

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜZCE İLİ MİKROBÖLGESEL ZEMİN
PARAMETRELERİNİN HARİTALANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Zeynan KELEŞ

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜH.

Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Günay BEYHAN

Eylül 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜZCE İLİ MİKROBÖLGESEL ZEMİN
PARAMETRELERİNİN HARİTALANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Zeynan KELEŞ

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜH.

Bu tez 13 / 09 /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Yrd.Doç. Dr. Günay BEYHAN
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr. Cengiz KURTULUŞ
Üye**

**Yrd. Doç. Dr. Mahir IŞIK
Üye**

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Eğitimin süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Sismoloji Anabilim Dalı Bşk. Yrd.Doç.Dr. Günay BEYHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Jeofizik Bölümü Arş.Gör. arkadaşım Alper Kıyak'a sonsuz teşekkürler.

Tezimin veri toplama aşamasında her türlü kolaylığı ve kaynağı sağlayan; Öztürk Mühendislik A.Ş., Jeo Yer altı Arş.A.Ş., J&J Mühendislik firması sahipleri değerli meslektaşlarıma ve çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Düzce Belediyesi İmar İşleri Müdürlüğü özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri, Harita ve Planlama servisleri başta olmak üzere tüm ekibe sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, babam Nevzat KELEŞ'e, annem Nevin KELEŞ'e ve canım kardeşim Miray KELEŞ'e sonsuz sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim.

Eylül 2006
Zeynan KELEŞ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1.İnceleme Alanının Tanıtılması.....	1
1.2.Düzce'nin jeolojisi.....	4
1.2.1. Genel jeoloji.....	4
1.2.1.1. Prekambriyen.....	4
1.2.1.2. Paleozoyik.....	4
1.2.1.3. Mesozoyik.....	5
1.2.1.4. Senozoyik.....	6
1.2.2. İnceleme alanının jeolojisi.....	9
1.2.2.1. Alüvyon (Qal).....	9
1.2.3. Bölgenin tektoniği.....	10

BÖLÜM 2.

DÜZCE İLİ MİKROBÖLGESEL ZEMİN PARAMETRELERİ HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

2.1. Düzce İlinde Yapılan Zemin Araştırma Çalışmaları.....	14
2.1.1. Jeofizik çalışmalar.....	18

2.1.1.1. Sismik kırılma çalışması	18
2.1.2. Zemin dinamik elastik parametrelerin tanıtılması.....	27
2.1.2.1. Kayma modülü (G)	27
2.1.2.2. Elastisite modülü (E).....	30
2.1.2.3. Bulk modülü (K)	33
2.1.2.4. Zemin oturması (ΔH)	36
2.1.2.5. Zemin hakim titreşim periyodu (T).....	39
2.1.2.6. Poisson oranı (ρ)	39
2.1.2.7. Zemin taşıma gücü (q_u)	43
2.1.2.8. Zemin emniyet gerilmesi (q_s)	46
2.1.2.9. Zemin büyütme değeri (b).....	49
2.1.2.10. Yoğunluk (d).....	49
2.1.3. Mikrotremor (titreşimcik) yöntemi	54
2.1.4. Sondaj çalışması ve arazi deneyleri	54
2.1.5. Uygulanan laboratuvar deneyleri	59
2.1.6. Yeraltı suyu seviyesi (YASS)	60
2.1.7. Zemin sıvılaşması.....	64
BÖLÜM 3.	
SONUÇLAR	67
BÖLÜM 4.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASTM	: Avrupa Standartlarına Göre Meteryal Testi
b	: Zemin Büyütme Değeri
B	: Temel Genişliği
BZSS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılması
C	: Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar..., orta sıkı kum, çakıl..., katı kil ve siltli kil...
CL	: Plastisitesi düşük veya orta inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, zayıf kil
CH	: Plastisitesi yüksek inorganik kil, şişkin kil
ÇFZ	: Çilimli Fay Zonu
d	: Yoğunluk
D	: Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak kalın alüvyon tabakaları..., gevşek kum..., yumuşak kil, siltli kil...
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DCy	: Yılanlı Formasyonu
DFZ	: Düzce Fay Zonu
E	: Young Modülü
G	: Kayma Modülü
GC	: Killi çakıl, çakıl-kum-silt karışımı
GM	: Siltli çakıl, çakıl-kum-silt karışımı
GP	: Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı ince malzeme çok az veya hiç yok
GW	: İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, ince malzeme çok az veya hiç yok
h	: Tabaka Kalınlığı
HFZ	: Hendek Fay Zonu

K	: Bulk Modülü
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KTa	: Akveren Formasyonu
Ky	: Yemişliçay Formasyonu
MH	: İnorganik silt, mikalı veya diyatomeli, ince kumlu veya siltli toprak, elastik silt
ML	: İnorganik ve çok ince kum kayaç unu, siltli veya killi ince kum veya plastisitesi düşük killi silt
N	: Ortalama Darbe Sayısı
ODe	: Ereğli Formasyonu
Oh	: Hendek Formasyonu
OH	: Plastisitesi orta veya yüksek organik kil, organik silt
OL	: Organik silt ve plastisitesi düşük organik siltli kil
Ok	: Kurtköy Formasyonu
Oko	: Kocotongel Formasyonu
Pey	: Metagronitoidler
PIQk	: Karapürçek Formasyonu
PTrç	: Çakraz Formasyonu
Qal	: Alüvyon
qs	: Zemin Emniyet Gerilmesi
qu	: Zemin Taşıma Gücü
Qy	: Kuvarterner yaşlı alüvyon
SC	: Killi kumi kum-kil karışımı
SM	: Siltli kum, kum-silt karışımı
SP	: Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok
SPSS	: Statistical Package for Social Science
SPT	: Standart Penetrasyon Testleri
SW	: İyi derecelenmiş kum, çakıllı kum. İnce malzeme çok az veya hiç yok
T	: Zemin Hakim Titreşim Peryodu
Tç	: Çaycuma Formasyonu
Tçy	: Yığılca Formasyonu

TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
u	: Boşluk Suyu Basıncı
V_p	: P dalgası Hızı
V_s	: S dalgası Hızı
YASS	: Yeraltı Suyu Seviyesi
Z3	: Deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfı, orta sıkı-bozuşmuş zemin, V_s ; 200-400 m/sn
Z4	: Deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfı, gevşek-yumuşak zemin, V_s ; < 200 m/sn
ρ	: Poisson Oranı
λ	: Elastik Sabit
μ	: Sıkışmazlık Modülü (rijitide)
σ'	: Efektif Basınç
σ	: Toplam Basınç
ΔH	: Zemin Oturma Miktarı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Yer Bulduru Haritası.....	2
Şekil 1.2.	Çalışma Alanı Pafta Anahtarı	3
Şekil 1.3a.	Düzce Havzasının Genelleştirilmiş Dikme Kesiti.....	7
Şekil 1.3b.	Düzce Havzasının Genelleştirilmiş Dikme Kesiti	8
Şekil 1.4.	İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası.....	12
Şekil 1.5.	Bolu ve Düzce Civarının Diri Fayları.....	13
Şekil 2.1.	Kullanılan Verilerin Düzce Pafta Anahtarı Üzerinde Gösterimi	16
Şekil 2.2a.	1. tabaka Zemin Emniyet Gerilmesi analiz öncesi görünüm	17
Şekil 2.2b.	1. tabaka Zemin Emniyet Gerilmesi analiz sonrası görünüm	18
Şekil 2.3a.	P dalgası Hızı Birinci Tabaka Haritası.....	22
Şekil 2.3b.	P dalgası Hızı İkinci Tabaka Haritası	23
Şekil 2.4a.	S dalgası Hızı Birinci Tabaka Haritası.....	25
Şekil 2.4b.	S dalgası Hızı İkinci Tabaka Haritası	26
Şekil 2.5a.	Birinci Tabaka Kayma Modülü Haritası.....	28
Şekil 2.5b.	İkinci Tabaka Kayma Modülü Haritası.....	29
Şekil 2.6a.	Birinci Tabaka Elastisite Modülü Haritası.....	31
Şekil 2.6b.	İkinci Tabaka Elastisite Modülü Haritası	32
Şekil 2.7a.	Birinci Tabaka Bulk Modülü Haritası.....	34
Şekil 2.7b.	İkinci Tabaka Bulk Modülü Haritası	35
Şekil 2.8a.	Birinci Tabaka Oturma Miktarı Haritası.....	37
Şekil 2.8b.	İkinci Tabaka Oturma Miktarı Haritası.....	38
Şekil 2.9.	Zemin Hakim Titreşim Peryodu Haritası.....	40
Şekil 2.10a.	Birinci Tabaka Poisson Oranı Haritası.....	41
Şekil 2.10b.	İkinci Tabaka Poisson Oranı Haritası	42
Şekil 2.11a.	Birinci Tabaka Zemin Taşıma Gücü Haritası	44
Şekil 2.11b.	İkinci Tabaka Zemin Taşıma Gücü Haritası.....	45

Şekil 2.12a. Birinci Tabaka Zemin Emniyet Gerilmesi Haritası	47
Şekil 2.12b. İkinci Tabaka Zemin Emniyet Gerilmesi Haritası	48
Şekil2.13a. Birinci Tabaka Zemin Büyütmesi Haritası	50
Şekil 2.13b. İkinci Tabaka Zemin Büyütmesi Haritası	51
Şekil 2.14a. Birinci Tabaka Yoğunluk Haritası	52
Şekil 2.14b. İkinci Tabaka Yoğunluk Haritası.....	53
Şekil 2.15a. Birinci Tabaka SPT Haritası	57
Şekil 2.15b. İkinci Tabaka SPT Haritası.....	58
Şekil 2.16a. Zemin tipi 1. tabaka haritası.....	61
Şekil 2.16b. Zemin tipi 2. tabaka haritası	62
Şekil 2.17. YASS haritası	63
Şekil 2.18. Sıvılaşma.....	66

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Geometrics Smart Seis Dijital Sismograf ve ölçüm araç gereçleri.....	19
Resim 2. Sismik ölçü alım çalışması	20
Resim 3. Düzce İli'nde sondaj çalışmalarında kullanılan sondaj makinası.....	55

ÖZET

Anahtar kelimeler: Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Düzce Fayı ve Çilimli Fayı

Bu çalışma, Düzce İlinin zemin parametre haritalarını hazırlayarak Düzce İli'nin yerleşime ne derece uygun olup olmadığını ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Bu amaca uygun olarak, Düzce İli'nde imar revüzyon çalışmaları kapsamında yapılmış olan, 285 zemin sondajı çalışması, 185 sismik kırılma çalışması ile elde edilen veriler incelenmiştir. Ayrıca Düzce Belediyesi tarafından yaptırılmış parsel bazındaki zemin etüd raporlarından elde edilen veriler kullanılmış olup elde edilen zemin parametreleri haritalanmıştır. Oluşturulan haritalara göre sonuçları kısaca özetlersek;

İnceleme alanında zemin, yaygın olarak tek jeolojik birim, Düzce ovasını dolduran genç akarsu ve göl çökellerinden oluşmaktadır. Bölgede alüvyonal malzemenin yüzeylemekte ve kalınlığının 250m ye kadar ulaştığı düşünülmektedir. İnceleme alanı genelinde yer altı su seviyesinin yüksek olması, alüvyon karakterli zeminin birçok kesiminde sıvılaşma riskinin varlığına neden olmaktadır. Bu zeminin içerdiği çeşitli zemin tiplerine göre il genelinde değişik dağılım gösteren sismik hızların düşük olması paralel olarak elde edilen elastik parametre sonuçlarının da düşük olmasına neden olmuştur. Zemin tipi, yer altı suyu seviyesi, sıvılaşma riski, sismik hızlar ve sismik hızlarla paralel değiştiği görülen elastik parametre haritalarına bakıldığında inceleme alanı, merkez başta olmak üzere genelinde düşük değerler elde edildiği ve kuzeye doğru gidildikçe zemin değerlerinde güneye nispeten yüksek değerlerin elde edildiği gözlenmektedir. Merkezde ve güney kesimlerdeki yoğun nüfus, deprem sonrası yapılaşma çalışmaları ve yorgun zeminin özelliklerinin sismik ölçüm sonuçlarına yansıdığı düşünülmektedir.

FORMATION OF MICRO REGIONAL PARAMETER MAPS IN DUZCE CITY

SUMMARY

Keywords: North Anatolian Fault (NAF), Duzce Fault and Cilimli Fault

Aim of this study is to display whether the province Duzce is suitable for settlement or not by preparing ground parameter map of Duzce.

To be in line with this aim, data which is obtained during development and reconsideration studies of Duzce province has been investigated. These studies included 285 ground drilling operations and 185 seismic breaking operations. In addition, data gathered from the ground survey reports in parcel terms that is performed by Duzce Municipality has been used. Moreover, these reports have led to map the ground parameters. To conclude regarding the maps created;

The ground within the area of survey, the only common geologic unit, is composed of young rivers and lake cavities filling the Duzce valley. It is considered that the alluvial material in the region has being accumulated and the thickness of this mass has reached up to 250 meters. The risk of liquefaction of alluvium characterized materials in most of the ground has increased due to the fact that the level of ground water within the area of study is high. The fact that the seismic speeds distributed in the city in general according to various ground types are low has resulted in the elastic parameter results also being low. Looking at the ground type, level of ground water, risk of liquefaction, seismic speeds, and elastic parameter maps changing depending on these speeds, low values have been obtained in the area of survey around the city, especially in the city center. Furthermore, higher values compared the South have been observed toward the North. It is considered that intense population in the center and the south part of the city, rebuilding works after the earthquake, and the features of strained ground have reflected on seismic measurement results.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemizin aktif bir tektonik yapı üzerinde olması, heyelan ve benzeri doğal afetlere elverişli bir topoğrafya ile birleşmesi, yerleşime açılmış alanlardaki yapılaşmalarda zemin özellikleri iyi olan bölgelerin tespit edilmesi ve bu bölgelerin ölçekli zemin parametre haritalarının oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu sayede zemin parametre haritalarıyla sağlam bir yapılaşmanın ilk adımı oluşturulacaktır.

Coğrafik bir bölgenin araziye ilişkin temel zemin parametre bilgilerinin toplanması, saklanması ve güncellenmesi sonucu zemin parametre haritaları ortaya çıkarılabilir. Oluşturulan haritalar sayesinde bilgi edinme süresinin azalması, hem insan gücü, hem de maliyet konularında önemli bir kazanca neden olacaktır.

Bu çalışmada ise, öncelikle zemin parametre haritalarının oluşturulması için gerekli olan verinin elde edilmesi, tasarlanması ve kullanımına yer verilmiştir. Haritaların oluşturulması için Düzce İli'nde uygulanmış zemin etüt çalışmalarından elde edilen zemin parametreleri değerlendirilmiş ve veri toplama çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada Düzce Bölgesi için ayrıntılı zemin parametresi haritaları elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

Düzce ili yerleşim alanı, Ankara- İstanbul D-100 Karayolu üzerinde olup Ankara'ya yaklaşık 250 km, İstanbul'a ise 210 km uzaklıktadır. D-100 karayolu bölgeyi ikiye ayırır. İklim bakımından Düzce İli'nde yağışlı Karadeniz iklimi hakimdir. Düzce ve çevresi morfolojisi, platolar, şekiller taban arazileri, birikinti yelpazeleri vadi ve yamaç sistemlerinden oluşmaktadır. Dört tarafı dağlarla çevrili geniş bir ova şeklindedir. İnceleme alanı düz bir topografyaya sahiptir.

Türkiye'nin illeri arasındaki yeri, Bolu ili topraklarının batı ve kuzeyinde Sakarya ilinin doğusunda ve Zonguldak İlinin güneybatısında yer alır. Kuzeyinde Karadeniz ile sınırdır. Diğer illerle sınırlarını tabii sınırlar oluşturur. Bu sınırlar kuzeybatıda Sakarya ile Melen Çayı, batı ve güneyde dağların üst kısımları oluşturur. Deniz seviyesinden yüksekliği 160 metre kadardır. Güneydeki bu dağlar, batıdan doğuya Keremali, Elmacık, Güney Bolu ve Sünnice dağlarıdır.

Düzce'nin kuzeyinde Akçakoca, kuzeydoğusunda Yığılca, kuzeybatısında Çilimli ve Cumayeri, batısında Gümüşova ile güneydoğusunda Gölyaka ilçeleri yer alır. İnceleme alanının yer gösterim haritası Şekil 1.1' de , il merkezi pafta anahtarı ise Şekil 1.2 'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Yer Bulduru Haritası [2]



Şekil 1.2. Çalışma alanı pafta anahtarı [1]

1.2. Düzce'nin jeolojisi

1.2.1. Genel jeoloji

İncelenen bölge, güneyde ve kuzeydoğusunda Bolu İl sınırı doğusunda Zonguldak il sınırı batıda Sakarya il sınırı ve kuzeyinde Karadeniz ile çevrilmiştir.

Düzce ovasını çevreleyen birimler yaşlıdan gence doğru özetlenerek aşağıda kısaca tanıtılmıştır [3].

1.2.1.1. Prekambriyen

Metagranitoidler (PEy):

İnceleme alanının güney batısında yüzeyleyler. Burada Kuvaterner tortulları ile dokanağını Düzce Fayı oluşturur.

1.2.1.2. Paleozoyik:

Bölgede en yaşlı birim Hendek formasyonu (Oh) olup başlıca, kumtaşı, silttaşı ve şeyl araldanmalıdır. Formasyon 1500-2000 m arasında kalınlık göstermektedir. Altta kumtaşıyla başlayan formasyon üst seviyelere doğru kumtaşı ve şeyl araldanması şeklinde devam etmektedir. Yaşı, Alt Ordovisiyen'dir.

Hendek formasyonunun üzerine uyumlu olarak Ereğli formasyonu (ODE) gelmektedir. Formasyon tabanda, ince-orta, yer yer kalın tabakalı şeyl ve kumtaşı araldanması ile başlar üst seviyelere doğru kireçtaşları şeklinde devam eder. Bunu en üstte Brachiopod fosilli şeyller izler.

Yılanlı formasyonu (DCy), rekristalize kireçtaşı ve dolomitten oluşmuştur. İnce-orta yer yer kalın tabakalanmalı olarak izlenen birim, en altta yumrulu kireçtaşı, silttaşı ve çamurtaşı ile başlayıp üstte kireçtaşı ve dolomitlerle devam eder. Sığ denizel ortamda çökelmiştir.

Bölgede Paleozoyik' te çökelen son birim Çakraz formasyonu (PTrç), altta, dolomit, şeyl, kumtaşı, kireçtaşları ve çakıltaşı seviyeleri ile başlar. Çakıltaşları üste doğru kırmızı renkli kumtaşı, siltli çamurtaşı ardalanmalı düzeylere dönüşür. Çamurtaşları içerisinde lamelli-branj fosilleri içeren kireçtaşı mercekleri vardır. Birim Permiyen yaşlı olup, Yılanlı formasyonunu açısız uyumsuzlukla örtmektedir.

1.2.1.3. Mesozoyik:

Bölgede görülen, volkanik kumtaşı, aglomera, tüf-tüfit, andezit-bazalt, kıltaşı, killi kireçtaşı ve miktirik kireçtaşından oluşan birim Yemişliçay Formasyonu (Ky)'dur. Yemişliçay formasyonu, gri, yeşil, kırmızı, sarı, kahverengi ve alacalı renkli, ince-orta-kalın katmanlı, yer yer masif görümlü, piroklastik ve lavlardan meydana gelmektedir. Birim genel olarak, altta volkanik kumtaşı, kıltaşı ile başlayıp üstte doğru aglomera, tüfit-tüf şeklinde devam eder. Bunların üstünde ise kumtaşı, kıltaşı, tüf-tüfit ardalanması izlenir. Birim, Permiyen yaşlı Çakraz formasyonunu uyumsuz olarak örtmekte olup Turoniyen-Kampaniyen yaşındadır.

Akveren Formasyonu (KTa), kıltaşı, marn, killi kireçtaşı, silttaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve volkanitlerden oluşmaktadır. Birim, sarı, beyaz, grimsi yeşil, yer yer kırmızı renkli ince-orta-kalın katmanlı, ender olarak masif görümlüdür. Tabanda açısız uyumsuzlukla geldiği yerlerde, kumtaşı, çakıltaşı ve kırıntılı kireçtaşı ile başlayan birim, üste doğru, çoğunlukla killi kireçtaşı-marn olmak üzere kıltaşı, silttaşı ardalanmalı olarak devam eder. Akveren formasyonunda görülen volkanitler ise andezit ve bazalt kökenli olup diğer litolojileri keser. Formasyon şelf ortamını temsil etmektedir.

Çaycuma formasyonu (Tç), kumtaşı, çakıltaşı, marn, kireçtaşı, volkanoklastik ara düzeyleri ile çakıltaşından oluşmaktadır. Birimde volkanik malzeme içeren kesimleri Yığılca üyesi olarak, karbonatlı kesimleri ise Kaynarca Üyesi olarak adlandırılmıştır. Yığılca üyesi, andezit ve bazaltlardan meydana gelmektedir. İçerisinde kalın tabakalı aglomera, tüf ve kumtaşları ile nummilitli kireçtaşları bulunmaktadır. Birimin yaşı Alt Orta Eosendir. Kaynarca Üyesi ise nummilitli kireçtaşları ile başlar üste doğru

kumtaşı ara seviyeli marnlarla devam eder. Şelf ortamını temsil eden birim Alt Orta Eosen yaşındadır.

1.2.1.4. Senozoyik

Çaycuma formasyonu (Tç):

İncelenen alanın kuzeyi ve batısında gözlenen bu formasyon Orta-batı Karadeniz bölgesinin en genç birimidir. Kumtaşı-konglomera-marn-tüfit ardalanmasından oluşan bir litolojisi vardır. Bazı bölgelerde volkanitlerin egemenliği dikkat çeker. Çoğunlukla gri-yeşil olarak bulunurlar. Erken-Orta Eosen yaşlıdır. İçindeki geniş yayımlı volkanitler Yığılca üyesi olarak ayrılır.

Karapürçek formasyonu (PIQk):

İnceleme alanının doğusunda, temel kayaların etek düzlükleri teşkil edecek şekilde bulunur. Birimin litolojisi yamaç molozu ve alüvyon yelpazesi çökellerinin karışımından oluşmuş konglomera-kumtaşı-çakıltaşı karışımıdır. Yaşı Erken Kuvaternerdir.

Tersiyer çökelleri:

İncelenen bölgede Pliyosen ve daha yaşlı birimlerin ayrılarak zemin özelliği kazandığı ve genellikle yüksek topografyada görülen kil, silt, kum ve çakıllı seviyeler Pliyo-kuvaterner çökeller olarak belirlenmiştir. Alüvyon zeminlerden yüksek topografyada çökelmelerinden ayırt edilirler.

Alüvyon (Qal):

Bölgede yüzeyleyen en genç birim ise Kuvaterner yaşlı alüvyondur. Kum, kil, silt ve çakıldan oluşmuştur. Tutturulmamış malzemedan oluşan alüvyonun kalınlığı ova ortalarında 250 m'ye kadar artmaktadır. Bölgeye ait genelleştirilmiş dikme kesiti

Şekil 1.3a ve Şekil 1.3b 'de verilmiş olup birimlerin il genelindeki dağılımının gösterildiği jeoloji haritası Şekil 1.4 'de verilmiştir.

Üst sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Kalınlık (m)	KAYA TÜRÜ	
KUVATERNER						
TERSİYER	Pliosen		Karapürçek			
		EOSEN	Alt-Orta Eosen	Çaycuma	~ 1200	
	Yığılca					
MESOZOYİK	KRETASE-PALEOSEN		Akveren	500-700		
			Yemişliçay	200-300		
PALEZOYİK	PERMI.-TRİYAS		Çakraz	~ 500		
			Yılanlı	100-150		
	DEVONİYEN	A. Dev.-Ordovi.		Ereğli	400-500	
				Kurtköy	~ 1500	
				Kocatöngel	800-1000	
PREKAMBRIYEN	TEMEL					

Şekil 1.3.a. Düzce Havzasının genelleştirilmiş dikme kesiti [3]

Kalınlık (m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
		Q: Döküntü, alüvyal, gölsel tortullar
		PIQk: Zayıf tutturulmuş, çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı
~ 1200		Tç: Marn, çamurtaşı ara seviyeli kumtaşı
		Tçy: Marn ara seviyeli volkanik kumtaşı, aglomera, tuf ve lav
500-700		KTa: Kiltası, silttaşı ara seviyeli killi kireçtaşı-marn ve resifal kireçtaşı
200-300		Ky: Volkanik kumtaşı, kiltası, aglomera, andezitik-bazaltik lav, tufit ve mikritik kireçtaşı
~ 500		PTrç: Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı
100-150		DCy: Dolomitik kireçtaşı, dolomit
400-500		ODE: Kireçtaşı ara seviyeli şeyl-kumtaşı
~ 1500		Ok: Çamurtaşı, silttaşı, çakıltası ara seviyeli kumtaşı
800-1000		Oko: Kumtaşı araseviyeli silisli çamurtaşı
		PEy: Granit, amfibolit, migmatit, mermer ve şist

Sekil 1.3.b. Düzce Havzasının genelleştirilmiş dikme kesiti [3]

1.2.2. İnceleme alanının jeolojisi

İnceme alanında yüzeyleyen birim Kuvaterner yaşlı Alüvyon' dur (Q). (Şekil 1.4)

1.2.2.1. Alüvyon (Qal) :

İnceleme alanında açılan sondajdan alınan bozulmuş ve bozulmamış örneklerin gözle yapılan tanımlamalardan çoğunlukla kumlu silt malzemesi geçilmiştir. Kuvaterner yaşlı alüvyonun (Q) üst seviyelerden aşağı doğru yaklaşık 1 m kalınlığında dolgulu ve toprak yüzlek verir. Yukarıdan aşağıya doğru; kumlu siltli kil, az siltli kumlu çakıl ve az çakıllı kumlu siltli kil serileri geçmektedir. Arazi düz olup; yapılan sondajlarda zemin gözlenmiştir .

İnceme alanımızı dolduran sedimanlar, ova kenarındaki yelpazelerin uç kesimlerini temsil eden ince taneli kırıntılılar (silt, kil), havza içinden geçen nehir ve akarsuların (Büyük Melen, Asarsuyu ve Karaca Deresi) değişik kesimlerinde (bar, set, taşkın ovası, bataklık) çökelmiş kanal çakılları, kum barları, silt, organik maddece zengin çamur ve göllerde yığılmış kil ve çamurlardan oluşur. Zaman içinde akarsuyun yatak değiştirmesi sonucu, değişik akarsu ve bataklık ortam fasiyeslerinin konumları da birbirlerine göre değişmektedir. İnceleme alanımızda kil çok egemen fasiyes türüdür. Sediman kalınlığı genel olarak 200 m den fazladır. Genel olarak kil ve çakıl egemen olmakla birlikte, yanal ve düşey yönde sıkça değişim gösterdiği anlaşılmaktadır.

Havza kenarı fasiyes oluşumuna bağlı olarak meydana gelen yelpaze ve deltalar akarsuların enerjilerini ani olarak yitirmesi sonucu, taşıyıp getirdikleri iri ve ağır malzemenin yığılmasıyla oluşmuş koni biçimli depolanma yapılarıdır. Bu yapılar genelde değişik boyutlu, seçilmemiş, yuvarlak - köşeli blok, çakıl, kum ve silt karışımından oluşur ve gevşek bir malzeme yığınıdır. Tane boyu yelpazenin oluşum noktasından uzağa doğru küçülür. Sedimanlar, kaynak kayanın türü ve bileşimine göre şekillenir. Bölgedeki yelpaze tortulları, havza kenarında yüzeyleyen hemen hemen tüm kayaların çakıllarını içerir. Erken Kuvaterner sırasında oluşmuş eski yelpazeler, diri faylar nedeniyle fay taraçaları olarak yükseltilmiştir (20-100 m

arasında). Yeni yelpazeler, akarsuların deniz yada göle ulaşmış olduğu yerlerde oluşan koni biçimli sediman yığılımları veya deltalar olarak tanımlanır.

Gerek yelpazeler, gerekse yelpazelerin bileşimiyle oluşmuş yelpaze önlükleri ve Deltalar, kalınlığı 20 m-260 m arasında değişen, hiç pekişmemiş çakıl, kum, silt ve distal kesimlerinde de çamur ve killerden oluşur. Gözenekliliği çok yüksek olan bu sedimanlar, mevsimlere bağlı olarak su ile duygun hale geldiklerinde bir taraftan sıvılaşmaya diğer tarafından sismik dalga periyotlarında önemli artmaya neden oldukları, bu yüzden de yerleşim ve yapılaşma için elverişsiz zemin türünü oluştukları bilinen bir gerçektir.

1.2.3. Bölgenin tektoniği

Düzce havzası ve dolgusu, Türkiye neotektonik döneminde gelişmiş olmasına karşın havzanın temel kayaları paleotektonik dönemin farklı kökenli birliklerinden oluşmuştur. Düzce havzasının temelindeki en yaşlı metamorfikler muhtemelen Sakarya zonuna aittir. Doğu Marmara bölgesinin jeolojik iskeleti Eosen-Oligosen sırasında intrapontit okyanusunun kapanmasıyla kurulmuştur. Bu sırada oluşan yaygın bir kıtasal volkanizma yörede geniş alanlar örten yığılca üyesini üretmiştir.

Neotetis okyanusunun kapanması Türkiye’de paleotektonik dönemin sona ermesini ve ardından neotektonik dönemin başlamasını temsil eder. Bu yeni dönemin en belirgin oluşumu Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)’dur. KAFZ ile ilgili olarak Düzce yakınındaki başlıca faylar Düzce, Hendek ve Çilimli faylarıdır. (Şekil 1.5)

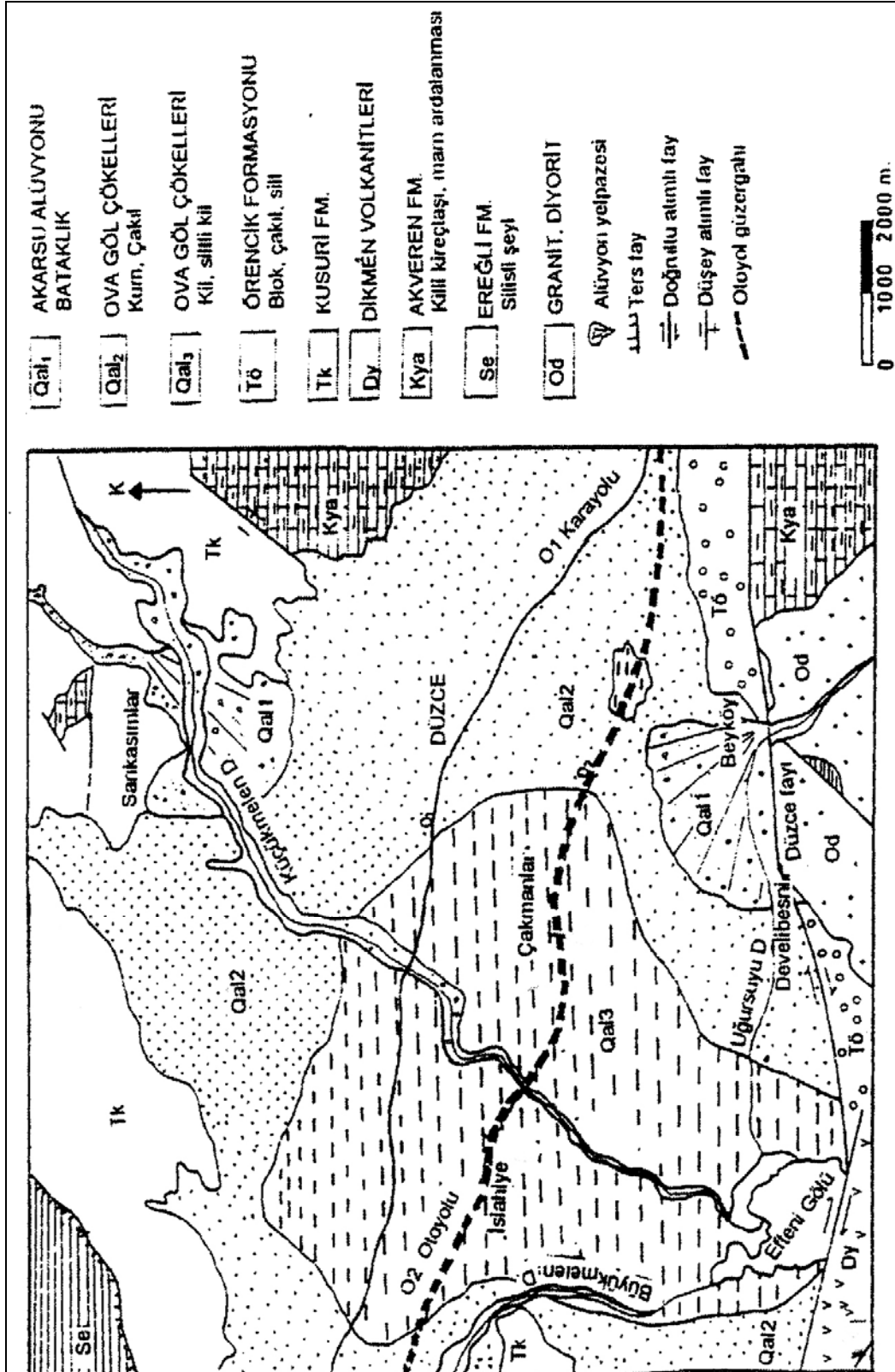
Düzce fayı Akyazı-Kaynaşlı arasında toplam 70 km uzunlukta olup, Düzce ovasını güneyden sınırlar. Doğrultu atımlı ve sağ yönlüdür. Bunun 30 km.lik kısmı 17 Ağustos 1999 depremi ile; kalan kısmı da 12 Kasım 1999 depremi ile kırılmıştır. 13 km uzunluğundaki Çilimli fayı Cumayeri-Konuralp arasında KB doğrultusunda uzanır.

Bölge KAFZ' ın tali faylarıyla birlikte karmaşık yapısal unsurlar sunmaktadır. Bölgede Prekambriyen ' den günümüze kadar, magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalar mostra vermektedir.

Ordovisiyen döneminde bölge hem karasal hem de sığ denizel ortamlarla temsil edilir. Devoniyen' de ise sığ denizel ortam devam etmiştir. Bölge Permiyen' de tekrar karasallaşmıştır.

Triyas' ta derin ve sığ denizel ortam çökellerine ait birimler bulunmaktadır. Jura yaşlı birimler sığ denizel ve yamaç ortamını temsil ederlerken Kretase, magmatik ve metamorfik seviyelerle başlayıp üstte doğru sığ denizel sedimanter kayalarla devam etmektedir.

Paleosen döneminde akarsu ve sığ denizel çökeller mevcuttur. Eosen karasal birimlerle başlayıp sığ denizel birimlerle devam etmektedir. Bu dönemde volkanik faaliyetler mevcuttur. Pliyosen' de ise gölsel ortama geçiş olmuş ve Miyosen' de bölge tekrar karasallaşmıştır.



Şekil 1.4. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisi haritası [4]

BÖLÜM 2. DÜZCE İLİ MİKROBÖLGESEL ZEMİN PARAMETRESİ HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

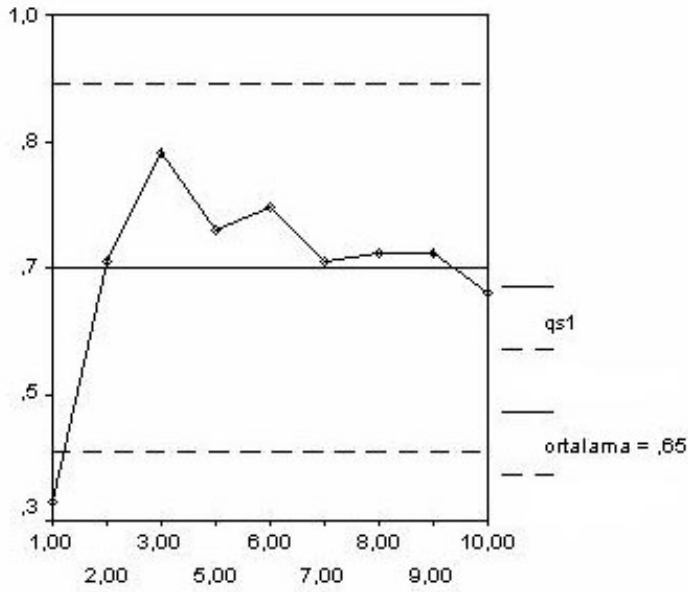
2.1. Düzce İlinde Yapılan Zemin Araştırma Çalışmaları:

Düzce kent merkezinin 12 Kasım 1999 tarihinde meydana gelen deprem sonrasında yeniden yapılandırılması, onarım, sağlıklılaştırma, yenilenmesi ve geliştirilmesine yönelik planlama ve projelendirme hizmetleri kapsamında; öncelikle kent mia'sı ile çevresindeki kent dokusunu kapsayan nazım imar planı revizyonları yapılmıştır. Bu amaçla Bayındırlık İskan Bakanlığının 15 Ekim 1999 tarihinde yayımladığı 12297 sayılı (10 nolu) genelge gereği planlama öncesi bu kesimlerdeki zemin özelliklerinin en iyi şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Bu nedenlerle Düzce İli'nde yapılmış olan 3 adet imar planına esas revüzyon zemin etüd çalışması yapılmıştır. Bunlardan ilki Eylül 2000 tarihinde ESER Sondaj tarafından 3444 hektarlık alanda yapılmış olan jeolojik-jeoteknik etüd çalışmasıdır. Bu çalışma kapsamında şehrin çeşitli yerlerinde jeolojik ve jeofizik etüd çalışmaları yapılmıştır. Etüd kapsamında 115 noktada karşılıklı atışlı (S dalgası dahil) sismik kırılma yöntemi, 185 lokasyonda zemin sondajı yapılmıştır ve yapılan çalışmalar ışığında elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ancak sonuçlara göre elde edilen jeoloji haritasında 4 bölgeye ayrılmış olup, yıkımın ve hasarın çok olduğu ve zemin parametrelerine, yeraltı suyuna ve sıvılaşma potansiyeli göz önüne alınarak sakıncalı alan olarak belirlenmiştir. Sakıncalı alan belirtilen yerler Düzce'nin en yoğun yerleşme alanları olduğundan ve bu bölgelerde zemin açısından yapılaşmaya uygun olmadığından ayrıntılı tarama yapabilmek amacıyla, Düzce merkez ilçesi imar sınırları içerisinde kalan, üç parçadan oluşan toplam 244 hektarlık alanın (diğer etüdde sakıncalı alan çıkan yerler) 7269 sayılı kanuna göre jeolojik, jeofizik ve jeoteknik açıdan incelenmesi yapılmış ve yerleşime uygunluğu değerlendirilmiştir. Çalışılan alanda, jeofizik ölçümlerden atışlarla S ve P dalgası hızlarının ölçüldüğü, her bir serimde beş atışlı 30 adet kırılma ölçümü ile 60 lokasyonda mikrotremor ölçümü yapılmıştır. 60 adet zemin sondajı yapılarak bu sondajlardan alınan zemin numuneleri üzerinde

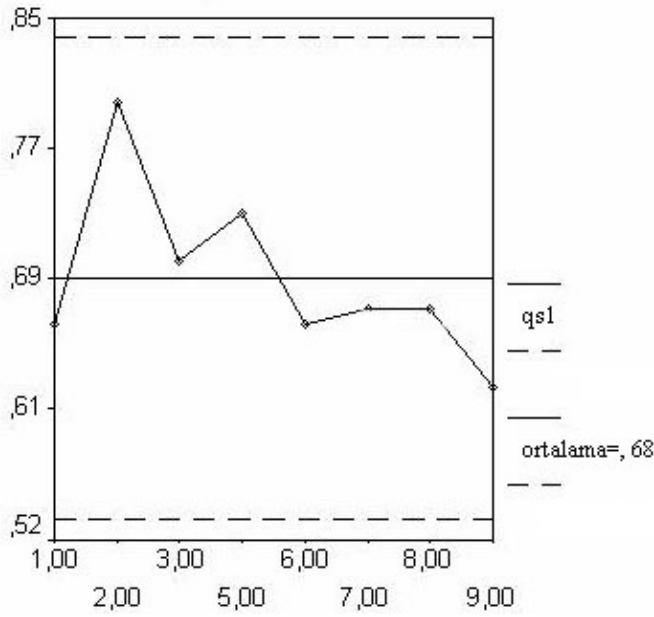
laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Jeolojik, jeofizik ve jeoteknik veriler birlikte değerlendirilmek suretiyle çalışılan alanın zemin taşıma kapasitesi hesaplanmış; sıvılaşma analizleri yapılmış ve yerleşime uygunluğu değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler ışığında bu bölgeler önlem alınmadan yapılaşmaya izin verilmeyen alanlar olarak belirlenmiştir. Daha sonra, Düzce Belediyesi'nin Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan 15.10.1999 tarih ve 12297 sayılı (10 Nolu) Genelgesi gereği 27-3-2001 tarihinde onaylanan revize imar planının tadilat çalışması için Öztürk Mühendislik ve Akkurt Mühendislik firmaları tarafından Mart 2005 tarihinde 3444 hektarlık alanda revize imar planına esas jeolojik-jeofizik ve jeoteknik parametreler tekrar düzenlenmiştir. Bu amaca yönelik olarak yerleşim alanında, Jeolojik (Etüt ve jeolojik haritalama), Jeoteknik (temel sondajları, arazi ve laboratuvar deneyleri) ve Jeofizik çalışmalar (sismik kırılma ölçümleri) yapılmıştır. İnceleme alanındaki zemin ve kaya birimlerinin mühendislik jeolojisi özellikleri, olası zemin problemleri ve zemin koşulları belirlenerek yerleşime uygunluk açısından değerlendirme yapılmıştır.

118 paftadan oluşan inceleme alanında, her bir paftaya düşen verilerin güvenilir olup olmadığını araştırmak için veri analizi uygulanarak veriler SPSS programından geçirilmiştir. Şekil 2.1'de verilerin paftalar üzerindeki dağılımı gösterilmektedir. SPSS programı daha çok istatistiki işlemler için kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda ise, SPSS programı kullanılarak, her bir paftaya ait verilerin hangi değerler arasında değiştiği, grafik üzerinde görülebilmektedir. Paftalara ait grafiklere bakılarak, söz konusu pafta içerisinde ölçüm değerlerinin en düşük ve en yüksek değerlerini, bunun yanı sıra yine aynı pafta içerisindeki ölçüm değerlerinin ortalama değeri görülebilmektedir. Her bir paftadaki ölçüm değerlerine ait ortalama değerleri göz önünde bulundurularak bu değerlerden çok düşük ve çok yüksek olan ölçüm değerleri söz konusu paftadan atılmıştır. Bir paftaya ait verilerin genel dağılımına aykırı olduğu için atılan bu datalar, arazide ölçüm sırasında alınan yanlış değerlerden ya da büro ortamında kayıtlara geçerken hata yapılmasından kaynaklanabilmektedir.

Bu işlem tüm paftalara uygulandığında sapma gösteren tüm datalar atılarak güvenilir datalarla çalışmaya devam edilmiştir. Analiz sonucu geriye kalan 400 sondaj ve 50 sismik çalışmaya ait veriler ile inceleme alanı zeminine ait mikrobölgeleme haritalarının hazırlanması işlemine geçilmiştir. Aşağıda, I9 paftasına ait 1.tabaka zemin emniyet gerilmesi değeri için yapılan SPSS analizinde datalar atılmadan önceki (Şekil 2.2a) ve analiz sonrası atılan dataların (Şekil 2.2b) görünümü verilmektedir.



Şekil 2.2a. 1. tabaka Zemin emniyet gerilmesi analiz öncesi gösterim



Şekil 2.2b. 1. tabaka Zemin emniyet gerilmesi analiz sonrası görünüm

2.1.1. Jeofizik çalışmalar

2.1.1.1. Sismik kırılma çalışması:

Sismik Kırılma Yöntemi, veri toplama ve değerlendirme açısından oldukça pratik, hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Diğer önemli bir özelliği ise dalga yayılım hızının derinlikle arttığı tabakalı ortamlarda, tabakaların hızlarının ve derinliklerinin yeterli bir doğrulukla bulunmasını sağlar.

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.

Sismik kırılma yöntemi ile zeminin dinamik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmış ve P ve S (kayma) dalgası hızları ölçülmüştür. Yöntemin temeli; sıg ortamda yatay olarak yayılan elastik dalgaların belirli ortamlarda kırılıp yansdıktan sonra, alıcıdan kayıtcıya kadar geçen ilk varış zamanlarının kayıt edilmesi ilkesine dayanır. 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 ortaya konur.

Düzce genelinde parsel bazında yapılan sismik çalışmalar haricinde genel etüdlere toplam 185 adet karşılıklı atışlı sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada; Düzce depreminden sonra yapılan genel etütler ve bu tarihe kadar parsel bazında yapılan zemin etüt raporları incelenmiş olup çalışma için revize imar planı çalışmalarından elde edilen verilerin yanı sıra, İl genelinde parsel bazında hazırlanmış zemin etüt raporlarının verileri kullanılmıştır. Resim 1’de çalışmalarda kullanılan alet ve Resim 2’de ise sismik kırılma çalışması gösterilmektedir.



Resim 1. Geometrics Smart Seis Dijital Sismograf ve ölçüm araç gereçleri.



Resim 2. Sismik ölçü alım çalışması

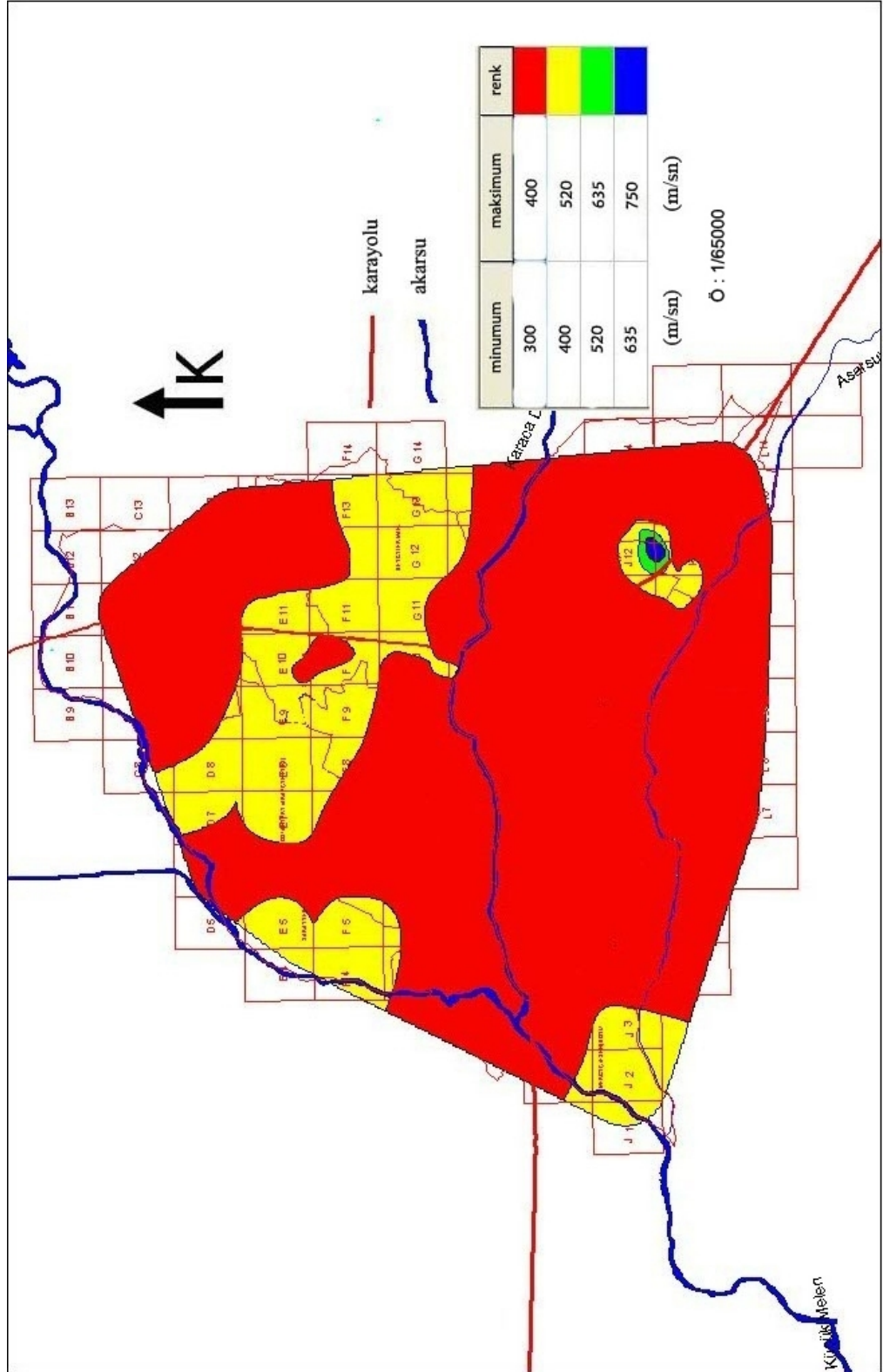
P dalgası (Boyuna dalgalar):

En hızlı yayılan bu yüzden deprem kayıt aletlerinde (sismograf) en önce görülen dalgalardır. P dalgalarında, titreşim hareketi yayılma doğrultusu ile aynıdır. P dalgaları esnek dalgalardır ve ses dalgaları gibi yayılırlar. Yayılma hızları yere, kaya türüne ve derinliğe göre değişmekle birlikte 1.5 ile 8 km/sn arasında değişir. λ ; elastik sabit, μ ; sıkışmazlık modülü, d ; yoğunluk, olmak üzere V_p , P dalgası yayılma hızı aşağıdaki (1) denklemi ile elde edilir.

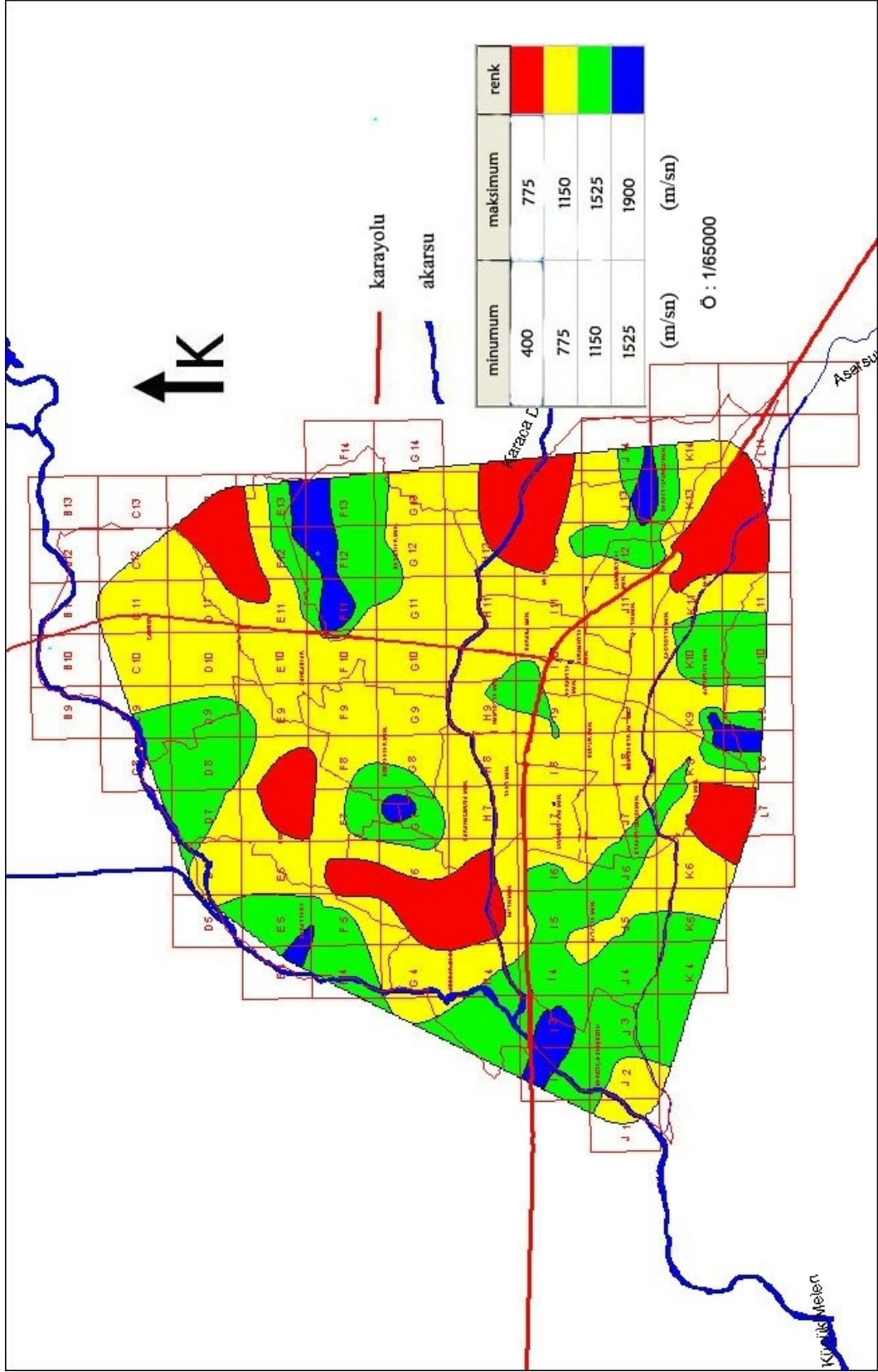
$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda - 2\mu}{d}} \quad (\text{m/sn}) \quad (1)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın P dalgası hızı 300 m/sn ile 700 m/sn arasında değişmektedir (Şekil 2.3a). 2. tabakanın P dalgası hızı 500 m/sn ile 1950 m/sn arasında değişiklikler göstermektedir (Şekil 2.3b). Yapılan çalışmalar sonucunda il genelinde elde edilen sismik kırılma P dalgası

1.tabaka ve 2.tabaka için oluşturulan haritalara bakıldığında inceleme alanının çok büyük bir kısmında düşük hızların olduğu dikkati çekmektedir. Tabaka kalınlıklarının sıklıkla değiştiği görülen çalışma alanı genelinde, ortalama 1.tabaka kalınlığının 1.5-3m arasında değiştiği görülmektedir. 2.tabaka kalınlığının ise yapılan çalışmaların çoğunda tespit edilemediği anlaşılmaktadır. P dalgası hızının havadaki hızının 350 m/sn olduğuna göre 1.tabaka hız haritasına bakıldığında hızın il genelinde bu değerden düşük değerler aldığı dikkati çekmekte ve bunun nedeninin gevşek malzemeli kil, yumuşak örtü tabakası ve yüksek yer altı su seviyesi olabileceği düşünülmektedir. 2. tabaka hız haritasında derinlikle ilişkili olarak hızların arttığı ve kuzey kesimlerde daha yüksek değerler elde edildiğini görmekteyiz. Haritalar birlikte değerlendirildiğinde genel anlamda uyum göstermekte ve bölge kabaca değerlendirildiğinde kuzey kesimlerde güney kesimlere göre nispeten yüksek değerler elde edildiği görülmektedir.



Şekil 2.3.a. P dalgası hızı 1. tabaka haritası



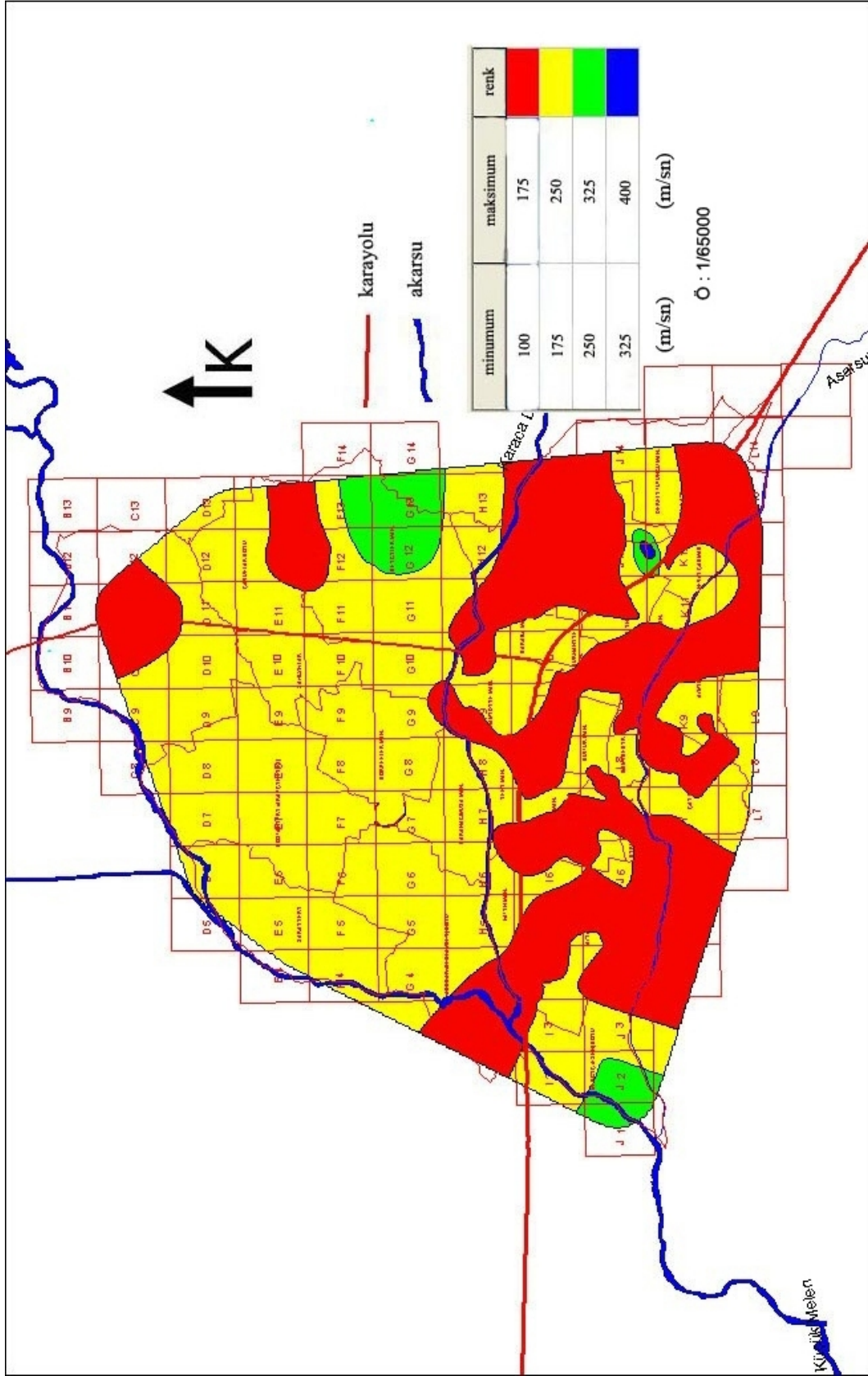
Şekil 2.3.b. P dalgası hızı 2. tabaka haritası

S dalgası (Enine dalgalar):

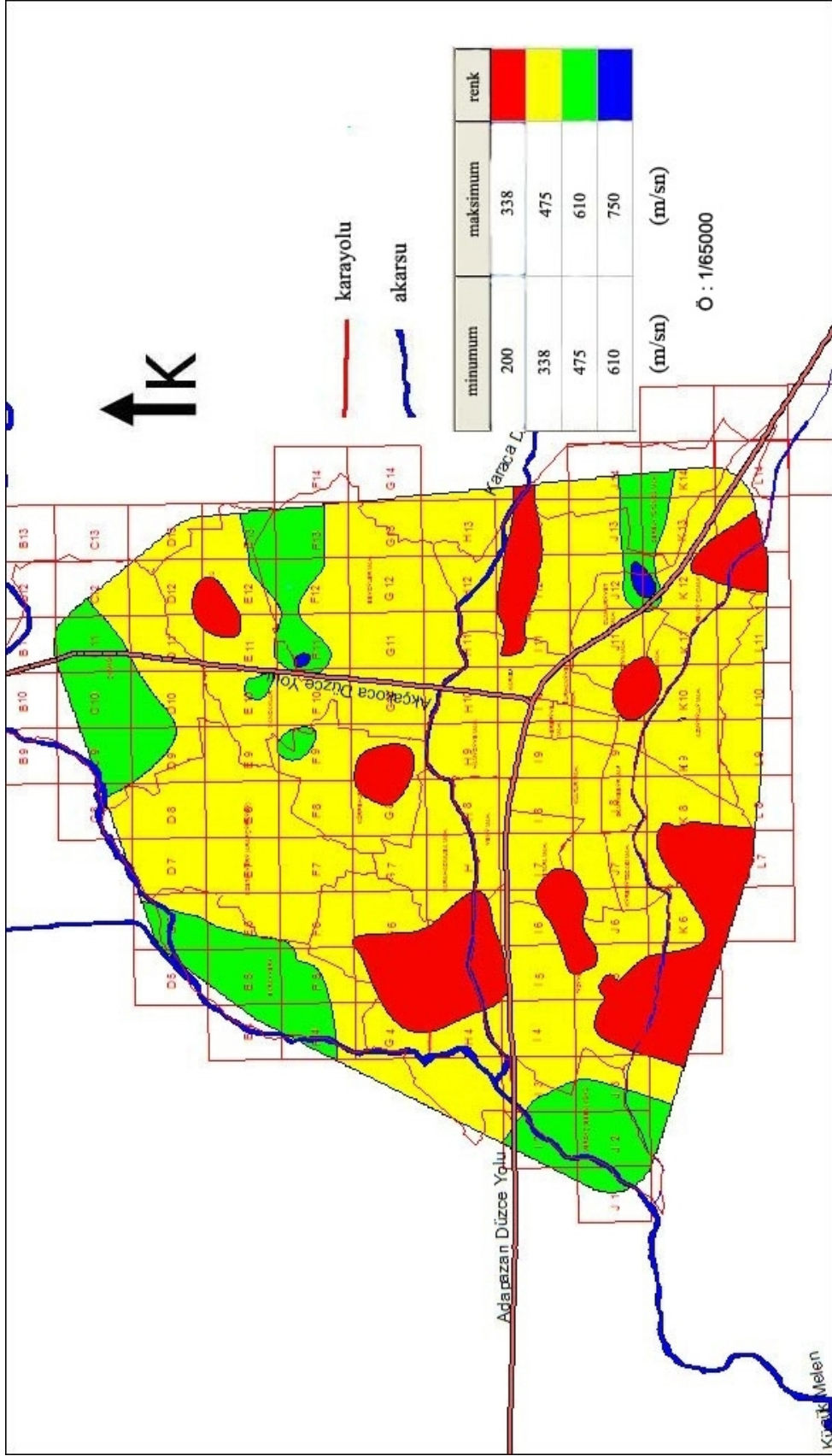
P dalgalarından daha yavaş yayılan bu dalgalara S dalgaları da denir. Kayıt aletlerinde ikincil olarak görülen ve titreşim hareketi yayılma doğrultusuna göre enine olarak meydana gelen salınım hareketleridir ve bir ucu bağlı bir ipin diğer ucundan tutarak sağa sola ve yukarı aşağı sallanması sonucunda görülen dalga hareketlerinin yayılması gibi ilerlerler. Yayılma hızları düşüktür (3-4 km/sn) hızı P dalgası hızının % 60'ı ile % 70'i arasında değişir. S dalgaları sıvı içinde yayılamazlar. Bu sebeple de manto içine giremez ve deprem merkezinden 103° uzaklıkta bulunan yerlere kadar kaydedilirler. Yapılarda yıkıma yol açan dalgalar S dalgaları ile yüzey dalgalarıdır. μ : sıkışmazlık modülü (rijitite) , d: yoğunluk olmak üzere V_s ; S dalgası yayılma hızı (2) denklemi ile elde edilir.

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{d}} \quad (\text{m/sn}) \quad (2)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın S dalgası hızı 100 m/sn ile 400 m/sn arasında değişim göstermektedir (Şekil 2.4a). 2.tabakanın S dalga hızı 200 m/sn ile 750 m/sn arasında değişim göstermektedir (Şekil 2.4b). Değerlendirmeye alınan 1.tabaka kalınlığı 0-3m arasında değişmektedir. 2. tabaka kalınlığının ise ne kadar olduğu incelenen verilerden elde edilememiştir. S dalgası hız haritalarına bakıldığında, P dalgası hız haritalarıyla uyumsuzluklar dikkati çekmektedir. Fakat merkezden uzaklaştıkça kuzey kesimlere ilerledikçe hız haritaları arasındaki uyumun arttığı dikkati çekmektedir. Bunun nedeni olarak, sismik çalışma sonucu elde edilen S dalgasının sağlıklı olarak ölçülebilmesi için hassas çalışma gerektirdiği ancak çalışmaların yoğunlukla yapıldığı merkez kesimde gürültülerin (kalabalık nüfus ve yaşam alanının yoğunlukla bu kesimlerde olması vb.) fazla olması bu durumu zorlaştırdığından elde edilen S dalgası hızı sonuç ve haritalarının P dalgası hız haritalarına göre güvensiz olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla yerleşimin daha az olduğu kuzey kesimlerde daha sağlıklı ölçümler alınabileceğinden bu kesimlerde S ve P dalgası hız haritalarının daha uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 2.4.a. S dalga hızı 1. tabaka haritası



Şekil 2.4.b. S dalgası hızı 2. tabaka haritası

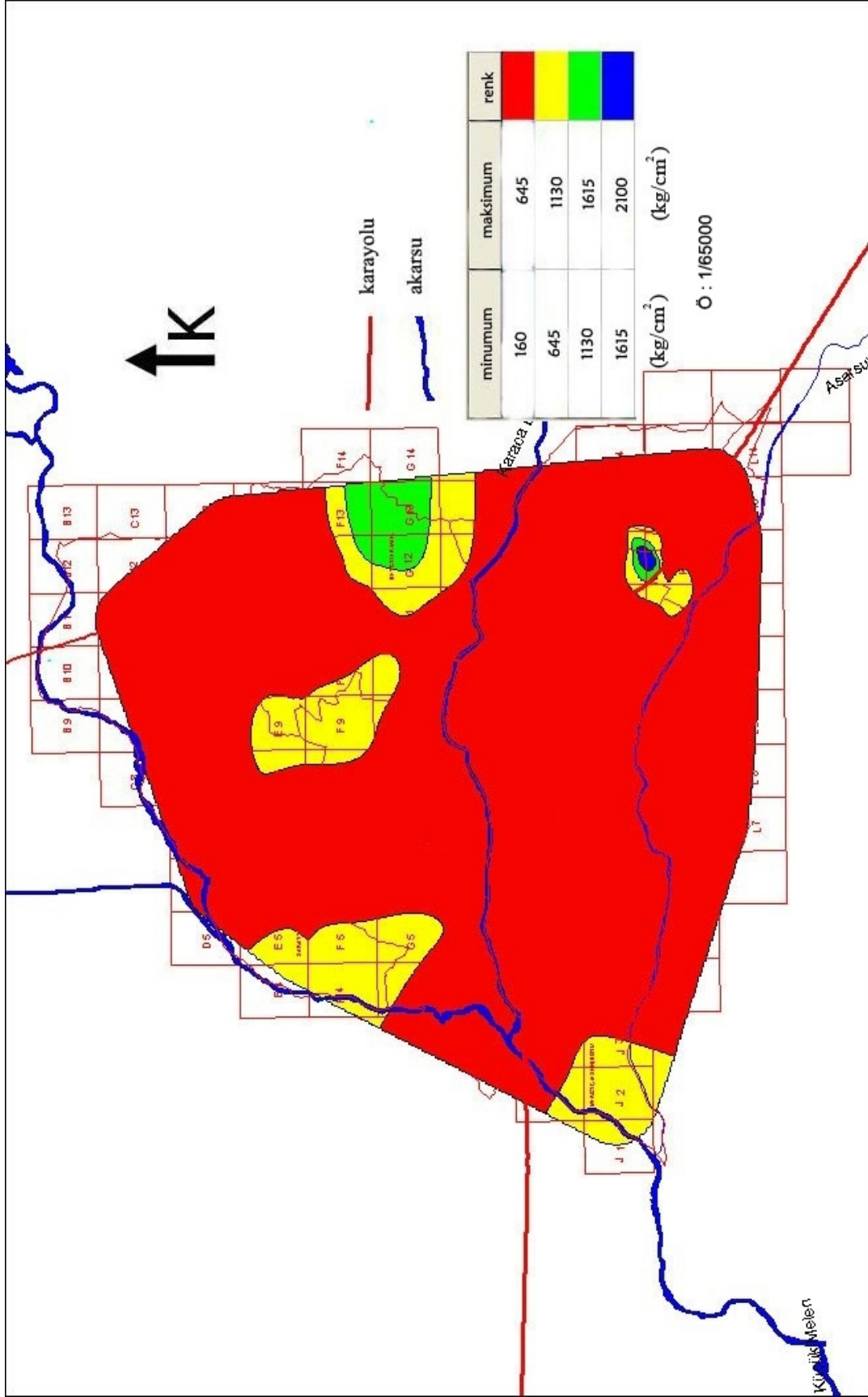
2.1.2. Zemin dinamik elastik parametreleri ve oluşturulan haritalar:

2.1.2.1. Kayma modülü (G):

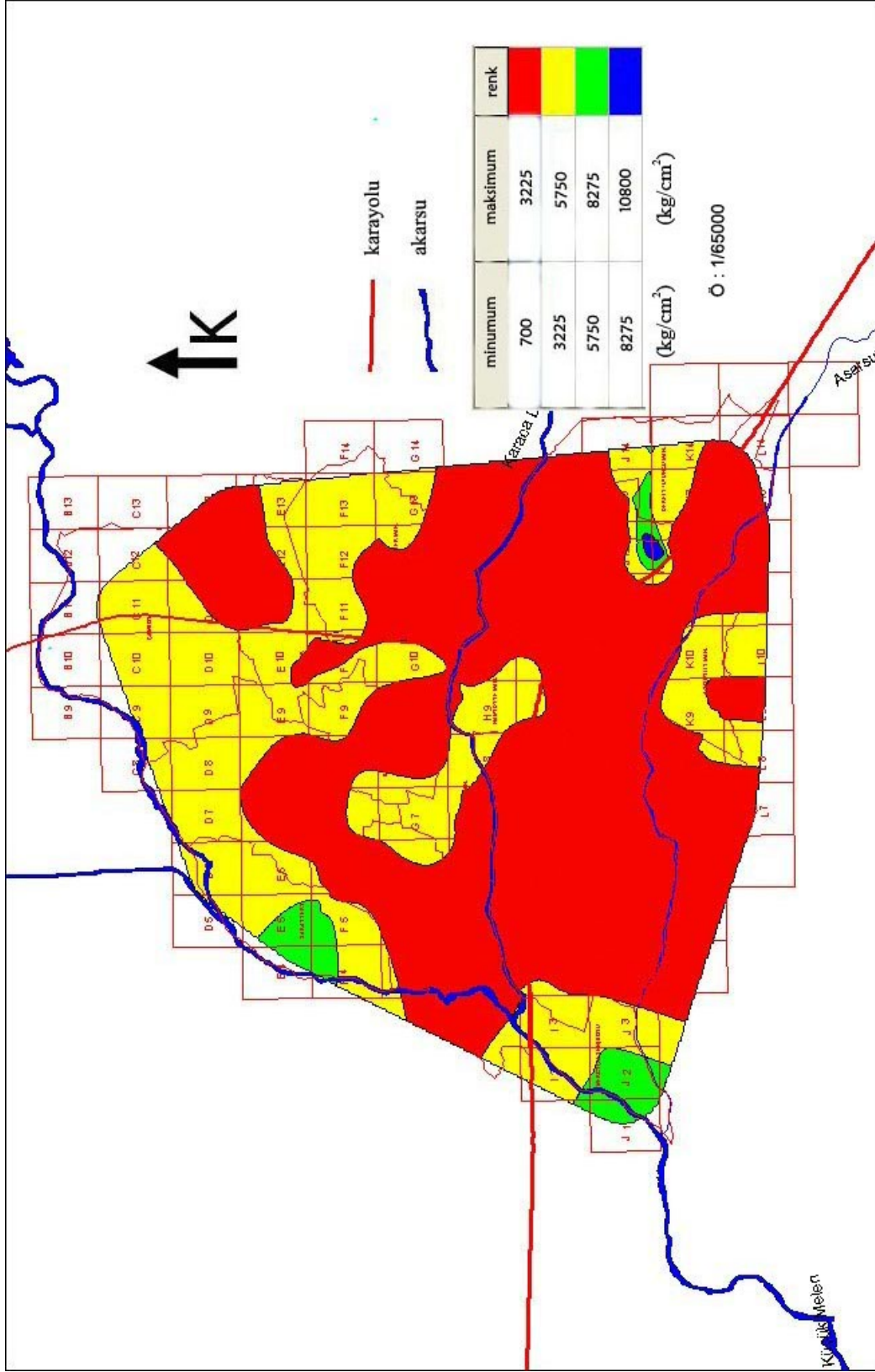
Kesme-makaslama güçleri altında yerin esnemesini belirten esnek burulma direncidir. Sıvıların makaslama kuvvetlerine karşı direnci olmadığından bu parametre 0'dır. Kayma modülü ne kadar büyük ise, formasyonun makaslama gerilmelerine karşı direnci de o kadar fazladır. d , yoğunluk V_s ; S dalgası yayılma hızı olmak üzere G, kayma modülü (3) denklemi ile elde edilir.

$$G = dV_s^2 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (3)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın kayma modülü 160 kg/cm^2 ile 2100 kg/cm^2 arasında değişmektedir (Şekil 2.5a). 2. tabakanın kayma modülü değeri 700 kg/cm^2 ile 10800 kg/cm^2 arasında değişim göstermektedir (Şekil 2.5b). Kayma modülü S dalgasına bağlı olarak elde edildiği için il genelinde seyreden düşük S dalgası hızı ile doğru orantılı olarak düşük kayma modülü sonuçları elde edildiği ve haritaların birbirleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Elde edilen haritalara baktığımızda inceleme alanının şehir merkezi başta olmak üzere büyük bir kesiminde düşük kayma modülü değerleri elde edildiği görülmektedir. Kayma modülünün düşük olması oluşabilecek deprem yüküne karşı zeminin çok zayıf tepkisinin olacağını ve gelen makaslama kuvvetine karşı dirençsiz olacağını gösterir. Nitekim Düzce İli'nin geçirdiği iki büyük depremde elde edilen sonuçlara bakıldığında şehirde görülen en büyük yıkımın bu kesimlerde özellikle merkezde olduğu görülmekte ve nedenlerinden birinin de düşük kayma modülü sonuçlarının olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2.5.a. Birinci tabaka Kayma Modülü haritası



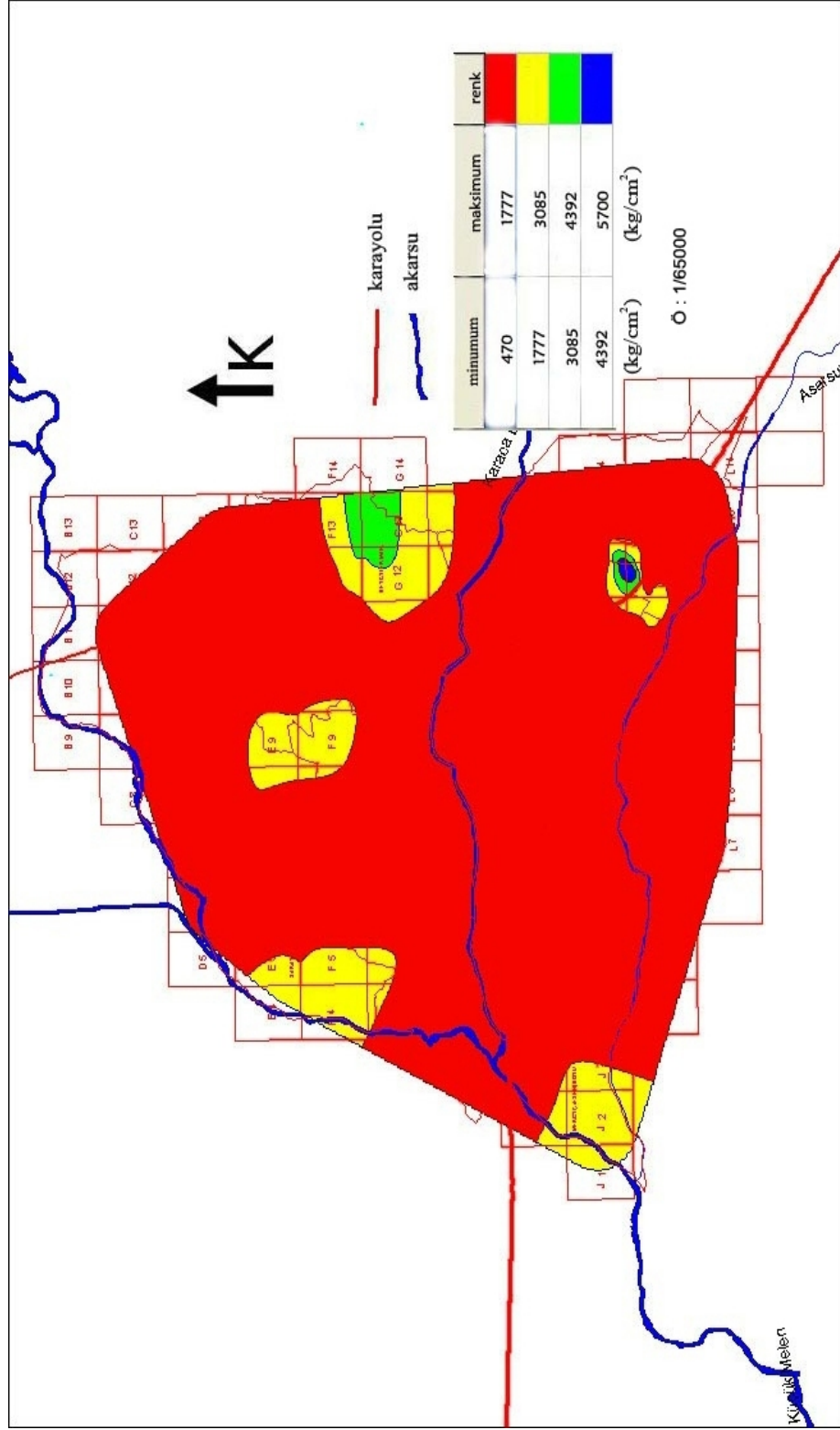
Şekil 2.5b. İkinci tabaka Kayma Modülü haritası

2.1.2.2. Elastisite modülü (E):

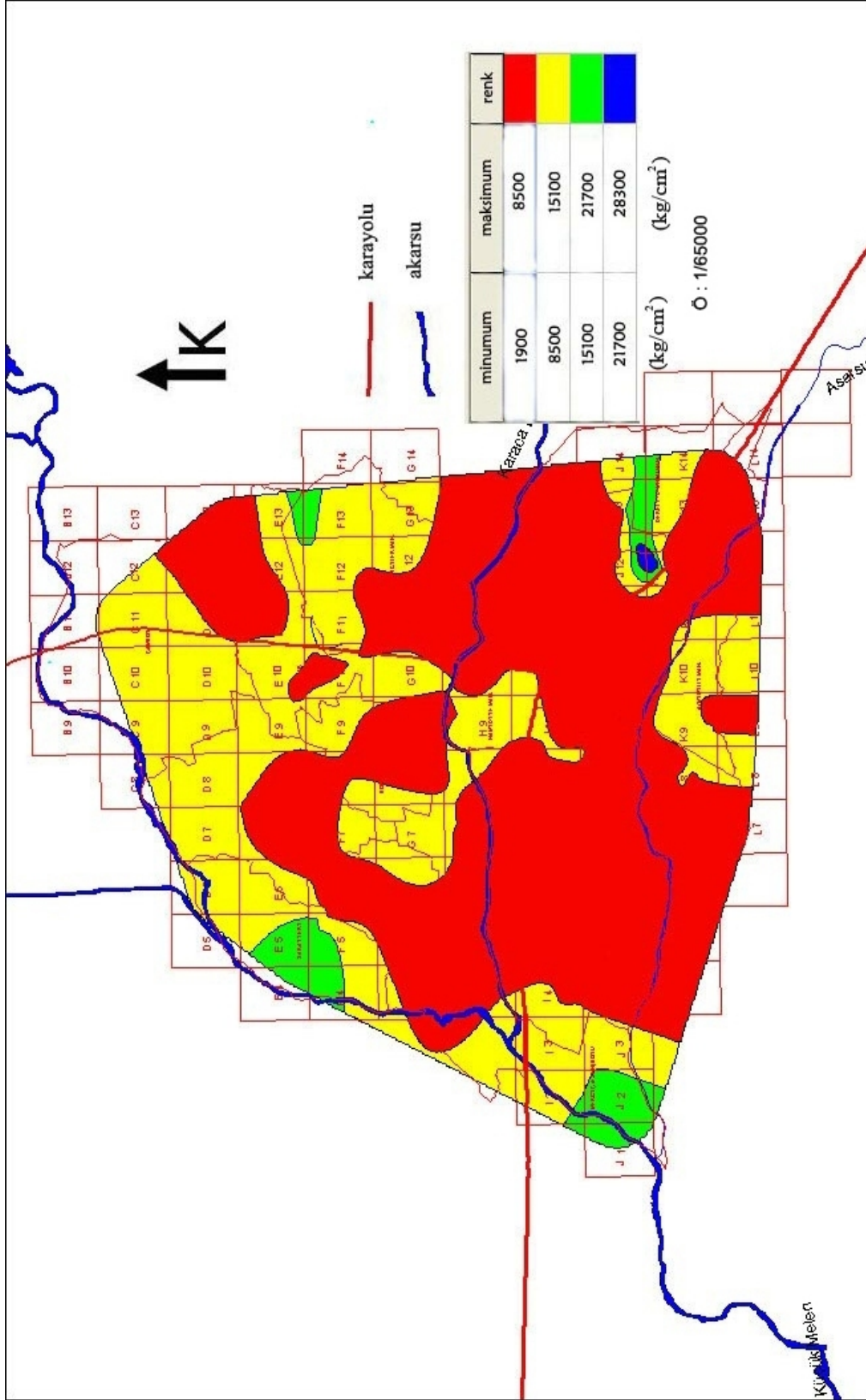
Düşey gerilmenin, düşey yamulmaya oranıdır. Ortamın E esneklik direnci büyükse, gerilme altında yerin biçim değişikliği küçük olacaktır. G; kayma modülü, V_s ; S dalgası yayılma hızı, V_p ; P dalgası yayılma hızı olmak üzere E; elastisite modülü (4) denklemi ile elde edilir.

$$E = G \left(\frac{3V_p^2 - 4V_s^2}{V_p^2 - V_s^2} \right) \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (4)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın elastisite modülü değeri 470 kg/cm^2 ile 5700 kg/cm^2 arasında değişim göstermektedir (Şekil 2.6a). 2. tabakanın elastisite modülü değeri 1900 kg/cm^2 ile 28300 kg/cm^2 arasında değişim göstermektedir (Şekil 2.6b). Elastisite modülü 1.tabaka ve 2.tabaka haritalarına bakıldığında kayma modülü haritaları ile son derece benzer olduğu görülmektedir. İl genelinde elastisite modülü değerleri de düşük elde edilmiştir. Hızlara bağlı olarak elde edilen elastisite modülü haritaları incelendiğinde hızların düşük olduğu şehir merkezininde yer aldığı güney kesimlerde düşük, merkezden uzaklaştıkça değişim gösteren kuzey kesimlere doğru gidildikçe nispeten büyük değerlerin elde edildiği görülmektedir.



Şekil 2.6a. Birinci tabaka Elastisite Modülü haritası



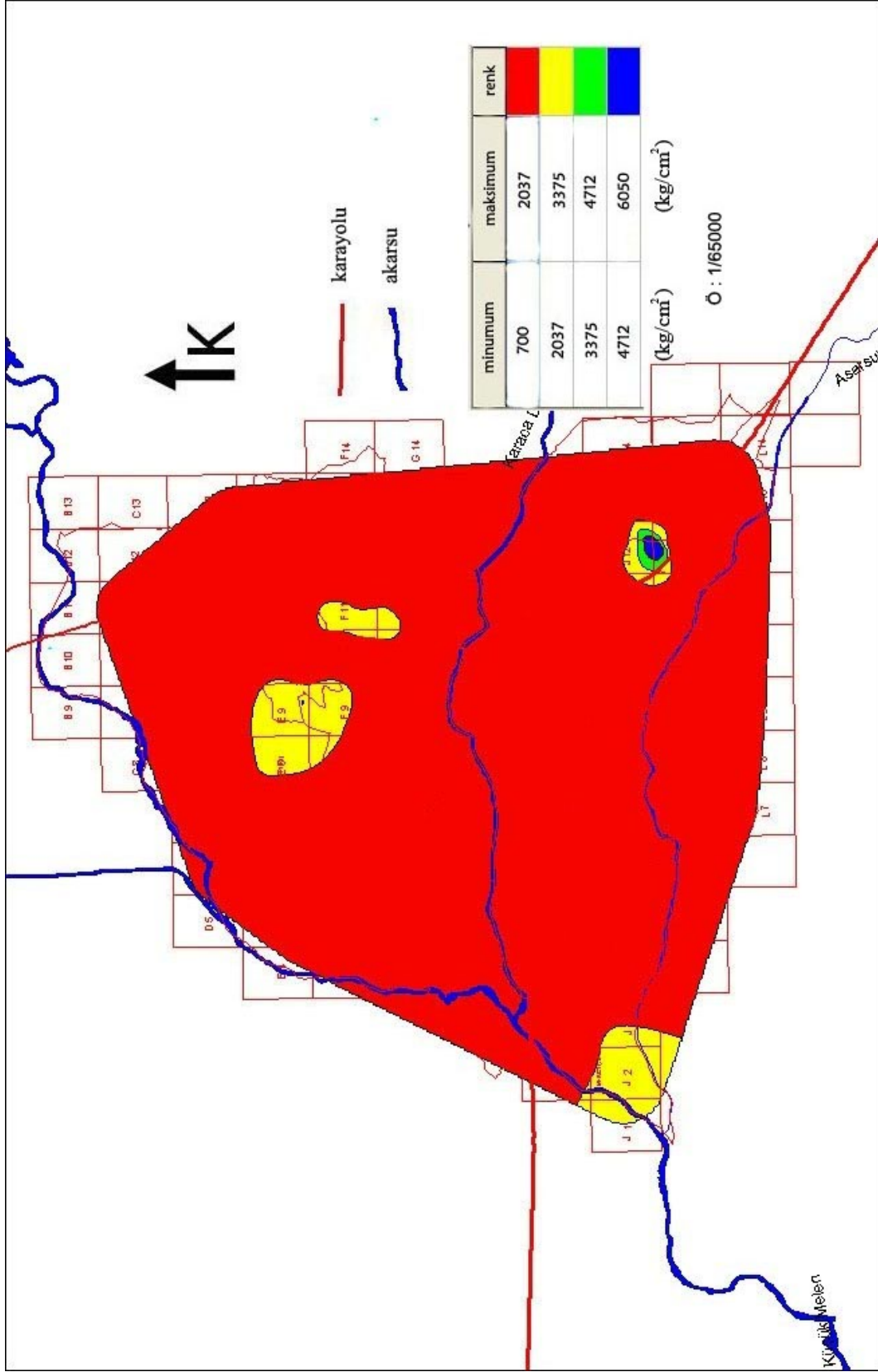
Şekil 2.6b. İkinci tabaka Elastisite Modülü haritası

2.1.2.3.Bulk modülü (K) :

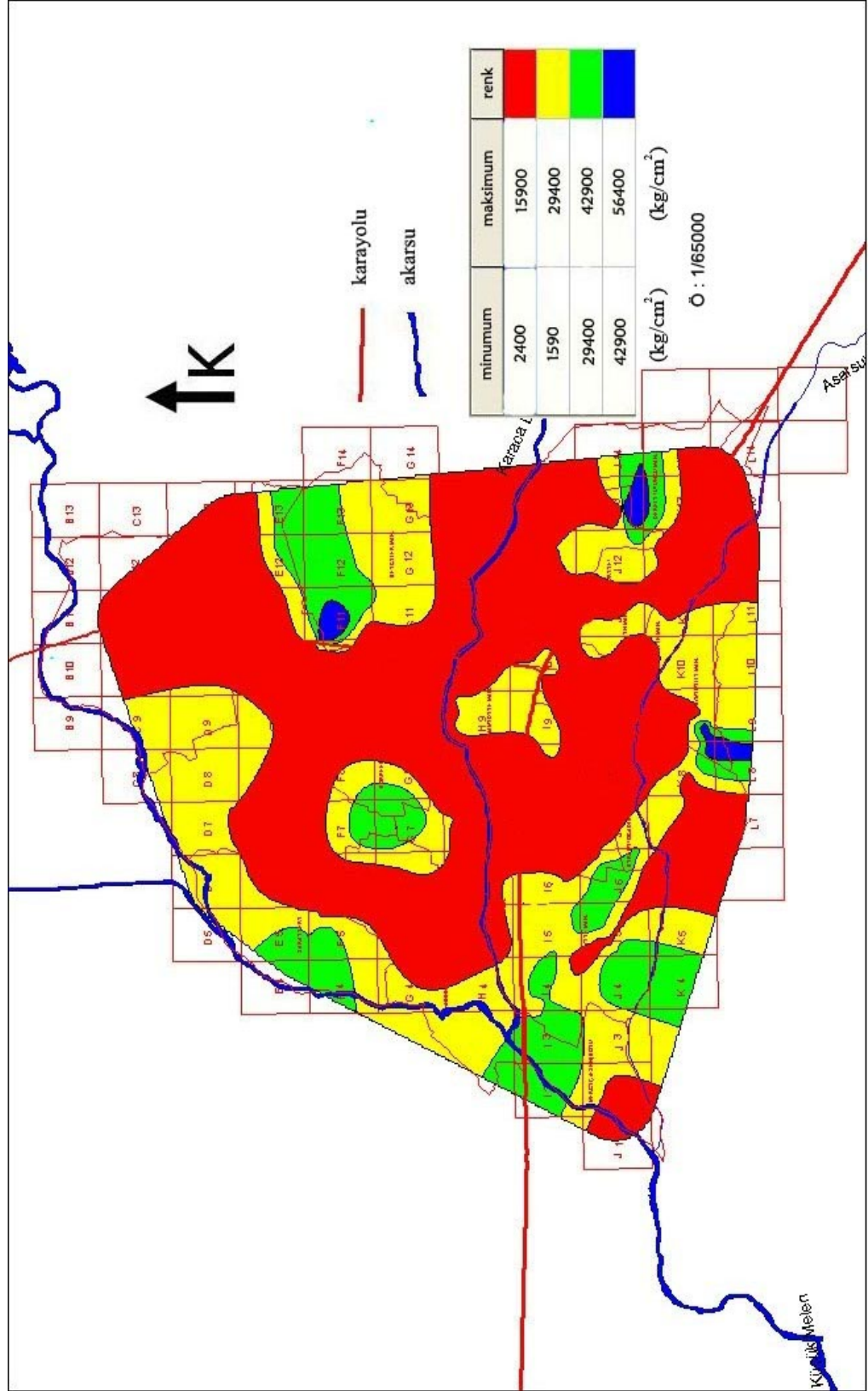
Bir cisim üzerindeki hidrostatik basıncın, cisimde meydana getireceği hacim değişmesine oranıdır. E; elastisite modülü, P; basınç olmak üzere Bulk Modülü (5) denklemi ile elde edilir.

$$K = \frac{E}{3}(1 - 2P) \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (5)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın bulk modülü değeri 700 kg/cm² ile 6050 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 2.7a). 2. tabakanın bulk modülü değeri 2400 kg/cm² ile 56400 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 2.7b). Bulk modülünün hesaplandığı yukarıdaki formülünden de anlaşılacağı gibi Elastisite modülü ile paralel değişim gösterdiği görülmektedir. Bu durumda haritaların birbirlerini destekler ölçüde değişimler gösterdiğini söyleyebiliriz.



Şekil 2.7a. Birinci tabaka Bulk Modülü haritası



Şekil 2.7b. İkinci tabaka Bulk Modülü haritası

2.1.2.4. Zemin oturması (ΔH) :

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sonuçlarına göre oturmalar, temel taban seviyesinden itibaren B temel genişliğine eşit derinlikteki N darbe sayılarının ağırlık ortalaması olmak üzere aşağıda verilen formüllerden hesaplanır [2].

$$\Delta H = (20.8.q_s)/N \quad B < 1,2 \text{ için} \quad (6)$$

$$\Delta H = [(31.2.q_s)/N] \times [(B/B+0,3)]^2 \quad B > 1,2 \text{ için} \quad (7)$$

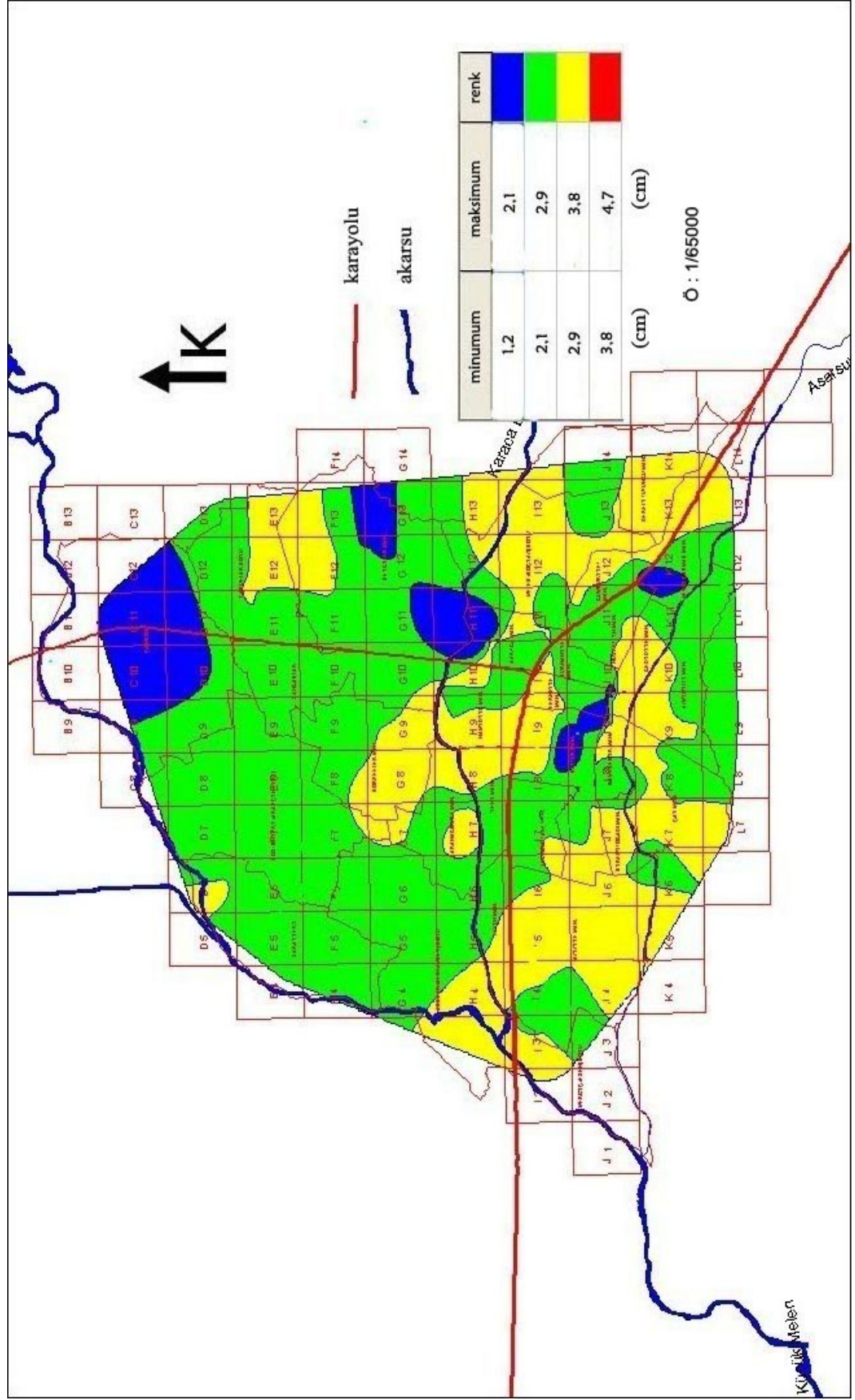
$$\Delta H = (31.2.q_s)/N \quad \text{Radye Jeneral Temeller için} \quad (8)$$

ΔH = Oturma (cm)

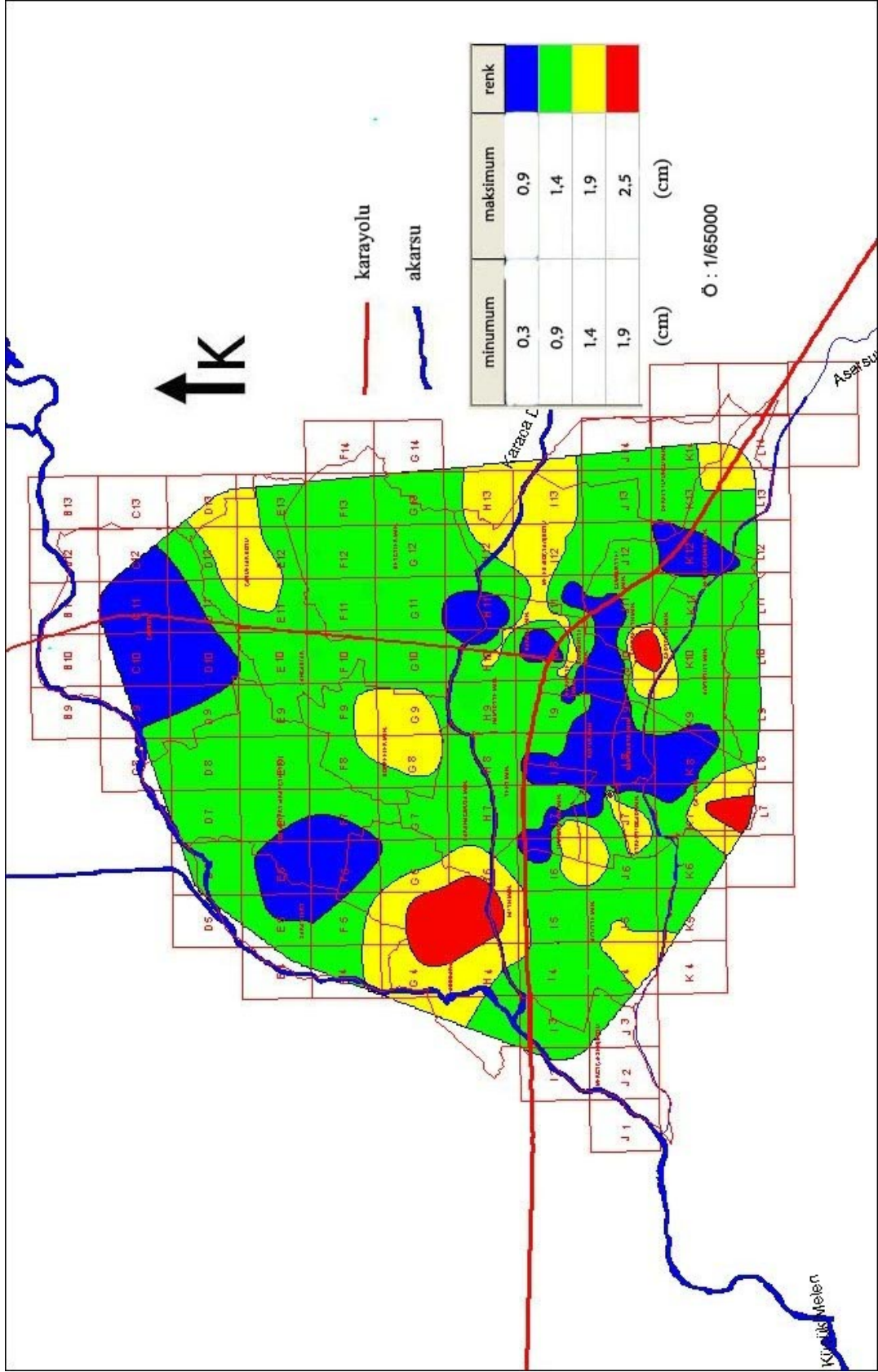
B= Temel genişliği (m)

N= Ortalama darbe sayısı

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın zemin oturması 0,8 cm ile 4,6 cm arasında değişen değerler almaktadır (Şekil 2.8a). 2. tabakanın zemin oturma değeri 0,3 cm ile 2,4 cm arasında değişmektedir (Şekil 2.8b). Düzce de kullanılan temel tipine göre değişik formüller kullanılarak hesaplanan zemin oturması değerleri oluşturulan haritalara göre zemin oturması il genelinde yüksek değerler göstermektedir. Zemin tipi ve dolayısıyla SPT değerleriyle bağlantılı olan oturma hesapları şehir merkezinin dahil olduğu güneyde yüksek değerler göstermektedir.



Şekil 2.8a. Birinci tabaka oturma miktarı haritası



Şekil 2.8b. İkinci tabaka oturma miktarı haritası

2.1.2.5. Zemin hakim titreşim periyodu (T) :

Zeminin doğal olarak titreştiği periyoddur. h ; tabaka kalınlığı, V_p ; P dalgası yayılma hızı olmak üzere T; zemin hakim titreşim periyodu, (9) denklemi ile elde edilir.

$$T = 4h / V_p \quad (\text{sn}) \quad (9)$$

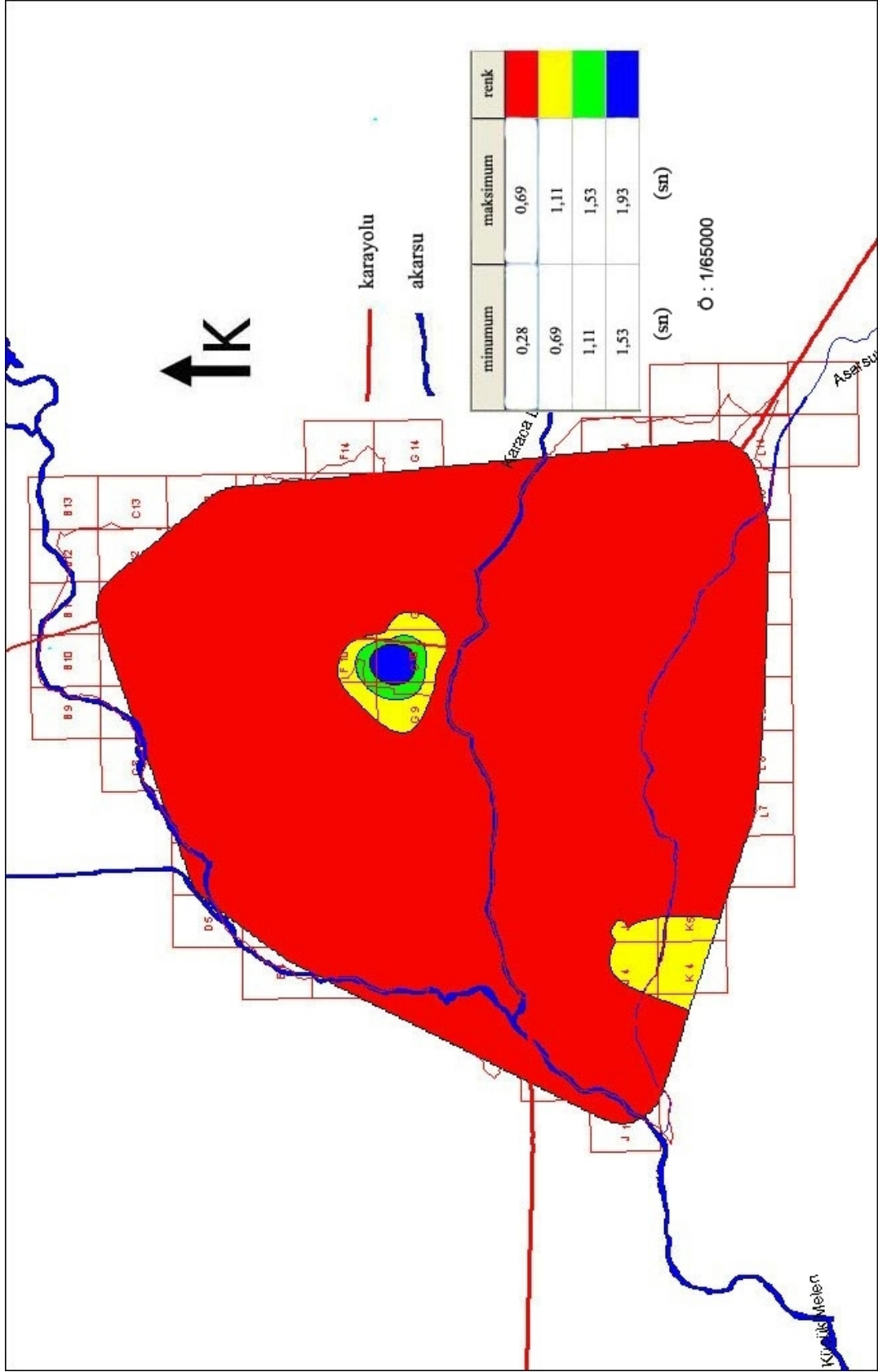
Sismikle elde edilen hakim periyot genel olarak 0,28 sn ile 1,93 sn arasında değişik değerler göstermekte olup genel değeri 0,2-0,63 sn arasındadır. (Şekil 2.9).

2.1.2.6. Poisson oranı (ρ):

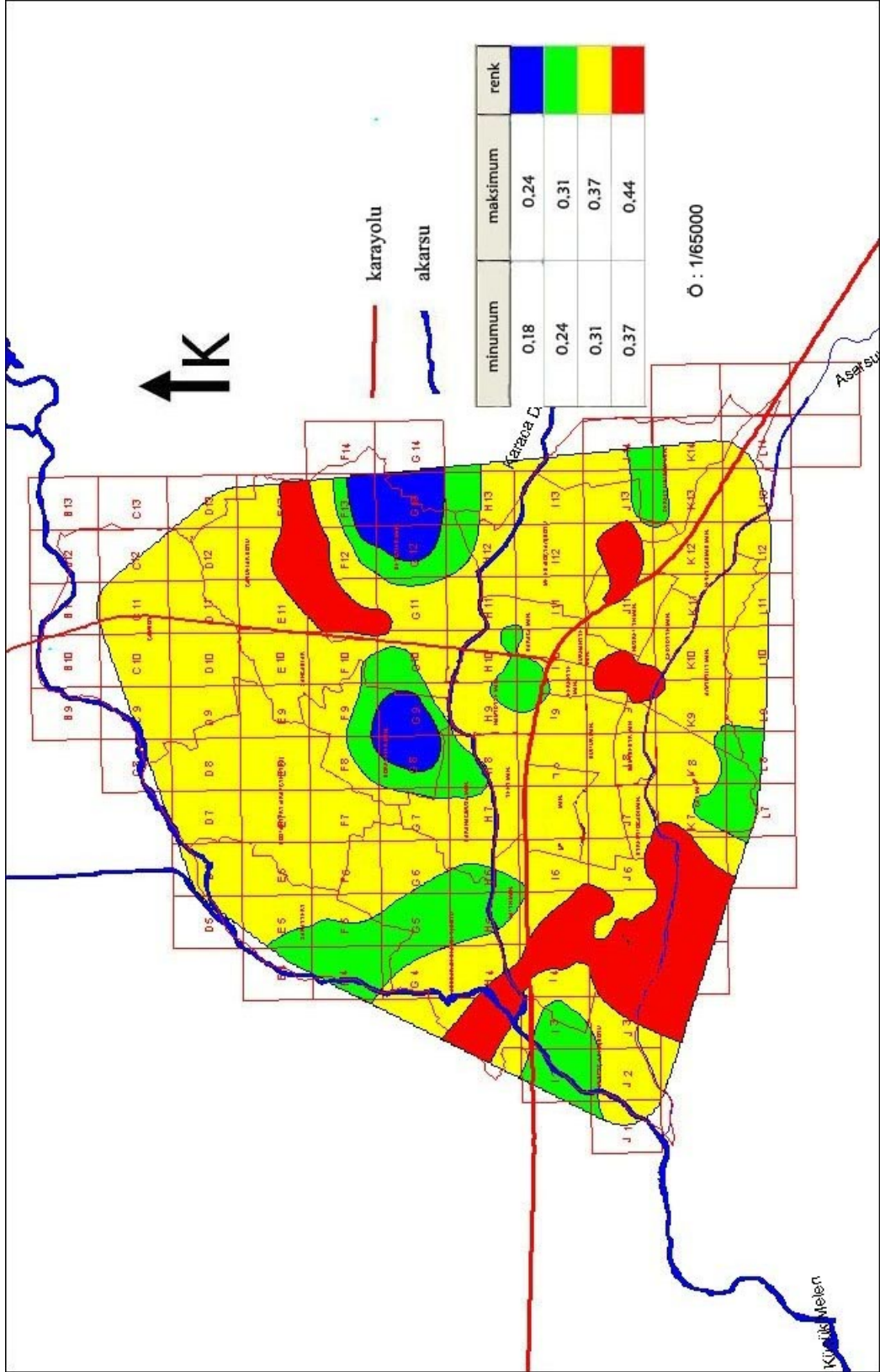
Cisimlerin boyunda uzama meydana gelirken göreceli olarak eninde bir daralma meydana gelir. Poisson oranı, boyuna uzamanın enine daralmaya olarak tarif edilir. Poisson oranının katılar için ortalama değeri 0.25 olup; çeşitli ortamlar için değerleri 0-0.5 arasında yer alır. Su gibi ortamlarda bu oran 0.5 sınır değerlerine ulaşır. Sulu ortamlarda S dalga hızı düşeceğinden P dalga hızı göreceli olarak daha büyüktür. Ortam kırıklığı, çatlaklığı gibi fiziksel özelliklerine göre değişik değerler alır. Poisson oranı aşağıda verilen (10) denklemi ile elde edilebilir.

$$\rho = \frac{V_p^2 - V_s^2}{2V_p^2 - 2V_s^2} \quad (10)$$

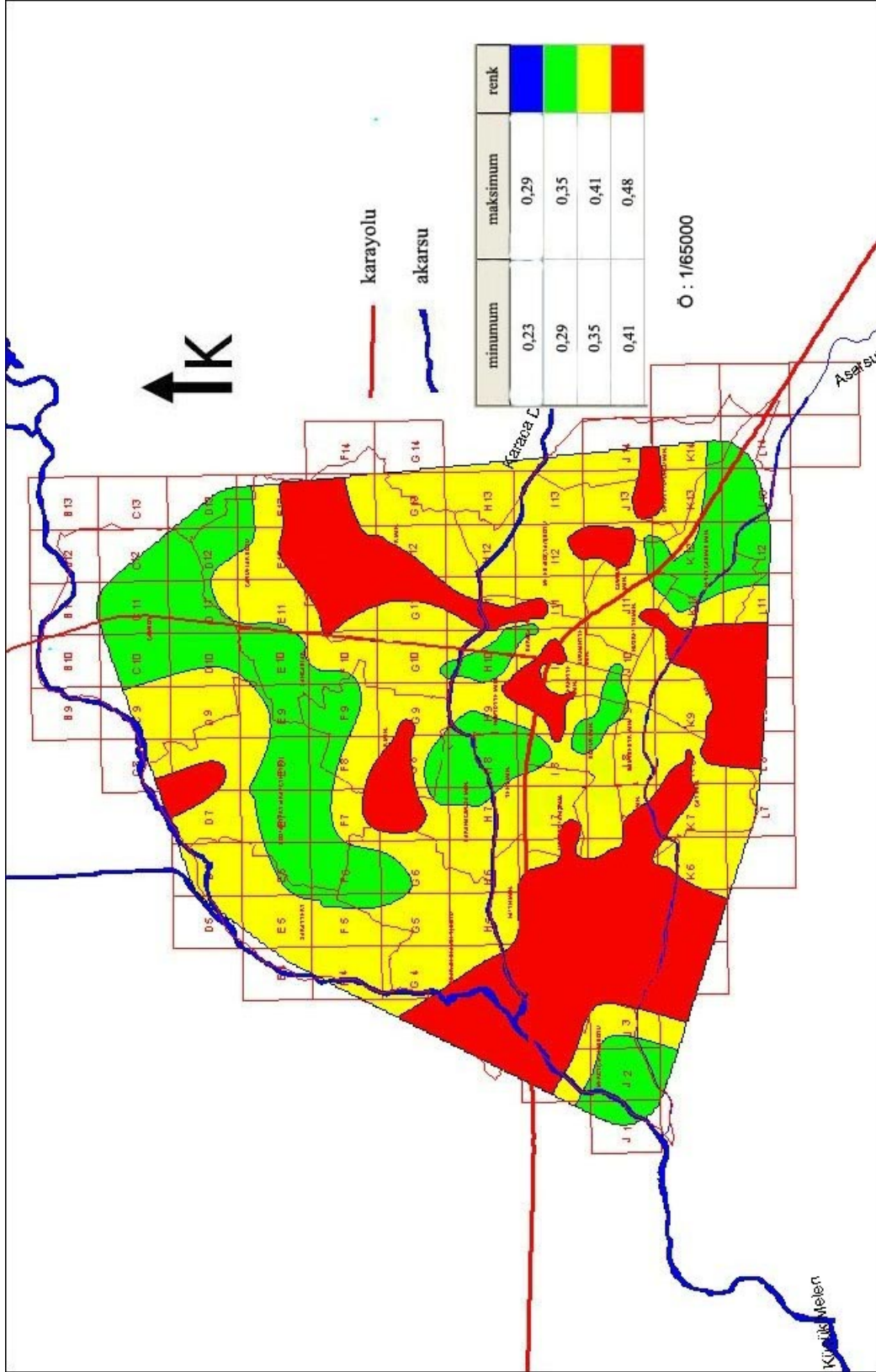
İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın poisson oranı 0,18 ile 0,44 arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 2.10a). 2. tabakanın poisson oranı 0,23 ile 0,48 arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 2.10b). P ve S dalga hızlarından elde edilen poisson oranının hızlardan elde edilen haritalarla uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 2.9. Zemin Hakim Titreşim Periyodu haritası



Şekil 2.10a. Birinci tabaka Poisson oranı haritası



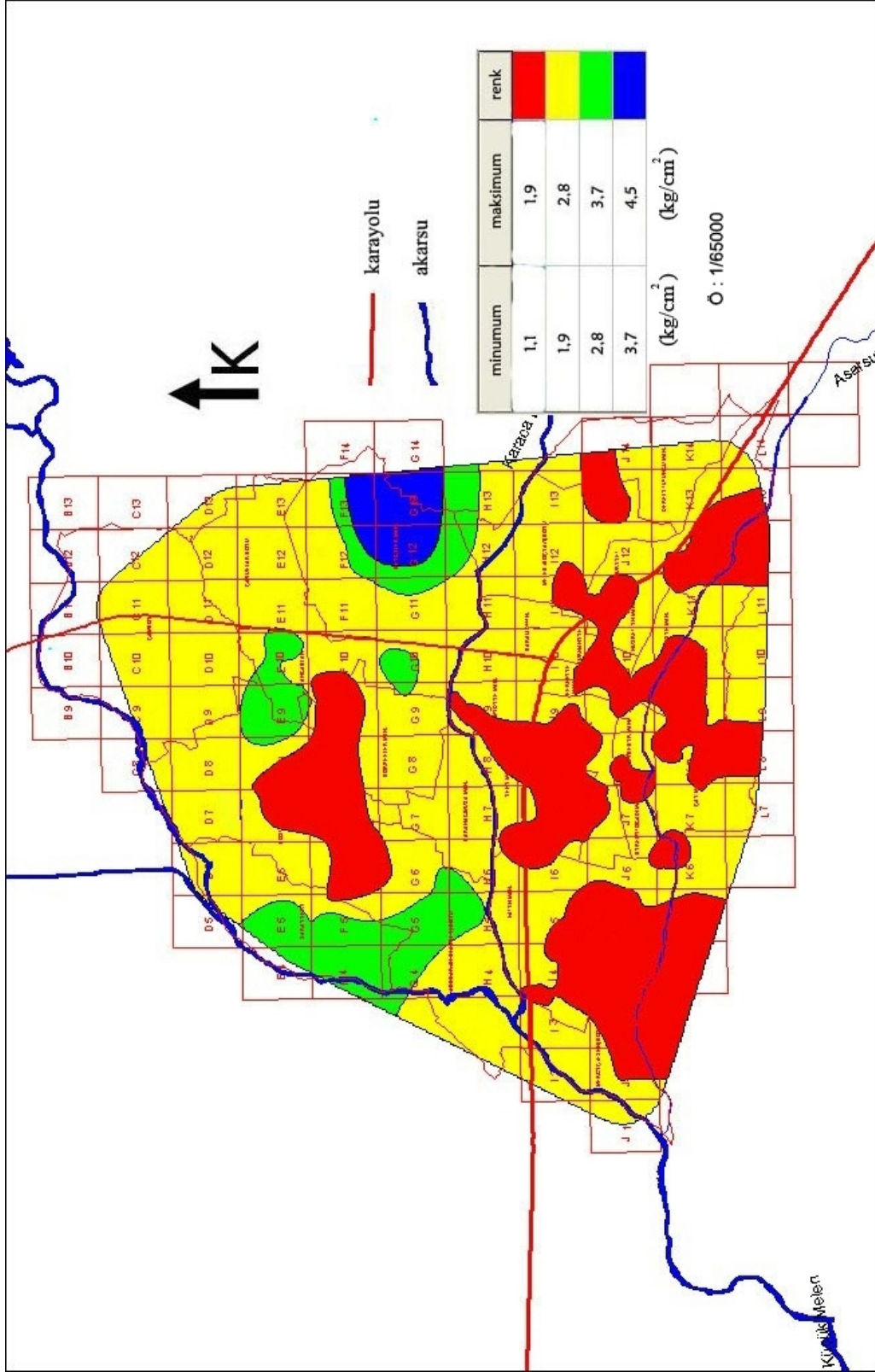
Şekil 2.10b. İkinci tabaka Poisson oram haritasi

2.1.2.7. Zemin taşıma gücü (q_u) :

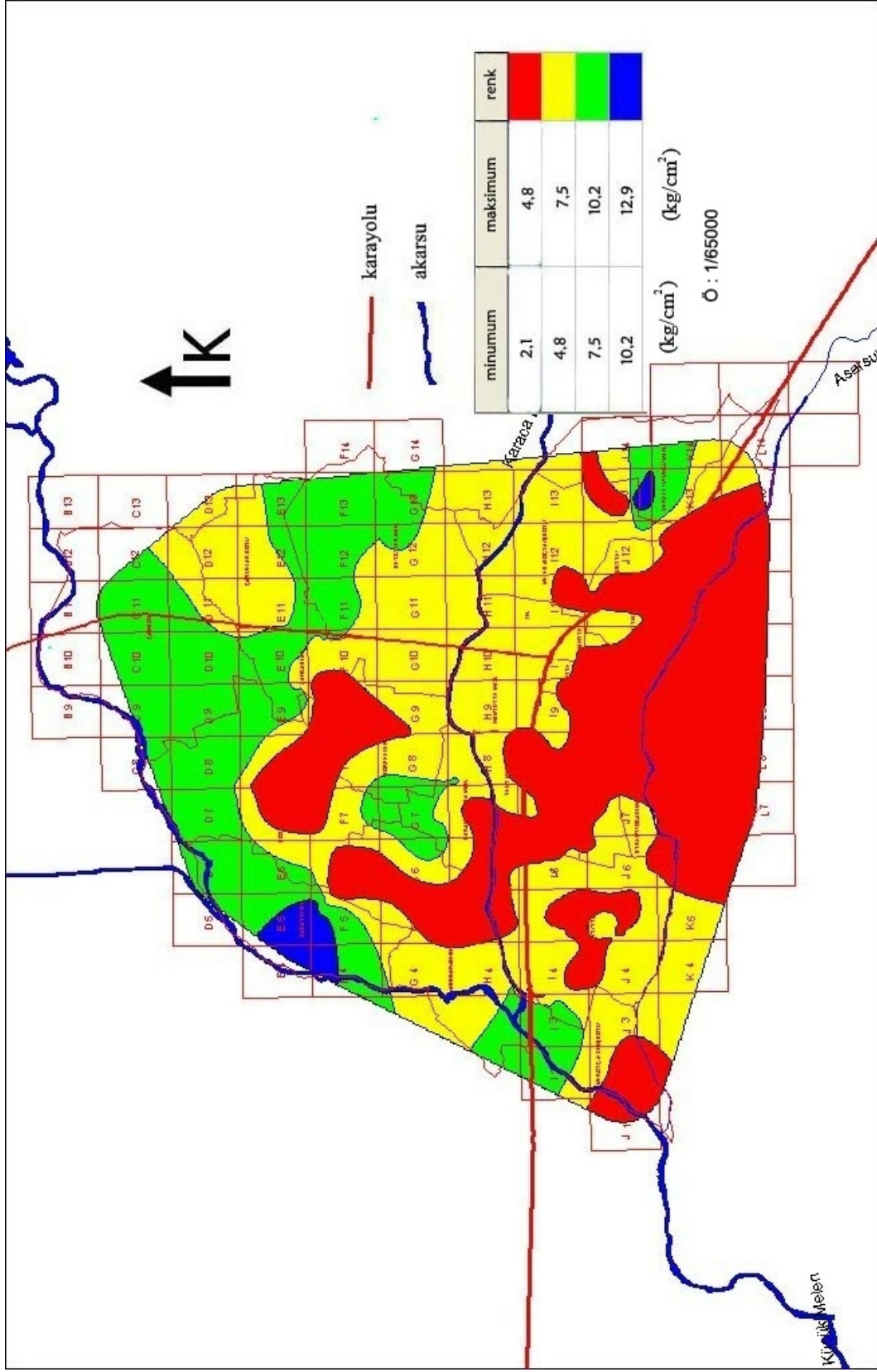
Zeminin birim alanının taşıyabileceği gücü gösterir. Bu değer üstteki toprak tabakası için genellikle 0.5-1.2 kg/cm² dir. Sertlik arttıkça taşıma gücünde artmaktadır. d ; yoğunluk, V_p ; P dalgası yayılma hızı, T ; zemin hakim titreşim periyodu olmak üzere q_u ; zemin taşıma gücü (12) denklemi ile elde edilir.

$$q_u = \frac{dV_p T}{40} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (11)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın zemin taşıma gücü değeri 1,1 kg/cm² ile 4,5 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 2.11a). 2. tabakanın zemin taşıma gücü değeri 2,1 kg/cm² ile 12,9 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 2.11b). Elde edilen taşıma gücü haritaları incelendiğinde doğru oranda değişim gösterdiği P dalgası haritalarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Düşük taşıma gücü değerlerinin şehrin büyük bir kesiminde elde edildiği görülmektedir.



Şekil 2.11 a. Birinci tabaka Zemin Taşıma Gücü haritası



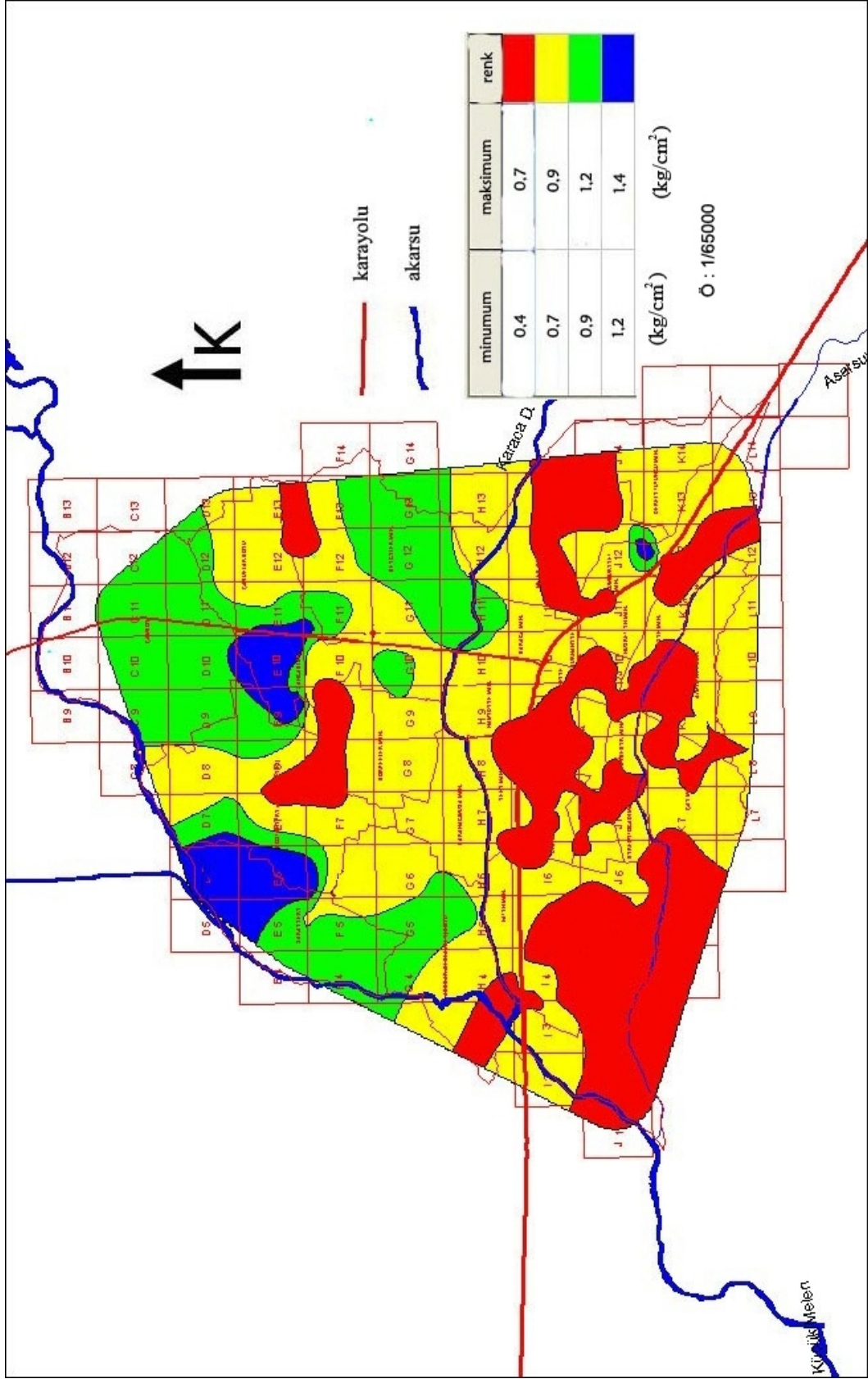
Şekil 2.11b. İkinci tabaka Zemin Taşıma Gücü haritası

2.1.2.8. Zemin emniyet gerilmesi (q_s) :

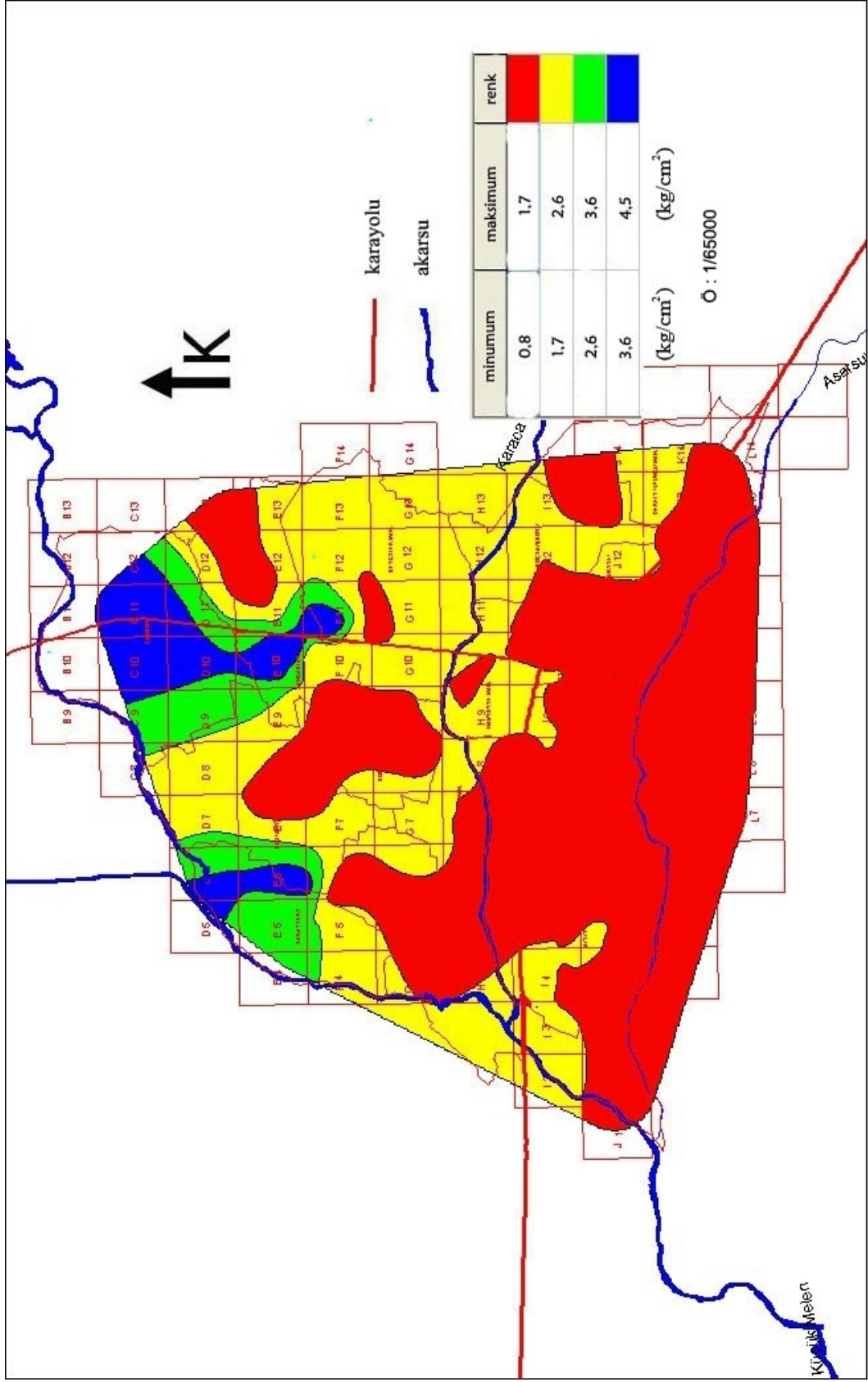
İnşaat Mühendislerinin binaların tasarımında ve projelendirme safhasında dikkate aldıkları parametrelerden biridir. Bu değer ne kadar büyükse kayacın emniyetli olarak gerilmesi de o kadar artar. d ; yoğunluk, V_s ; S dalgası yayılma hızı, T ; zemin hakim titreşim periyodu olmak üzere q_s ; zemin emniyet gerilmesi (12) denklemi ile elde edilir.

$$q_s = \frac{dV_sT}{40} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (12)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın zemin emniyet gerilmesi değeri $0,49 \text{ kg/cm}^2$ ile $1,41 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişmektedir (Şekil 2.12a). 2. tabakanın zemin emniyet gerilmesi değeri $0,8 \text{ kg/cm}^2$ ile $4,5 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişmektedir (Şekil 2.12b). S dalgası hızından elde edilen zemin taşıma gücü haritaları incelendiğinde 2 harita arasında bazı bölgelerde uyumsuzluklar olduğu dikkati çekmektedir. Bu uyumsuzlukların şehrin yoğun yerleşimin ve yeni yapılaşmanın olduğu merkez kesimlerde olduğu gözlenmiş ve bu bölgelerdeki sismik ölçümlerin çalışma ortamı nedeniyle etkilendiği düşünülmektedir.



Şekil 2.12a. Birinci tabaka Zemin Emniyet Gerilmesi haritası



Şekil 2.12b. İkinci tabaka Zemin Emniyet Gerilmesi haritası

2.1.2.9. Zemin büyütme değeri (b) :

Bu yöntemde göre b – büyütme değeri, birinci tabakanın yoğunluğu (d_1), V_{s1} birinci tabaka P dalgası yayılma hızı, olmak üzere (13) denklemi ile elde edilir.

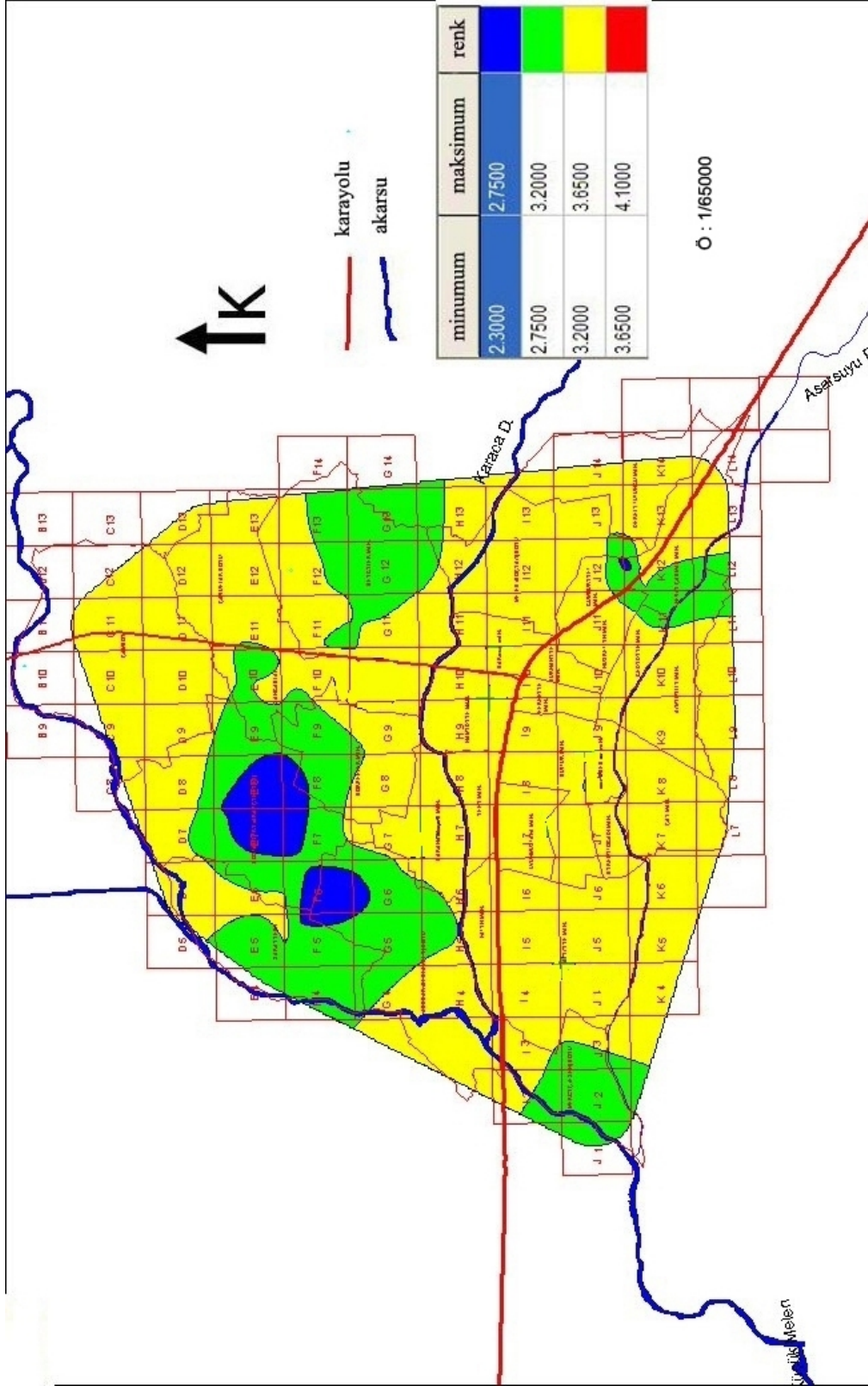
$$b = 1,67 * \log\{15000 / (d_1 * V_{p1})\} \quad (13)$$

İnceleme alanı genelinde incelenen raporlar sonucu elde edilen 1.tabakanın zemin büyütme değeri 2,3 ile 4,07 arasında değişmektedir (Şekil 2.13a). 2. tabakanın zemin büyütme değeri 0,5 ile 3,1 arasında değişmektedir (Şekil 2.13b).

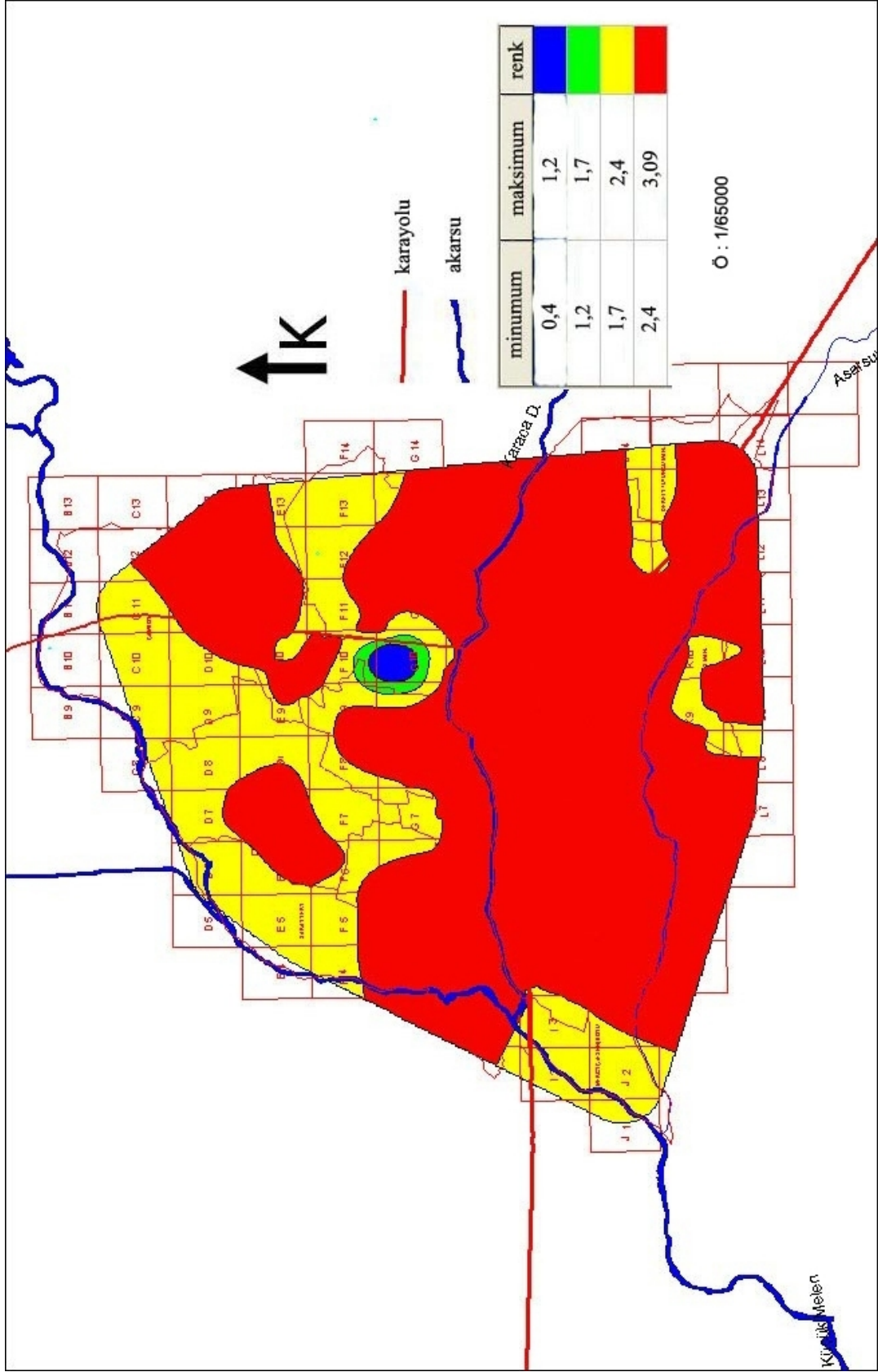
2.1.2.10. Yoğunluk (d) :

$$d = 0,31V_p^{0,25} \quad (\text{gr/cm}^3) \quad (15)$$

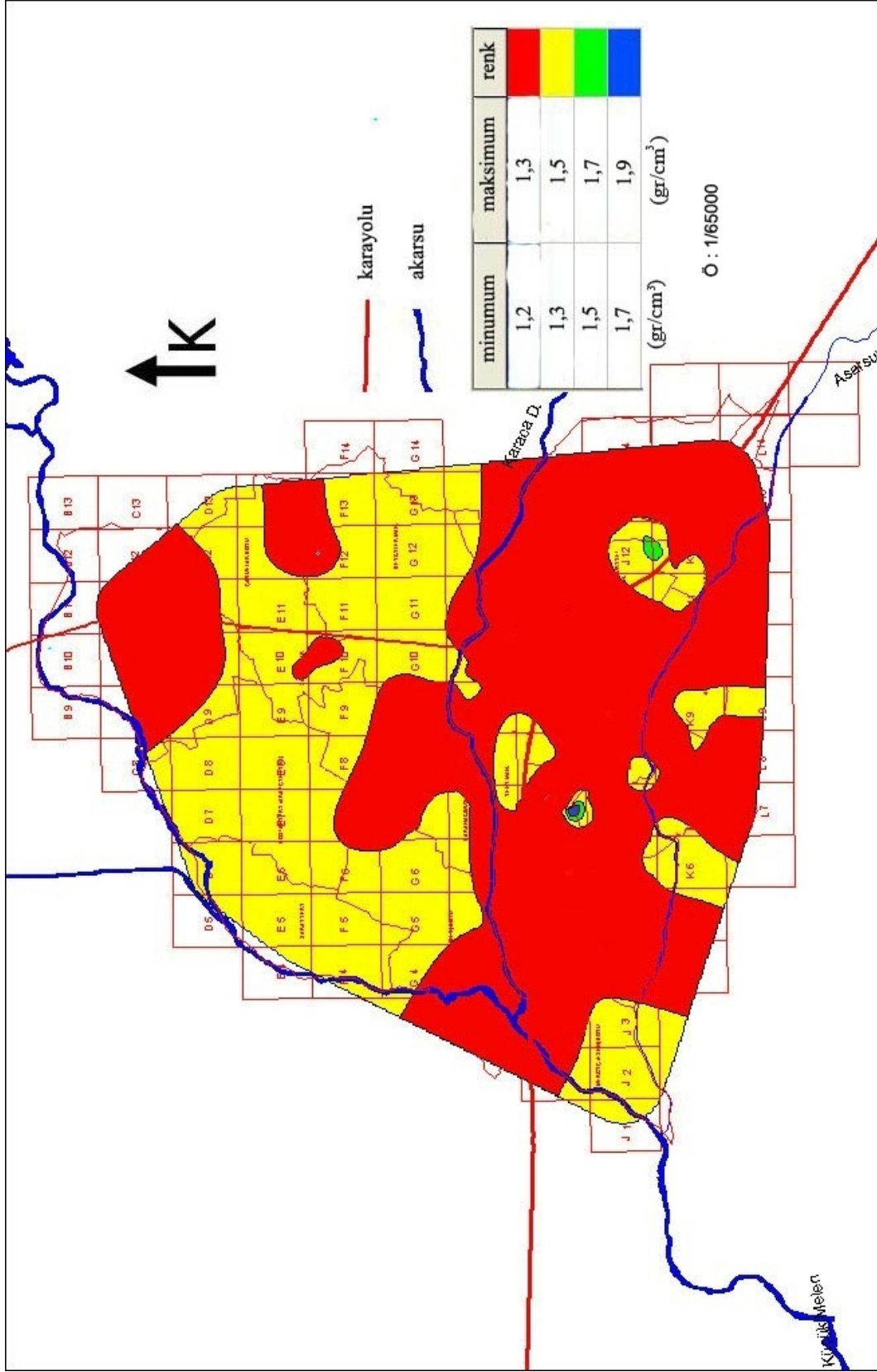
İnceleme alanı genelinde incelenen raporla sonucu elde edilen 1.tabakanın yoğunluğu $1,2 \text{ gr/cm}^3$ ile $1,8 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişik değerler almaktadır (Şekil 2.14a). 2. tabakanın yoğunluğu $1,4 \text{ gr/cm}^3$ ile $2,02 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişik değerler almaktadır (Şekil 2.14b). Birçok parametrenin hesabını ve sonuçlarını etkileyen yoğunluk değeri ve haritalarının ilişkili olduğu parametre haritalarıyla uyum gösterdiği ve derinlere gidildikçe artan yoğunluk değerleri yoğunluk ikinci tabaka haritasını desteklediği görülmektedir.



Şekil 2.13a. Birinci tabaka zemin büyüme haritası



Şekil 2.13b. İkinci tabaka zemin büyüme haritası



Şekil 2.14a. Birinci tabaka yoğunluk haritası

2.1.3. Mikrotremor (titreşimcik) yöntemi :

Sismik patlamalar dışında doğal ve doğal olmayan nedenlerle oluşan, periyotları birkaç dakikayı aşmayan, yeryüzünün titreşim hareketlerine genel olarak mikroseism (çok küçük yer sarsıntıları) denir. Mikrotremör (titreşimcik) ifadesi 0.05 ile 2 sn. aralıklı periyotlar için kullanılır. Düzce ili 244 hektarlık alanda yapılan mikrotremor çalışması küçük bir alanda yapıldığından değerlendirmeye katılmamıştır.

2.1.4. Sondaj çalışması ve arazi deneyleri :

Sondaj yeraltında bulunan jeolojik formasyon ve yer altı zenginlikleri hakkında bilgi toplamak ve işletmelerde üretime geçmek amacıyla küçük çaplı kuyular açma işlemidir. Sondajın kullanım yerleri ise;

- Jeolojik bilgi toplamak,
- Jeofizik çalışmalar,
- Arama işlemleri,
- Maden yataklarının işletilmesi,
- Temel sondajları ve yer altı çimentolanması,
- Su etüd ve aramaları,
- Petrol ve doğal gaz, doğal buhar etüd aramaları,
- Drenaj amacıyla yapılır,
- İşletmelerde elektrik nakil hatlarının döşenmesi,
- Galeri açılmasında,
- Radyometrik etüd sahaları (özellikle uranyum aramalarında) kullanılır.



Resim 3: Düzce ilinde sondaj çalışmalarında kullanılan sondaj makinası

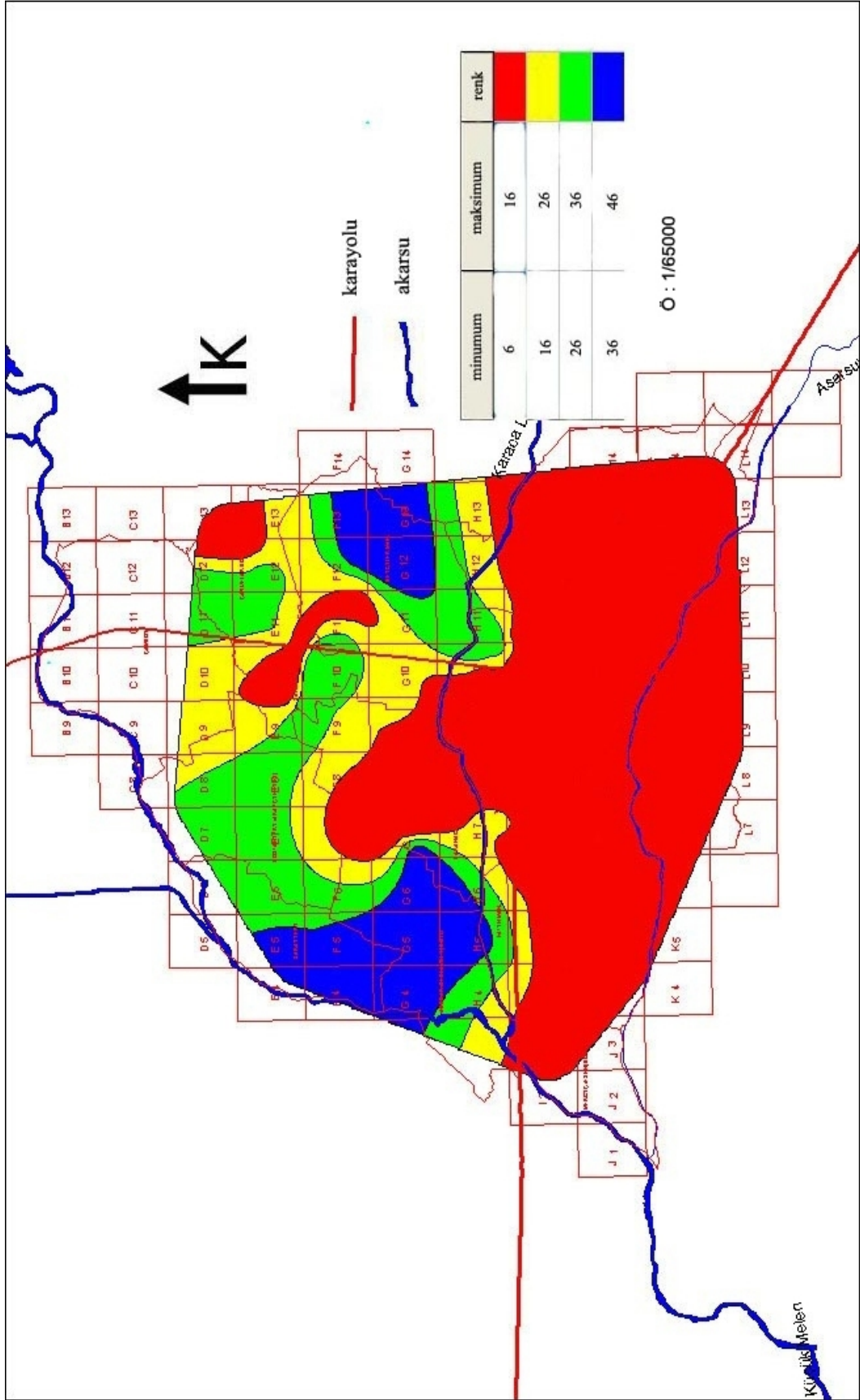
Düzce’de yapılan sondaj çalışmaları ASTM ve TSE standartları ile TCK Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı’nın zemin işlerine ait Teknik Şartnamesi ‘ne uygun olarak yapılmaktadır.

Arazide yapılan deneylerde; inceleme alanın zemin profilini çıkarmak amacıyla sondajlardan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmaktadır. Zeminlerin yerinde mukavemetlerini belirlemek amacı ile sondajlarda 1,5 metrede bir Standart Penetrasyon Testleri (SPT) yapılmaktadır. SPT ile alınan örselenmiş numuneler torbalanmış ve kavanozlara konularak korumaya alınmaktadır.. Shelby tüpü ile alınan örselenmemiş numuneler shelby tüplerinin ağızları parafinlenerek korunmuştur. Sondaj esnasında alınan bütün numuneler incelenmek üzere zemin ve kaya mekaniği laboratuarına nakledilmektedir.

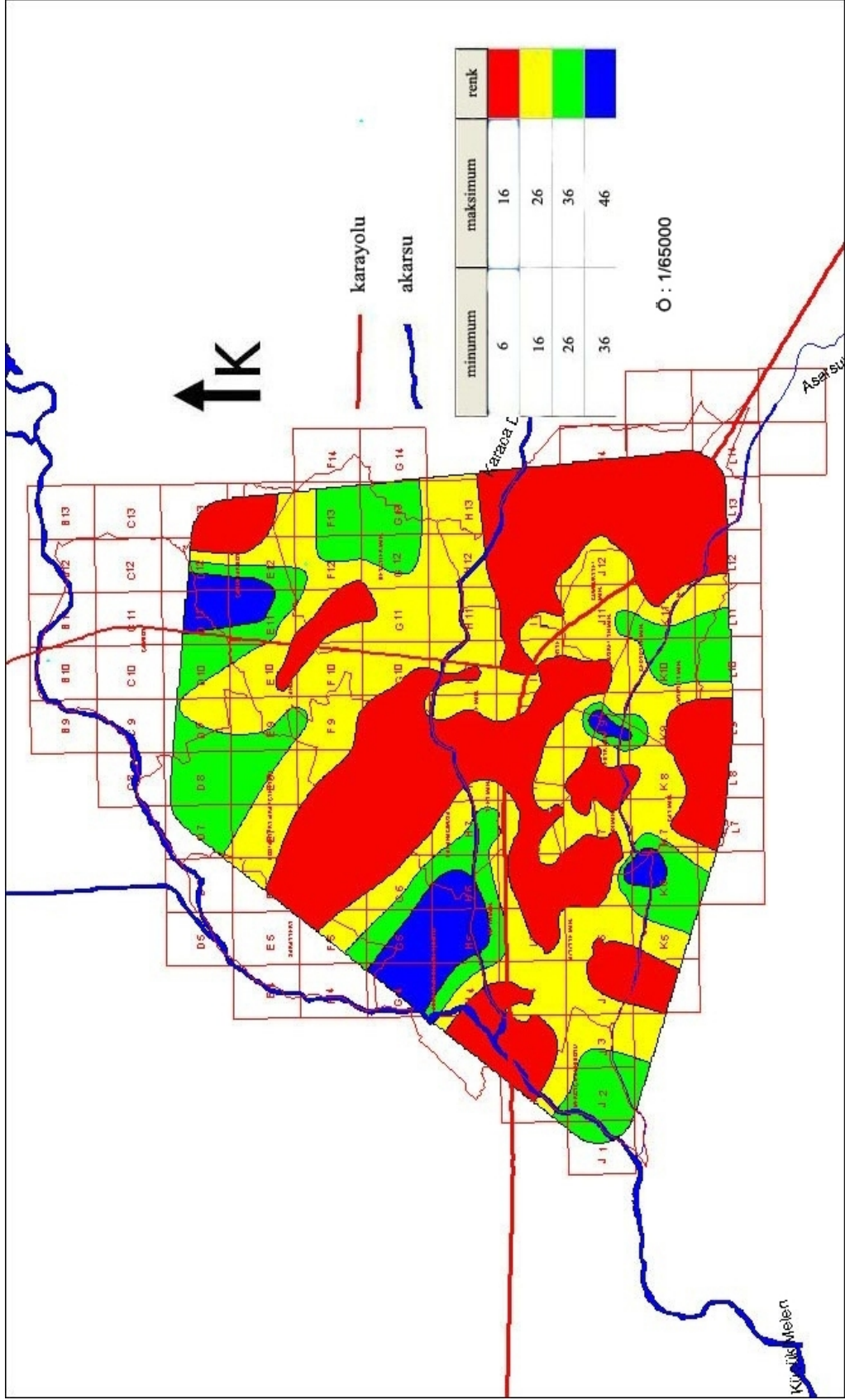
Bu çalışma için incelenen raporlardan 1.5 m'deki SPT değeri ve 3 m altındaki ilk SPT değeri dikkate alınmış ve incelenmiştir. Buna göre;

1.5 m'deki SPT değerleri bölgesel olarak değişmekle birlikte 5 ile 45 arasında değişik değerler almaktadır (Şekil 2.15a). 3 m veya daha derinden elde edilmiş SPT değeri ise yine bölgesel farklılıklar göstermekle birlikte 6 ile 45 arasında değişik değerler almaktadır (Şekil 2.15b). Bazı bölgelerde SPT vuruşları 45'in de üzerinde elde edilmiş olup, bu değerin o bölgedeki çakıllı seviyelerden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Çalışma alanı genelinde yapılmış olan sondaj çalışmalarında arazi deneyleri sismik kırılma çalışmasından elde edilen tüm bilgileri desteklemektedir.



Şekil 2.15a. Birinci tabaka SPT haritası



Şekil 2.15b. İkinci tabaka SPT haritası

2.1.5. Uygulanan laboratuvar deneyleri :

Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde birimlerin indeks ve fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla “ASTM” ve TS –1900 “İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği’ nde Zemin Deneyleri” Standartlarına uygun olarak aşağıdaki deneyler yapılmaktadır;

- Doğal su içeriği tayini
- Atterberg limitleri
- Elek analizi
- Hidrometre
- Üç eksenli basınç deneyi

Ayrıca zemin tanımlamalarında “Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (BZSS) kullanılmaktadır. Düzce de yapılmakta olan zemin etüd çalışmalarının tümünde yukarıda belirtilen deneylerin tamamı titizlikle yapılmakta ve arazi deneyleriyle korele edilerek yorumlanmaktadır. Laboratuvar deneyleri sonuçlarından elde edilen zemin tipi özellikleri incelenerek haritalanmıştır.

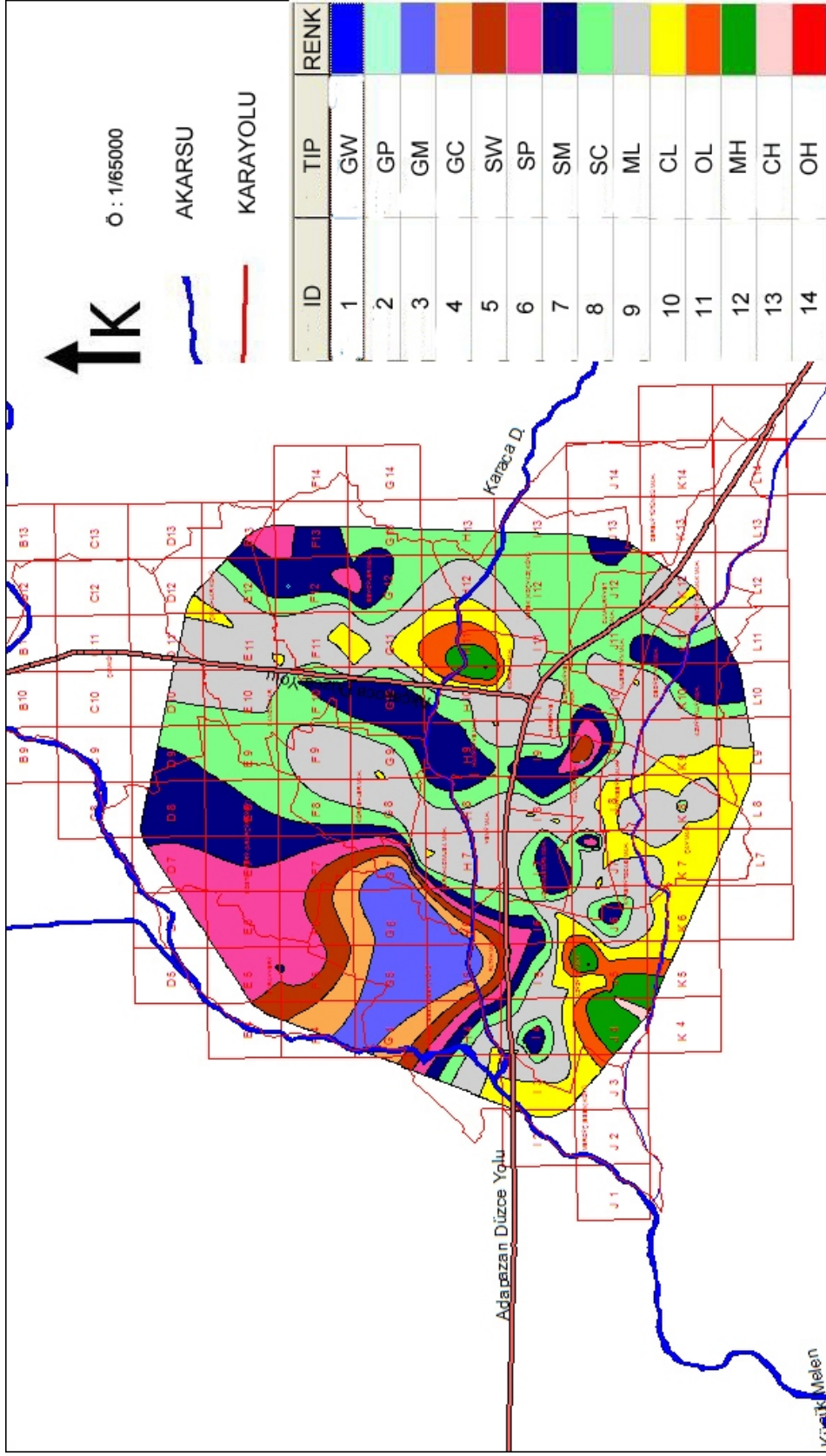
Düzce genelinde elde edilen gerek SPT gerekse laboratuvar verileri incelendiğinde kuzeyden güney kesimlere gidildikçe zemin gurubunun C (1-yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar...,2-Orta sıkı kum,çakıl...,3-Katı kil ve siltli kil...) den D (1-Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak kalın alüvyon tabakaları...,2-Gevşek kum...,3-Yumuşak kil, siltli kil...) grubu zemine doğru değiştiğini ve çoğunlukla Karaca Deresi altında kalan bölgede neredeyse C gurubu zemine rastlanılmamaktadır. Zemin tipi incelendiğinde ise kuzeyden güneye Z3 zemin tipinden ($V_s=200-400$ m/sn) Z4 zemin tipine ($V_s<200$ m/sn) doğru değişim göstermektedir. Zemin gurubunda olduğu gibi D gurubu zeminin gözlemlendiği yerlerde zemin tipi Z4 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada haritalama işlemi aşağıda belirtilen laboratuvarda yapılan çeşitli deneylerden elde edilen zemin tipleri dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Bu bilgiler ve Düzce de yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ışığında Düzce'nin merkez kesimlerinde ve güneyde kalan bölgeler ile il içerisinde geçen dere ve

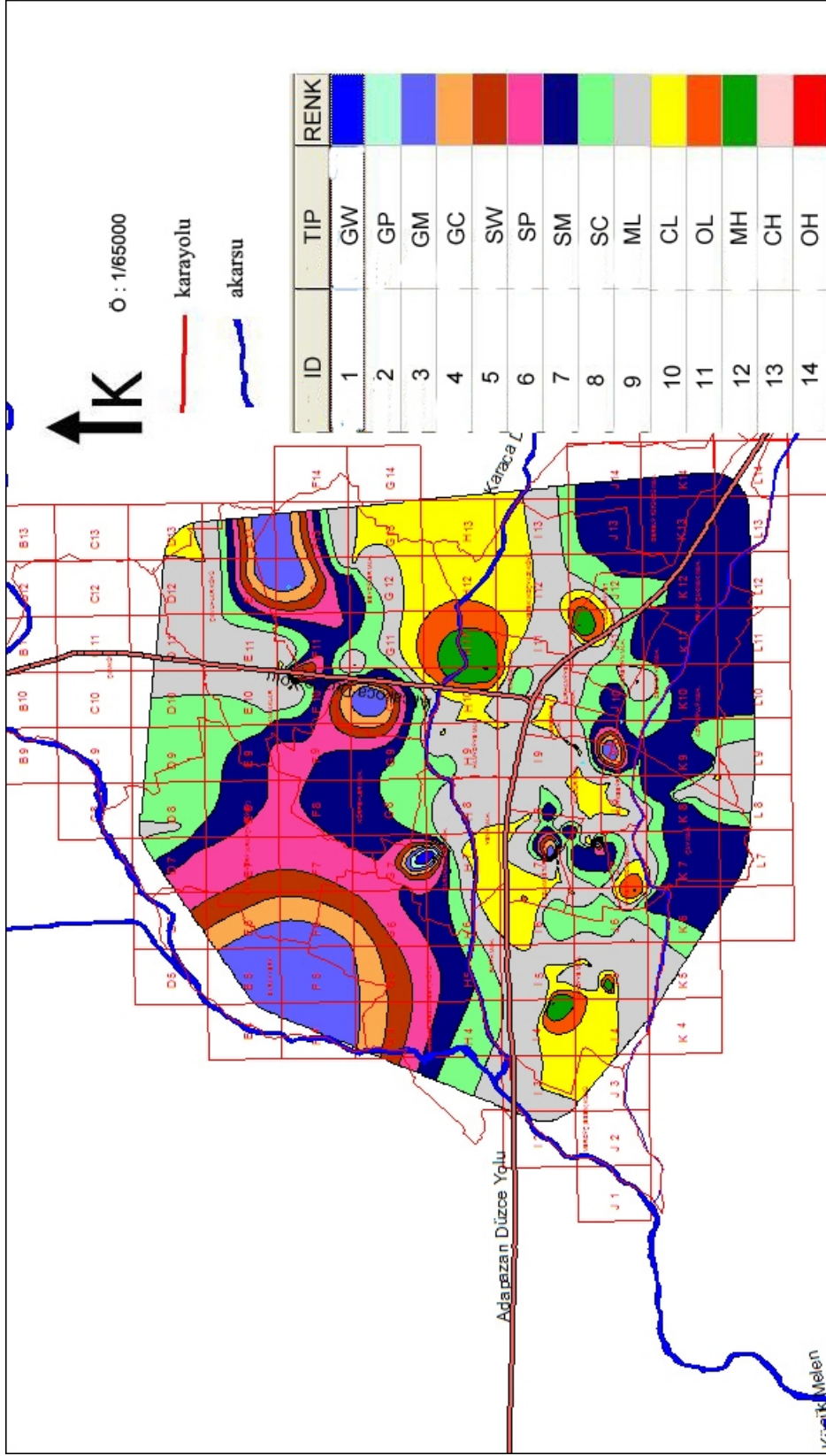
melen kenarlarında çoğunlukla belirlenen zemin gurubu D olup, zemin tipi Z4'dür. Laboratuarda elde edilmiş olan zemin tipleri incelendiğinde Düzce genelinde daha sıklıkla CL (plastisitesi düşük veya orta inorganik kil,çakıllı kil,kumlu kil,çakıllı kil,zayıf kil), ML-SW (ML:İnorganik silt ve çok ince kum kayaç unu,siltli veya killi ince kum veya plastisitesi düşük killi silt. SW:İyi derecelenmiş kum,çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok) veya SW olduğuna dikkat edilmiştir. Düzce İli'nde elde edilen zemin tipi dağılımını gösteren haritalar 1. ve 2. tabakalar için sırasıyla Şekil 2.16a ve Şekil 2.16b' de gösterilmektedir.

2.1.6. Yer altı su seviyesi (YASS) :

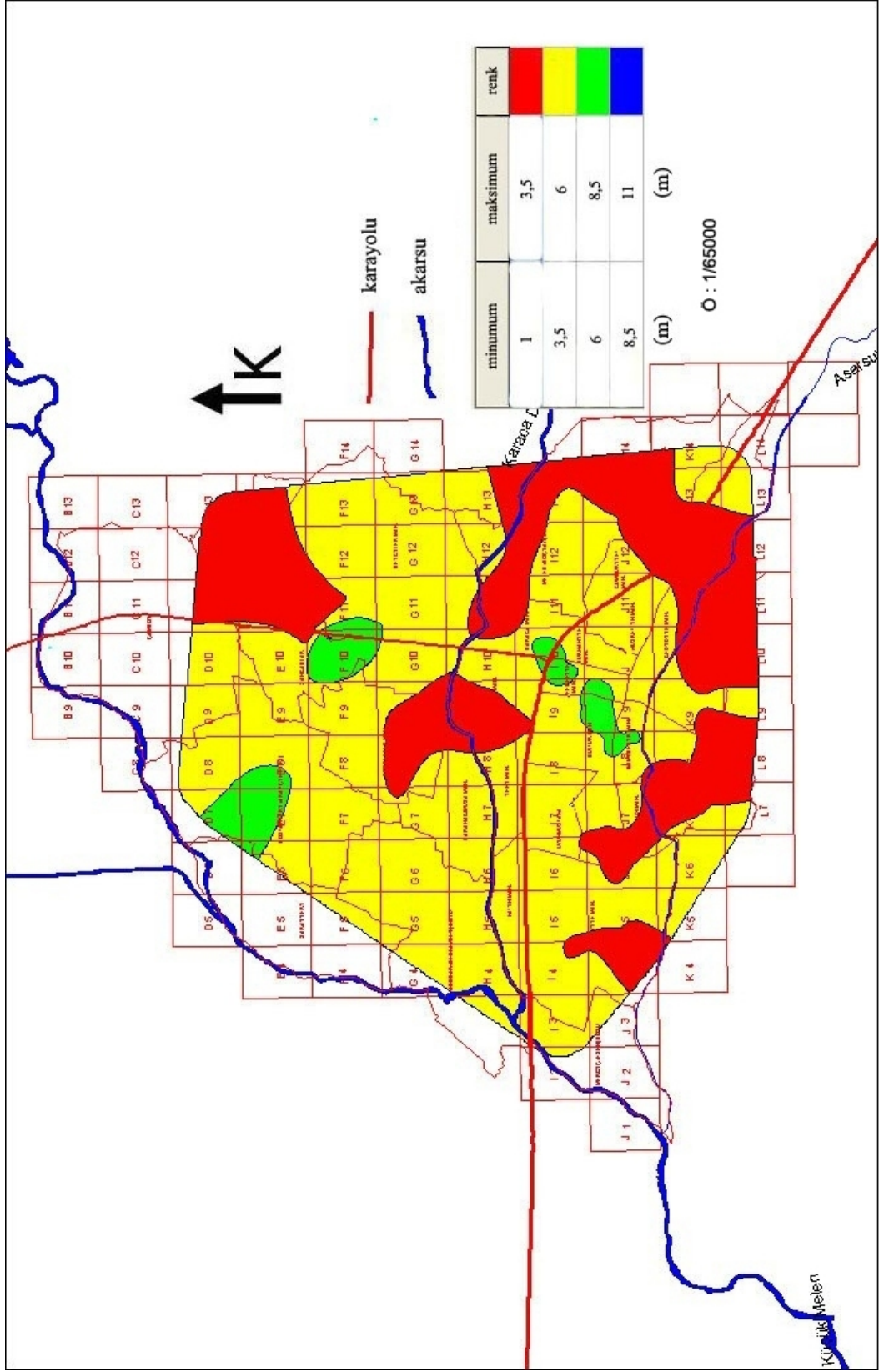
Açılan kuyuların büyük bir kısmında su tablasının kesildiği belirlenmiştir.. Yeraltı su seviyesinin yüzeyden derinliği 1.5 ile 8.5 m arasında değişmektedir. Çoğunlukla 3-4m dolayındadır. Yeraltı su seviyesinin yağışlı mevsimlerde daha da yükselebileceği dikkate alınmalıdır (Şekil 2.17).



Şekil 2.16a. Zemin tipi 1. tabaka haritası



Şekil 2.16b. Zemin tipi 2. tabaka haritası



Şekil 2.17. YASS haritası

2.1.7. Zemin sıvılaşması:

Sıvılaşma (liquefaction) deprem mühendisliğinin en önemli, ilginç, karmaşık ve bir o kadar da tartışmalı konularından biridir.

Zeminin sıvılaşma olayı, suya doymun ince taneli kum ve silt gibi katmanların, deprem dalgalarının etkisi sonucu boşluk suyu basıncının artması ile efektif yatay gerilmenin sıfır olması sonucunda, nihai taşıma kapasitesini tamamen kaybederek bir “sıvı” gibi davranış göstermesi olarak tanımlanabilir. Drenaj koşullarının olmadığı bir ortamda, boşluk suyu basıncının deprem dalgaları nedeniyle artması ve toplam basınca eşit olması veya toplam basıncı aşması sonucu sıvılaşma oluşur((16) nolu denklem).

$$\sigma' = \sigma - u \quad (16)$$

σ' =efektif basınç

σ =toplam basınç

u =boşluk suyu basıncı

$\sigma'=0$ değerinin sıfır olması, toplam basıncın boşluk suyu basıncına eşit olmasını gösterir. Bu konunun anlamı, zemin üzerinde duran yapının deniz veya göl üzerinde durması gibidir. Sonuçta 17 Ağustos 1999 körfez depreminde yaşadığımız gibi binaların tamamen zemin içine, camları dahi kırılmadan gömülmesi veya yan yatması gibi sonuçlara neden olur.

Zemin sıvılaşması sonucu beliren deprem etkileri ilk olarak 1964 Nigata ve Anchroge depremlerinde açık olarak gözlenmiş ve belgelenmiştir. Olayın o tarihe kadar gizli kalması ve bu olayla belgelenmesinin nedeni buralardaki zeminlerin yaygın ve yoğun olarak SP- üniform kum ML-iri silt içeriğinden kaynaklanmıştır. Başka bir deyişle, diğer zeminlerde sıvılaşma gerçekleşse dahi dikkati çekecek alanları kapsamamakta, noktasal olarak belirlemektedir.

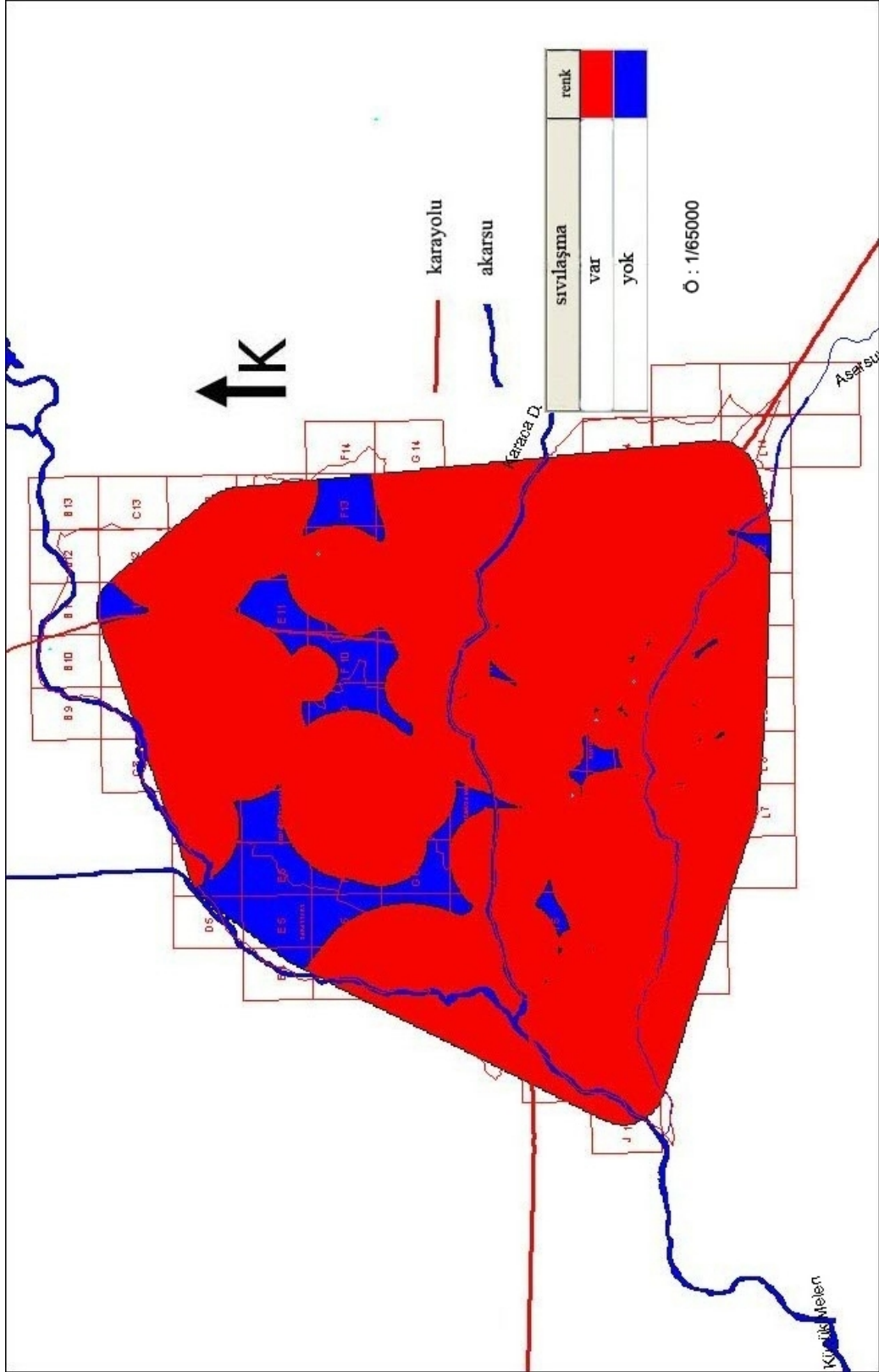
Sıvılaşma tehlikesinin irdelenmesinde başlıca üç soruya cevap vermek gerekir. Zemin sıvılaşmaya duyarlı mıdır? Duyarlı ise sıvılaşma tetiklenir mi? Tetiklenir ise hasara neden olur mu?

Zeminin sıvılaşmaya duyarlı olup olmadığı konusunda dikkat edilen kriterler: tarihsel durum, jeolojik durum, zemin bileşimi, mevcut durum ölçütü (kritik boşluk oranı, deformasyon hali, vb.) şeklinde sıralanır.

Bunun devamındaki soru sıvılaşma başlar mı?'dır. Çünkü zeminin sıvılaşmaya duyarlı olması mutlaka depremde sıvılaşma olacağı anlamına gelmez. Depremin şiddetinin zemin sıvılaşmasını harekete geçirecek ölçüde olması gerekir.

Türkiye'de sıvılaşmanın önemlenecek boyutlara vardığı yerler deprem büyüklüğünün 7,5 un üzerine çıktığı ve sıvılaşmaya uygun zeminlerin olduğu kesimlerdir. Sıvılaşmanın ciddi bir etken olabilmesi için kum ve siltlerin üniform ve Kuvaterner yaşlı olmaları ön koşul olarak kabul edilebilir. Kil içeriği önemlenecek boyuta çıktığında sıvılaşma nadiren belirmektedir.

17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremlerinde Düzce ve yakın çevresinde sıvılaşma aktif olarak görülmemiştir, ancak yapılan etüdler neticesinde çeşitli derinliklerde sıvılaşma potansiyel riski tespit edilmiştir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Sivilaşma haritası

BÖLÜM 4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan zemin etüdü çalışmaları ve bu verilere dayanarak elde edilen zemin parametreleri haritaları incelendiğinde çok düşük değerlerin elde edildiği görülmektedir. Normalden düşük elde edilen bu değerlerin doğurabileceği sonuçları kestirmek mümkündür. Nitekim, Düzce İli'nin yakın tarihte geçirmiş olduğu 2 büyük depremin izlerine baktığımızda en çok hasarın gözlendiği merkez kesimde, ki burada çok daha düşük zemin değerleri ve ek olarak sığ yer altı suyuna rastlanmış olduğumuzu belirtelim, ileride karşılaşılabilecek felaketlerin önlem alınmadığı takdirde korkunç sonuçlar doğurabileceğini gözler önüne sermektedir. Alınabilecek en önemli önlemlerden birisi yapılaşmaya geçilmeden önce bölgedeki zeminin ayrıntılı olarak incelenmesidir. Çünkü ne kadar mükemmel binalar yaparsak yapalım, üzerine inşaa ettiğimiz zemini tanımazsak güvenle oturduğumuzu düşündüğümüz evlerimiz felaketimiz olacaktır. Bunun önüne geçebilmek ancak zemin yapı ilişkisini çok iyi analiz edebilmek ve bunun gerektirdiği önlemleri alarak mevcut olabilecektir. Bu durumda Düzce için getirebilecek öneriler şu şekilde sunulabilir;

Mevcut sismik kırılma ve zemin sondajı çalışmalarına ek olarak tabaka kalınlıklarını ve yer altı suyunu ayrıntılı belirleyebilen elektrik özdirenç yöntemi de eklenebilir ve elde edilen veriler ayrıntılı tarama yapabilmek için, jeoteknik ile bütünleştirilerek yorumlanabilir. Esasında yerleşim yeri olarak seçilmiş merkez ve güney kesimler elde edilen veriler doğrultusunda yerleşime uygunluk açısından uygun olmadığı düşünülmekte ve şehrin nispeten daha sağlıklı verilerin elde edildiği kuzey kesime kaydırılması önerilmektedir.

BÖLÜM 3. SONUÇLAR

İnceleme alanında zemin araştırmasına yönelik olarak yapılan, zemin sondajları, sismik kırılma çalışmalarına bakıldığında şu sonuçlar ortaya çıkmıştır.

1. İnceleme alanında Düzce Belediyesi'nin Eylül 2000 ve Şubat 2001 tarihinde yaptırmış olduğu revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik-jeofizik zemin etüdüleri kapsamında 285 zemin sondajı çalışması ve 185 sismik kırılma çalışmasından elde edilen veriler ile 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinden sonra yapılmış olan parsel bazında zemin etüdlerinden elde edilen veriler kullanılmış ve haritalar oluşturulmuştur.

2. İnceleme alanında yaygın olarak tek jeolojik birim Düzce ovasını dolduran genç akarsu ve göl çökelleridir. Bölgede temel zeminin kil-kum-silt ve yer yer çakıldan oluştuğu ve bu birimlerin yatay ve düşey yönde birbirleri ile geçişli olduğu gözlenmektedir.

3. Kuzey Anadolu Fay (KAF)'ı ve Tali faylarının bölge etrafında konumlanmış olması tarihte yıkıcı depremlere maruz kalmasına neden olmuştur.

4. Kuzey Anadolu Fay (KAF)'ına ait olan tali faylar Düzce ve Çilimli Fay'ları çalışma alanının güney ve kuzeyinden geçmektedir. Düzce İli'nin kuzey ve güneyini saran sağ yönlü atılımlı bu aktif fayların bölgede yarattığı sıkışmanın Doğu- Batı yönlü bir harekete sebep olduğu ve haritalarda bu hareketin varlığı oluşan doğu-batı yönlü kapanımlarla desteklendiği düşünülmektedir. İnceleme alanı içinden geçen nehirlerin akış yönünün doğuya yönelerek devam etmesinin tektonizma kökenli olabileceği düşünülmektedir.

5. Düzce İli'nde yeraltı suyunun özellikle merkez kesimi başta olmak üzere çok sığ seviyelerde olduğu gözlenmektedir. İnceleme alanı genelinde yer altı su seviyesinin yüksek olması, alüvyon karakterli zeminin birçok kesiminde sıvılaşma riskinin varlığına neden olduğu gözlenmektedir.

6. İnceleme alanında 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra yapılmış sismik kırılma çalışmalarından elde edilen veriler değerlendirildiğinde sismik hızların ve sismik hızlardan elde edilen elastik parametrelerin çok düşük değerlerde olması bölgedeki zayıf zeminin yapılaşma için gerekli önlemlerin alınması gerekliliğinin önemini açıkça göstermektedir. Çünkü sismik hızlar ve elastik parametrelerin düşük olduğu kesimlerde düşey esneme daha fazla olacağından bu bölgelerdeki binaların olası bir depremde kırılganlığı daha fazla zarar görecektir. İnceleme alanında yapılan gözlemsel değerlendirmede bu durum dikkati çekmiştir.

7. İl genelinde 1999'dan günümüze kadar yapılmış zemin etüd çalışmaları ve elde edilen haritalar birlikte değerlendirildiğinde bölgede kuzeye doğru gidildikçe nispeten sağlıklı zemin değerlerine ulaşıldığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Düzce Belediyesi İmar İşleri Müdürlüğü Planlama Servisi, Düzce, 2006.
- [2] <http://www.wikipedia.org/wiki/Düzce>
- [3] ÖZTÜRK MÜH.A.Ş., AKKURT MÜH.A.Ş.,” Düzce Belediyesi,Düzce İl Merkezinde 3444 Hektarlık Alanın İmar Planına Esas Jeolojik-Jeofizik-Jeoteknik Etüt Raporu” Düzce, 2005.
- [4] ŞİMŞEK O., DALGIÇ S., “ Düzce Ovası Killerinin Konsolidasyon Özellikleri ve Evrim İlişkisi” , Türkiye Jeoloji Bülteni, C.40, Sayı 2,29-38, Ağustos 1997.
- [5] ÖZMEN B.,” Düzce-Bolu Bölgesinin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri s:1-14, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu.” Ankara, 2000.
- [6] GELİSLİ K., “ Mühendislik Jeofiziği Ders Notları.” Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon, 2001.
- [7] US E., “ Sismik Yöntemler ve Yorumlamaya Giriş.” TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, 1998.
- [8] KEÇELİ, A., “Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma ve Oturmasının Saptanması”, Jeofizik 4, 83-92,1990.
- [9] ÖZTÜRK MÜH.A.Ş., “Parsel Bazında Yapılmış Zemin Etüd Raporları.”, Düzce, 1999-2006.
- [10] JEO YER ALTI ARŞ., “Parsel Bazında Yapılmış Zemin Etüd Raporları.”, Düzce, 1999-2006
- [11] GEOSİS YER ARAŞTIRMA A.Ş.,”Parsel Bazında Yapılmış Zemin Etüd Raporları.”, Düzce, 1999-2006.

- [12] AKKURT MÜHENDİSLİK A.Ş.,” Parsel Bazında Yapılmış Zemin Etüd Raporları.”, Düzce, 1999-2006.
- [13] T.C BAYINDIRLIK ve İSKAN BAKANLIĞI, “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” , Ankara, 1998.
- [14] T.C BAYINDIRLIK ve İSKAN BAKANLIĞI, “ Zemin ve Temel Etüdü Raporu Genel Formatı” , Ankara, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynan Keleş 1980 yılında Düzce’de doğdu. İlk,orta ve liseyi Düzce’de bitirdi. 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümüne başladı ve 2002 yılında Bölüm 2. si ünvanı ile mezun oldu. 2003 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Anabilim dalında yüksek lisansa başladı. 2004 yılında Düzce Belediyesi İmar İşleri Müdürlüğü’nde Jeofizik Mühendisi olarak göreve başladı. Görevi halen devam etmektedir.