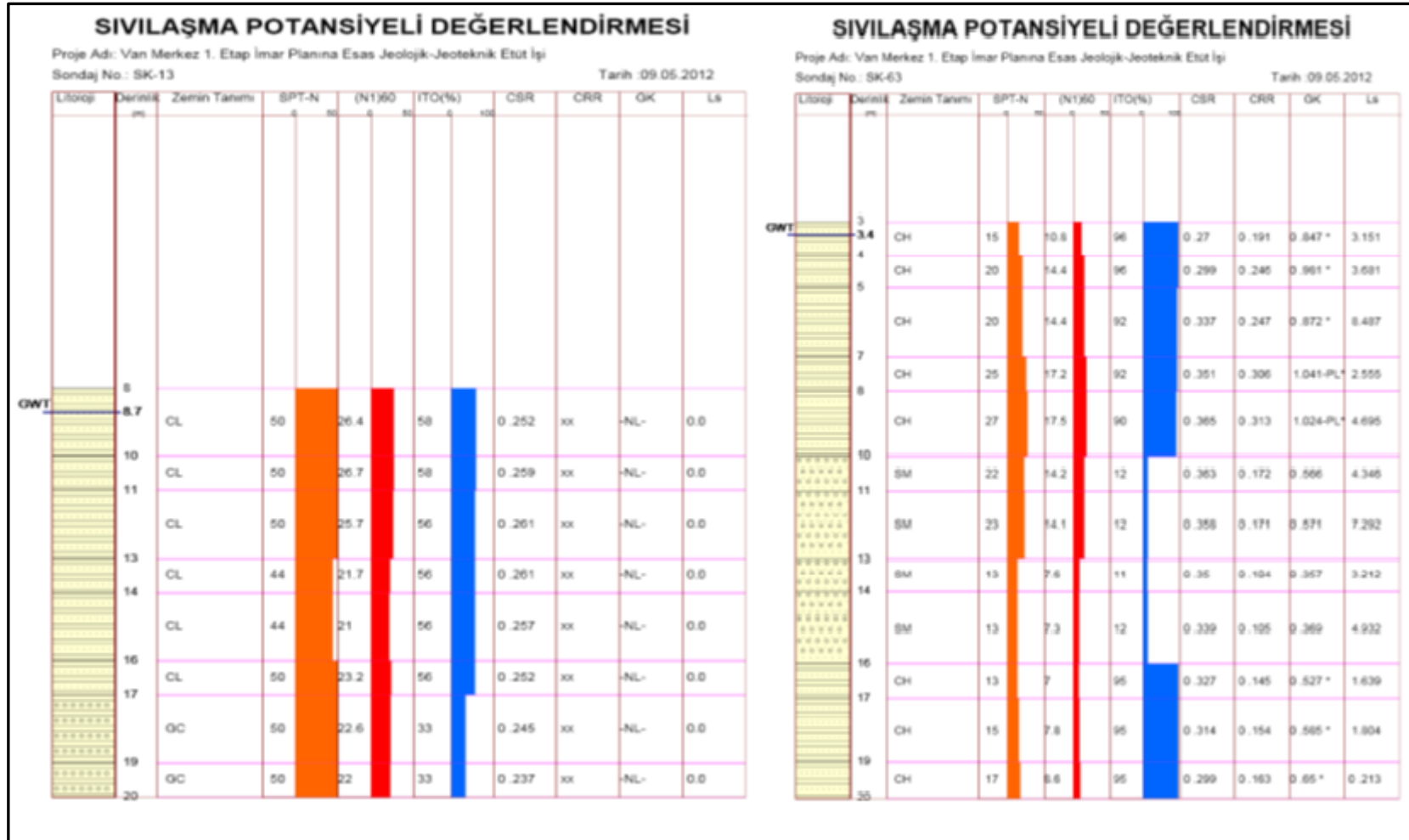


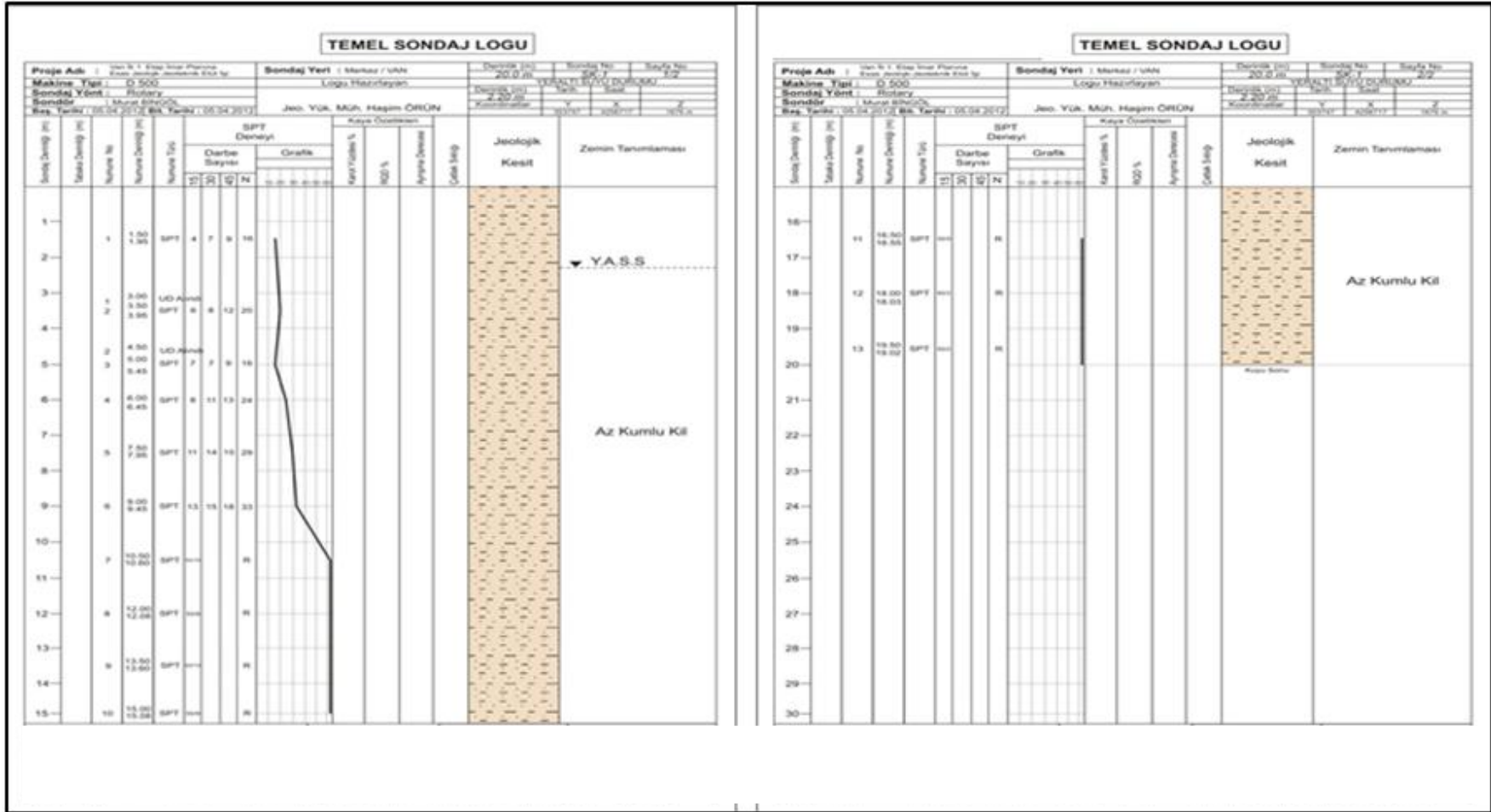
EK-2 (DEVAM)





EK-3 (DEVAM)





EK-4 (DEVAM)

TEMELE SONDAJ LOGU														
Proje Adı : Yen İ. E. Enerji Yatırım Etiler Jeo. İnşaatçılık Ltd. Şti.		Sondaj Yeri : Merkez / VAM			Derinlik (m) : 20,0 m		Sondaj No : 26-2		Sayfa No : 7/2					
Makine Tipi : D 500		Logo Hazırlayan :			Derinlik (m) : 6,00 m		YERLİ MÜHÜRLEMEKÜÇÜK		Tarih : 04/04/2017					
Sondaj Yöntemi : Rotary		Jeo. Yük. Müh. H. H. ÖRÜN			Kontrollör :		Kontrollör :		Kontrollör :					
Baş. Tarih : 05.04.2017		Baş. Tarih : 05.04.2017			Baş. Tarih : 05.04.2017		Baş. Tarih : 05.04.2017		Baş. Tarih : 05.04.2017					
Sondaj Derinliği (m)	Makine Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Tipi	SPT Deneyi			Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					Darbe Sayısı	Gratik		Kare Yüzölçü %	RGD %	Yapısal Durum				
					15	SR	10	N						
1		1	1,00 1,05	SPT	8	10	12	22						
2														
3		1	3,00 3,30	UD A sınıfı	10	15	20	35						
4		2	3,95	SPT										
5		3	4,50 4,95	SPT	10	16	20	36						
6		2	6,00 6,50	UD A sınıfı	14	17	23	40					▼ Y.A.S.S	
7		4	6,95	SPT										
8		5	7,50 7,95	SPT	16	20	24	44						Az Kumlu Kil
9		6	9,00 9,45	SPT	19	24	29	R						
10		7	10,50 10,95	SPT	23	24	30	R						
11														
12		8	12,00 12,45	SPT	26	27	30	R						
13		9	13,50 13,95	SPT	24	28	36	R						
14														
15		10	15,00 15,06	SPT										

TEMELE SONDAJ LOGU														
Proje Adı : Yen İ. E. Enerji Yatırım Etiler Jeo. İnşaatçılık Ltd. Şti.		Sondaj Yeri : Merkez / VAM			Derinlik (m) : 20,0 m		Sondaj No : 26-2		Sayfa No : 7/2					
Makine Tipi : D 500		Logo Hazırlayan :			Derinlik (m) : 6,00 m		YERLİ MÜHÜRLEMEKÜÇÜK		Tarih : 04/04/2017					
Sondaj Yöntemi : Rotary		Jeo. Yük. Müh. H. H. ÖRÜN			Kontrollör :		Kontrollör :		Kontrollör :					
Baş. Tarih : 05.04.2017		Baş. Tarih : 05.04.2017			Baş. Tarih : 05.04.2017		Baş. Tarih : 05.04.2017		Baş. Tarih : 05.04.2017					
Sondaj Derinliği (m)	Makine Derinliği (m)	Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Tipi	SPT Deneyi			Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					Darbe Sayısı	Gratik		Kare Yüzölçü %	RGD %	Yapısal Durum				
					15	SR	10	N						
16		11	16,50 16,94	SPT				R						
17														
18		12	18,00 18,09	SPT				R						Az Kumlu Kil
19														
20		13	18,50 18,54	SPT				R						
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														

ÖZ GEÇMİŞ

Müjdat Yaman 14.04.1988 tarihinde Kırıkkale'de doğdu. İlk orta ve lise öğretimini Kırıkkale'de tamamladı. 2006 yılında Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Haziran 2010'da mezun oldu. 2011 yılında Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans Öğrenimine başladı. Şu an Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nda Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaktadır.