



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

**TOPOĞRAFİK VE SİSMOLOJİK VS30 VERİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI; BALIKESİR ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS

CANER TAN

Tez Danışmanı

PROF.DR. ALİ OSMAN ÖNCEL

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

**TOPOĞRAFİK VE SİSMOLOJİK VS30 VERİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI; BALIKESİR ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS

CANER TAN

Tez Danışmanı

PROF.DR. ALİ OSMAN ÖNCEL

ÇANAKKALE – 2023



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Caner TAN tarafından Prof. Dr. Ali Osman ÖNCEL yönetiminde hazırlanan ve **27/01/2023** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**TOPOĞRAFİK VE SİSMOLOJİK VS30 VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI; BALIKESİR ÖRNEĞİ**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Jeofizik Mühendisliği**’nde **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Ali Osman ÖNCEL

.....

(Danışman)

Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ

.....

Prof. Dr. Şakir ŞAHİN

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : .././20..

.....

İSİM SOYİSMİ

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum tez çalışmamda; tez içerisinde sunduğum bilgilerin, verilerin ve dokümanların akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçların bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, tezde sunduğum çalışmanın Balıkesir’de Topografik ve Sismik V_{S30} verilerinin karşılaştırılması anlamında özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Caner TAN

(Tarih) .././20..

TEŞEKKÜR

Bu tezin oluŐturulmasında, çalıŐma sűrecinde benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen deęerli danıŐman hocam Prof. Dr. Ali Osman ŐNCEL'e, çalıŐmaya konu edinmiŐ olduęum Balıkesir bűlge verisi konusunda bana destek saęlayan Balıkesir BűyűkŐehir Belediyesi ve İmar ve Őehircilik Dairesi BaŐkanlıęı'na, çalıŐmalarımnda matlap yazılım desteęi konusunda desteęini esirgemeyen Cansu EROęLU'na çalıŐma sűresince yaŐadıęım zorlukları benimle paylaŐan eŐim Semiha TAN'a ve hayatımın her aŐamasında bana destek olan deęerli aileme sonsuz teŐekkűrlerimi sunarım.”

Caner TAN
anakkale, 27 Ocak 2023

ÖZET

TOPOĞRAFİK VE SİSMOLOJİK VS30 VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI; BALIKESİR ÖRNEĞİ

Caner TAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeofizik Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali Osman ÖNCEL

27/01/2023, 56

Balıkesir merkez ilçeleri (Altıeylül ve Karesi)'nde topografik verilerden elde edilen V_{S30} değeri ile jeofizik ölçümler sonucu elde edilen V_{S30} verileri karşılaştırılarak olası farklılıkları ve veri benzerlikleri değerlendirilecektir.

Dünya yüzeyinin üstünden 30 m aşağıya doğru tüm tabakaların hız büyüklükleri ortalaması olarak bulunan kayma dalgası hızı (V_{S30}), deprem tehlikeleri için hem öngörücü, hem de teşhis aracı olarak yer hareketi büyütmesini tahmin etmek için anahtar bir parametredir. Topografik ve Jeofizik V_{S30} verileri belirli noktalarda seçilen İKİ farklı yöntemle hesaplanmış İKİ veri olarak karşılaştırılıp, korelasyonları incelenerek topografik ve sismolojik V_{S30} büyüklüklerinde fark veya benzerlik olup olmadığı araştırılacaktır. Saha sismolojisi koşullarıyla ilgili bilgilerin mevcudiyeti sadece Türkiye'de sınırlı yerlerde mevcuttur. Topografik eğim değişikliğinden bulunan topografik V_{S30} büyüklüğü bir araç olarak kullanılarak Dünya'nın herhangi bir yerindeki sismik saha koşulları haritalarını türetmek için bir metodoloji tanımlayarak, depreme bağlı olarak olası jeofizik risklerin ortaya çıkarılmasında hızlı bir öngörü aracı olarak kullanılabilir. Topografik V_{S30} verileri ile bölge şehirleşme amaçlı planlama projeleri kapsamında ölçü noktalarında tespit edilerek bulunan jeofizik V_{S30} verileri ile korale edilerek hızlı bir çözüm aracı olarak kullanılması en kötü deprem riski durumunun önceden tespitinde büyük fayda sağlayacaktır.

Balıkesir merkez ilçeleri (Altıeylül ve Karesi)'nde yapılmış olan çalışmalar sonucu elde edilen veriler ışığında topografik veriler ile araziden elde edilen jeofizik veriler kullanılarak farkın değişiminin ortaya konulması ile deprem öncesi ve sonrası risk verilerine

hızlı ve ulaşılabilir olması gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında ayrıca ölçümle zaman alan işlemler topografik ve jeofizik veriler karşılaştırılarak V_{S30} verilerinin ortaya konulması ile iyi bir referans çalışma olmuştur.

Anahtar Kelimeler: V_{S30} , Topografik Eğim, Balıkesir, Jeofizik Ölçüm

ABSTRACT

COMPARISON OF TOPOGRAPHIC AND SEISMOLOGICAL VS30 DATA; BALIKESİR CASE

Caner TAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Geophysical Engineering

Advisor: Prof. Dr. Ali Osman ÖNCEL

01/27/2023, 56

In Balıkesir central districts (Altıeylül and Karesi), V_{S30} value obtained from topographic data and V_{S30} data obtained as a result of geophysical measurements will be compared and possible differences and data similarities will be evaluated.

The shear wave velocity (V_{S30}), which is the average of the velocity magnitudes of all layers 30 m below the Earth's surface, is a key parameter for estimating ground motion amplification as both a predictive and diagnostic tool for earthquake hazards. Topographic and Geophysical V_{S30} data will be compared as TWO data calculated with TWO different methods selected at certain points, and their correlations will be examined, and it will be investigated whether there is a difference or similarity in the topographic and seismological V_{S30} sizes. Availability of information on field seismological conditions is only available in limited areas in Turkey. By using the topographical V_{S30} magnitude found from the topographic slope change as a tool, it can be used as a rapid forecasting tool in revealing possible geophysical risks due to earthquakes, by defining a methodology to derive maps of seismic site conditions anywhere in the world. The use of topographic V_{S30} data as a quick solution tool by being correlated with geophysical V_{S30} data determined at measurement points within the scope of regional urbanization planning projects will be of great benefit in pre-detection of the worst earthquake risk situation.

In the light of the data obtained as a result of the studies carried out in Balıkesir central districts (Altıeylül and Karesi), the change in the difference is revealed by using

topographic data and geophysical data obtained from the field, and it is possible to quickly and quickly access the risk data before and after the earthquake. made accessible. Within the scope of this thesis, it has also been a good reference work by comparing the time-consuming processes with measurement from topographic and geophysical data and revealing the V_{S30} data.

Keywords: V_{S30} , Topographical Slope, Balikesir, Geophysical Measurement

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

1.1. Çalışma Alanı.....	2
1.1.1. Bölgenin Jeolojisi	4
1.1.2 Sismotektonik.....	5
Depremsellik	7
Diri Faylar	7
1.1.3 Paleosismoloji.....	12
1.1.4 Topoğrafya.....	13

İKİNCİ BÖLÜM		
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR		14
2.1.	TÜBİTAK-MAM Çalışması.....	14
2.2.	Balıkesir Mikrobölgeleme Raporu.....	18
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM		22
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM		
3.1.	Sismik Verilerin Elde Edilmesi.....	22
3.1.1.	Sismik Kırılma Çalışması.....	24
	Ölçümde Kullanılan Ekipmanlar	26
3.1.2	Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analiz Yöntemi (MASW Metodu).....	27
3.1.3	Veri Analizi.....	28
3.2	Sismik Ölçümlerinden Vs30 Verilerinin Elde Edilmesi.....	28
3.3.	Topografik Eğim Ölçüsünden Vs30 Verilerinin Elde Edilmesi.....	34
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		39
ARAŞTIRMA BULGULARI		
4.1.	Sismik Verilerin Değerlendirilmesi.....	39
4.2.	Topografik Verilerin Değerlendirilmesi.....	44

BEŞİNCİ BÖLÜM	47
SONUÇ ve ÖNERİLER	

KAYNAKÇA	51
EKLER	I
EK 1. Çalışma Alanına Ait Sismik Ölçülerin Koordinatları ve V_{S30} Değerlendirmesi	I
EK 2. ArcGIS Topografik Veri Analizi.....	XIV
ÖZGEÇMİŞ	XIX

SİMGELER VE KISALTMALAR

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BBB	Balıkesir Büyükşehir Belediyesi
BF	Balıkesir Fay Zonu
BMR	Balıkesir Mikrobölgeleme Raporu
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
DB	Doğu Batı
DEM	Sayısal Yükseklik Verisi
DSİ	Devlet Su İşleri
EFZ	Edremit Fay Zonu
EMSC	Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi,
EUROCODE-8	Avrupa Depreme Dayanıklı Yapı Standardını Belirleyen Kod
GB	Güney Batı
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
KD	Kuzey Doğu
M	Büyüklik
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
Ms	Yüzey Dalgası Büyüklüğü
Mw	Toplam Moment Magnitudü
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
NEHRP	Amerikan Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı
PGA	En Büyük Yer İvmesi
P-S	Boyuna Dalga – Enine Dalga
STD	Sismik Tehlike Değerlendirme
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
USGS	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu
V _{S30}	Kayma Dalga Hızlarının 30m Derinliğe Kadar Olan Ortalama Değeri

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Deprem Bölgeleri İçin Çalışmada Kullanılan Karmaşık Değişkenler (D ve b Değeri), Ortalama Kayma ve Genleşme ve Büyüklük Aralığı (Öncel ve Wilson, 2004).	6
Tablo 2	Balıkesir’de yıkıcı etkiye sahip $M > 5.5$ ten büyük depremler KRDAE, (2019)	10
Tablo 3	Eurocode-8’de V_{s30} ’a göre Zemin Sınıflaması (CEN, 2004).	30
Tablo 4	NEHRP Hükümlerinde ve Uniform Building Code’da V_{s30} ’a göre Zemin Sınıflaması (BSSC, 1997)	31
Tablo 5	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)	31
Tablo 6	NEHRP Eğim Sınıf aralıkları (Wald, D. J., ve Allen, T. I. 2007)	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	BBB 'nin tarafından (2015-2016) yılları arasında ÇŞİDB'nin 102732 genelge format-4 kapsamındaki Mikrobölgeleme alan sınırı	3
Şekil 2	MTA'dan temin edilen 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaların yeniden değerlendirilmesi sonucu elde edilen Jeoloji haritası BMR (2015-2016, syf. 362)	4
Şekil 3	İnceleme alanı jeolojisi BMR (2015-2016 syf.86) kapsamında jeolojik birimlerin yüzdesel olarak sıralanışı 1.Hallaçlar Volkaniti, 2.Alüvyon, 3.Soma Formasyonu, 4.Bornova Filişi, 5.Diğerleri olarak sıralanmaktadır.	5
Şekil 4	Marmara Denizi ve güneyinin Sismotektonik haritası 1900-2015 yılları arası $M \geq 4$ orta büyüklükteki depremler 500 sayısına ulaşmaktadır. Depremden elde edilen verilerin bulunduğu çalışma verisi (Sözbilir vd., 2019). İnceleme alanı harita üzerinde kutu ile gösterilmiştir.	6
Şekil 5	Kuzeybatı Anadolu için basitleştirilmiş aktif fay haritası ve fay segmentlerinin isimleri numaralanmış olarak verilmiştir (Emre ve Doğan, 2010). İnceleme alanı harita üzerinde kutu ile gösterilmiştir.	8
Şekil 6	Tarihsel döneme (M.Ö. 1800-M.S. 1900) ait oluşan depremlerin dağılımı (KRDAE, 2019)	9
Şekil 7	Kuzeybatı Anadolu'da (1900 – 2015) yılları arasında ML büyüklüğü 3'ün üstünde olan, konumları KRDAE tarafından ve büyük depremler ($M > 7$) için açıklamalarda değinilen kaynaklarca belirlenmiş depremler. Haritada siyah noktalar büyüklükleri 3 ile 5 arasında olan depremleri, mavi noktalar 5 ile 7 ve kırmızı yıldızlar 7'den büyük depremleri göstermektedir. Gri kalın çizgi Balıkesir il sınırını, sarı çizgiler diri fayları göstermektedir (TÜBİTAK-MAM, 2015-2018).	10
Şekil 8	Balıkesir'de 1898 yılında meydana gelen deprem sonrası oluşan yıkımlar (Balıkesir Kent Arşivi Koleksiyonu, 2013)	11

Şekil 9	A. Hendek çalışması B. D-B uzanımlı ve güneye eğimli bölgedeki hendek çalışmasından bir görünüm. Çalışma kapsamında 27 adet hendek açılmıştır BMR (2015-2016).	12
Şekil 10	Sayısal yükseklik verisinden elde edilen 3B topografik harita ve çalışma alan sınırı	13
Şekil 11	Çalışma sınırları Balıkesir ili ölçüm bölgelerini gösteren harita. Haritada yeşil alan Balıkesir merkez basenini, mavi alan Manyas-Gönen-Bandırma basen alanlarını, sarı alan Edremit Körfezi basen alanlarını göstermektedir (TÜBİTAK MAM, 2015-2018).	14
Şekil 12	Sismik hızlar bölgede 200-760 m/sn arasında değişim göstermektedir. V_{s30} haritası (TÜBİTAK MAM, 2015-2018).	15
Şekil 13	İvme değerleri bölgede faylı bölgelerde yükselirken diğer alanlarda düşük ivme değeri vermektedir. PGA için bütünlük sismik tehlike haritası (TÜBİTAK MAM, 2015-2018).	16
Şekil 14	İvme değerlerinin sismik etkinliğe bağlı olarak şiddet sınıflamasında renk değişimi görülmektedir. Sismik tehlike bölgeleri haritası (TÜBİTAK MAM, 2015-2018)	17
Şekil 15	Balıkesir Mikrobölgeleme Raporu (2015-2016), Alan sınırı	18
Şekil 16	Yerleşime uygunluk haritasından da anlaşılacağı üzere bölgenin ova kısmında Ö.A-5.1 (Şişme Oturma Sorunlu Alanlar) olarak değerlendirilirken diğer yükseltinin arttığı kısımlarda ise Ö.A-2.1a (Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar) ve sağlam Kaya ortamının bulunduğu yerler ise U.A-2 (Kaya Ortamlar) olarak değerlendirilmiştir BMR (2015-2016).	21
Şekil 17	BMR (2015-2016) Alan karelağı (syf. 30) ve MTA'dan temin edilen 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarının yeniden değerlendirilmesi sonucu elde edilen jeoloji haritası (syf. 362)	23
Şekil 18	BMR (2015-2016) sismik lokasyon haritasında Balıkesir merkezinin zemin özelliklerini ortaya koymak için (tabaka hızları, tabaka kalınlıkları, sismik parametreler) 526 adet sismik çalışma planlanmıştır.	25
Şekil 19	MBR kapsamındaki sismik ölçümlerde profiller Nivelman (Topografik cihaz) yardımıyla A. Sismik Ölçüm Noktası S-170 oluşturulmuş ve daha sonrasında B. Veri Kontrol edilerek C. Veri ölçüm, serim, dizilim ve kayıt çalışmaları tamamlanmıştır.	26
Şekil 20	A. Sismik MASW çalışmasının dizilimi sahadan veri toplanmıştır, B. Ölçüm verisine ait atış kayıtları, C. Veri değerlendirmesi	27

aşamasındaki hız-faz eğrisi, D. S- dalgasına ait hız profilinin derinlik değişimi gözlenmektedir, E. Çalışmanın sonuç bölümünde ise sismik hızlara dair derinlik kesiti gözlenmektedir (BMR, 2015-2016).

- Şekil 21** V_{S30} sismik haritasının yeniden değerlendirilmesi sonucunda çalışma bölgesinin Kuzeyinde 500m/sn Güneyinde 450 m/sn ile Doğu bölgesinde 250m/sn Batı Bölgesinde 450 m/sn V_{S30} hızları görülmüştür (BMR, 2015-2016). 33
- Şekil 22** USGS Global V_{S30} topografik veri sunucusu üzerinden mozaik, eğim vb. araçlar ile istenilen veri sınırı çizilerek ya da koordinat bilgisi girilerek veri indirilebilmesi mümkündür. 34
- Şekil 23** USGS'den elde edilen Raster verisi ArcGIS programında 9 adımda veri işlem aşamasından geçirilerek Topografik eğimden V_{S30} haritası elde edilmiştir. 36
- Şekil 24** USGS den bölge için elde edilen Raster verisi indirilip ArcGIS programında değerlendirdikten sonra yukardaki Topografik V_{S30} haritası elde edilmiştir. Harita üzerine bölgeden geçen fay (MTA 2012) hattı işlenmiştir. Topografik V_{S30} haritasına göre bölgede sismik hızlar 700 m/sn ile 180 m/sn arasında değişmektedir. 38
- Şekil 25** Sismik ölçüm verisinden elde edilen TBDY-2018 sınıflama haritasına göre Balıkesir de ZC sınıfı zeminlerin %72 oranında, ZD sınıfı zemin %28 oranında olduğu sismik çalışma verisinden Kriging haritalama yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (BMR, 2015-2016). 40
- Şekil 26** Sismik verilerin değerlendirilmesi sonucu Kriging tekniği ile elde edilen V_{S30} haritası üzerinde 5 profil kesiti alınarak değerlendirilmiştir. Profillerin 3'ü Batı-Doğu yönünde alınırken 2 tanesi de Kuzey-Güney yönünde alınmıştır. 41
- Şekil 27** Sismik V_{S30} haritası üzerinde alınan profillerin incelemesi 5 grupta yapılmıştır. Buna göre ilk 3 profil B-D yönünde 1.Profilde yüksek V_{S30} hızları 500 m/sn ve 300 m/sn hız aralığında değişirken 2.Profilde V_{S30} hızları 560 m/sn ve 200 m/sn aralığında 3.Profilde V_{S30} hızları 760 m/sn hız 350 m/sn hız aralığında diğer profiller K-G yönlüdür 4.profilde hızlar çok değişkenlik göstermekle birlikte sismik V_{S30} hızları 400m/sn ve 600 m/sn hız aralığında 5. Profilde V_{S30} sismik hızlar 500 m/sn ve 300 m/sn aralığında değişkenlik göstermektedir 42

Şekil 28	Sismik ölçüm verilerinden elde edilen NEHRP sınıflama dağılımına göre en çok veri sayısı 295 adet V_{S30} verisiyle C tipi zemini 209 adet veri ile D tipi zemin takip etmektedir. Balıkesir çoğunlukla C ve D zemin tiplerinden oluşmaktadır.	43
Şekil 29	A. Türkiye topografik haritası. Daireler, m/s cinsinden V_{S30} tarafından renk kodlu ölçümlerin konumunu gösterir B. KOERI'den yüzeysel jeolojiye dayalı saha durum haritası (Z. Çağnan ve ark. 2007) C. NEHRP Sınıflama durum haritası.	45
Şekil 30	Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı (NEHRP)'na göre Topografik V_{S30} verilerinden elde edilen sınıflama özelliklerine ve eğim aralıklarına göre topografik V_{S30} haritası oluşturulmuştur. Harita üzerine bölgenin içerisinden geçen Balıkesir fayı (MTA-2012)'da işlenmiştir. Balıkesir bölgesi NEHRP sınıflama haritasına göre en fazla C tipi (360-490) m/sn zemini D tipi (300-360) m/sn hız aralıklarındaki zemin takip etmektedir.	46
Şekil 31	Sismik V_{S30} ile topografik V_{S30} 'un değişiminin logaritmik gösterimi	47
Şekil 32	Topografik Ölçüm ile Sismik Ölçümün Alan (hektar alan) bazında karşılaştırma grafiği	48
Şekil 33	Sismik ölçüm verisi ile topografik ölçüm verisinin logaritmik farklılıklarını gösteren histogram	49
Şekil 34	Sismik V_{S30} 'un topografik V_{S30} 'a karşı dağılım grafiği ve NEHRP sınıflama aralığı. Regresyon çizgileri ve R^2 değerleri, bağımsız değişkenlerden tahmin edilebilir varyansın boyutunu gösterir.	49

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Dünya üzerindeki büyük depremlerin yerel topluluklar ve yerleşik çevre üzerinde dramatik bir etkisi olabileceği iyi bilinmektedir. Zeminin fiziksel direnç değişimini ve yüzey farklılıklarına bağlı olarak dalga genlikleri ve yayılım hızındaki değişim, jeofizik risk durumuna bağlı olarak yapısal riski daha da kötüleştirebilir. Araştırma literatürünün gözden geçirilmesi, saha büyütmelerinin (stratigrafi + topoğrafya) sismik yer hareketi üzerindeki etkilerinin ve dolayısıyla deprem hasar potansiyellerinin önceki çalışmalarda incelendiğini göstermektedir (Allen, ve Wald, D. J. (2007 ve 2009), Wills, vd., 2000) , Holzer, vd. (2005) , Chung, vd. (2012).

Deprem dalga genliğinin bölgenin jeolojik özellikleriyle değişerek yayılımı hasar büyüklükleri arasında farklılıklar yaratır. Sığ odaklı ($h < 30$ km) büyük depremlerin ($M > 6$) acil durum ve müdahale amaçlı olarak gerçek zamanlı şiddet etkisinin hızlı değerlendirilebilmesi için, şiddetin en büyük düzeye ulaştığı kaynak bölgesinde ki olası yer sarsıntısının maksimum büyüklüğe ulaştığı yerin ve risk etkilerinin tahmin edilmesine çalışılmaktadır. ABD'deki NEHRP (Ulusal Deprem Tehlikeleri Azaltma Programı) sınıflandırmalarına benzer şekilde, Türkiye'de AFAD (Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliği 2018) yetkisi altındaki V_{s30} 'u tahminlerine dayalı toprak ve kaya bileşenlerinden oluşan zemin sınıflandırmalarını temel alır (TBDY-2018, NEHRP-2015).

Dünya'nın herhangi bir bölgesinde, şiddetli seviyelerde yer sarsıntısına bağlı olarak jeofiziksel direnç değişimleri, yerin en büyük yer ivme değişimi (PGA) , ivmeölçer istasyonların bulunduğu yerlerde ölçülür. Zayıf zeminlerde en büyük ivme değerinin büyük gözlenmesi depremin yıkıcı etkisinin ifadesidir. Sahada gözlemlenen yer hareketi seviyelerinin tahmin edilmesine, ulusal (AFAD), bölgesel (EMSC) ve küresel (USGS) sürekli deprem izleme merkezleri tarafından çalışılmaktadır.

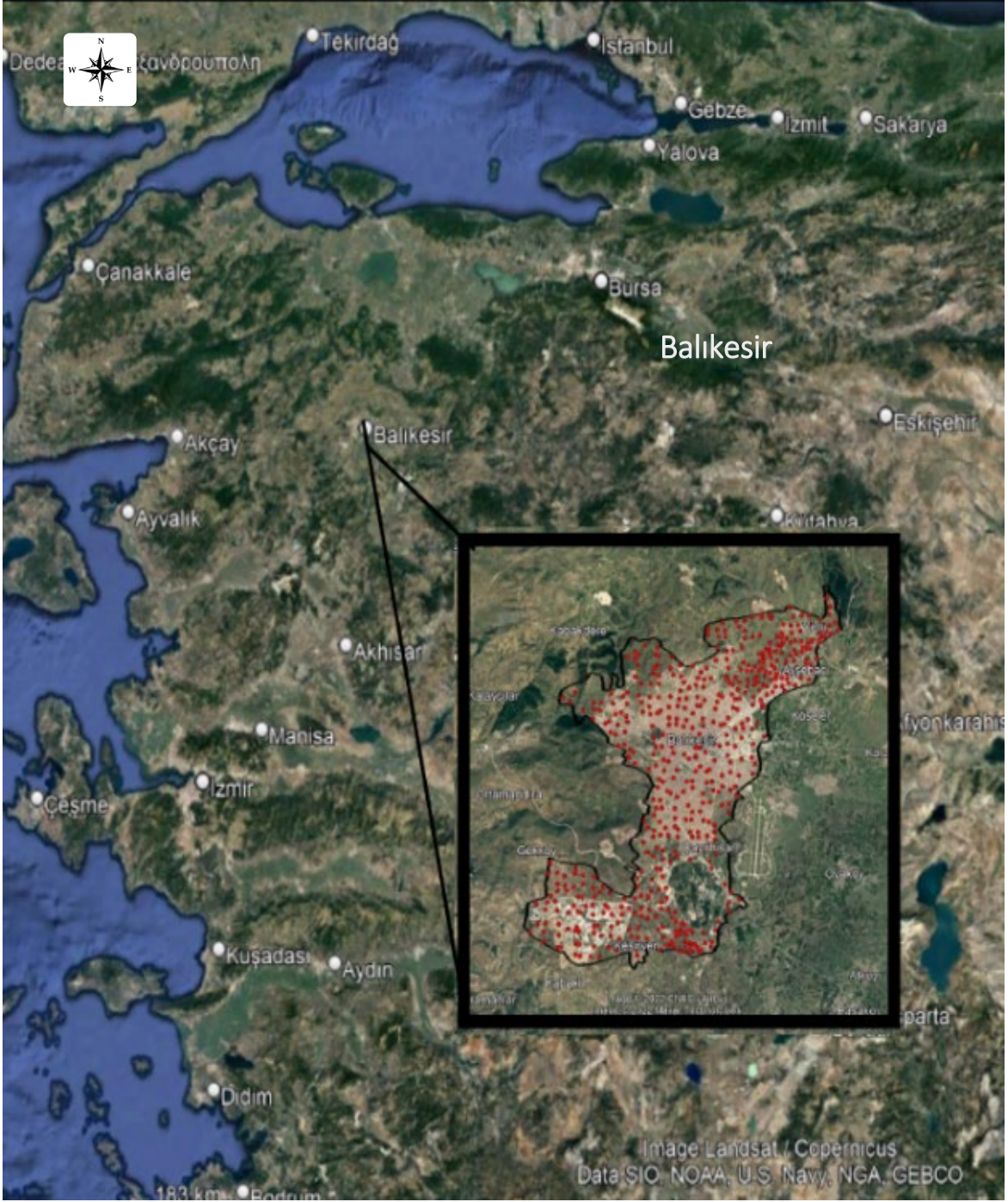
Jeofizik veriler (İvme, V_{s30} , vb.) Dünya çapında sınırlı yerlerinde bulunmaktadır. Kent yaşamındaki mevcut ve yeni yerleşim alanlarının hızla artış göstermesi ve buna bağlı olarak yeni alanlara ait jeofizik durum haritalarına hızlı bir ihtiyaç ve talebin oluşmasına sebebiyet vermiştir.

Burada, topografik eğimi bir araç olarak kullanarak, Dünya da herhangi bir yerde ki sismik saha koşulları haritalarını üretme metodolojisinin geliştirilmesi ve uygulamaları başta deprem olmak üzere jeofizik afet risklerinin ortaya çıkarılmasında hızlı bir öngörü ve önceden tespit aracı olarak kullanılabilir (Wald, D. J., ve Allen, T. I. 2007). Bu nedenle yerinde ölçülen, yerin iki boyutlu tabaka geometrilerinin hız değişimlerine dayalı jeofizik hız verileriyle, hızlı öngörü aracı olan topografik eğim değişimine dayalı topografik hız verilerinin karşılaştırılarak ve korale edilerek sağlıklı bir bütünleşik çözüm olarak kullanılması büyük fayda sağlayacaktır.

Bu çalışmada; Balıkesir merkez ilçeleri (Altıeylül ve Karesi)'nde araziden elde edilen sismik ölçümlerden çıkarılan V_{S30} verileri (BMR, 2015-2016) ile USGS'den elde ettiğimiz topografik V_{S30} harita verileri karşılaştırılarak değerlendirme yapılacaktır.

1.1 Çalışma Alanı

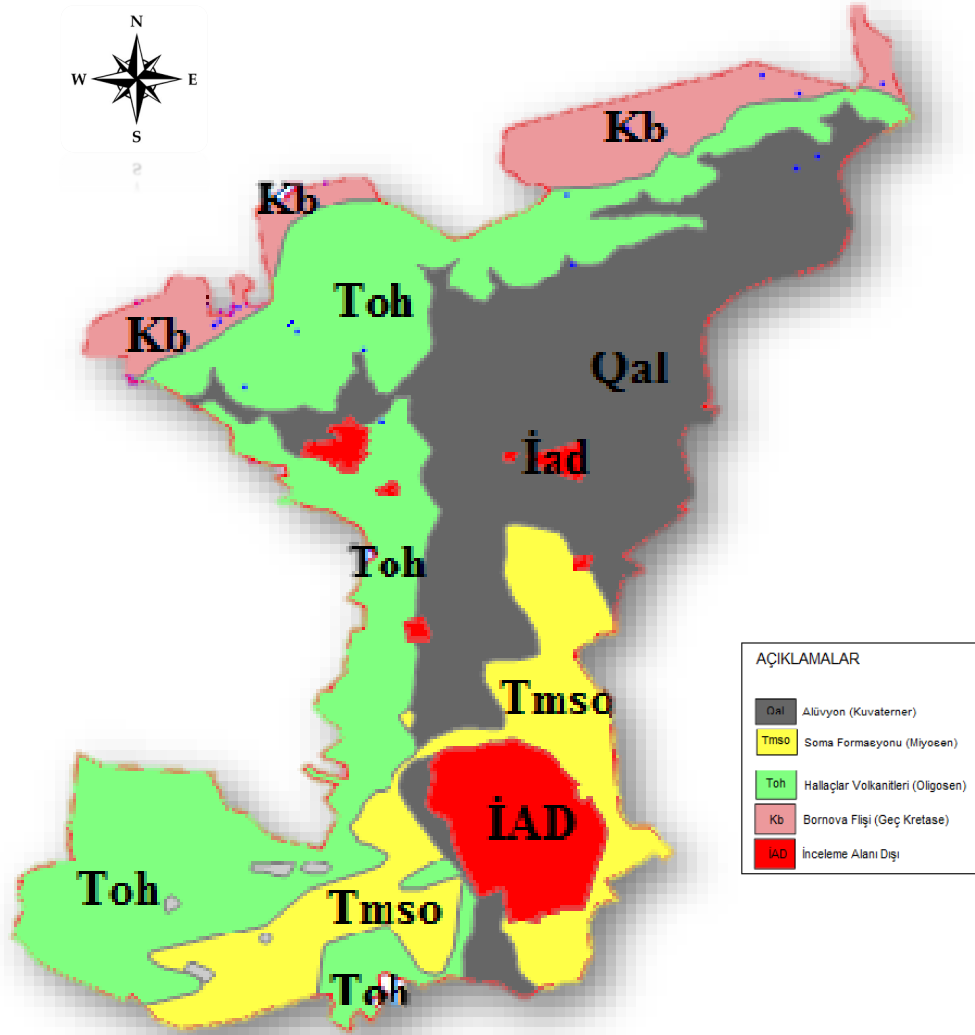
Yüzölçümü yaklaşık 14.300 km² olan Balıkesir ili 39,21° - 40,31° Kuzey paralelleri ve 26,21° - 28,31° Doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. KB Anadolu'da bulunan il, doğuda Kütahya ve Bursa illeri, güneyde İzmir ve Manisa illeri ve batıda Çanakkale ili ile komşudur. İlin topraklarının büyük bir kısmı Marmara Bölgesi'nde, geri kalan kısmı da Ege Bölgesi'ndedir. Hem Ege hem de Marmara Denizi'ne kıyısı bulunmakta olup, Türkiye genelinde iki deniz ile komşu olan altı ilden biridir. İnceleme alanımız, 9.053,75 hektar yüz ölçüme sahip olan Balıkesir merkez; Karesi ve Altıeylül ilçeleri idari sınırlarından oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. BBB 'nin tarafından (2015-2016) yılları arasında ÇŞİDB'nin 102732 genelge format-4 kapsamındaki Mikrobölgeleme alan sınırı

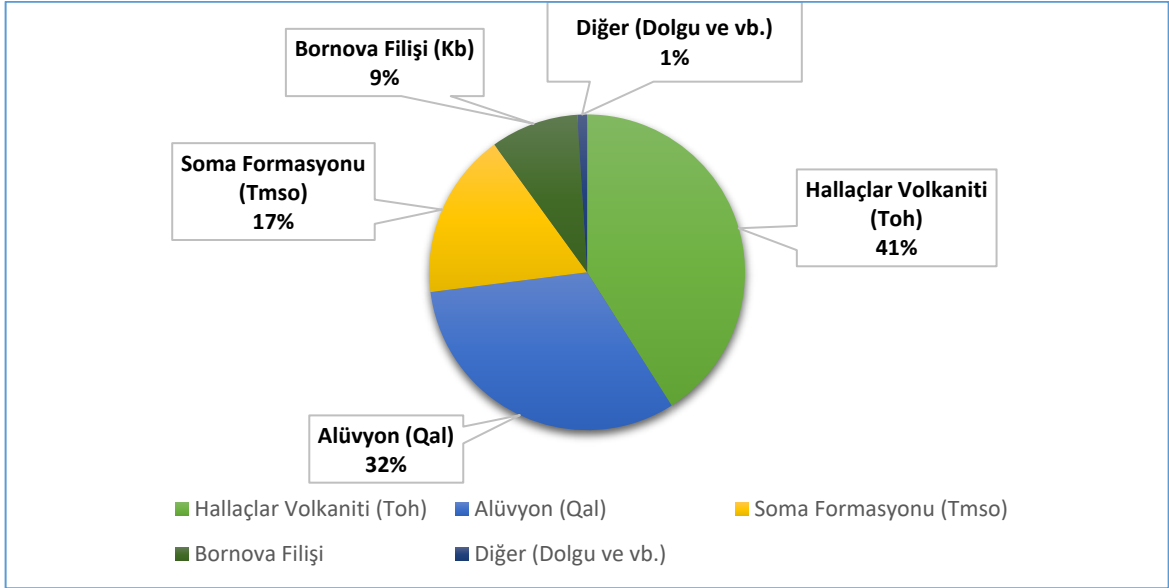
1.1.1. Bölgenin Jeolojisi

Balıkesir ili, merkez (Altıeylül ve Karesi) ilçelerini kapsayan alanda bölge alttan üste doğru en yaşlı jeolojik birim olarak Üst Kretase (66 myö) Bornova Filişi ve yine aynı tektonik dokunaklı Yayla Melanjı bulunmaktadır. Yayla Melanjı'nın üzerinde uyumsuz yapıda Üst Oligosen (23,01 myö) Alt Miyosen (23,03 myö) yaşlı Hallaçlar Volkaniti bunun üzerinde ise Soma Formasyonu bulunmaktadır. Tüm bu birimlerin üzerini en genç birim olan Kuvaterner (2,58 myö) yaşlı Alüvyon tarafından uyumsuz bir şekilde örtülmektedir MTA (Şekil 2).



Şekil 2. MTA'dan temin edilen 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarının yeniden değerlendirilmesi sonucu elde edilen Jeoloji haritası BMR (2015-2016, syf. 362)

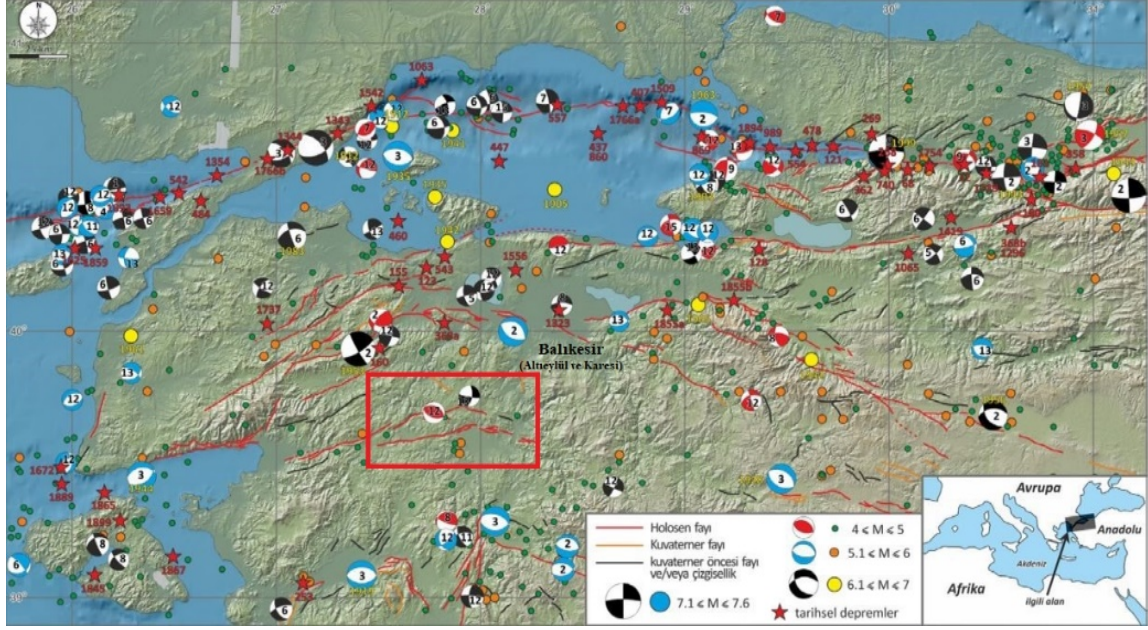
Balıkesir bölge sınırları jeolojik olarak %41 oranında Hallaçlar Volkaniti (Andezit, dasit, piroklastik kayalar vb.) % 32 Alüvyon (Qal), %17 Soma Formasyonu (Çakıltası, kumtaşı, kireçtaşı vb.), % 9 Bornova filişi (Ofiyolitik kayaç ve kireçtaşı bloklu kumtaşı, konglomera), %1 diğer formasyonlardan ve dolgu alanlardan oluşmaktadır (BMR, 2015-2016 syf. 86 ; Şekil 3)



Şekil 3. İnceleme alanı jeolojisi BMR (2015-2016 syf.86) kapsamında jeolojik birimlerin yüzdesel olarak sıralanışı 1.Hallaçlar Volkaniti, 2.Alüvyon, 3.Soma Formasyonu, 4.Bornova Filişi, 5.Diğerleri olarak sıralanmaktadır.

1.1.2. Sismotektonik

Balıkesir depremsellik yönünden Dünya'nın sismik açıdan en aktif yapılarından birisi olan KAFZ'nın güney koluna ait fay segmentleri üzerinde bulunmaktadır. Bölge sismolojik ve jeolojik açıdan incelendiğinde, Balıkesir'in tarihsel devirlerde birçok depremden etkilendiği görülmektedir. Bölgenin sismik aktivitesi ve dağılımının görülebilmesi adına bu çalışma kapsamında birçok deprem katalogu taranmış ve bu depremler sayısal arazi modeli üzerinde gösterilmiştir (Sözbilir vd., 2019).



Şekil 4. Marmara Denizi ve güneyinin Sismotektonik haritası 1900-2015 yılları arası $M \geq 4$ orta büyüklükteki depremler 500 sayısına ulaşmaktadır. Depremden elde edilen verilerin bulunduğu çalışma verisi (Sözbilir vd., 2019). İnceleme alanı harita üzerinde kutu ile gösterilmiştir.

1900-2015 yılları arası Batı Anadolu Bölgesinde bulunduğu alanda katalog değerlendirmesinde $M \geq 4$ orta büyüklükteki depremler 500 sayısına ulaşmaktadır (Şekil 4). İstatistiksel çalışmalarda 20.yüzyılda 15 büyük depremin meydana geldiği KAFZ'nın Dünya'nın en aktif faylarından birisi olduğu bilinmektedir. Bölge de Sismik aktivitenin tanımlanması için Batı ve Doğu Marmara Denizi bölgesi, depremsellik ve fay yoğunluğundaki değişimlere dayalı olarak 15 alt bölüme (veya sismik bölgeye) ayrılarak incelemeler yapılan araştırmalara da konu olmuştur (Öncel ve Wilson, T. 2006)

Tablo 1.

Deprem Bölgeleri İçin Çalışmada Kullanılan Karmaşık Değişkenler (D ve b Değeri), Ortalama Kayma ve Genleşme ve Büyüklük Aralığı (Öncel ve Wilson, 2004).

A	Seismicity								Strain, nstrain/yr	
	Full		2-10 km		10-40 km		b	$M_L - M_U$	Shear	Dilatation
	D_2	D_{15}	D_2	D_{15}	D_2	D_{15}				
<i>Strike Slip</i>										
1	1.44	1.1	1.73	1.22	1.4	1.01	1.51	2.6-5.0	161.79	19.38
2	1.43	1.07	1.81	1.33	1.43	1.12	1.39	2.6-5.5	201.07	3.63
3	1.62	1.42	1.9	1.28	1.49	1.26	1.47	3.1-4.8	164.82	12.88
4	1.24	0.84	1.86	1.5	1.02	0.64	1.11	3.5-6.0	191.60	25.85
7	1.53	1.24	1.94	1.48	1.48	1.23	1.24	3.2-6.0	101.71	55.87
8	1.32	0.86	1.85	1.13	1.37	0.92	1.16	3.2-4.9	189.45	3.88
9	1.18	0.83	1.86	1.4	1.14	0.64	0.97	3.0-5.3	146.38	11.55
<i>Extension</i>										
5	1.07	0.73	1.85	1.59	0.95	0.57	1.75	2.6-4.7	41.02	36.21
6	1.33	0.92	1.81	1.56	1.22	0.78	1.81	2.7-4.8	78.75	33.68

Batı Anadolu'da sismik bölgeler için yapılan çalışmada, Balıkesir il sınırlarının içinde kalmış olduğu bölgeler (1, 2, 6 ve 7) için deprem tehlike parametreleri olarak fraktal boyut (D) sismik b ve GPS deformasyon değişimleri (yatay ve düşey strain) değerleri araştırılmış, birbirleri ile istatistiksel olarak ilişkilendirilmiştir (Öncel ve Wilson, 2004).

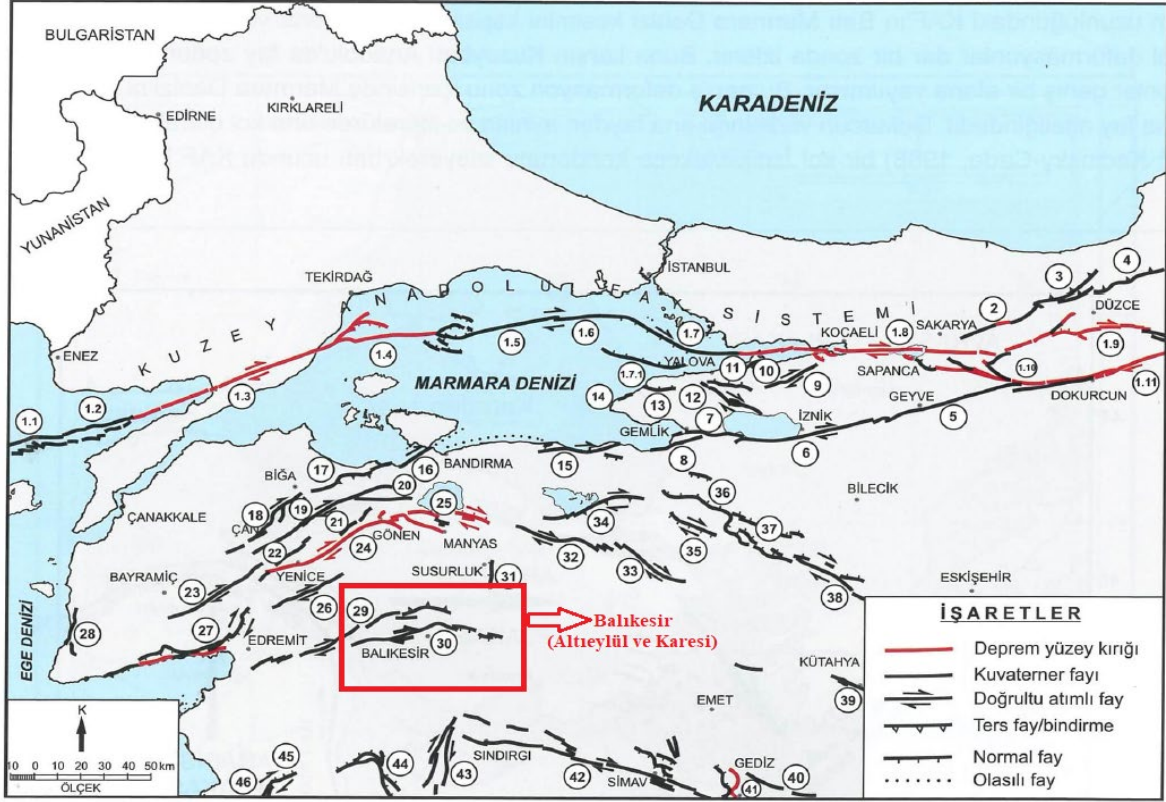
Depremsellik

Ülkemiz deprem oluşturma potansiyelinin fazla olduğu bir bölgededir; biz buna depremsellik diyoruz. Türkiye’de depremsellik oluşumu yakın coğrafyada, Alpin Sıradağlar Kuşağı içerisinde, Kuzeyde Avrasya, Güneyde Afrika-Arabistan Levhaları arasında kalmasıyla meydana gelmiştir. Alpin dağ oluşumu yaklaşık 70 milyon yıl önce oluşuma başlamış ve bu oluşum sonucunda ülkemizdeki jeolojik yapılar ve faylar meydana gelmiştir. Neotektonik açıdan Türkiye, batıda Ege dalma-batma zonunun güneye doğru hareket etmesi ve doğuda Anadolu ile Arabistan levhalarının çarpışmasını kontrol eder. Marmara Bölgesi depremsellik açısından değerlendirildiğinde, Anadolu’nun diğer kalan kısmından farklı bir sismik özellik göstermektedir Crampin, S., ve Evans, R. (1986). Crampin, S., ve Evans, R. (1986). Marmara bloğunu, farklı sismik özelliği nedeniyle bölgeyi ayrı bir tektonik ünite olarak tanımlar. Eyidoğan, H., & Jackson, J. (1985) ve Eyidoğan, H. (1988) Birleşmiş İç Merkez tekniğinden yararlanarak yaptıkları çalışmalarda, bölgede gelişen depremlerin 10 – 15 km’den daha derin olmadığına işaret ederler.

Diri Faylar

Balıkesir ili, merkez (Altıeylül ve Karesi) ilçe sınırları içinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)’nun güney bölümüne ait fay segmentleri olarak kabul edilen İl merkezinden geçen Havran-Balıkesir Fayı; Balıkesir’in güneydeki Simav Fayı önemli sismotektonik kaynaklardandır (Şekil 5).

KAFZ doğuda tek bir doğrultu atımlı fay bölgesi olarak uzanırken; batıda Marmara bölgesinde birden fazla kola ayrılarak devam eder.(Barka ve Kadinsky-Cade,K. 1988; Şaroğlu vd. 1992; Barka, A. A. (1992).; Gürer vd. 2003). Barka, A. A. (1992), bu bölümü Ege Denizi’ne kadar olan kısmı atkuyruğu yapısına benzetilir.

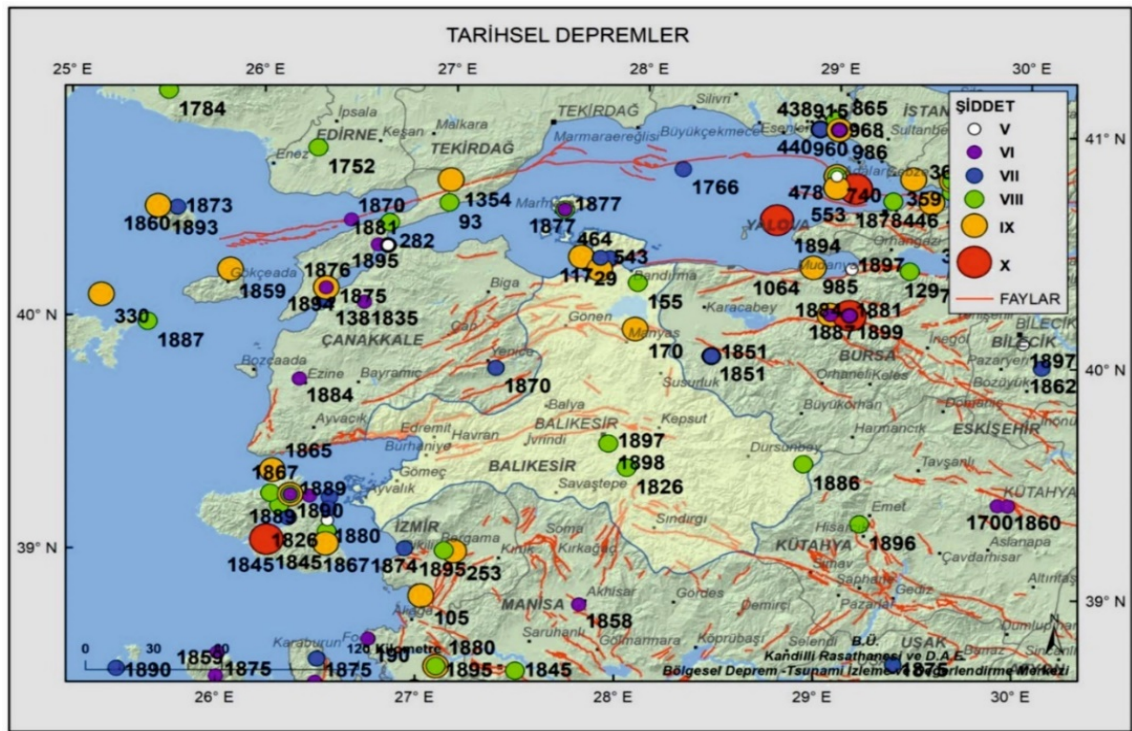


Şekil 5. Kuzeybatı Anadolu için basitleştirilmiş aktif fay haritası ve fay segmentlerinin isimleri numaralanmış olarak verilmiştir (Emre ve Doğan, 2010). İnceleme alanı harita üzerinde kutu ile gösterilmiştir. İnceleme alanı harita üzerinde kutu ile gösterilmiştir.

KAFZ'nu bu noktada sadece kuzey ve güney ana kol olarak ayıran çalışmalar da yaygındır (Şengör, 1979, Şengör vd. 2005 ve 2014, Emre vd. 2011b). Barka ve Kadinsky-Cade (1988) KAFZ'nu, etkinliği son depremleri dikkate alarak fay ve yırtılma segmentlerine ayırırlar. Özalp vd. (2013) ise 2 ana kollara ayırdıkları fay zonunun, güney kolunun birbirlerinden sağa sıçramalı parçalardan oluşmuş bir kısmının Biga içine ilerlediğini belirtirler. Biga içine doğru ilerleyen olarak tanımlanan Emre ve Doğan, (2010), Emre vd. (2011) Havran – Balıkesir ve Edremit Fay Zonları, bölgesel tektonik anlamında KAFZ ile birinci derecede ilişkili yapılar olarak değerlendirilirler (Duru vd. 2012; Şekil 5).

Balıkesir Fayı: İvrindi ile Kepsut ilçeleri arasında yer alan ve Balıkesir şehir merkezinden geçen fay, yay şeklinde geometri sergiler (Şekil 5, 30 nolu fay). Toplam uzunluğu 65 km'dir ve sağ yönlü doğrultu atımlıdır (Emre ve Doğan, 2010). Farklı kaynaklarda 1897 ve 1898 yıllarında Balıkesir kent merkezinde meydana gelen büyük depremlerin bu fay üzerinde olduğu düşünülmektedir.

Havran-Balıkesir Fay Zonu: Havran–Balıkesir Fay Zonu (HBFZ)’nu oluşturan segmentler tanımlanırken bu fay zonu için MTA’nın Türkiye Diri Fay Haritasında yer alan Balıkesir NJ-35-3 paftası (Emre vd., 2011) ve Duru vd. (2012)’nin Biga Yarımadası için oluşturduğu raporundaki isimlendirmeler kullanılmıştır. Edremit ile Balıkesir arasındaki haritalanan 120 km uzunluğa ve 9-12 km genişliğe sahip, K70°D uzanımlı, KB ve GB ya eğimli birçok fay segmentinden oluşan diri fay bölümü Havran–Balıkesir Fay Zonu (HBFZ) olarak adlandırılmıştır (Duru vd. 2012). HBFZ, batıdan doğuya doğru; Havran–Balya ve Balıkesir Fayı olarak iki ana faydan oluşmaktadır (Şekil 5, 30 nolu fay); Emre vd., 2011).



Şekil 6. Tarihsel döneme (M.Ö. 1800-M.S. 1900) ait oluşan depremlerin dağılımı (KRDAE, 2019)

Tarihte (M.Ö. 1800-M.S. 1900; Sosyal ve diğ., 1981) Balıkesir’de şiddet değeri $I_0=VIII-IX$ olan, ayrıca bölgeye yakın Ege Denizi ve İzmir civarlarında şiddet değeri $I_0=VIII-IX$ olan önemli depremler olmuştur. Balıkesir’de, geçmiş dönemlerde 1826, 1897, 1898 yılları arasında şiddetli depremler ($I_0=VIII$) olmuştur. (KRDAE, 2019; Şekil 6).

KAFZ’ nun dünyanın en aktif fay zonlarından biri olması, Marmara ve çevresini sismik aktivite bakımından en çok ilgilenilen ve bilinen çalışma alanlarından biri olmuştur.

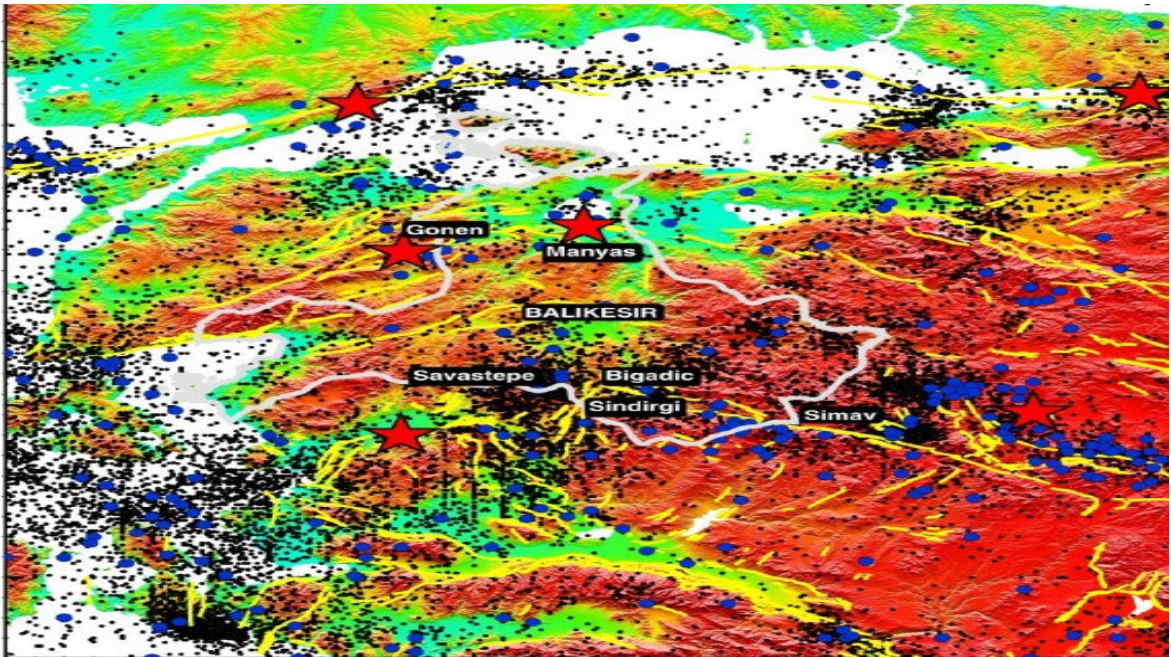
Sismik aktivite açısından değerlendirildiğinde Marmara bölgesi, Anadolu'nun diğer kalan kısmından farklı bir sismik özellik göstermektedir (Crampin, S., ve Evans, R. (1986). Çalışmacılar, farklı sismik özelliği nedeniyle bölgeyi ayrı bir tektonik blok şeklinde tanımlarlar.

Tablo 2.

Balıkesir'de yıkıcı etkiye sahip $M > 5.5$ ten büyük depremler KRDAE, (2019)

Alel Dönemde Balıkesir'deki Yıkıcı Depremler				
Tarih	Derinlik (km)	Balıkesir Merkeze Uzaklık (km)	Büyükük	Lokasyon
18 Kasım 1919	10	108	$M_S = 7.0$	Ayvalık -Küçükköy
6 Ekim 1944	40	114	$M_S = 6.8$	Edremit Körfezi
18 Mart 1953	10	58	$M_S = 7.2$	Yenice-Gönen
6 Ekim 1964	10	55	$M_S = 6.9$	Manyas-Salurköyü
3 Mart 1969	11	50	$M_S = 5.6$	Gönen

Bölge sınırları içinde meydana gelen önemli depremlerin büyükükleri $M_S = 5.6 - 7.9$ arasındadır. (Tablo 2)'de de görüleceği gibi büyükükü $M_S \geq 6.5$ olan depremler, bölge ve çevresinde dağılmış durumdadır.



Şekil 7. Kuzeybatı Anadolu'da (1900 – 2015) yılları arasında M_L büyükükü 3'ün üstünde olan, konumları KRDAE tarafından ve büyük depremler ($M > 7$) için açıklamalarda değinilen kaynaklarca belirlenmiş depremler. Haritada siyah noktalar büyükükleri 3 ile 5 arasında olan depremleri, mavi noktalar 5 ile 7 ve kırmızı yıldızlar 7'den büyük depremleri göstermektedir. Gri kalın çizgi Balıkesir il sınırını, sarı çizgiler diri fayları göstermektedir (TÜBİTAK-MAM, 2015-2018).

(1900-2015) KRDAE deprem kataloğundan, Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nde meydana gelen M_L büyüklüğü 3 ve daha yüksek olan tüm depremler seçilerek bir katalog oluşturulmuştur. Bu katalogda yer alıp Balıkesir ili ve civarında meydana gelmiş olan yaklaşık 50.000 depremin konumu haritada gösterilmiştir (Şekil 7).

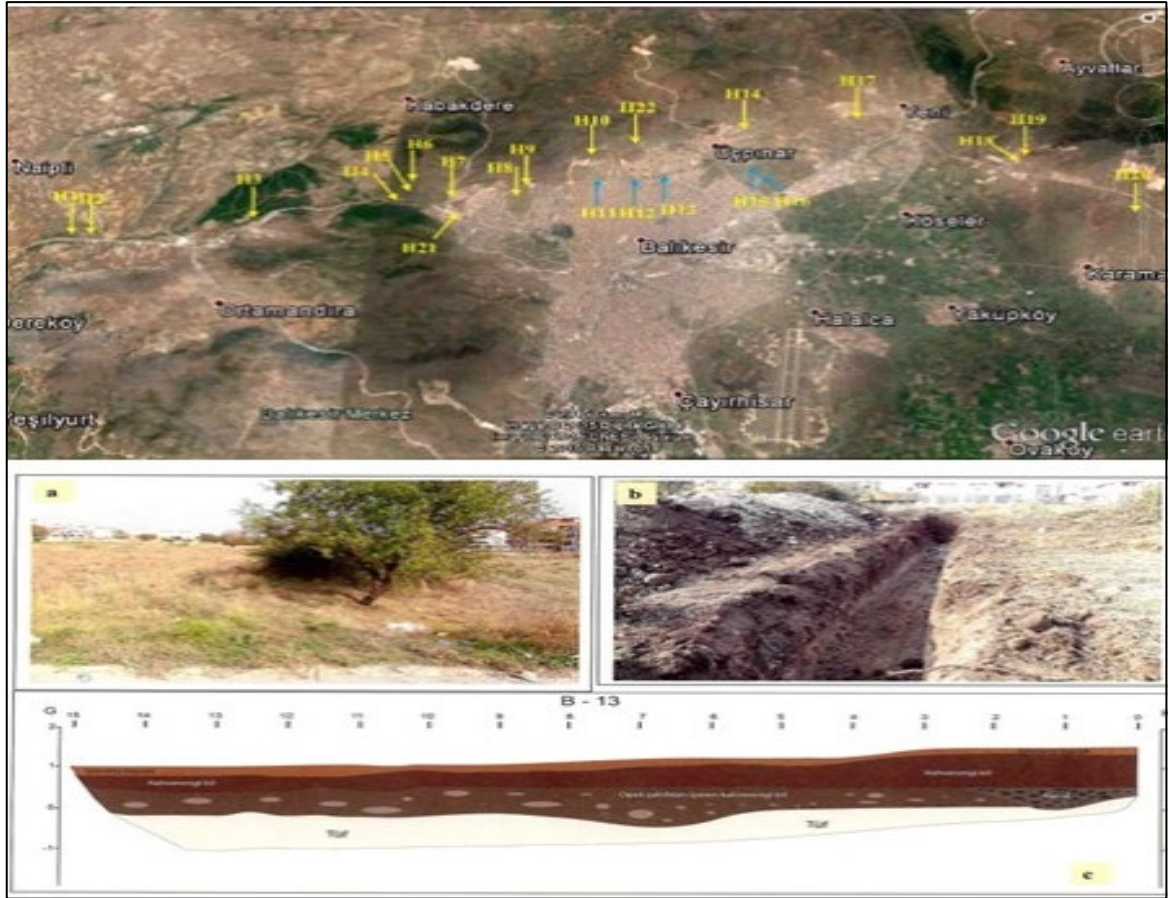
Balıkesir tarihindeki en büyük depremlerden 1898 yılı Ocak ayında meydana gelen depremde 4000 hanelik kısmın yarısına yakını yıkılmıştır (Şekil 8). Balıkesir ili, merkez (Altıeylül ve Karesi) ilçeleri Vital Cuinet'ye göre XIX. yy da nüfusun 13.118 olduğu, deprem de 34 kişinin öldüğü 138 kişinin yaralandığı, köylerde ise 14 ölü 20 yaralı olduğu şeklindedir. Yıkımın fazla, ölüm ve yaralanmanın az olma sebebi olarak; deprem öncesinde artçı depremlerin meydana gelerek evlerin boşaltılmış olması gösterilmektedir Atam, Ş. (2020).



Şekil 8. Balıkesir'de 1898 yılında meydana gelen deprem sonrası oluşan yıkımlar (Balıkesir Kent Arşivi Koleksiyonu, 2013)

1.1.3. Paleosismoloji

Balıkesir, KAFZ'nun güney kolu uzantılarının Türkiye Diri Fay haritasına (Emre vd.,2011) göre, Balıkesir'in kuzeyinde aktif bir fay zonu haritalanmış ve bu zon Balıkesir Fayı (BF) olarak tanımlanmıştır. BF şehrin kuzeybatısında KD-GB şehrin kuzeyinde KD-GB uzanımlı birbirine az çok paralel şeklinde ve D-B uzanımlı faylardan oluşan bir zon şeklinde haritalanmıştır. Fayın varlığı, Balıkesir'de (2015-2016) yılları arasında yapılan MBR kapsamında ÇŞİDB tarafından yerleşim açısından değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. MTA'nın fay haritasında belirtilen alanlarla ilgili, benimde katılmış olduğum çalışmalarda Prof. Dr. Erhan ALTUNEL tarafından fayların yerleşime uygunluk açısından aktif olup olmadığı konusunda 27 noktada paleosismik hendek çalışması yapılmıştır (BMR 2015-2016; Şekil 9). Çalışma sonucunda yerleşim uygunluk açısından sakıncalı bir durum belirtilmemiştir.

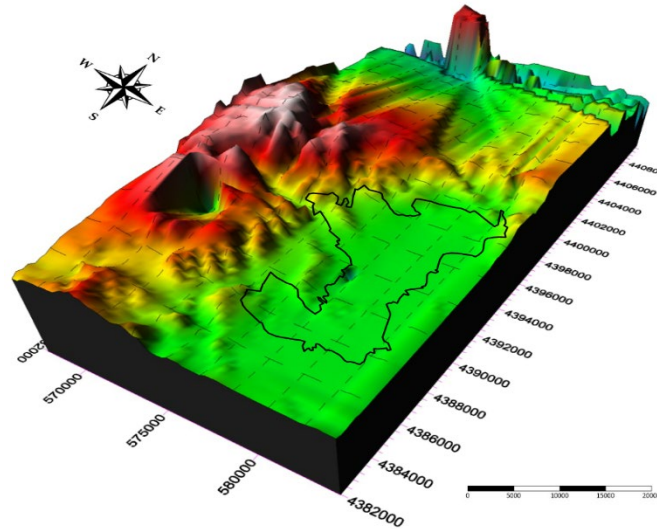


Şekil 9. A. Hendek çalışması B. D-B uzanımlı ve güneye eğimli bölgedeki hendek çalışmasından bir görünüm. Çalışma kapsamında 27 adet hendek açılmıştır BMR (2015-2016).

BF boyunca görülen morfolojik yapılar fay denetiminde gelişip gelişmediğini ortaya koymak amacıyla hendekler açılmıştır. BMR kapsamında, 19 adet Balıkesir' in kuzeyindeki kuzey kol (H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H21, H8, H9, H9a, H9b, H10H106, H22, H14, H146, H17, H17a), 5 adet Balıkesir" in kuzeyindeki güney kol (H11, H12, H13, H14, H15) ve 3 adet Balıkesir'in doğusunda (H18, H19, H20) olmak üzere toplam 27 adet hendek açılmıştır. Kuzey kolda açılan hendeklerden H1, H2, H3, H4, H7, H8, H9, H14 ve H17a da temel kayayı kesen faylar bulunmaktadır. Ancak bu faylar temel kaya üzerinde çökelen geç Kuvaterner-Holosen yaşlı birimleri kesmemektedir. Kuzey kolda açılan hendeklerden H5, H21, H9a, H96, H10, H10b, H22, H14b ve H17'de faya rastlanmamıştır.

1.1.4 Topoğrafya

Balıkesir İli, deniz seviyesi yüksekliği bakımından Türkiye' nin en düşük yükseklik değerlerine sahip olan Marmara Bölgesi içinde bulunmaktadır. Balıkesir ili, merkez (Altıeylül ve Karesi) ilçelerinin içinde denizden yükseltisi 90 m ile en yüksek zirve olan 400 m arasında değişmektedir. Güney Marmara Bölümü'nün Neojen - Kuvaterner tektoniği ve jeomorfolojisi ile ilişkili olan Balıkesir İl'inin jeomorfolojik birimleri, yükselti açısından; dağ, ova ve plato olmak üzere farklı başlıklar altında değerlendirilebilir. Bu ana yer şekilleri vadi, seki, tepe, yamaç, doruk, gibi yeryüzü şekillerinin bir araya gelmesiyle oluşmuşlardır (Şekil 10). Bu ana yer şekillerinin dışında bazı bölgelerde çok sayıda tepenin bir arada bulunmasıyla oluşmuş kesimler de fark edilebilir.

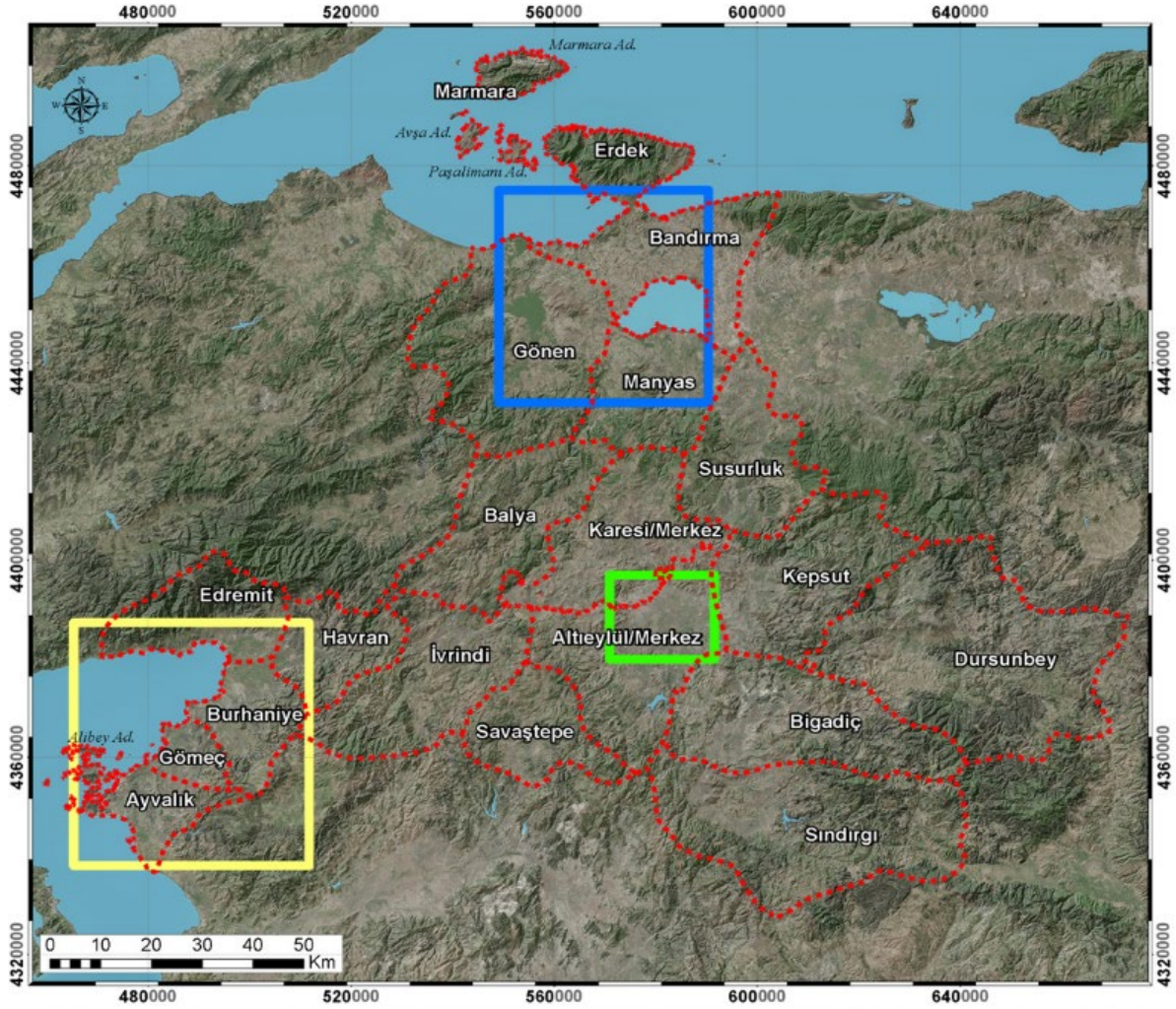


Şekil 10. Sayısal yükseklik verisinden elde edilen 3B topoğrafik harita ve çalışma alan sınırı

İKİNCİ BÖLÜM ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

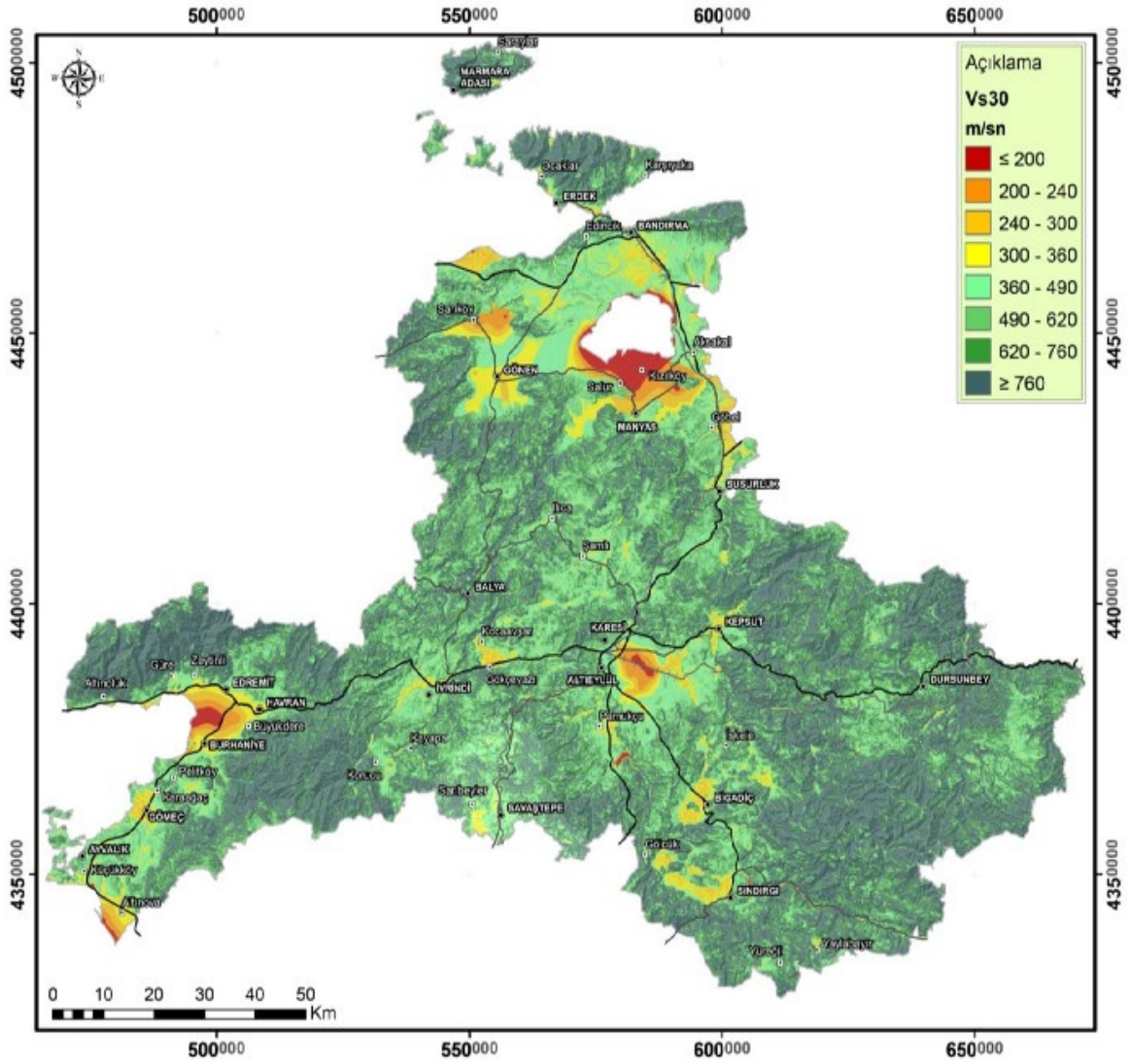
2.1. TÜBİTAK-MAM Çalışması

TÜBİTAK-MAM ve Balıkesir Büyükşehir Belediyesi (BBB) arasında 2015 yılında imzalanan protokol ile “Balıkesir İli, Zemin Sınıflaması ve Sismik Tehlike Değerlendirme Projesi” hayata geçirilmiştir. Proje kapsamında Balıkesir merkez, Manyas-Gönen-Bandırma ve Edremit Körfezi basen alanları ve civarında jeofizik ve jeolojik araştırmaları içeren çalışmalar gerçekleştirilerek 2018 yılında tamamlanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Çalışma sınırları Balıkesir ili ölçüm bölgelerini gösteren harita. Haritada yeşil alan Balıkesir merkez basenini, mavi alan Manyas-Gönen-Bandırma basen alanlarını, sarı alan Edremit Körfezi basen alanlarını göstermektedir (TÜBİTAK MAM, 2015-2018).

V_{s30} değeri 200 m/sn'nin altında kalan alanlar (Şekil 12) 'de kırmızı renkli olarak görülmektedir. Ayrıntılı jeofizik ve jeoteknik çalışma gerektiren alanlar olarak değerlendirilmelidir. Bu türden, yüzeye yakın katmanlarda (yüzeyden ilk 30 m derinliğe kadar) çok düşük S-dalgası hızına sahip, gevşek çökellerden oluşan zeminler, büyük deprem ivmelerine ($PGA > 0.25g$) maruz kalmaları durumunda deformasyonlara uğramakta ve sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır. Bu nedenle, herhangi bir inşaat girişiminden önce bu zemin yapılarının oturma, yanal yayılma, akma ve sıvılaşma gibi farklı türden zemin de

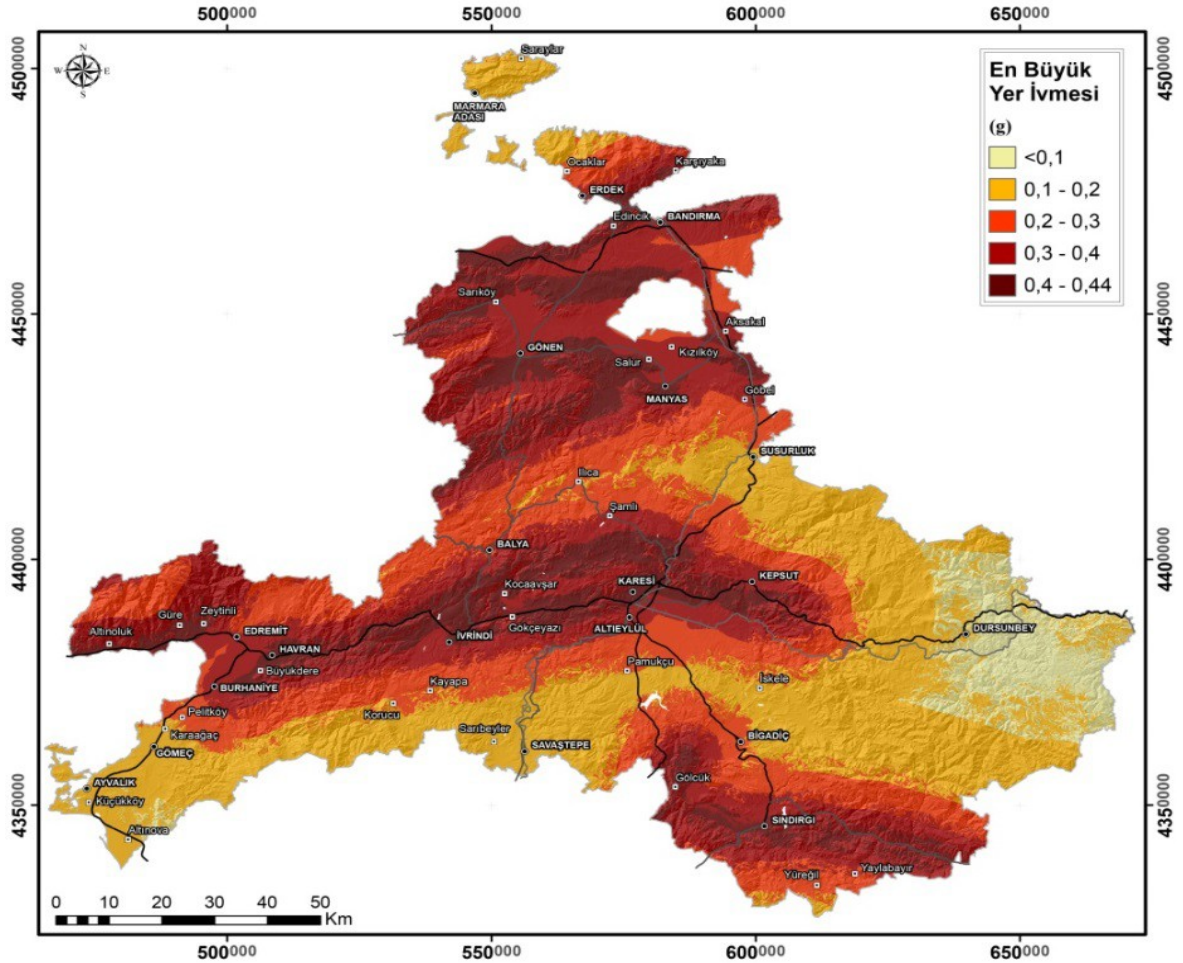


Şekil 12. Sismik hızlar bölgede 200-760 m/sn arasında değişim göstermektedir. V_{s30} haritası (TÜBİTAK MAM, 2015-2018).

formasyonlarını üretme potansiyelinin yüksek doğruluk ve ayrıntı içeren jeofizik ve jeoteknik değerlendirmeler ile belirlenmesi önemli ve gereklidir.

V_{s30} haritası incelendiğinde, Balıkesir merkez baseninde KB-GD uzanımlı alan boyunca, $V_{s30} \leq 200$ m/sn olarak elde edildiği görülmektedir. Zemin deformasyonu ve sıvılaşma açısından tehlike arz eden bu bölgelerde S-dalgası hız profillerinin daha yoğun örneklemeli ölçüm ve değerlendirmeler ile elde edilmesi ve bütünlük jeofizik ve jeoteknik analizlerin gerçekleştirilmesi TÜBİTAK tarafından önerilmektedir. Ölçüm detayları bir sonraki paragrafta verilecektir. V_{s30} haritası, Sismik Tehlike Değerlendirme (STD) çalışmaları (Şekil 13 ve Şekil 14) ile elde edilen En Büyük Yer İvme dağılım haritalarının da en önemli altlıklarından birini teşkil etmektedir.

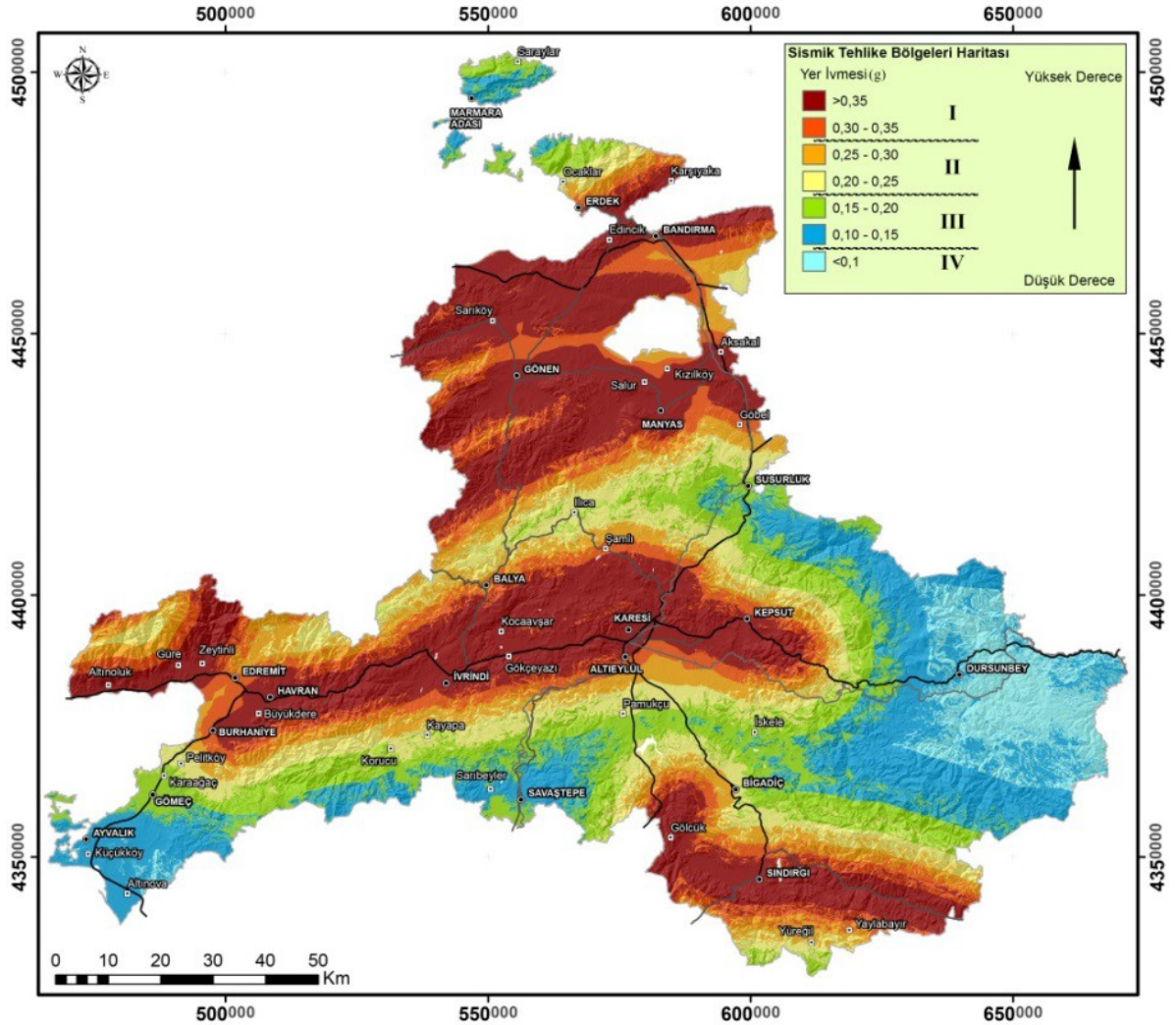
V_{s30} hızlarının belirlenmesi ve zemin sınıflaması çalışmaları kapsamında yapılan 150 ölçüm ile 1-boyutlu S-dalgası hız modelleri, V_{s30} değerleri ve zemin sınıfı bilgileri elde



Şekil 13. İvme değerleri bölgede faylı bölgelerde yükselirken diğer alanlarda düşük ivme değeri vermektedir. PGA için bütünlük sismik tehlike haritası (TÜBİTAK MAM, 2015-2018)

edilmiştir (Şekil 13). Bu bilgiler doğrultusunda NEHRP'e göre il genelinde C ve D tipi zeminlerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

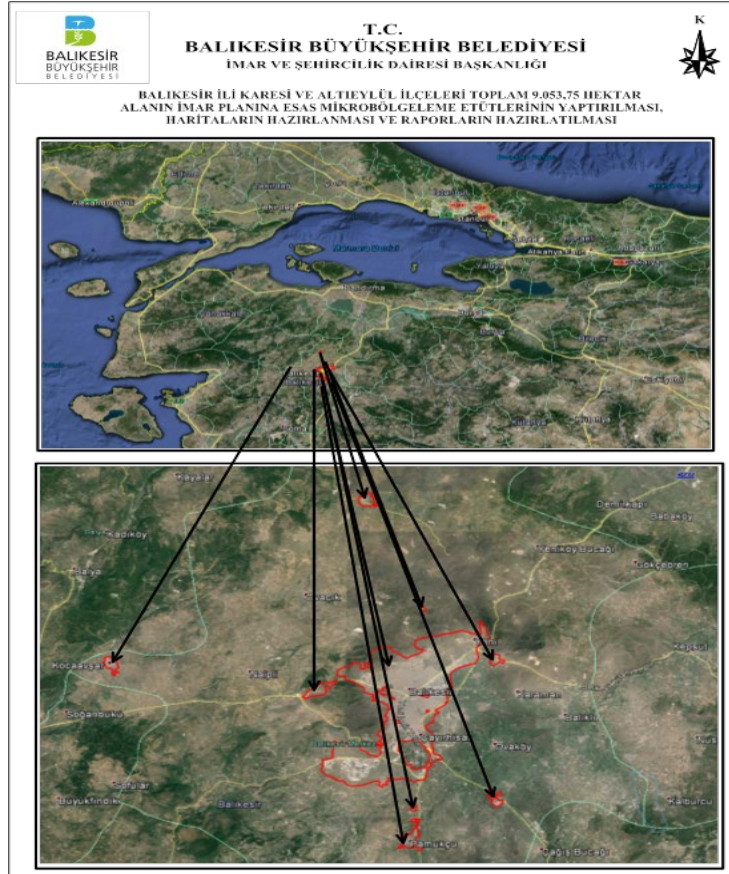
Balıkesir ili için tanımsal sismik tehlike değerlendirme çalışması yapılmış ve muhtemel senaryo depremler için spektral ivmeler hesaplanmıştır. Her bir senaryoda deprem özelinde oluşacak PGA ve SA ivme değerlerini gösteren Sismik Tehlike Bölgeleri Haritası hazırlanmış, bütün senaryoları kapsayan Birleştirilmiş Sismik Tehlike Haritaları üretilmiştir (Şekil 13 ve Şekil 14). Fay segmentlerinden uzaklaştıkça hesaplanan ivme değerleri azalmaktadır. Haritada en düşük ivme değerlerinin hesaplandığı III. ve IV. Derece tehlike bölgeleri; kuzeyde Marmara, Avşa Adaları ve Kapıdağ yarımadasının kuzeyi, doğuda Dursunbey civarı, batıda Ayvalık civarı, güneyde ise Savaştepe şeklinde dağılım sergilemektedir.



Şekil 14.İvme değerlerinin sismik etkinliğe bağlı olarak şiddet sınıflamasında renk değişimi görülmektedir. Sismik tehlike bölgeleri haritası (TÜBİTAK MAM, 2015-2018)

2.2. Balıkesir Mikrobölgeleme Raporu

Balıkesir Büyükşehir Belediyesi'nin 2015 yılında merkez Altıeylül ve Karesi İlçe lerinde ÇŞİDB 'nın Format-4'e uygun hususları kapsamında çalışmalar başlamıştır. BMR ile elde edilen verilerle inceleme alanında yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi ve imar planı çalışmalarına öngöründe bulunması amaçlanmıştır (BMR, 2015-2016; Coruk vd., 2019). Mikrobölgeleme nedir? Hedeflerinin ve hazırlanma amaçlarının ne olduğu aşağıda özetlenerek verilmiştir:



Şekil 15. Balıkesir Mikrobölgeleme Raporu (2015-2016), Alan sınırı

Ülkemizde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 28.09.2011 tarih ve 102732 sayılı genelge Format-4 gereği mikrobölgeleme çalışmaları bakanlıkça ve görevlendirilen il müdürlüklerince yürütülmektedir.

Balıkesir İli mikrobölgeleme çalışması 9 bölge olarak incelenmiştir. Çalışmamızda en büyük merkez olan 1. bölge değerlendirmesi yapılacaktır. Bölgeler; Karesi ve Altıeylül

ilçeleri (Balıkesir Merkez) 1. Bölge, Ayşebacı Köyü'nün doğu kısmı 2. Bölge, Paşaköy 3. Bölge, Pamukçu Köy'ün kuzeyi 4. Bölge, Pamukçu Köy 5. Bölge, Edremit Yolu üzerinde yer alan 6. Bölge, Kocaavşar köyü 7. Bölge, Ziyaretli Köyü 8. Bölge, Şamlı Köyü 9. Bölge olarak değerlendirilmiştir (BMR, 2015-2016; Şekil 15).

Mikrobölgeleme Raporu nedir? En genel anlamda, mevcut veya yeni değerlendirilecek yerleşim bölgelerinde tüm sorunların belirlenmesi, zemin ve tehlike koşullarının işlenerek haritaların üretilmesi amacıyla araziden elde edilen veriler ışığında jeolojik ve jeofiziksel açıdan modellenmesi ile ilgili her türlü araştırma, bulgu ve veri analizi içermektedir.

Mikrobölgelemenin amacı nedir? Afet risklerini en aza indirmek için arazi kullanım amacı doğrultusunda, zemin sorunlarının ortaya konduğu afet sorunlarını ortaya çıkaran büyük ölçekli (1/1000, 1/5000 ve daha büyük) tehlike ve risk haritalarını hazırlamaktır. Günümüzde tüm riskleri ve tehlikeleri ortaya alan bu araştırmalar kentsel yenileme ve dönüşüm çalışmalarına veri sağlar hale gelmiştir.

Mikrobölgeleme Etüt çalışmalarının hedefi nedir? İmar planının esas yerleşime uygunluk değerlendirmesinin tehlike ve risk azaltma çalışma planlarının hazırlanması ve kullanılması suretiyle, afet tehlikelerinin azaltılmasını, şehirlerdeki düzensiz yapılaşmanın yarattığı sorunların günümüz şehircilik hedef, ilke ve planlama esaslarına uygun olarak yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

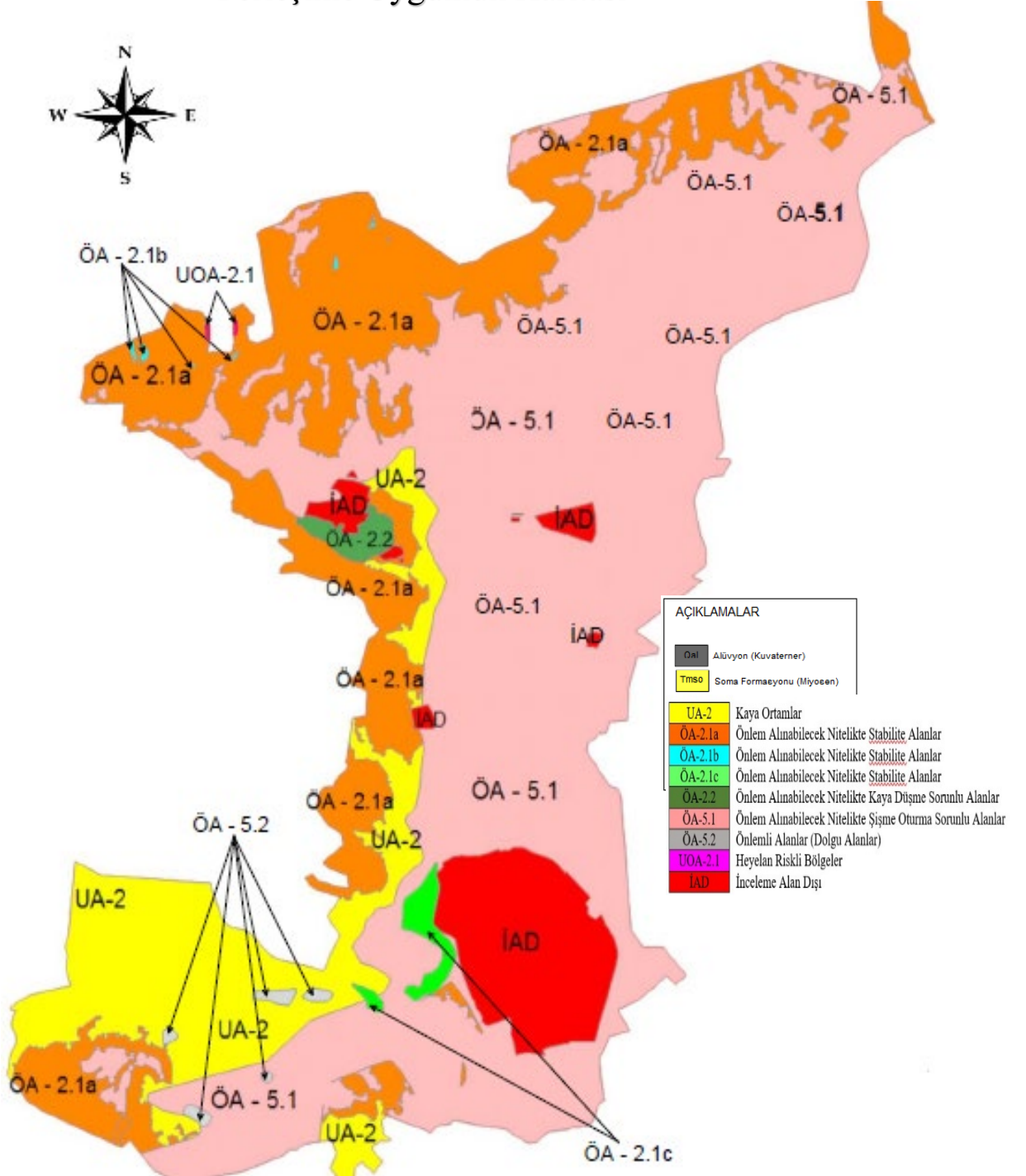
Mikrobölgeleme çalışmaları uzmanlık gerektiren. MBR çalışmaları sonucunda elde edilen veri, harita ve raporlar, jeofizik afetlere bağlı yapısal ve yapısal olmayan risklerin azaltılmasında, bilimsel esaslara uygun, etkin ve düzenli plan olan, farklı ölçekteki verilerin planlama aşamalarına veri sağlayan çalışmalar olarak uygulanmaktadır. Elde edilen sayısal veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında kullanılarak değerlendirme açısından büyük kolaylık sağlayacağı bilinmelidir.

Bir şehrin gelişme planı veya çevre düzeni planlarının hazırlanmasına esas olarak MBR çalışmaları kullanılabilir gibi, imar planına esas, büyük ölçekte ve daha detaylı olarak da çalışmalar hazırlanabilir. MBR sonucunda yerleşime uygunluk veri haritaları; topografik veya ölçekli haritalar üzerine sayısal olarak, imar planına esas olmak üzere, zemin özelliklerini ve her türlü afet tehlike çalışmalarının işlenmesi ile oluşturulan haritalardır.

Balıkesir MBR çalışması kapsamında inceleme alanında olası afet tehlikeleri ve zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla, parsel bazlı temel ve zemin etüt raporuna altlık oluşturması amacıyla, ÇŞİDB'nin format-4 kapsamındaki ilgili işe ait teknik şartnamede ÇŞİDB tarafından belirtilen sondaj çalışmaları, arazi deneyleri, jeofizik çalışmalar ve sondaj çalışmalarından alınan numuneler üzerinde mühendislik amaçlı laboratuvar deneyleri yaptırılmıştır.

Tüm bu çalışmalar ışığında çalışılan alanın; Jeolojisi, Jeofizik, Morfolojisi, Litolojisi, Mühendislik, Jeoteknik, Hidrojeolojisi ve Doğal Afet Tehlikesi (Deprem, Heyelan, Karstik Boşluk, Kaya Düşmesi, Su Baskını vb.) gibi özellikleri belirleyerek değerlendirilen bölgenin yerleşim açısından uygunluk değerlendirmesi yapılarak (Şekil 16) ve ÇŞİDB tarafından 2016 yılında BMR onaylanmıştır.

Yerleşime Uygunluk Haritası



Şekil 16. Yerleşime uygunluk haritasından da anlaşılacağı üzere bölgenin ova kısmında Ö.A-5.1 (Şişme Oturma Sorunlu Alanlar) olarak değerlendirilirken diğer yükseltinin arttığı kısımlarda ise Ö.A-2.1a (Önem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar) ve sağlam Kaya ortamının bulunduğu yerler ise U.A-2 (Kaya Ortamlar) olarak değerlendirilmiştir BMR (2015-2016).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

Global V_{S30} verileri, özellikle depreme karşı uygun yerleşim alanlarının bulunması ve depreme karşı yapı tasarımının mühendislik yönüyle doğru yapılması açısından temel bir parametredir. Bu parametrenin elde edilmesinde sahadan elde edilen jeofizik veriler kadar topografik verilerin analiz edilmesi de son zamanlarda önem kazanmıştır. Çalışma alanımıza ait sismik V_{S30} ile topografik V_{S30} verilerinin toplanması ve elde edilmesi farklı yöntemlerle uygulanmaktadır. Çalışma verilerinin karşılaştırılması korelasyonu, benzerliği ve aralarındaki farklılıklar araştırılarak bu kapsamda değerlendirilmiştir.

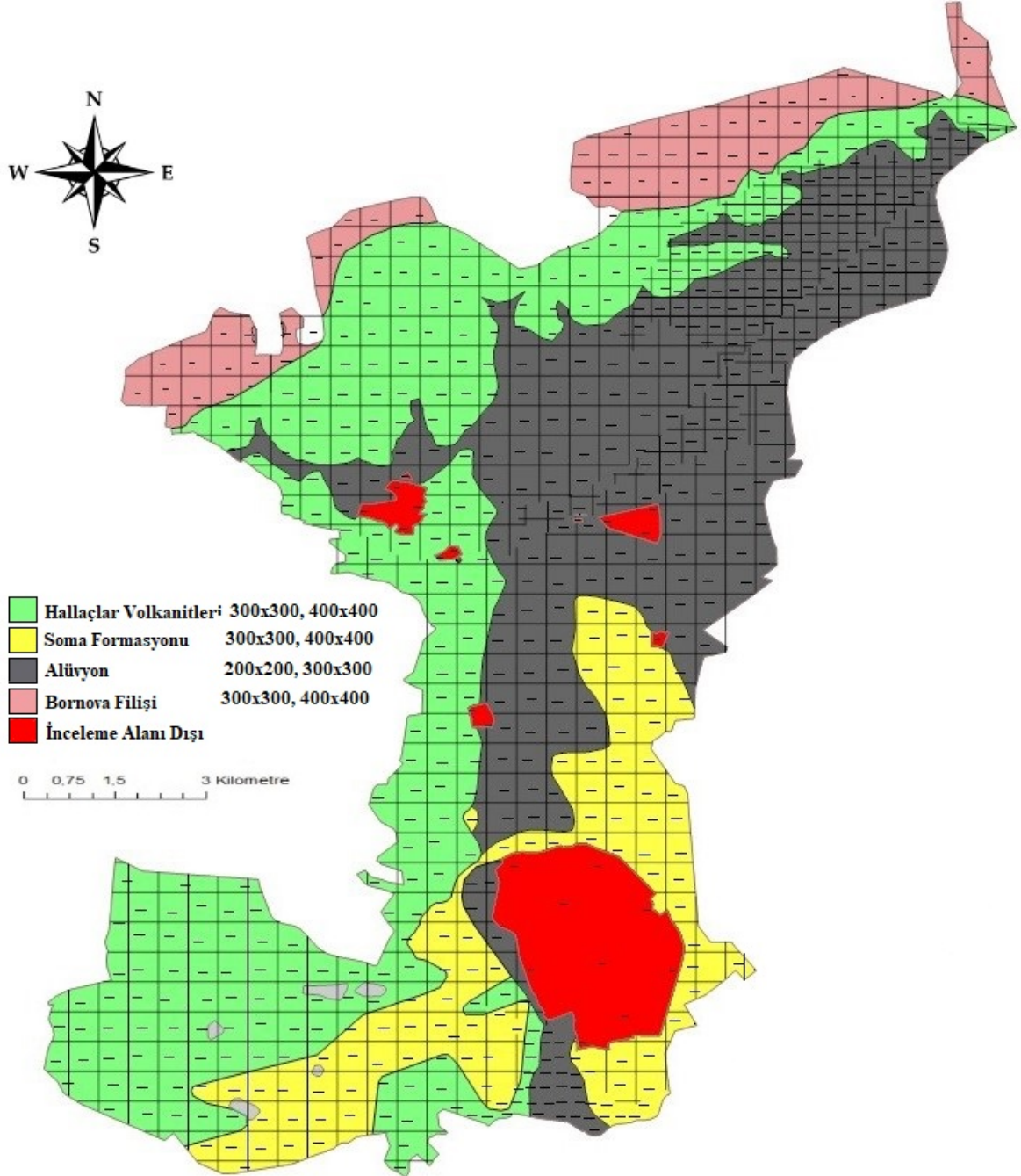
Topografik V_{S30} verileri 2007 yılından itibaren tespit edilmeye başlanmıştır. Özellikle ülkemizde 2018 yılında TBDY' nin yürürlüğe girmesinden sonra binaların tasarımında V_{S30} tabanlı çalışmalar yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu nedenle V_{S30} 'un sahada doğru ölçülmesi kadar ölçülemediği alanlar ile ölçüme uygun olmayan alanlarda da bu bilgilerin farklı veri tabanlarından doğru elde edilmesinin önemi artmıştır. Alternatif olarak jeofizik yöntemlere topografik tabanlı çalışmalar, özellikle 2007 yılından sonra dünyada yapılmakta ve herkese açık ortamda veriler paylaşılmaktadır. Bu çalışmada amaç; sahada yerinde jeofizik ölçümleri ile topografik verilerin arasını ilişkilendirme, karşılaştırma ve hangi durumlarda verilerin uygun olduğunun araştırılmasıdır.

Çalışma alanımızda; Balıkesir Büyükşehir Belediyesi'nin (2015-2016) yılları arasında yaptırmış olduğu mikrobölgeleme raporuna ait sismik V_{S30} verileri ile USGS den elde ettiğimiz Topografik V_{S30} verileri değerlendirilmiştir. Topografik ve sismik V_{S30} haritalarının karşılaştırılması yapılmıştır.

3.1.Sismik Verilerin Elde Edilmesi

Jeofizik yöntemlerden sismik yöntemler ile mühendislik sorunların çözümünde; katmanların derinlikleri, kalınlıkları, sismik hızları, dinamik elastik özellikleri, yeraltı hız yapısı ve sağlam zemin derinliği, örtülü fayların konumları, zeminin hâkim titreşim periyodu, zeminin büyütmesi ve sıvılaştır ya da sıvılaştırmaz özellikteki zeminleri

saptanabilmektedir. Bunun yanında elde edilen veriler ile zeminlerin gözeneklilik yapısı, kayaların ise çatlaklı, kırıklı ve altere (bozmuş) zonları ortaya çıkarılabilmektedir.



Şekil 17. BMR (2015-2016) Alan karelağı (syf. 30) ve MTA'dan temin edilen 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarının yeniden değerlendirilmesi sonucu elde edilen jeoloji haritası (syf. 362)

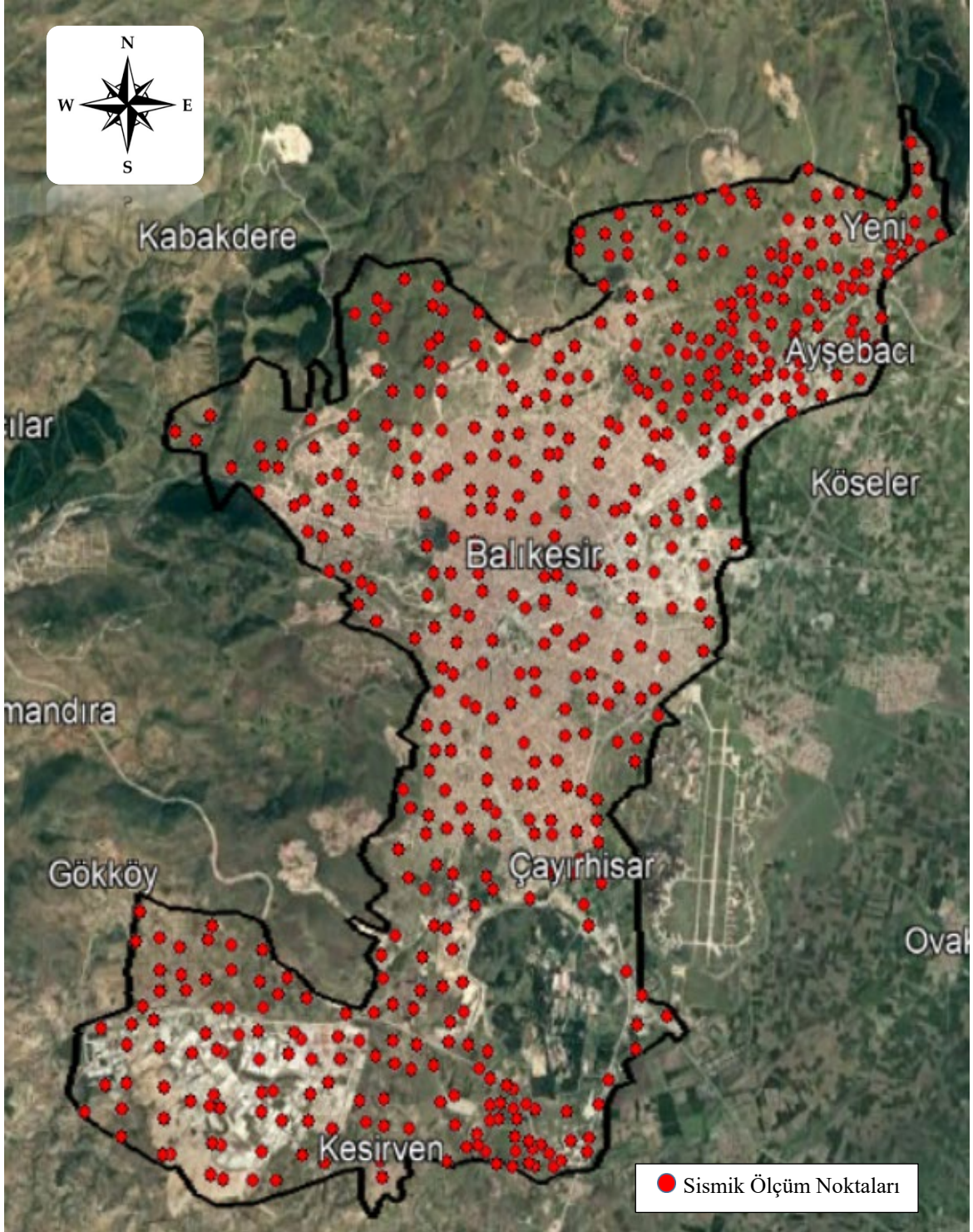
Çalışma alanındaki sismik veriler, BMR (2015-2016)'nin yılları arasında yaptırmış olduğu, ÇŞİDB' nin 17.02.2016 tarih onaylı Mikrobölgeleme rapor çalışmasından elde edilmiştir. Mikrobölgelemenin amacı büyük ve geniş çalışma alanlarını daha küçük çalışma bölgelerine (Karelaj) ayırarak tanımlanmasıdır. Çalışma kapsamında; bölgenin jeolojik birimleri (MTA 1/25.000 Jeoloji Haritası) göz önünde bulundurularak bölge haritaları üzerinde karelaj çalışması yapılmıştır (Şekil 17). İnceleme alanında 526 adet hücre (karelaj) oluşturulmuş ve bu hücrelerde jeofizik ve jeolojik açıdan dağılımı tanımlanarak çalışmalara başlanmıştır. Karelaj içerisinde jeofizik yöntem olarak; SİSMİK KIRILMA, MASW, MİKROTREMOR, SP, GPR yapılarak değerlendirilmiştir.

3.1.1 Sismik Kırılma Çalışması

Yöntemin amacı nedir? Sığ ortamlarda yayılan elastik dalgaların ortamlarda kırılıp yansımından sonra, alıcıdan kayıtcıya kadar geçen (seyahat süresi) ilk varış zamanlarının kayıt edilerek tabaka hızlarının belirlenmesi prensibine dayanır. Sismik dalga hızları geçtiği ortamın yoğunluğuna, içerdiği su miktarına, gözeneklilik, çatlaklık ve çimentolanma derecesine bağlı olarak değişmektedir..

Sismik kırılma (Seismic Refraction), jeofizik mühendisliğinin en temel yöntemlerinden biridir. Mühendislik özellikler açısından gerekli olan elastik parametreler nedeniyle ülkemizde mikrobölgeleme çalışmaları (Çimen vd., 2010; Kurtuluş, C., Bozkurt, A., 2016; Zorluer ve Gücek, 2019), sıvılaştırma analizleri (Uyanık vd., 2013; Işık vd., 2016; Ateş, A., 2017), yamaç duraylılığı ve heyelan sorunları (Vanlı Senkaya vd., 2015; Bayram, M., Alpaslan, N., 2021) gibi zemin ve çevre sorunları olmak üzere mühendislik ve tasarım aşamasında en sık kullanılan yöntemlerden biridir (Babacan vd., 2014; Grit, M., Kanli, A.I., 2016; Yalçınkaya vd., 2016).

MBR kapsamında 526 sismik profil boyunca yapılan çalışmalar (Şekil 18), , zeminin dinamik-elastik parametreleri , jeofizik hız yapısı, uluslararası yönetmeliklerine esas zemin sınıflamaları, hâkim titreşim periyotları (T0), zemin büyütmeleri (Ak) ve zemin içerisindeki düşey ve yanal süreksizlikleri belirlemek için P ve S dalga hız ölçümleri ve bunların haritalaması yapılmıştır.



Şekil 18. BMR (2015-2016) sismik lokasyon haritasında Balıkesir merkezinin zemin özelliklerini ortaya koymak için (tabaka hızları, tabaka kalınlıkları, sismik parametreler) 526 adet sismik çalışma planlanmıştır.

Ölçümde Kullanılan Ekipmanlar

Etütlerde Lakkolit 24-M3 model 24 kanallı sismik kayıtçı ile 4,5 – 14,0 h düşey jeofonlar ve serim kabloları, sismik kaynak olarak ta 10 kg. lık balyoz kullanılmıştır. Yapılan ölçümlerde ofset mesafesi 6 – 12 metre jeofon aralıkları ise 2'şer metre olarak belirlenmiştir. Profil uzunlukları ofset mesafesi 6 metre olan ölçümlerde 52 metre, ofset mesafesi 12 metre olan ölçümlerde 58 metredir. Yapılan sismik etütlerde, her serim için baş, son, orta ve uzak ofset olarak 4'er atış yapılarak 24 kanallı kayıtları alınmıştır. Verilerin örnekleme sayısı milisaniyede 5, kayıt uzunluğu 1024 msn. dir.

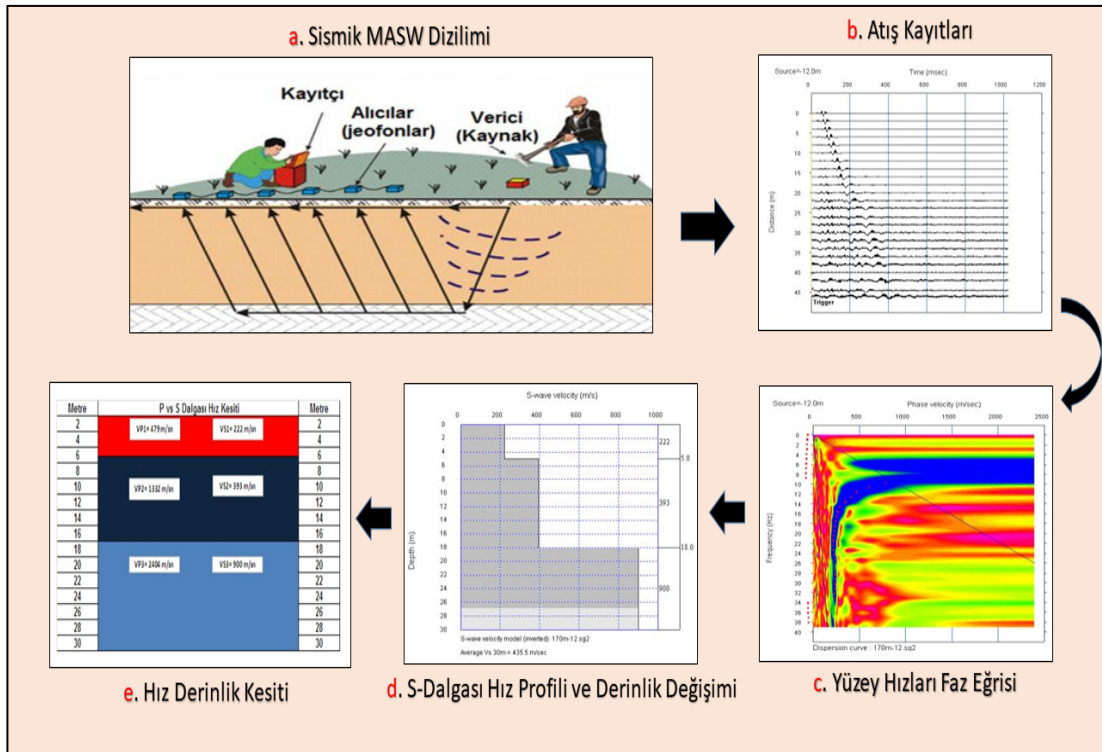


Şekil 19. MBR kapsamındaki sismik ölçümlerde profiller Nivelman(Topografik cihaz) yardımıyla A. Sismik Ölçüm Noktası S-170 oluşturulmuş ve daha sonrasında B. Veri Kontrol edilerek C. Veri ölçüm, serim, dizilim ve kayıt çalışmaları tamamlanmıştır.

Arazi çalışması kapsamında sismik ölçüm çalışması için öncelikle Nivelman yardımıyla profiller oluşturulmuş (Şekil 19, A.), daha sonra verilerin kontrolü sağlanıp (Şekil 19; B, C) ölçüm noktasına ait sismik kablo ve jeofonların serimi ile veri ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3.1.2 Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analiz Yöntemi (MASW Metodu)

Yüzey Dalgasının Çok Kanallı Analizi (MASW) yöntemi, Park vd. (1999) tarafından günümüzde geoteknik ve mikrobölgeleme araştırmalarında yaygın bir kullanıma sahip bir sismik yöntemdir. MASW yöntemi, tabakalı yerküre modeli için Rayleigh dalgasında etkisi olan S-dalga hızına dayanmaktadır. Dönüşmüş faz hızları ile derinliğe bağlı 1-B S-dalga hızı fonksiyonunu tanımlayan S-dalga hızı profilleri elde edilir. MASW yöntemi sıg zemin araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 20. A. Sismik MASW çalışmasının dizilimi sahadan veri toplanmıştır, B. Ölçüm verisine ait atış kayıtları, C. Veri değerlendirmesi aşamasındaki hız-faz eğrisi, D. S-dalgasına ait hız profilinin derinlik değişimi gözlenmektedir, E. Çalışmanın sonuç bölümünde ise sismik hızlara dair derinlik kesiti gözlenmektedir (BMR, 2015-2016).

3.1.3 Veri Analizi

Sismik kırılma ve yüzey dalgalarının çok kanallı analizi yöntemlerinde veri toplama işlemi tamamen aynıdır. Kayıt edilen veri aynı anda hem kırılma hem de yüzey dalgası verilerini içerir. Toplanan veriler iki ayrı yöntem için ayrı veri işleme tabi tutulur.

Ölçüm noktasında hat başında yapılan vuruştan oluşturulan atış grubu (Şekil 20, a) ve bu vuruştan MASW ile elde edilen faz hızı dispersiyon paneli (Şekil 20, b). Atış grubu üzerindeki kırmızı kesikli çizgiler Rayleigh tipi yüzey dalgası sinyallerinin oluşturduğu MASW analiz penceresini, dispersiyon panelindeki siyah noktalar (Şekil 20,c) ise işaretlenen temel mod faz hızı dispersiyon eğrisini gösterir. (Şekil 20, d)'de ise sismik dalga hızının profiline derinlikle değişimi görülürken, (Şekil 20, e)'de ise tabakaların sismik hızları ve kalınlıkları görülmektedir. Çok kanallı analiz yönteminin en büyük avantajı, hız ve sönüm gibi dalga yayılım karakteristiklerine dayalı farklı türde sismik dalgaları tanıma kapasitesidir.

3.2 Sismik Ölçümlerinden V_{s30} Verilerinin Elde Edilmesi

V_{s30} yerel zemin koşullarını tahmin eden bir parametre olarak iyi bilinen, sınırlamalarına rağmen, basitliği, deprem yönetmeliklerinde kullanımı, yüksek veri içeriğiyle ulusal ve uluslararası ölçeklerde sismik tehlike analizleri için fiili bir standart haline gelen bir parametredir. V_{s30} verisinin ilk kullanımını jeolojik açıdan değerlendiren önceki çalışmalarda (örneğin, Wills ve Silva, 1998) jeoteknik özellikleriyle (örneğin, Wei vd., 1996) korelasyonlarını içeren çalışma örnekleri vardır.

Üst 30 metre derinlik için bulunan ortalama kayma dalgası hızı V_{s30} olarak belirtilir. V_{s30} parametresi, farklı tabakalarda V_s büyüklüklerinin değişimlerinin ortalamasından hesaplanır. Yerçekimi etkisinden dolayı, zemin malzemelerinin özelliği genellikle, Dünya'nın özelliklerinin yalnızca dikey olarak değiştiği ve bir dizi farklı katmanla temsil edildiği " katmanlı-dünya modeli " olarak adlandırılır. V_{s30} hesaplaması 2 şekilde gerçekleşmekte;

1.Hesaplama her bir tabakanın hızlarının ve tabaka kalınlıklarının bölünmesi sonucunda 30m için hesaplanması

2. Hesaplama yönteminde 30m için ise tek bir tabaka kalınlığı olarak hızı bölünmesi

Saha sınıflandırması için V_{S30} , enine dalgaların 30m derinlikten zemin yüzeyine ulaşma süresi olarak hesaplanır. V_s 'nin aritmetik ortalaması 30m derinliğe kadar değildir. Denklem de $V_{S30}=30/\sum(d/V_s)$ gösterildiği gibi, ortalama V_{S30} , 30m' nin, her katman boyunca hareket etmesi için enine dalgaların seyahat sürelerinin toplamına bölünmesiyle hesaplanır, katman kalınlığı d V_s ' ye bölünerek hesaplanır.

V_{S30} matematiksel olarak aşağıdaki ifade ile hesaplanır;

$$V_{S30} = \frac{30}{t_d + \frac{30-d}{V_{S_{son}}}} \quad (3.1)$$

Burada $V_{S_{son}}$: d derinliği ile 30 m arasındaki tabakanın hızıdır. $V_{S_{son}}$ yeraltı modelinin en sonundaki hızına eşittir. Burada td : d derinliğine tabakalarda ki dalgaın yayılma zamanıdır. Yukarıdaki eşitliği detaylı olarak 3 tabakalı bir ortam için yazacak olursak;

$$V_{S30} = \frac{30}{\frac{h_1}{V_{S_1}} + \frac{h_2}{V_{S_2}} + \frac{30-(h_1+h_2)}{V_{S_{son}}}} \quad (3.2)$$

Burada V_{S30} bağıntısı ile ifade edilir. Bu eşitliğin nereden geldiği açıklanmak istenirse;

$$T_0 = 4h/V_s \quad (3.3)$$

Olarak verilir. Tabakalı ortamlar için ise aşağıdaki gibi gösterilir.

$$T_0 = 4\left(\frac{h_1}{V_{S_1}} + \frac{h_2}{V_{S_2}} + \frac{30-(h_1+h_2)}{V_{S_3}}\right) \quad (3.4)$$

Burada T_0 yerine $4h/V_{S30}$ yazılırsa

$$\frac{4h}{V_{S30}} = 4\left(\frac{h_1}{V_{S_1}} + \frac{h_2}{V_{S_2}} + \frac{30-(h_1+h_2)}{V_{S_3}}\right) \quad (3.5)$$

Burada her iki taraftaki sayılar birbiriyle sadeleştirir ve h yerine 30m derinlik için ortalama değer istendiğinden 30 yazılır ve V_{S30} , eşitliğin diğer tarafında bırakılırsa,

$$V_{S30} = \frac{30}{\frac{h_1}{V_{S1}} + \frac{h_2}{V_{S2}} + \frac{30 - (h_1 + h_2)}{V_{S3}}} \quad (3.6)$$

V_{S30} formülü elde edilir (Uyanık, O. , 2015). Sismik çalışmalar sonucunda elde edilen V_{S30} verileri belirtilen hız aralıkları değerine göre Tablo 3, 4 ve 5 kullanılarak zeminin durumu hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar.

Sismik çalışmalardan elde edilen V_{S30} değeri, çeşitli zemin sınıflamalarında kullanılmaktadır. Bunlar; Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı (NEHRP), ABD’de jeoteknik ve inşaat mühendisliği camiasında kabul edilmiş ve yeni yapılan inşaatların sismik tasarımında yaygın olarak kullanılan uluslararası bir zemin sınıflama kriteridir. Design of Structures for Earthquake Resistance (EUROCODE-8) ise Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan, depreme dayanıklı binaların ve mühendislik yapılarının inşaat standartlarını belirten bir koddur. Türkiye’de ise Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)’ne göre zemin sınıflaması yapılmaktadır. Sismik V_{S30} ’dan elde edilen veriler NEHRP (Tablo 4), EUROCODE-8 (Tablo 3) ve TBDY-2018 (Tablo 5)’e göre zemin sınıflama kriterlerine uygun olarak kullanılmaktadır. Zemin sınıflamalarına ait açıklamalar aşağıdaki tablolarda verilmektedir.

Tablo 3

Eurocode-8’de V_{S30} ’a göre Zemin Sınıflaması (CEN, 2004).

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar	$V_s > 800$
B	Çok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer	$360 < V_s \leq 800$
C	Sıkı yada orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	$180 < V_s \leq 360$
D	Gevşek’den orta sıkı’ya kadar kohezyonsuz zemin veya yumuşak-sert arası Kohezyonlu Zemin	$180 < V_s$

Tablo 4.

NEHRP Hükümlerinde ve Uniform Building Code'da V_{s30} 'a göre Zemin Sınıflaması (BSSC, 1997)

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

Tablo 5

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)

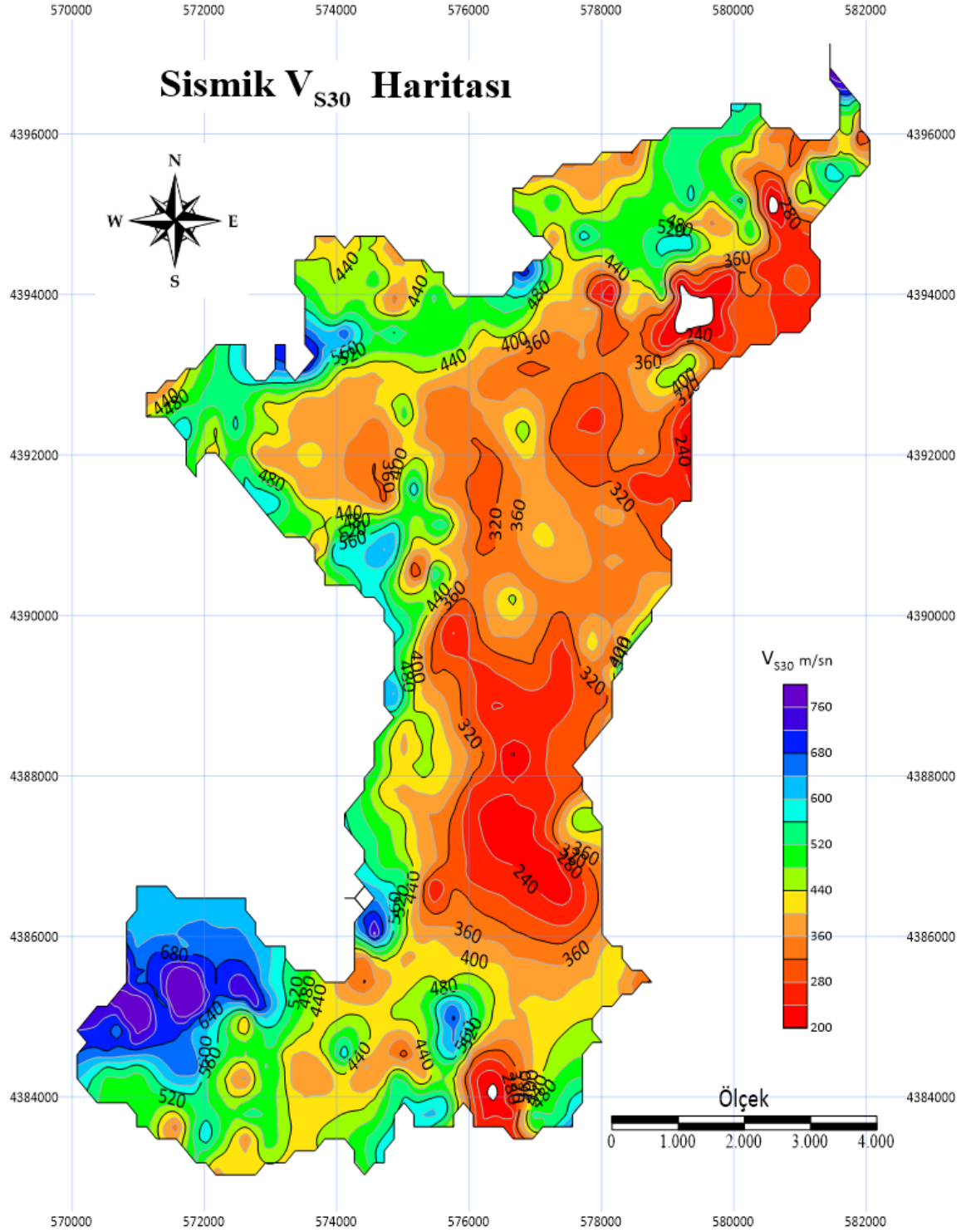
Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: ✓ Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), ✓ Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, ✓ Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, ✓ Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Kayma dalgaları (V_s) nedir? Bunlar aktif ve pasif kaynaktan çıkan dalgalar olarak 2'ye ayrılır. Aktif (Sismik) yöntemlerde daha derin verilere ulaşılırken, pasif (Sismolojik Çalışma) yöntemlerde ise daha sığ verilere ulaşılır. Sismik dalgalar parçacık hareketine dik

yönde ve sadece katı ortamlarda yayılırken, sıvı ve gazlarda ortamlarda yayılamazlar. Kayma dalgasının hızları zeminin dayanımını gösteren bir parametredir. Kayma dalga hızına bağlı olarakta zemin sınıflamaları oluşturulmuştur.

Tablo 3, 4 ve 5 de verilen Eurocode-8, NEHRP ve TBDY-2018 sınıflamalarına göre V_{S30} değeri 180m/s den küçük ise zayıf ve dayanımsız zeminleri, 760 ya da 800 m/s den büyükse kaya ve sağlam birimleri yansıtmaktadır. Tablo 3, 4 ve 5 de sunulan V_{S30} değerleri, edilen kayma dalga hızlarının 30m derinlikteki ortalama değeri olarak tanımlanır. Kayma dalgası modeli ile tahmin edilen zemin sınıflamaları sarsıntılarının etkilerinin önceden tahmin edilmesi; deprem hasarı, afet risk azaltma haritaları ve bina sınıflamalarının belirlenmesinde önemli rol oynar.

Araziden elde edilen jeofizik ve sismik veriler yeniden değerlendirilerek güncel V_{S30} haritası (Şekil 21) elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda elde edilen verilere göre Balıkesir de en yüksek sismik hızlara bölgenin Güney-Batı kısmında 760 m/sn' de ulaşılırken en düşük sismik hızlara bölgenin doğu kısmında 180m/sn 'de V_{S30} hızlarına rastlanmaktadır.

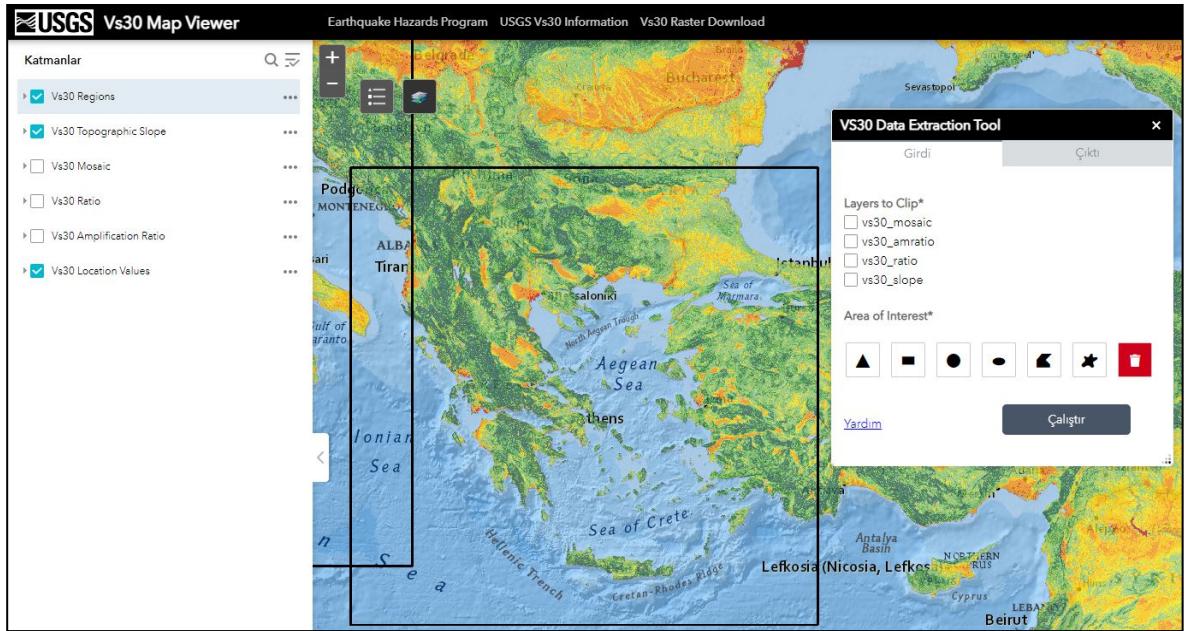


Şekil 21. V_{s30} sismik haritasının yeniden değerlendirilmesi sonucunda çalışma bölgesinin Kuzeyinde 500m/sn Güneyinde 450 m/sn ile Doğu bölgesinde 250m/sn Batı Bölgesinde 450 m/sn V_{s30} hızları görülmüştür (BMR, 2015-2016).

3.3. Topoğrafik Eğim Ölçüsünden Vs30 Verilerinin Elde Edilmesi

Dijitalden topoğrafik eğimin kullanımı ile ilgili uzaktan algılama yoluyla oluşturulan Sayısal Yükseklik Haritası (DEM) verileri V_{S30} 'a dayalı sınıflar birinci dereceden tahminini verebilmek için Dünya üzerinde son yıllarda konu hakkında birçok çalışma yayınlandı (Allen, T. I., ve Wald, D. J. (2007 ve 2009). Yöntemin temel dayanağı, topoğrafik eğimin, V_{S30} ölçümleri ve topoğrafik gradyan arasındaki korelasyonlarla V_{S30} için güvenilir bir veri olarak kullanılabilir. Topoğrafik yükseklik verileri tek tip örnekleme şeklinde USGS veri tabanında mevcuttur (Şekil 22, USGS Global V_{S30}).

Topoğrafik verinin amacı nedir? Jeofizik ve jeolojik durum haritalarının bulunmadığı alanlarda topoğrafik eğimden elde edilen V_{S30} 'un güvenilir bir vekil olarak kullanılabilir olmasıdır (Wald, D. J., ve Allen, T. I. 2007). Yöntemin hipotezi; V_{S30} slope (eğim) analiz yönteminin düşük Vs 'ye sahip olan havza çökelleri ile ilişkisidir. Dağ cephelerinden uzak mesafelerde daha ince tortular ile eğimler düşükken, dik eğimlerde ise daha yüksek Vs 'ye sahip malzemeler bulunur (Tablo 6). Vs'nin düşük olması için (ör., Park, S., & Elrick, S. (1998), eğim, sarp, kaba, dağ önü alüvyon malzemesi tipik olarak mesafe ile daha ince tortularla derecelenmesi ve dağ cephesinden ayrılan malzemenin enerjisinin düşük olması nedeniyle taşınma yavaşlayacak eğim düşecektir.



Şekil 22. USGS Global V_{S30} topoğrafik veri sunucusu üzerinden mozaik, eğim vb. araçlar ile istenilen veri sınırları çizilerek ya da koordinat bilgisi girilerek veri indirilebilmesi mümkündür.

Tablo 6.

NEHRP Eğim Sınıf aralıkları (Wald, D. J., ve Allen, T. I. 2007)

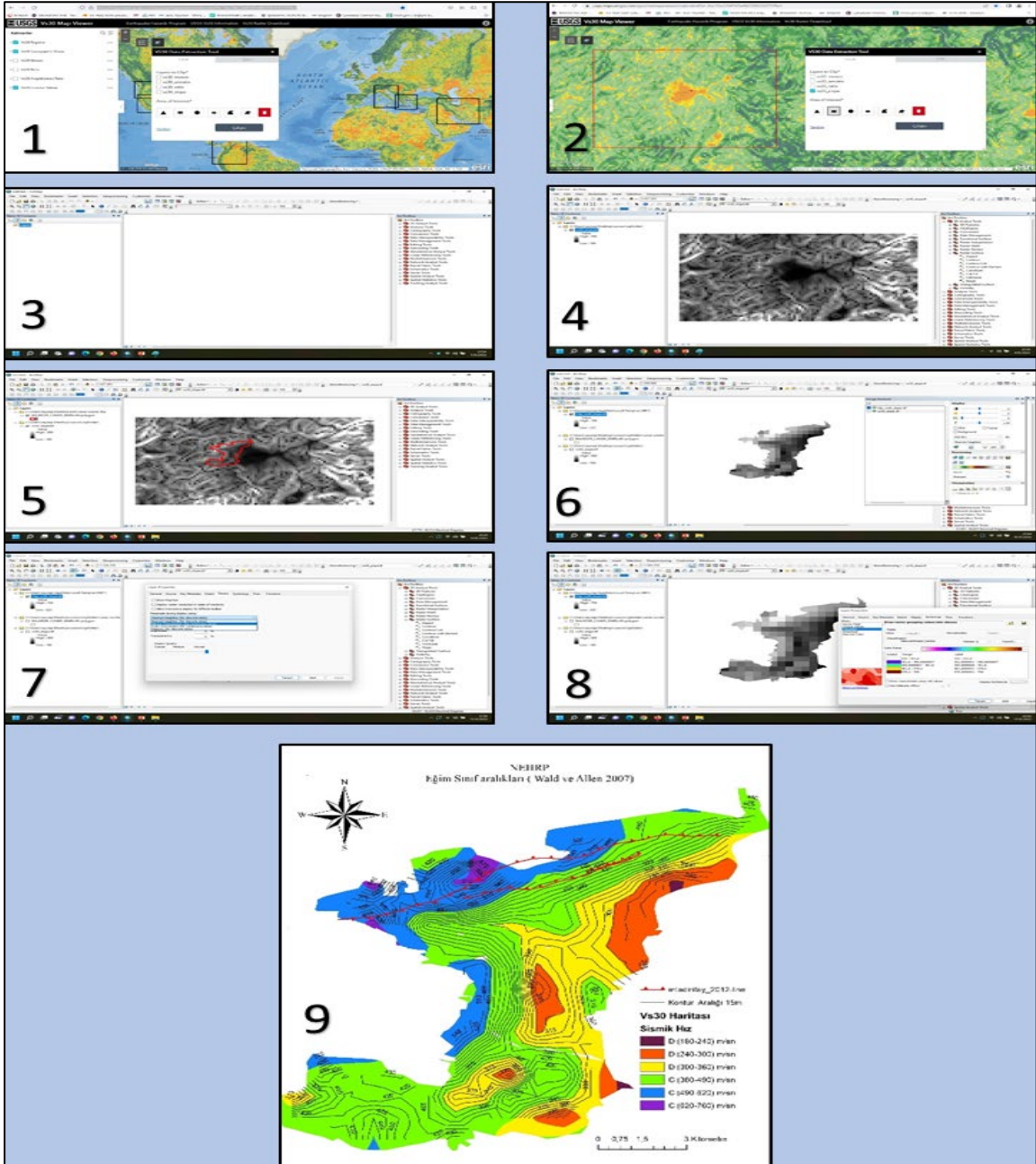
NEHRP Site Sınıflandırması	V _{S30} Aralığı (m/sn)	Eğim Aralığı (m/m)		Genel Açıklamalar
		Aktif Tektonik Bölgeler	Kraton Bölgeler	
E	< 180	< 3 X 10 ⁻⁴	< 1 X 10 ⁻⁴	Yumuşak kil ile toprak profili
D	180-240	3 X 10 ⁻⁴ - 3,5 X 10 ⁻³	1 X 10 ⁻⁴ - 8,5 X 10 ⁻³	Sert Toprak
D	240-300	3.5 X 10 ⁻³ - 0.010	4,5 X 10 ⁻³ - 8,5 X 10 ⁻³	Sert Toprak
D	300-360	0,010-0,024	8,5 X 10 ⁻³ - 0.013	Sert Toprak
C	360-490	0,024-0,08	0,013 - 0,022	Çok Yoğun Toprak ve Yumuşak Kaya
C	490-620	0,08 - 0,14	0,022 - 0.03	Çok Yoğun Toprak ve Yumuşak Kaya
C	620-760	0.14 - 0.20	0,03 - 0,40	Çok Yoğun Toprak ve Yumuşak Kaya
B	> 760	> 0.20	>0.40	Kaya ve Sert Kaya

Bu çalışmalarda saha bazlı ölçümler gerektirmeme avantajına sahip olmakla beraber geniş alanda, ucuz (hatta ücretsiz) DEM'lerin kullanılabilirliği ön plana çıkmaktadır. Bu yaklaşım ilgi alanına göre birçok verinin elde edilmesini sağlamaktadır. Çünkü düşük eğimlerden tahmin edilen düşük hızlar bölgelerinden daha fazla güçlü yer sarsıntısını artırma eğilimindedir (Büyütme Etkisi). Yüksek eğimli alanlarda V_{S30}'un yer sarsıntısını artırma olasılığı ise daha düşüktür.

Topografik verinin bir amacı da dünyada sismik açıdan aktif birçok bölgede, yüzey jeolojisi ve kayma dalga hızı (Vs) hakkında gerekli bilgilerin olmaması ya da önemli ölçüde verilerin değişkenlik göstermesi, verilerin kolayca erişilebilir olmamasıdır. Topografik yükseklik verileri ise tek tip olarak her yerde mevcuttur. (Borchardt, R. D. 1994) çalışması aktif tektonik rejimlerde V_{S30}'un tahmini, yararlı bir parametre olduğu yerel alan aplikasyonun çalışmasıdır.

Topografik değişimler yüzeye yakın jeomorfolojinin bir göstergesi olarak, sarp dağlar ile birinci dereceden litoloji, kaya, toprağı gösteren düz havzalar ve bir geçiş ara eğimlerde uç elemanların arasını doldurur. Son araştırmalarda doğrulanmış iyi korelasyonlar, eğim ve Japonya'daki jeomorfik göstergeler (ör. Matsuoka ve diğerleri, 2005) V_{S30} ile yükseklik arasındaki ilişkiyi gösteren Tayvan'da (ör. Chiou, B. S. J. 2006) yapılan çalışmalarda da görüleceği üzere diğer jeoloji disiplinlerinde de benzer yöntemler kullanılmıştır.

Topografik V_{S30} verileri, ABD Jeolojik Araştırması (USGS) Global V_{S30} sunucusundan çalışma alanına ait topografik verilerinin analizleri yapılmış ve herkesin ulaşabileceği veri kaynağından elde edilmiştir (Şekil 22). Bu uygulama kullanıcıların ilgi alanlarına yönelik V_{S30} Raster verilerini görüntülemek için kullanılan haritalama arayüzüdür. ArcGIS yazılımı ile V_{S30} haritalama işlem aşamaları aşağıda (Şekil 23) gösterilmiştir. Burada Raster veri görüntünün piksel olarak ifadesidir.



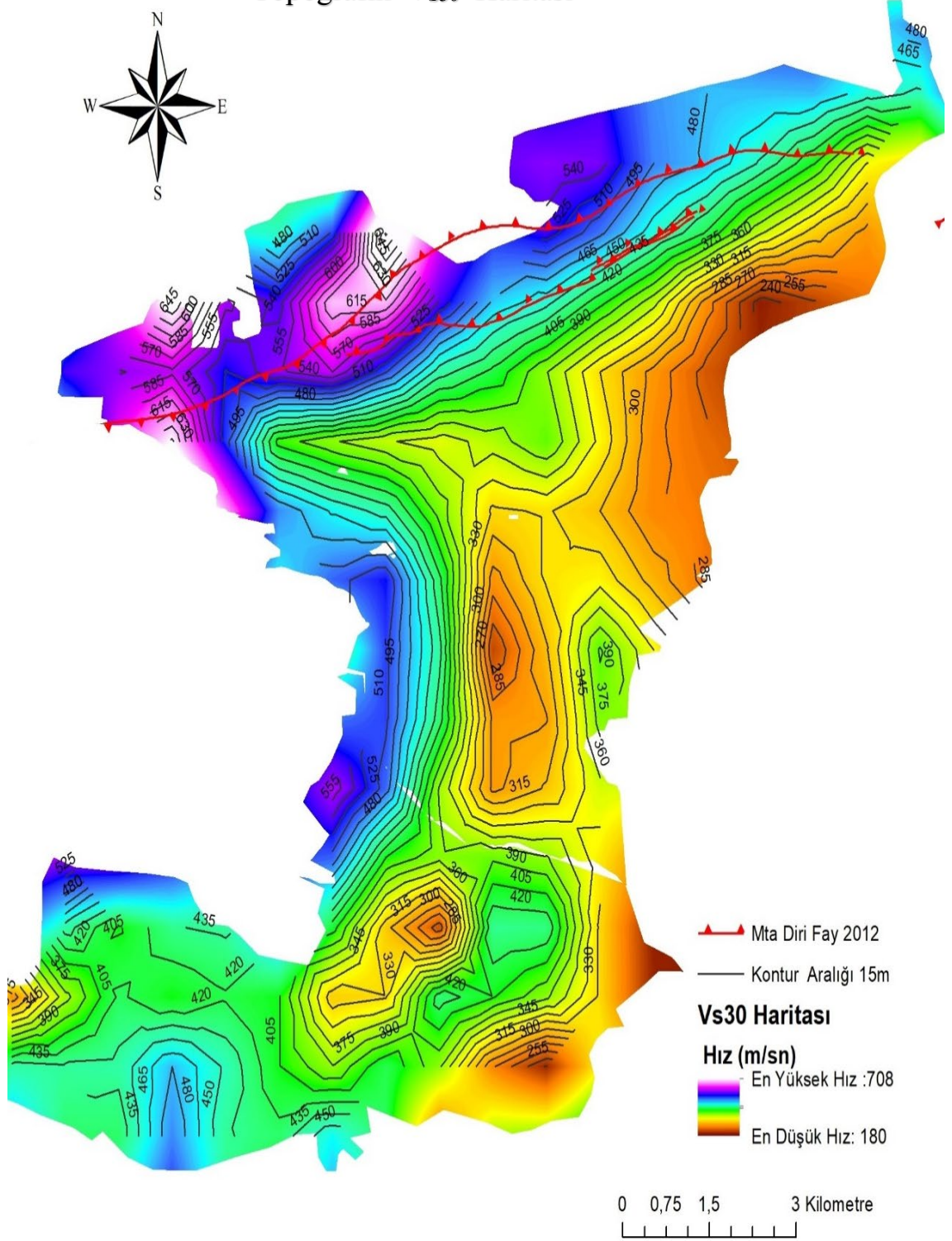
Şekil 23. USGS'den elde edilen Raster verisi ArcGIS programında 9 adımda veri işlem aşamasından geçirilerek Topografik eğimden V_{S30} haritası elde edilmiştir.

Çalışma kapsamındaki iş ve işlemler;

- (1) USGS sunucusuna bağlanılır,
- (2) Çalışma alanı seçimi yapılır ve indirilir,
- (3) ArcGIS programı çalıştırılır,
- (4) İndirilen Raster (görüntünün paralel çizgiler halinde dijitalize edilmesi) verisi ArcGIS programında açılır,
- (5) Raster verisi üzerine çalışma yapılacak alan sınırları atılıp kesme işlemi yapılır,
- (6) Çalışma alanı Raster verisi hazırlanır,
- (7) Raster verisi üzerine Bilinear tekniği uygulanır veri interpolasyonu yapılır
- (8) Veri sismik hız aralıklarına göre lejant aralıkları ve renklendirmeleri yapılır,
- (9) Çalışma sonucunda USGS den elde ettiğimiz Raster verisinden V_{S30} haritası elde edildi.

Elde edilen topografik veriler ve sismik verilerin korelasyonu ile Ulusal Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı (NEHRP) standartları uygulanarak hazırlanan Topografik V_{S30} haritası oluşturulmuştur (Şekil 24). Bu çalışmalarda ulusal ölçekte, jeoteknik araştırmalar ve jeomorfolojik sınıflandırmalar için V_{S30} ' a dayalı CBS hesaplamaları sıklıkla kullanılmaktadır.

Topografik V_{S30} Haritası



Şekil 24. USGS den bölge için elde edilen Raster verisi indirilip ArcGIS programında değerlendirdikten sonra yukardaki Topografik V_{S30} haritası elde edilmiştir. Harita üzerine bölgeden geçen fay (MTA 2012) hattı işlenmiştir. Topografik V_{S30} haritasına göre bölgede sismik hızlar 700 m/sn ile 180 m/sn arasında değişmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

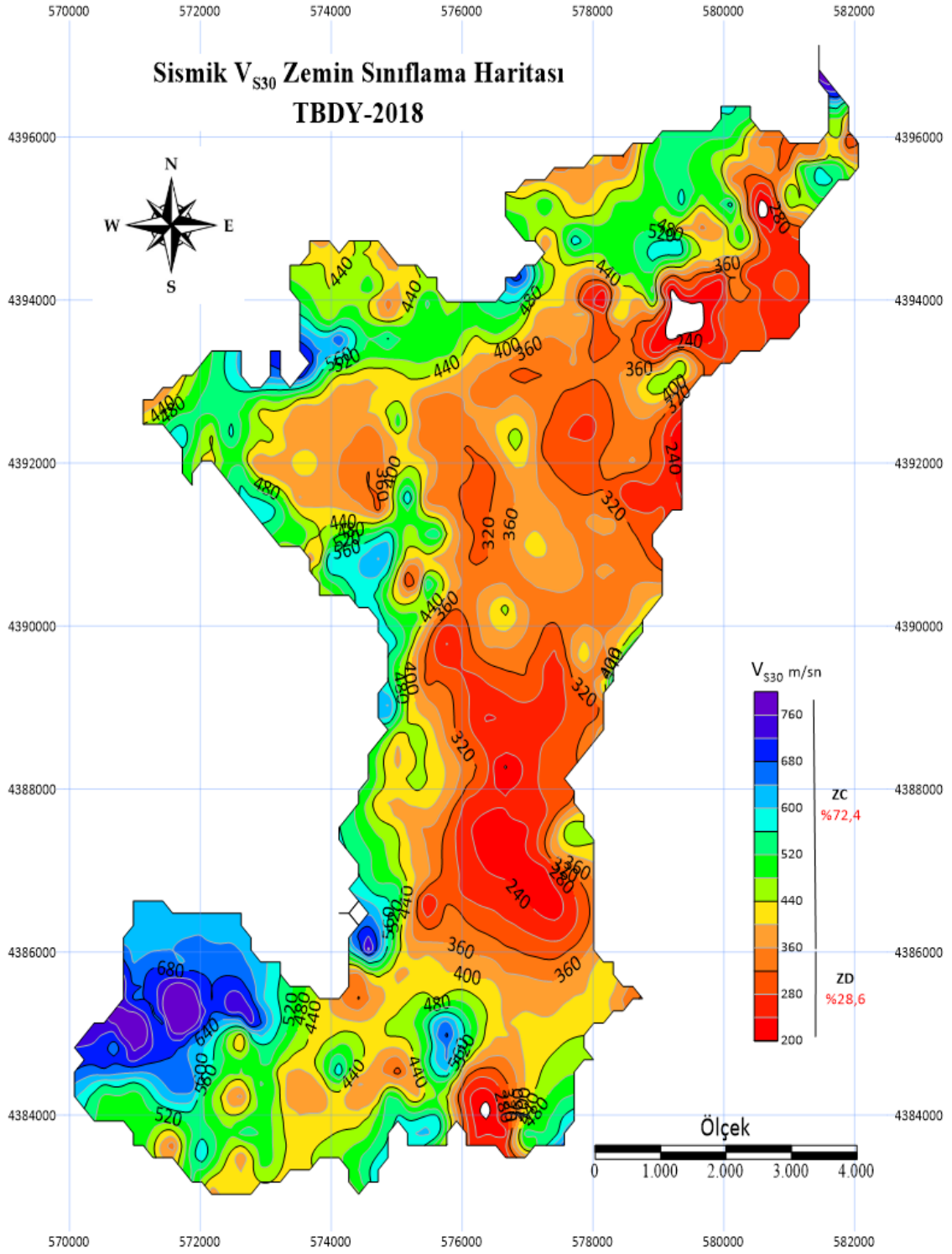
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sismik Verilerin Değerlendirilmesi

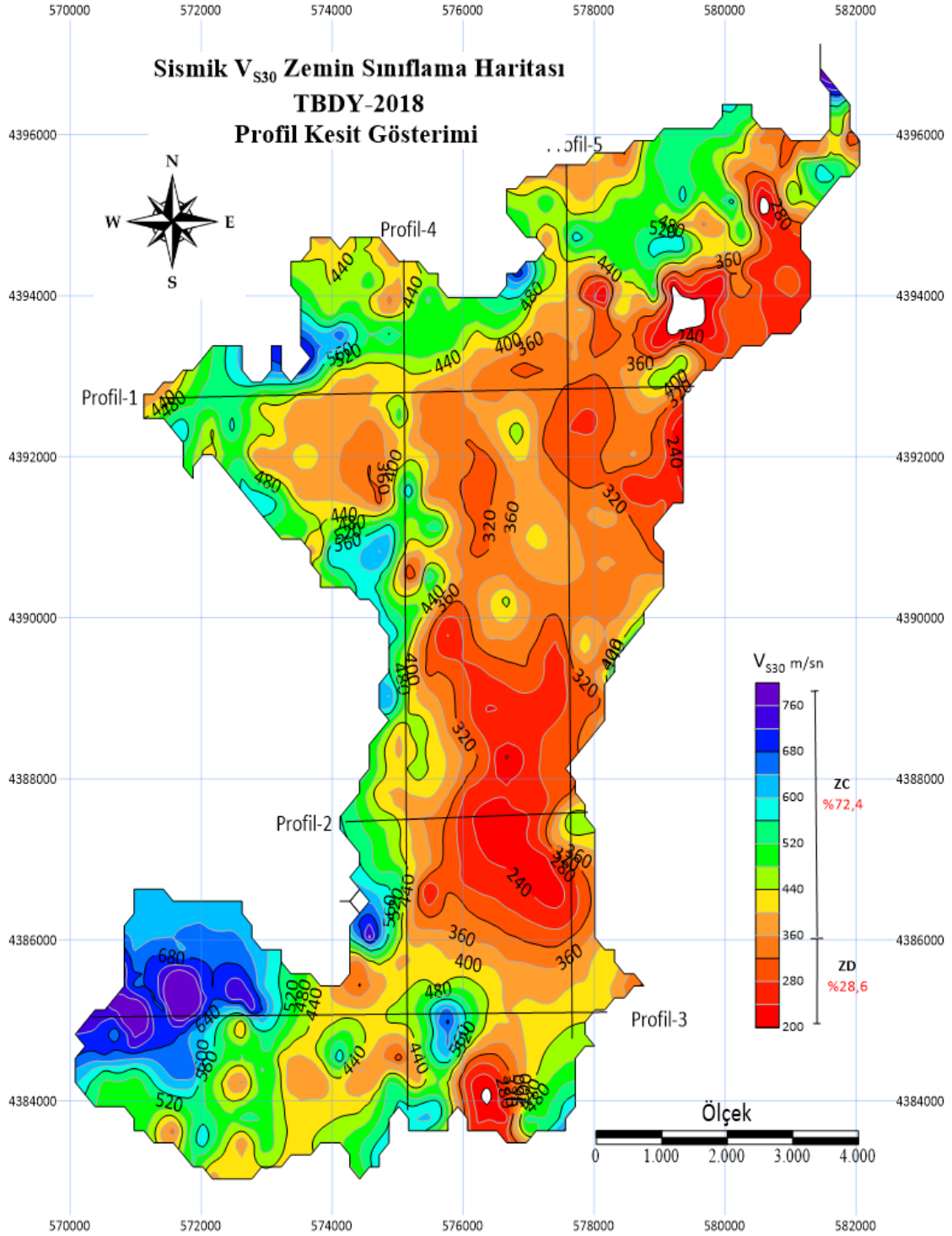
Çalışma alanında Balıkesir Büyükşehir Belediyesi mikrobölgeleme çalışmalarına ait 526 adet jeofizik sismik ölçüm noktasına ait veriler kullanılarak kaynak parametreler elde edilmiştir. Çalışma alanındaki jeolojik birimler dikkate alınarak bölgenin jeofizik açıdan değerlendirilmesi; alüvyonlarda 200 x 200 veya 300 x 300, kaya ve sert birimlerde 400 x 400 veya 500 x 500 kare (metre) sistemi dikkate alınarak sismik ölçümler yapılmıştır.

Sismik çalışmalardan elde edilen jeofizik verilerden Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) sınıflaması kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 25). Balıkesir mikrobölgeleme çalışmalarına ait sismik verilerden elde ettiğimiz sonuçlara göre; sismik hız (V_{S30}) 180m/sn ile Balıkesir'in güneyinde bulunan ova alanda rastlanırken en yüksek hız (V_{S30}) batı kesiminde 700m/sn hızla dağlık alanlarda rastlanmaktadır. Balıkesir yerleşim alanlarının çoğunlukla Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) sınıflamasına göre %72,4 ile C tipi zemine rastlanırken %28,6 ile D tipi zeminden oluştuğu görülmektedir. Elde edilen veriler zemin özellikleri bakımından bölgenin sismik hız açısından düşük olduğu alanlarda, yapılaşmanın bu değerler gözetilerek yapılmaması gerektiğini ortaya koymaktadır.

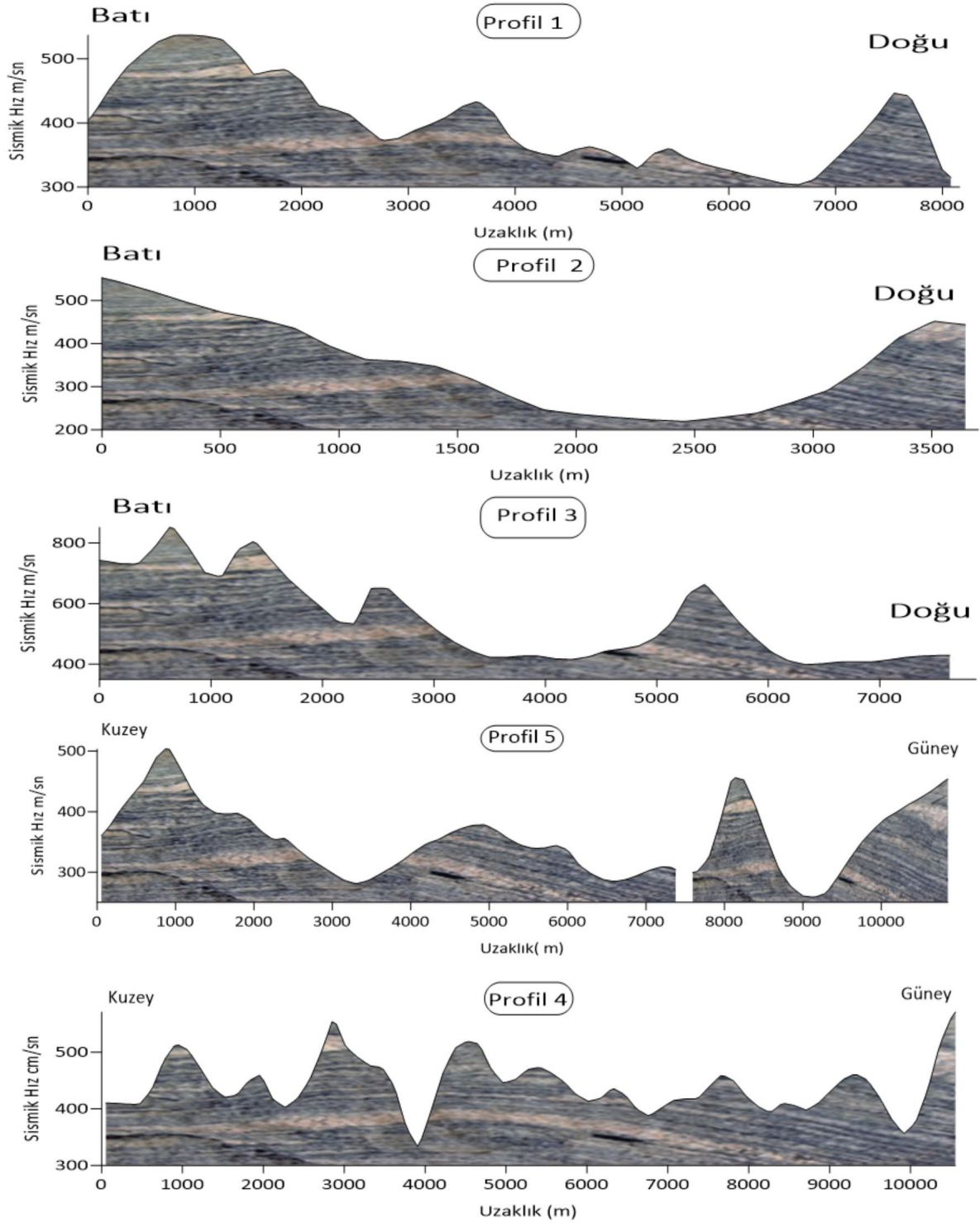
Çalışma alanında konum ve yön değişikliğindeki sismik hız değişimini gözlemek amacıyla Sismik V_{S30} haritası üzerinde 5 profil kesiti alınarak değerlendirme yapılmıştır (Şekil 26). Üç Profilde Batı-Doğu yönünde kesit alınırken iki profilde ise Kuzey-Güney yönünde kesit alınmıştır (Şekil 27). Bölgenin topografik yapısına göre alınan hız değişimleri gözlenmiştir.



Şekil 25. Sismik ölçüm verisinden elde edilen TBDY-2018 sınıflama haritasına göre Balıkesir de ZC sınıfı zeminlerin %72 oranında, ZD sınıfı zemin %28 oranında olduğu sismik çalışma verisinden Kriging haritalama yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (BMR, 2015-2016).

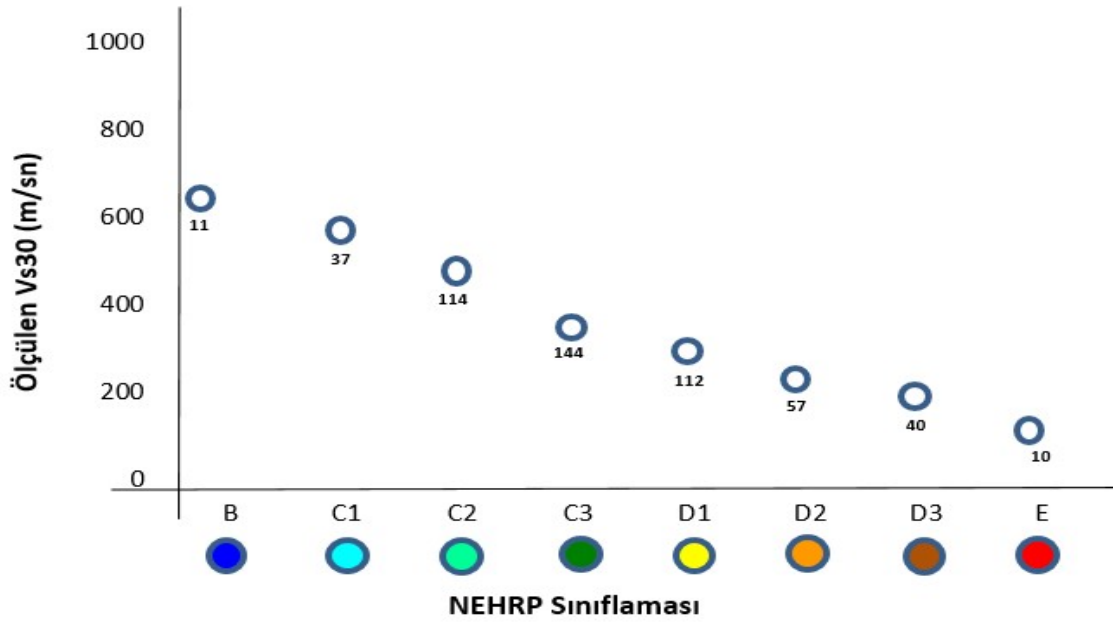


Şekil 26. Sismik verilerin değerlendirilmesi sonucu Kriging tekniği ile elde edilen V_{S30} haritası üzerinde 5 profil kesiti alınarak değerlendirilmiştir. Profillerin 3'ü Batı-Doğu yönünde alınırken 2 tanesi de Kuzey-Güney yönünde alınmıştır.



Şekil 27. Sismik V_{S30} haritası üzerinde alınan profillerin incelemesi 5 grupta yapılmıştır. Buna göre ilk 3 profil B-D yönünde 1.Profilde yüksek V_{S30} hızları 500 m/sn ve 300 m/sn hız aralığında dan değişirken 2.Profilde V_{S30} hızları 560 m/sn ve 200 m/sn aralığında 3.Profilde V_{S30} hızları 760 m/sn ve 350 m/sn hız aralığında diğer profiller K-G yönlüdür 4.profilde hızlar çok değişkenlik göstermekle birlikte sismik V_{S30} hızları 400 m/sn ve 600 m/sn hız aralığında 5. Profilde V_{S30} sismik hızlar 500 m/sn ve 300 m/sn aralığında değişkenlik göstermektedir

Elde edilen sismik verilerden NEHRP sınıflamasına (Tablo 6) göre V_{S30} veri dağılım grafiği elde edilmiştir (Şekil 28). Sismik ölçümler sonucu elde edilen sınıflama aralığındaki sismik veriler 4 gruba ayrılmaktadır. Buna göre sınıflama aralığı sayısal veri olarak V_{S30} hızı 0-179 m/sn aralığındaki E tipi zeminlerin veri sayısı 10 dur. V_{S30} hızı 180-239 m/sn veri aralığındaki D3 zeminlerin veri sayısı 40, V_{S30} hızı 240-299 m/sn veri aralığında D2 zeminlerin veri sayısı 57 adet, V_{S30} hızı 300-359 m/sn veri aralığındaki D1 zeminlerin veri sayısı 112 dir. V_{S30} hızı 360-489 m/sn veri aralığındaki C3 zeminlerin veri sayısı 144, V_{S30} hızı 490-619 m/sn veri aralığındaki C2 zeminlerin veri sayısı 114, V_{S30} hızı 620-759 m/sn veri aralığındaki C1 zeminlerin veri sayısı 37, V_{S30} hızı 360-489 m/sn veri aralığındaki B zeminlerin veri sayısı 11 dir. NERPH sınıflama veri analizine göre çalışma alanımız C ve D tipi zeminlerden oluşmaktadır.



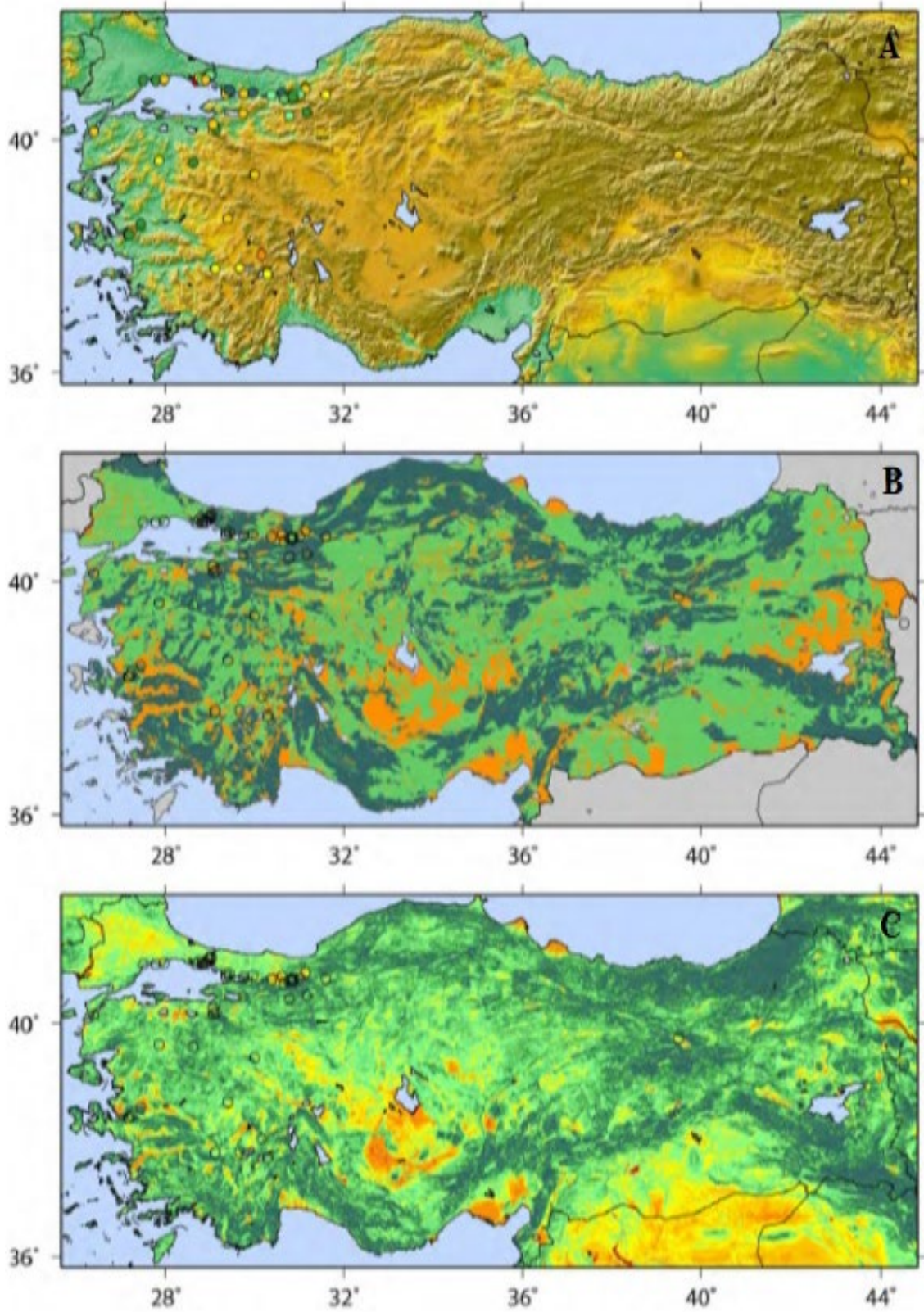
Şekil 28. Sismik ölçüm verilerinden elde edilen NEHRP sınıflama dağılımına göre en çok veri sayısı 295 adet V_{S30} verisiyle C tipi zemi 209 adet veri ile D tipi zemin takip etmektedir. Balıkesir çoğunlukla C ve D zemin tiplerinden oluşmaktadır.

Çalışma kapsamındaki verilerden elde edilen bilgilere göre, bölgede C ve D zemin özelliklerinin fazla olduğu dikkati çekmektedir. Bölge açısından V_{S30} değerlerinin hesaplanmış olması mühendislik açıdan önemli bir veri kaynağı sağlamaktadır.

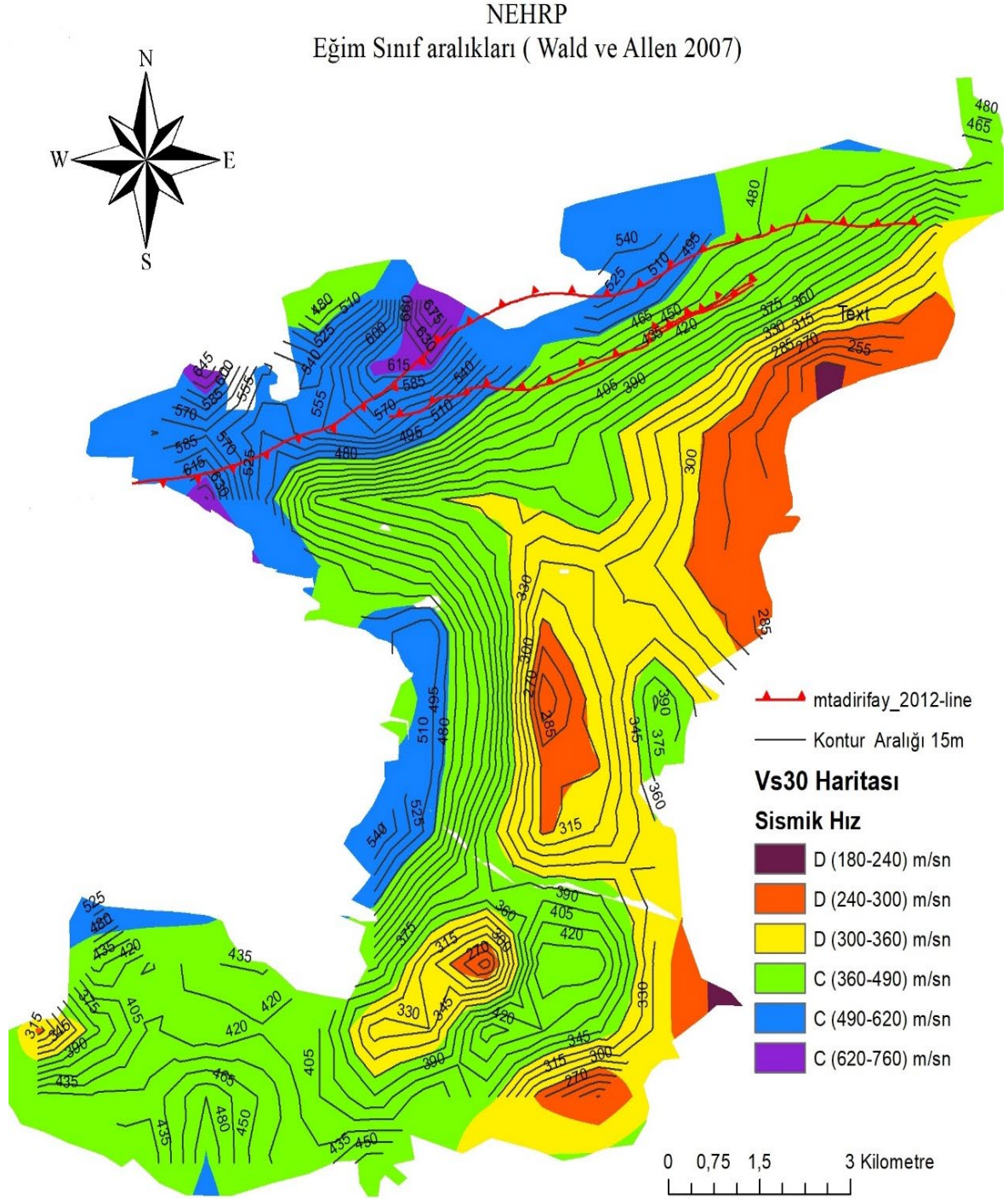
4.2. Topografik Verilerin Değerlendirilmesi

Günümüz koşullarında birçok ülkede araştırma konusu olan yeni bir yöntem olarak kullanılan topografik eğimden V_{S30} harita çalışması için Balıkesir özelinde veriler toplanıp, elde edilen jeofizik verilerin topografik açıdan NEHRP (Wald, D. J., ve Allen, T. I. 2007) sınıflaması ile değerlendirilmiş, sonrasında gruplandırılarak harita elde edilmiştir (Şekil 30). Bu sonuçlara göre V_{S30} en düşük 222 m/sn büyüklüğüne çıkarken en yüksek V_{S30} hızı 708 m/sn olmuştur. Bölgede NEHRP sınıflamasına göre C ve D tipi zeminlerin hâkim olduğu gözlenmiştir.

Benzer çalışmalarda Çağnan ve ark. (2007) yılında İstanbul için jeolojik bilgiler kullanılarak elde edilen haritalar ile (Wald, D. J., ve Allen, T. I. 2007) tekniğinin genel anlamda Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı (NEHRP) sınıflama sisteminin C tipi zeminlerde uygun olduğu görülmektedir (Şekil 29A). Topografik olarak bu tez çalışmasında türetilmiş haritamız (Şekil 29C) jeolojik temelli verilerden (Şekil 29B) elde edilmiştir. İlki, NEHRP saha sınıflandırmalarının korelasyonları kullanılarak hazırlanmıştır. Buradaki seçilen alanlarda sismik ölçümlere ait V_{S30} 'un yerine diğer bir yaklaşım olan jeolojiye dayalı sınıflar kullanılmıştır. İlgili bir diğer çalışmada ise Harmandar ve ark. (2007) Norveç'te yapmış olduğu jeolojik haritaları ve V_{S30} 'u niteliksel olarak yaptığı karşılaştırmada haritaların uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 29. A. Türkiye topoğrafik haritası. Daireler, m/s cinsinden V_{s30} tarafından renk kodlu ölçümlerin konumunu gösterir B. KOERI'den yüzeysel jeolojiye dayalı saha durum haritası (Z. Çağnan ve ark. 2007) C. NERPH Sınıflama durum haritası

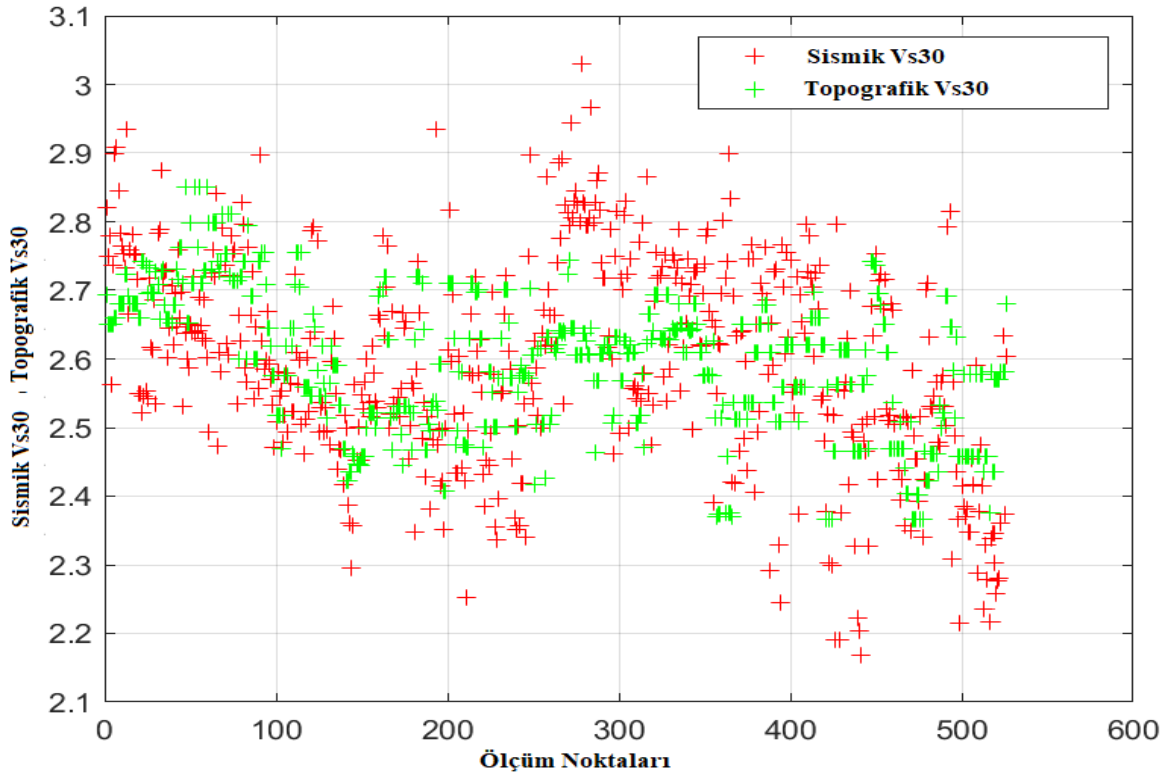


Şekil 30. Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı (NEHRP)'na göre Topografik Vs30 verilerinden elde edilen sınıflama özelliklerine ve eğim aralıklarına göre topografik Vs30 haritası oluşturulmuştur. Harita üzerine bölgenin içerisinden geçen Balıkesir fayı (MTA-2012)'da işlenmiştir. Balıkesir bölgesi NEHRP sınıflama haritasına göre en fazla C tipi (360-490) m/sn zemini D tipi (300-360) m/sn hız aralıklarındaki zemin takip etmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

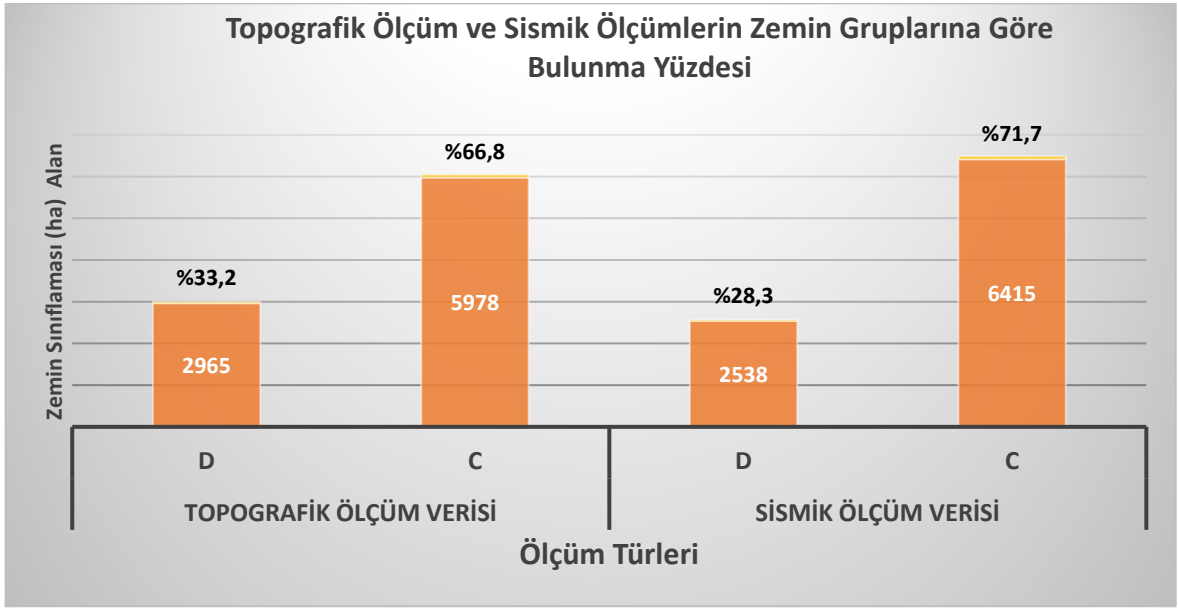
Çalışmamızda Balıkesir İli, merkez (Altıeylül ve Karesi) ilçeleri içerisinde V_{S30} verisini iki farklı yöntemle (Sismik ve Topografik), iki farklı V_{S30} haritası modelinin kullanımına odaklanılmıştır. USGS den elde ettiğimiz V_{S30} sınıflama haritası ile Balıkesir Büyükşehir Belediyesi'nin yaptırmış olduğu mikrobölgeleme çalışmasına ait sismik ölçüm verilerinden faydalanarak hazırladığımız sismik V_{S30} haritası değerlendirilmiştir.



Şekil 31. Sismik V_{S30} ile topografik V_{S30} 'un değişiminin logaritmik gösterimi

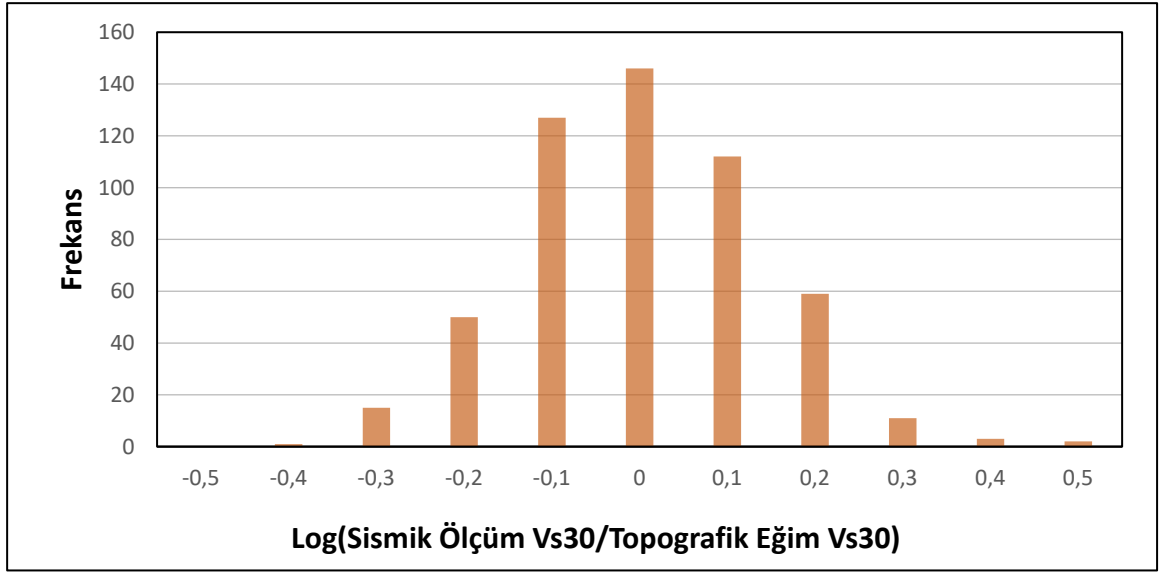
Değerlendirilmesi yapılan sismik V_{S30} verileri ile topografik V_{S30} verileri (Şekil 31) 'de görüldüğü üzere, sismik ölçüm verisinden elde edilen veriler kırmızı, topografik ölçüm verisinden elde edilen veriler ise yeşil renkte logaritmik olarak grafikte işaretlenmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere verilerin birbiri ile örtüşme durumu incelenmiş, sismik ölçüm ile topografik verilerin çoğunlukla uyum sağladığı gözlenmiştir.

Balıkesir çalışma alanımızın sismik ölçüm verisi ile topografik verilerden elde edilen başka bir grafiksel değerlendirmede (Şekil 32) bölgesel, topografik verilere göre %33,2 D tipi zeminden oluşurken, %66,8 C tipi zeminden oluşmaktadır. Sismik çalışmalara ait verilerde ise %28,3 D tipi zemin bulunurken %71,7 C tipi zemin bulunmaktadır. Çalışma sahasının alan bazlı veri analizinden de anlaşılacağı üzere iki yöntem arası veri farkı C ve D tipi zeminlerde yaklaşık % 4,9 olarak gözlenmiştir.



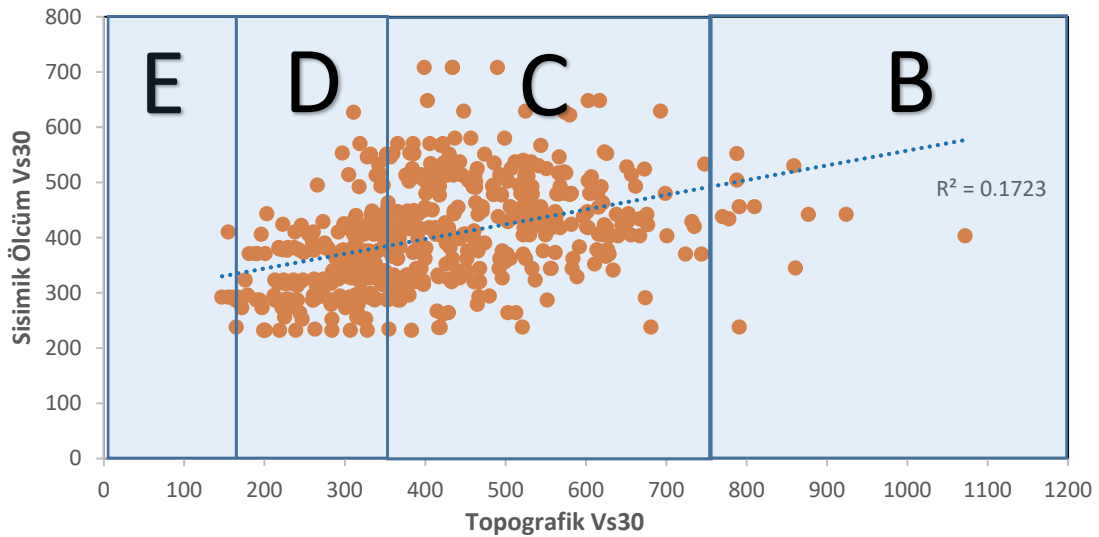
Şekil 32. Topografik Ölçüm ile Sismik Ölçümün Alan (hektar alan) bazında karşılaştırma grafiği

Sismik ölçüm ile topografik ölçüme ait 526 verinin bölümünün logaritması alınarak oluşturulan histogramda, verilerin korelasyonu incelenmiştir (Şekil 33). Grafikte anlaşılacağı üzere 146 veride değer “0” olması logaritmik açıdan örtüşen veri sayısını gösterirken diğer verilerin birbirini yakın takip etmesi veri farkının az olduğunu göstermektedir.



Şekil 33. Sismik ölçüm verisi ile topografik ölçüm verisinin Logaritmik farklılıklarını gösteren histogram

Çalışma kapsamında elde edilen verilerin daha sıkı ve daha teknik veri doğrulama sağlaması için, sismik ölçüm değerlerinin (log) oranı ile topografik eğimden tahmin edilen Vs30 değerlerini gösteren korelasyon histogramları (Şekil 33) de gösterilmektedir.



Şekil 34. Sismik Vs30'un topografik Vs30'a karşı dağılım grafiği ve NEHRP sınıflama aralığı. Regresyon çizgileri ve R² değerleri, bağımsız değişkenlerden tahmin edilebilir varyansın boyutunu gösterir.

Sismik ölçüm verisi ile topografik ölçüm verisinin dağılım grafiği yapılmıştır (Şekil 34). Grafikte sismik ölçüm verisine karşılık gelen topografik veri karşılaştırılmış, verilerin yoğunluğu NEHRP sınıflamasına göre bölümlendirilmiştir. Veri yoğunluğunun C ve D tipi zeminlerde olduğu bunların sismik V_{s30} hızları ise 180m/sn ile 760 m/sn arasında değiştiği görülmüştür.

Buradan anlaşılacağı üzere sismik ölçümler ve topografik verilerden elde edilen bilgilere göre eğimin düşük, bölge jeolojisinin genel olarak C ve D zemin tipine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Balıkesir’de çalışılan yöntemler arasında, bazı sapmalar gözlenmiş, ancak genel anlamda yöntemin başarılı olduğu söylenebilir.

Çalışmayı başka bir açıdan okuyacak olursak, yerleşim yerleri açısından seçim yapılırken dik yokuşlar, vadi sırtları, bina konumları ve yapılar için uygun araziler olarak değerlendirilmez, oysa düz ve hafif eğimli araziler yerleşim açısından uygun olduğu kadar da verimli topraklardan oluşmaktadır. Eğer veriler değerlendirilirse düşük eğimlerin olduğu yerleşim alanlarında hesaplanan V_{s30} değerleri, hasar/kayıp modellerinin geliştirilmesinde yarar sağlayabilir.

Topografik verilerin kullanımından elde edilen basit ve ucuz bir yöntemle birinci dereceden sismik saha sınıflandırma haritalarının sağlanması potansiyel yer sarsıntısını hızlı tahmini için kullanılabilir. Dünyanın herhangi bir yerindeki ayrıntılı bilgi eksikliğinde afet müdahale ve azaltma programları için senaryo ve olasılıksal deprem tehlike ve risk değerlendirmelerinde daha yaygın olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. Bu da bize olası risk durumlarında hızlı ve pratik yol gösterici bir çalışma olabilir.

Buradan çıkardığımız sonuca göre; sismik yöntemin güvenilirliği yanında uzun zaman alması, verilerin kısıtlı olması, çalışma maliyeti, istediğin anda istediğin zamanda veriye ulaşılamaması yeni yöntem arayışında topografik verinin eğim odaklı veri analizi ile kısa zamanda çözüm üretmesi bizlere yol gösterici olarak yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

- AFAD, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı web sayfası: <https://www.afad.gov.tr/>
2023
- Allen, T. I., & Wald, D. J. (2009). “On the use of high-resolution topographic data as a proxy for seismic site conditions (VS 30)”. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 99(2A), 935-943.
- Atam, Ş. (2020). Vital Cuinet’e Göre XIX. Yüzyıl Sonlarında Balıkesir’in İdari, Demografik ve Sosyo-Ekonomik Yapısı. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(04), 369-392.
- Ateş, A., 2017.” Gölyaka (Düzce) İmara Esas Yerleşim Alanındaki Zeminlerin SPT ve Sismik Hız Verileriyle Sıvılaşma Riskinin Araştırılması.” *Politeknik Dergisi* 20, 753–763. <https://doi.org/10.2339/politeknik.368977>
- Babacan, A.E., Gelisli, K., Ersoy, H., 2014.” Seismic tomography and surface wave analysis based methodologies on evaluation of geotechnical properties of volcanic rocks: A case study.” *J. Earth Sci.* 25, 348–356. <https://doi.org/10.1007/s12583-014-0417-7>
- Barka, A. A. (1992). The north Anatolian fault zone. In *Annales tectonicae* (Vol. 6, No. Suppl, pp. 164-195).
- Barka, A. A., & Kadinsky-Cade, K. (1988).” Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity.” *Tectonics*, 7(3), 663-684.
- Bayram, M., Alpaslan, N., 2021. Jeofizik Ve Jeoteknik Yaklaşımlar İle Yamaç Duraysızlığı Etkilerinin İncelenmesi-Türkiye’den Bir Örnek. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi* 2021, 21–41
- BMR, (2015-2016) Balıkesir Mikrobölgeleme Raporu, *Balıkesir Büyükşehir Belediyesi* 2016
- Borcherdt, R. D. (1994). “Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification).” *Earthquake spectra*, 10(4), 617-653.
- BSSC (Building Seismic Safety Council) (1997) NEHRP recommended seismic provisions for new buildings and other structures. FEMA 302 Part 1 (Provisions).

- Chiou, B. S. J. (2006). "Chiou and Youngs PEER-NGA empirical ground motion model for the average horizontal component of peak acceleration and pseudo-spectral acceleration for spectral periods of 0.01 to 10 seconds." *PEER Report Draft*, 219.
- Chung, J. W., & Rogers, J. D. (2012). "Seismic Site Classifications for the St. Louis Urban Area". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102(3), 980-990.
- Coruk, Ö., Gürbüz, E., Ulu, E., Çetin, S. (2019). Balıkesir İli ve ilçeleri yerleşim alanlarındaki mikrobölgeleme çalışmaları. Balıkesir'in Afet Durumu ve Yönetimi Çalıştayı Bildiriler Kitabı (Editörler: Ş. Ceryan ve K.G Yenigün) *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Balıkesir İl Temsilciliği, Balıkesir 2019*, 93-108. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/fff4c1d4bcd5e94_ek.pdf
- Crampin, S., & Evans, R. (1986). "Neotectonics of the Marmara Sea region of Turkey." *Journal of the Geological Society*, 143(2), 343-348.
- Çağnan, Z., Ç. Kariptaş, and M. Erdik (2007). A study on the correlation of topographic slopes and site classifications, Report of Network of Research Infrastructures for European Seismology (NERIES), *Joint Research Activities (JRA)* 3, 10 pp.
- Çimen, Ö., Uyanık, O., Elmasdere, E., Korkmaz, K., & Keskin, S. (2010). "Mavikent-Isparta Örneğinde Sismik Mikrobölgeleme Çalışmaları için Yerel Zemin Koşullarının Belirlenmesi." *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 46-54.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A. İ., Şentürk, Y., & Kar, H. (2012). "Biga Yarımadası'nın Tersiyer öncesi jeolojisi." *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi*, Editörler: Erdoğan Yüzer, Gürkan Tunay, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi, (28), 7-74.
- EC8 (2004) Eurocode 8: "Design of structures for earthquake resistance. General rules, seismic actions and rules for buildings." EN 1998-1:2004, European Committee for Standardization, Brussels, <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN/Eurocodes/eurocode-8-design-structures-earthquake-resistance>

- Emre, Ö., Doğan, A., & Özalp, S. (2011b). 1:250,000 Scale active fault map series of Turkey Balıkesir(NJ 35-3) quad-range (Serial number: 4). Ankara: *General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA)*.
- Euro-Med Seismological Centre (EMSC). Retrieved from <http://www.emsc-csem.org>. 2023
- Eyidoğan, H. (1988). "Rates of crustal deformation in western Turkey as deduced from major earthquakes." *Tectonophysics*, 148(1-2), 83-92.
- Eyidoğan, H., & Jackson, J. (1985). "A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969–70 in western Turkey: Implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust." *Geophysical Journal International*, 81(3), 569-607.
- GlobalVs30 2022;Sunucu. (<https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8ac19bc334f747e486550f32837578e1>)-2023
- Grit, M., Kanli, A.I., 2016. "Integrated Seismic Survey for Detecting Landslide Effects on High Speed Rail Line at Istanbul–Turkey." *Open Geosciences* 8, 161–173. <https://doi.org/10.1515/geo-2016-0017>
- Gürer, Ö. F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş., & Özburan, M. (2003). "Neotectonics of the southeast Marmara region, NW Anatolia, Turkey." *Journal of Asian Earth Sciences*, 21(9), 1041-1051.
- Harmandar, E., Oye, V., Lindholm, C., and Bungum, H., 2007, Soil condition maps based on topographic slope: *Network of Earthquake Research Institutes for Earthquake Seismology(NERIES) JRA3 Report*, 20 p.
- Holzer, T. L., Padovani, A. C., Bennett, M. J., Noce, T. E., & Tinsley III, J. C. (2005). "Mapping NEHRP VS30 site classes." *Earthquake Spectra*, 21(2), 353-370.
- Işık, A., Ünsal, N., Gürbüz, A., Şişman, E., 2016. Fethiye Yerleşim Alanındaki Zeminlerin Spt Ve Kayma Dalga Hızı Verileriyle Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 31, 0–0. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.278458>
- KOERI, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2022; <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/>

- KRDAE, 2019. B.Ü. Kandilli Rasathanesi Ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Bölgesel Deprem-Tsunami izleme Ve Değerlendirme Merkezi, 29 Nisan 2019 Balıkesir-Edremit Körfezi Depremi Raporu, İstanbul
- Kurtuluş, C., Bozkurt, A., 2016. Çayırhan İlçesi'nin, Ankara, Zemin Özelliklerinin Jeofizik ve Geoteknik Yöntemlerle Araştırılması.Uygulamalı *Yerbilimleri Dergisi* 8, 15–27.
- Matsuoka, M., Wakamatsu, K., Fujimoto, K., & Midorikawa, S. (2005, June). “Nationwide site amplification zoning using GIS-based Japan engineering geomorphologic classification map.” In Proc. 9th int. conf. on struct. Safety and reliability (pp. 239-246).
- NEHRP Yeni Binalar ve Diğer Yapılar İçin Önerilen Sismik Hükümler Cilt I: Bölüm 1 Hükümler, Bölüm 2 Açıklama FEMA; *Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü konseyi*: Washington, DC, ABD, 2015.
- Oncel, A. O., & Wilson, T. (2006). Evaluation of earthquake potential along the Northern Anatolian Fault Zone in the Marmara Sea using comparisons of GPS strain and seismotectonic parameters. *Tectonophysics*, 418(3-4), 205-218.
- Öncel, A. O., & Wilson, T. (2004). “Correlation of seismotectonic variables and GPS strain measurements in western Turkey.” *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B11)
- Özalp, S., Ömer, E. M. R. E., & Doğan, A. (2013).” The segment structure of southern branch of the North Anatolian Fault and paleoseismological behaviour of the Gemlik Fault, NW Anatolia.” *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 147(147), 1-17.
- Park, C. B., Miller, R. D., Xia, J., Hunter, J. A., & Harris, J. B. (1999). “Higher mode observation by the MASW method.” In *SEG Technical Program Expanded Abstracts 1999* (pp. 524-527). Society of Exploration Geophysicists.
- Park, S., & Elrick, S. (1998). “Predictions of shear-wave velocities in southern California using surface geology”. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88(3), 677-685.
- Sengör, A. M. C. (1979). “The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance.” *Journal of the Geological Society*, 136(3), 269-282.

- Soysal, H., Sipahioglu, S., Kolcak, D., & Altinok, Y. (1981). *Türkiye ve Cevresinin Tarihsel Deprem Katalogu* MO 2100-MS 1900. TUBITAK project Tbag, 341.
- Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Uzel, B., Sümer, Ö., Eski, S., & Tepe, Ç. (2016). "Palaeoseismology of the Havran-Balıkesir Fault Zone: evidence for past earthquakes in the strike-slip-dominated contractional deformation along the southern branches of the North Anatolian fault in northwest Turkey." *Geodinamica Acta*, 28(4), 254-272
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., & Boray, A. (1987). Türkiye'nin diri fayları ve deprensellikleri. MTA. Rap , 394 .
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., & Kuşçu, İ. (1992). Active fault map of Turkey. *General Directorate of Mineral Research and Exploration*, Ankara, Turkey, 2.
- Şengör, A. C., Grall, C., İmren, C., Le Pichon, X., Görür, N., Henry, P., ... & Siyako, M. (2014). "The geometry of the North Anatolian transform fault in the Sea of Marmara and its temporal evolution: implications for the development of intracontinental transform faults." *Canadian Journal of Earth Sciences*, 51(3), 222-242.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., ... & Rangin, C. (2005). "The North Anatolian fault: A new look. Annu. Rev." *Earth Planet. Sci.*, 33, 37-112.
- TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği web sayfası :
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm>
- TÜBİTAK, (2015) Balıkesir İli için Zemin Sınıflaması ve Sismik Tehlike Değerlendirme Projesi
- USGS, (United States Geological Survey National Earthquake Information Center).
Retrieved from, <https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8ac19bc334f747e486550f32837578e1>
- Uyanık, O. (2015). Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması İçin Makro ve Mikro Bölgeleştirmelerin Önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* , 19 (2) , 24-38 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sdufenbed/issue/20807/222263>

- Uyanık, O., Ekinci, B., Uyanık, N.A., 2013. “Liquefaction analysis from seismic velocities and determination of lagoon limits Kumluca/Antalya example.” *Journal of Applied Geophysics* 95, 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.05.008>
- Vanli Senkaya, G., Karsli, H., Senkaya, M., Güney, R., 2015. “Imaging of Landslide Deposits around Uzungöl Lake (Trabzon-Turkey) by Refraction Tomography and MASW, in: International Conference on Engineering Geophysics, Al Ain, United Arab Emirates,” 15-18 November 2015, *SEG Global Meeting Abstracts. Society of Exploration Geophysicists*, pp. 27–30
- Wald, D. J., & Allen, T. I. (2007). “Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification.” *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(5), 1379-1395.
- Wei, B. Z., S. Pezeshk, T. S. Chang, K. H. Hall, and H. P. Liu (1996). An empirical method to estimate shear-wave velocity of soils in the New Madrid seismic zone, *Soil Dynam. Earthquake Eng.* 15, no. 6, 399–408.
- Wills, C. J., & Silva, W. (1998). “Shear-wave velocity characteristics of geologic units in California.” *Earthquake Spectra*, 14(3), 533-556.
- Wills, C. J., Petersen, M., Bryant, W. A., Reichle, M., Saucedo, G. J., Tan, S., ... & Treiman, J. (2000). “A site-conditions map for California based on geology and shear-wave velocity.” *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90(6B), S187-S208.
- Yalcinkaya, E., Alp, H., Ozel, O., Gorgun, E., Martino, S., Lenti, L., Bourdeau, C., Bigarre, P., Coccia, S., 2016. “Near-surface geophysical methods for investigating the Buyukcekmece landslide in Istanbul, Turkey.” *Journal of Applied Geophysics* 134, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2016.08.012>
- Yaltrak, C. (2006).” Kazdağı'nın Tektonik Yapısı ve Edremit Körfezi'ni Karadan Sınırlayan Fayların Karakterleri” [The tectonic structure of Kazdağı and character of faults bounding Edremit Bay from land]. *ATAG-10 Bildiri Özleri Kitabı*, 94-95
- Zorluer, İ., Gücek, S., 2019. “Afyonkarahisar Uydu Kent Bölgesinin Sismik Kırılma Yöntemi Sonuçlarının Mikrobölgeleme Esasına Göre Değerlendirilmesi.” Presented at the *International Symposium on Innovations in Civil Engineering and Technology*, Afyonkarahisar, p. 311.

EKLER

EK 1 Çalışma Alanına Ait Sismik ölçülerin Koordinatları ve Vs30 değerleri

Veri No	Y Başlangıç	X Başlangıç	Ölçüm Vs30	Uydu Vs30
1	581930,922	4397423,654	662	493
2	582076,206	4397078,376	562	447
3	582080,422	4396778,987	602	447
4	582087,566	4396363,239	366	447
5	582358,272	4396509,656	545	447
6	581707,070	4396579,646	791	456
7	581197,280	4396691,450	810	456
8	580869,743	4396687,803	699	480
9	580524,647	4396631,977	606	480
10	579505,373	4396593,889	582	480
11	579086,787	4396607,674	567	480
12	577468,752	4396149,489	541	530
13	578047,818	4396241,868	859	530
14	578423,460	4396291,953	463	491
15	578724,787	4396460,405	575	480
16	579181,944	4396494,613	605	480
17	579576,180	4396477,030	564	479
18	580110,914	4396281,460	567	479
19	580439,098	4396248,337	519	480
20	580753,590	4396294,263	354	456
21	581293,164	4396358,501	354	456
22	576880,236	4395637,221	332	551
23	577347,746	4395586,397	352	551
24	577627,997	4395624,387	357	546
25	578457,152	4395613,319	348	495
26	577287,255	4395176,740	522	540
27	577715,613	4395056,276	413	499
28	577982,999	4395108,883	411	495
29	578357,674	4395246,715	485	495
30	577268,153	4394671,853	342	533
31	577736,909	4394741,235	607	510
32	576659,461	4394161,097	616	455
33	576889,112	4394328,625	748	533
34	575954,608	4393711,254	512	537

35	576544,883	4393915,878	533	477
36	576814,304	4393877,677	535	455
37	577115,141	4393931,294	400	455
38	576806,386	4393571,624	441	455
39	576473,339	4393623,462	509	450
40	576187,330	4393509,404	418	477
41	575823,940	4393362,541	495	477
42	575804,128	4393932,067	443	537
43	576276,718	4394365,420	573	519
44	575721,054	4394360,529	457	580
45	575365,437	4394672,188	499	580
46	574823,691	4394639,621	339	513
47	574666,791	4394691,284	434	708
48	573953,155	4394614,021	398	449
49	573818,117	4394709,349	386	449
50	573806,038	4394438,005	448	629
51	573940,199	4394200,098	435	513
52	574650,807	4394167,519	524	513
53	574775,812	4394274,915	434	708
54	575343,107	4394223,243	437	580
55	574731,404	4394954,305	490	708
56	574219,152	4395003,323	446	513
57	573485,191	4394510,864	427	513
58	573865,262	4393763,605	486	535
59	573909,614	4393757,499	423	535
60	574649,701	4393936,807	399	708
61	574867,122	4393886,890	311	627
62	575466,556	4393960,584	532	537
63	574861,242	4393569,118	574	627
64	574524,265	4393537,034	525	629
65	574110,393	4393506,307	693	629
66	571336,925	4393012,809	297	553
67	570826,356	4392754,132	407	534
68	571132,552	4392666,017	381	553
69	571678,603	4392332,160	617	648
70	572102,972	4392647,912	544	567
71	572185,782	4392389,227	420	567
72	572121,170	4392032,525	403	648
73	572443,591	4392699,364	526	524
74	572398,037	4392380,326	603	648
75	572679,410	4391871,369	566	517
76	572900,481	4391530,725	575	517

77	572823,661	4391961,350	343	517
78	573077,057	4392263,621	461	398
79	572930,211	4392691,938	423	524
80	572869,476	4393064,647	673	524
81	573373,518	4392989,059	626	552
82	573316,208	4392336,850	386	552
83	573193,500	4391849,417	368	398
84	573137,987	4391474,014	580	622
85	573279,261	4390994,876	460	492
86	573536,780	4391070,874	533	492
87	573526,865	4391591,396	349	398
88	573591,003	4391989,493	443	398
89	573544,117	4392199,493	391	398
90	573547,388	4392696,477	360	552
91	573533,185	4393156,191	788	552
92	574040,785	4393047,222	422	570
93	574517,195	4393021,631	385	570
94	574890,915	4393040,569	397	511
95	575396,737	4393104,957	466	442
96	575772,744	4393009,758	391	442
97	576091,390	4393069,386	371	416
98	576565,484	4393155,677	341	376
99	576870,141	4393051,991	296	376
100	577429,629	4393031,599	323	330
101	577632,378	4393249,695	381	330
102	578212,847	4393181,391	352	330
103	578406,350	4393212,480	358	295
104	578137,638	4392836,223	301	330
105	577362,118	4392738,629	330	376
106	576714,547	4392833,631	379	416
107	576579,242	4392813,207	312	376
108	576054,030	4392681,563	367	442
109	575732,512	4392750,442	333	416
110	575366,532	4392691,436	333	442
111	574996,976	4392515,010	528	511
112	574513,795	4392642,155	406	570
113	574170,604	4392783,613	366	570
114	574243,884	4392430,091	396	507
115	574577,290	4392356,040	319	570
116	574754,884	4391446,980	289	362
117	574696,399	4391887,734	325	362
118	574871,154	4392415,696	400	362

119	575389,478	4392246,043	333	362
120	575414,148	4391969,841	426	352
121	575164,698	4391587,240	611	352
122	574879,488	4391074,699	621	463
123	575144,744	4391083,275	436	443
124	575572,179	4391109,225	592	383
125	575493,366	4391537,941	311	352
126	575718,742	4392017,569	338	352
127	575731,343	4392246,612	344	416
128	576130,611	4392213,066	311	367
129	576030,102	4391951,560	338	352
130	576034,147	4391351,695	313	327
131	576421,560	4391918,278	298	367
132	576412,016	4392496,521	395	416
133	576842,595	4392301,927	474	390
134	576882,524	4392035,665	426	390
135	576725,888	4391692,510	354	390
136	577313,159	4392211,741	275	390
137	577808,648	4392157,756	294	341
138	577655,267	4392098,010	293	341
139	577940,315	4392400,972	261	295
140	578317,858	4392763,545	329	295
141	579397,162	4392930,779	316	264
142	579261,128	4392540,840	244	264
143	579218,119	4392291,390	229	273
144	579557,988	4391759,033	197	273
145	578568,418	4391645,403	228	289
146	578310,655	4391287,053	366	287
147	579086,564	4391430,226	283	280
148	579211,780	4390642,327	317	280
149	579058,222	4390883,352	283	279
150	578618,587	4390803,048	353	287
151	578001,870	4390909,511	337	287
152	578150,388	4390636,185	369	287
153	577441,187	4390675,663	398	315
154	576841,518	4390397,950	344	332
155	576622,706	4390735,914	328	332
156	577037,140	4390977,518	416	332
157	577377,791	4391328,155	379	332
158	577635,579	4391270,831	346	315
159	576622,234	4390792,326	338	327
160	573748,660	4390569,267	460	492

161	574037,722	4390356,308	454	503
162	574645,398	4390156,271	603	503
163	574935,054	4390324,998	431	525
164	575292,531	4390136,108	507	525
165	575467,381	4390509,998	582	424
166	575842,710	4390202,092	315	424
167	576332,027	4390674,821	331	327
168	576656,094	4390196,652	467	293
169	577130,496	4390197,187	343	332
170	577258,080	4390294,784	339	332
171	577809,965	4390093,496	350	340
172	578157,828	4390247,660	328	340
173	578538,269	4390122,836	361	309
174	579146,307	4390239,955	465	279
175	578415,419	4389672,331	441	340
176	577847,911	4389664,131	452	340
177	577408,468	4389824,654	285	340
178	577173,584	4389763,235	318	332
179	576530,365	4389788,734	367	293
180	576298,174	4389766,201	361	332
181	575706,257	4389864,682	223	424
182	575265,212	4389700,408	384	525
183	575098,654	4389774,838	551	525
184	575061,327	4389452,658	465	525
185	575478,195	4389326,548	305	514
186	575638,303	4389260,470	344	440
187	576174,605	4389348,983	268	293
188	576556,647	4389533,720	328	293
189	577033,632	4389314,195	320	319
190	577461,206	4389487,734	241	313
191	577701,953	4389415,598	335	340
192	578198,682	4389526,306	304	345
193	578485,970	4389307,068	861	345
194	578167,786	4388973,513	299	335
195	577876,721	4388901,601	314	392
196	577357,698	4388993,166	260	392
197	577056,042	4388943,141	265	313
198	576416,006	4388810,238	225	256
199	575905,891	4389122,509	315	256
200	575189,482	4388946,843	411	514
201	574902,035	4388973,394	657	514
202	575047,847	4388638,012	395	514

203	575291,692	4388641,910	493	514
204	575834,759	4388635,202	331	427
205	576601,524	4388548,870	271	299
206	576947,747	4388594,716	271	313
207	578162,641	4388650,684	401	381
208	577598,385	4388094,747	276	381
209	577349,281	4388202,561	332	299
210	577124,284	4388250,560	264	299
211	576594,373	4388254,651	179	296
212	576347,425	4388233,204	313	296
213	575877,823	4388273,832	379	427
214	575233,255	4388096,483	462	513
215	574971,540	4388350,660	376	513
216	574586,799	4388070,824	525	497
217	574706,773	4387828,261	408	497
218	574995,769	4387735,388	380	502
219	575492,519	4387860,828	425	427
220	575892,998	4387921,265	356	427
221	576033,518	4387822,599	270	296
222	576563,583	4387757,466	243	317
223	576897,364	4387759,526	283	317
224	577306,923	4387629,697	279	381
225	577610,045	4387801,557	310	381
226	577654,254	4387501,355	499	356
227	577379,307	4387250,852	378	317
228	576927,525	4387567,480	227	317
229	576650,507	4387560,405	217	317
230	576031,185	4387512,937	249	373
231	575622,029	4387573,993	354	427
232	575291,895	4387570,652	357	373
233	574967,271	4387474,757	463	502
234	574555,219	4387240,749	526	502
235	574731,132	4386858,702	503	502
236	575153,775	4387050,708	409	450
237	575420,199	4386945,938	385	373
238	575935,515	4386927,284	284	373
239	576905,525	4387029,816	233	317
240	577263,708	4387035,051	225	317
241	577741,427	4386935,257	318	356
242	577480,427	4386624,610	228	377
243	576632,762	4386664,486	262	389
244	576056,662	4386755,272	262	377

245	575788,064	4386525,828	343	377
246	575447,251	4386588,183	219	379
247	575001,261	4386712,660	562	373
248	574572,861	4386041,522	788	504
249	575168,019	4386210,450	367	404
250	575354,630	4386181,308	348	404
251	575470,407	4385900,771	422	261
252	575007,363	4385764,397	387	320
253	574371,918	4385755,263	329	412
254	574419,440	4385436,910	316	412
255	575005,882	4385303,593	433	320
256	575351,433	4385374,409	468	320
257	575653,547	4385451,553	415	267
258	575696,139	4385049,587	732	429
259	575491,426	4384900,522	503	429
260	574913,739	4385036,956	461	320
261	574590,423	4385085,119	417	329
262	574300,800	4384955,414	461	412
263	573866,683	4384916,508	418	406
264	573253,460	4385109,147	550	418
265	572810,212	4385145,692	770	438
266	572943,522	4385390,886	597	438
267	572519,401	4385313,390	778	434
268	572586,845	4384942,594	342	438
269	572543,785	4385755,140	667	434
270	571747,501	4386032,321	651	528
271	570634,688	4386180,060	623	555
272	570585,886	4385761,267	877	442
273	570945,088	4385828,343	638	442
274	570965,549	4385379,639	676	442
275	571258,463	4385714,117	701	403
276	571299,933	4385331,081	667	403
277	571695,583	4385837,172	630	403
278	571683,750	4385279,007	1072	403
279	572050,060	4385785,444	673	434
280	572069,935	4385438,350	668	434
281	572060,429	4384908,576	623	423
282	571893,258	4384902,392	622	405
283	571388,525	4385122,491	640	403
284	570979,670	4385082,023	924	442
285	570728,704	4384859,359	629	370
286	570102,650	4384524,317	674	291

287	570569,027	4384608,138	724	370
288	570909,124	4384678,908	744	370
289	571719,763	4384543,734	656	405
290	572235,721	4384548,416	550	405
291	572528,069	4384615,207	522	405
292	573089,676	4384619,445	523	418
293	573197,424	4384533,673	413	418
294	573765,722	4384592,942	431	406
295	574098,212	4384549,082	616	406
296	574617,603	4384576,811	398	321
297	574994,442	4384546,538	289	329
298	575486,441	4384618,005	562	429
299	575790,173	4384588,734	652	429
300	576099,119	4384518,077	310	429
301	570514,811	4384322,646	522	370
302	571016,820	4384317,200	502	370
303	571531,035	4384266,252	645	423
304	571910,941	4384329,057	677	423
305	572005,752	4384297,875	530	405
306	572569,016	4384227,663	315	405
307	573016,942	4384322,001	558	418
308	573374,302	4384263,843	361	406
309	573816,267	4384287,185	364	406
310	574359,780	4384350,137	348	321
311	574665,617	4384262,635	359	321
312	574926,480	4384200,667	589	329
313	575270,465	4384272,814	345	329
314	575611,935	4383870,636	627	378
315	575653,140	4383466,485	380	296
316	575002,251	4383121,222	735	420
317	574559,146	4382689,179	354	463
318	574512,405	4382921,218	463	463
319	573659,282	4382853,772	299	425
320	572925,090	4382592,679	341	437
321	572574,569	4382579,475	484	493
322	572115,973	4382580,338	568	493
323	571924,346	4382633,900	521	493
324	570507,438	4383061,132	526	426
325	571172,762	4382864,309	542	425
326	571293,324	4382882,824	375	426
327	571924,267	4383061,345	564	425
328	572057,203	4383042,898	345	493

329	572682,701	4382977,271	418	493
330	573309,836	4382945,774	385	425
331	569927,844	4383373,209	564	442
332	570493,209	4383440,065	554	438
333	571151,421	4383354,474	522	438
334	571848,188	4383557,308	540	440
335	572010,421	4383541,364	615	480
336	572645,303	4383517,271	358	447
337	572966,985	4383412,095	513	447
338	573375,451	4383416,166	413	406
339	573744,075	4383320,392	450	406
340	570217,610	4383758,567	557	442
341	570542,878	4383791,221	491	438
342	571128,597	4383772,714	512	438
343	571551,200	4383607,412	314	440
344	571898,525	4383712,455	533	480
345	572631,412	4383778,605	533	480
346	572807,976	4383806,664	541	447
347	573385,880	4383787,304	417	406
348	573650,396	4383958,777	416	406
349	574262,758	4383435,833	496	376
350	574545,385	4383395,164	547	376
351	574942,356	4383379,964	601	419
352	575402,496	4383767,162	614	378
353	574523,600	4383766,101	466	376
354	574148,806	4383726,460	453	376
355	577568,700	4386333,367	246	422
356	578197,265	4385729,621	443	327
357	578461,351	4385412,145	355	234
358	578409,675	4384995,936	419	237
359	578407,751	4384662,143	417	237
360	578004,664	4384213,593	496	327
361	577872,912	4383868,144	634	341
362	577376,519	4383742,206	521	238
363	576887,798	4383746,432	552	287
364	577461,608	4383344,071	791	238
365	577745,500	4383397,152	681	238
366	578865,736	4385144,328	263	234
367	581750,196	4396038,621	492	344
368	581994,246	4396110,741	262	325
369	582200,438	4396040,662	430	325
370	582502,548	4396210,679	292	325

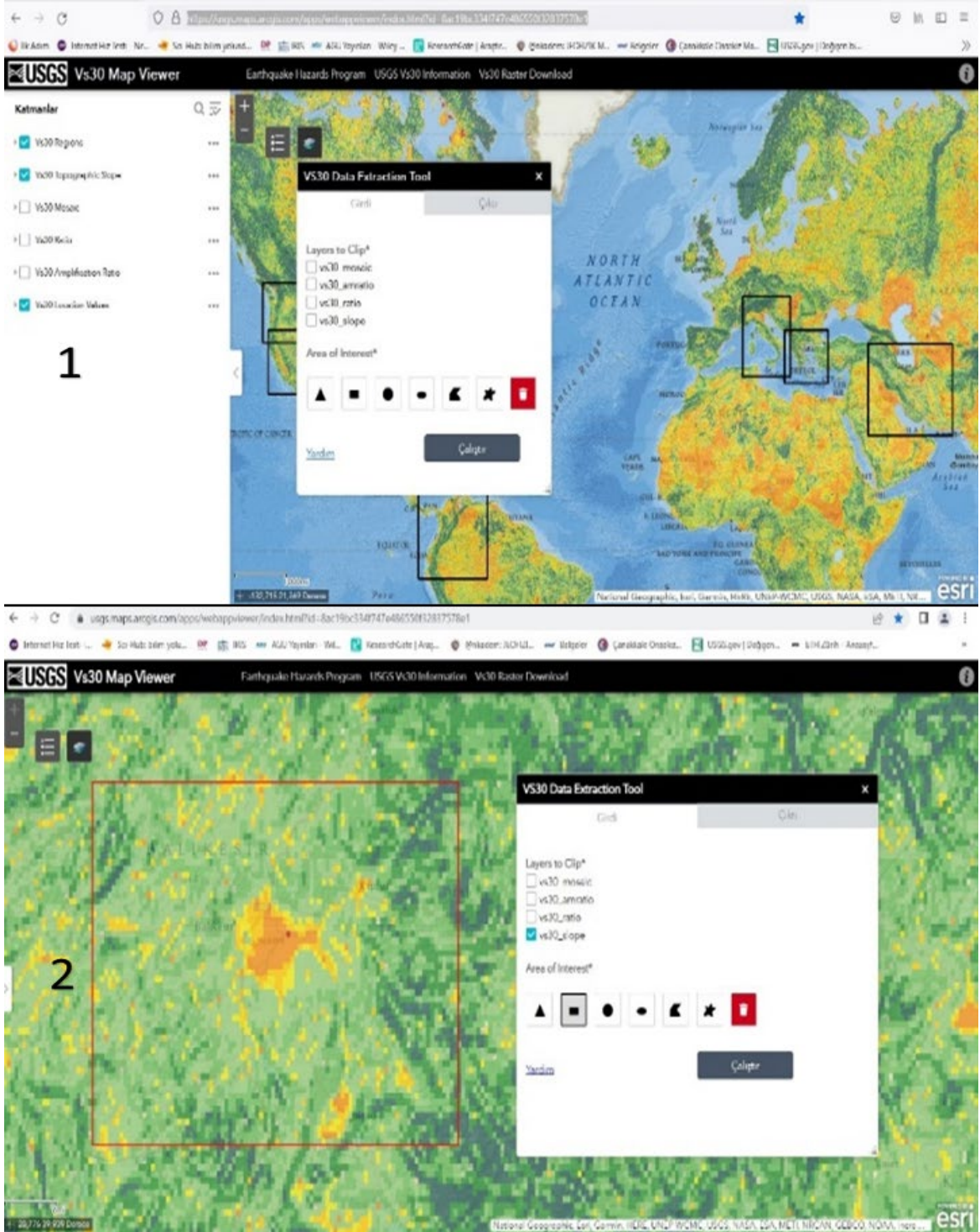
371	580055,247	4395764,301	436	448
372	580275,966	4395744,090	437	448
373	581384,920	4395740,435	305	344
374	581740,432	4395824,385	395	344
375	581911,830	4395904,816	274	325
376	581711,645	4395632,631	557	344
377	581396,368	4395645,826	583	344
378	581195,901	4395599,380	556	344
379	580928,461	4395652,808	255	406
380	580673,090	4395687,429	448	406
381	580470,485	4395567,254	311	406
382	580148,851	4395561,335	334	448
383	579917,818	4395456,186	514	448
384	579587,342	4395524,330	495	478
385	579438,179	4395244,266	580	478
386	579584,115	4395280,803	485	478
387	580056,332	4395412,461	378	448
388	580626,085	4395269,795	196	406
389	581021,489	4395407,853	450	406
390	581170,692	4395398,203	389	344
391	581334,812	4395388,845	533	344
392	580982,615	4395244,951	537	323
393	580753,039	4395128,965	213	323
394	580501,884	4395064,871	176	323
395	580101,947	4395183,170	584	362
396	579851,847	4395186,059	506	362
397	579610,313	4395100,561	405	418
398	579301,397	4395072,846	568	418
399	579122,968	4395038,599	429	418
400	579163,647	4394751,694	554	418
401	579343,407	4394888,867	356	418
402	579662,916	4394924,401	332	362
403	579942,673	4394834,297	366	362
404	580327,207	4394824,513	525	362
405	580661,650	4394837,671	236	323
406	580302,942	4394693,376	493	362
407	579839,014	4394506,421	452	362
408	579686,004	4394637,919	434	362
409	579330,678	4394686,606	626	418
410	579270,260	4394462,346	534	418
411	578975,551	4394540,928	603	418
412	578702,586	4394555,244	521	456

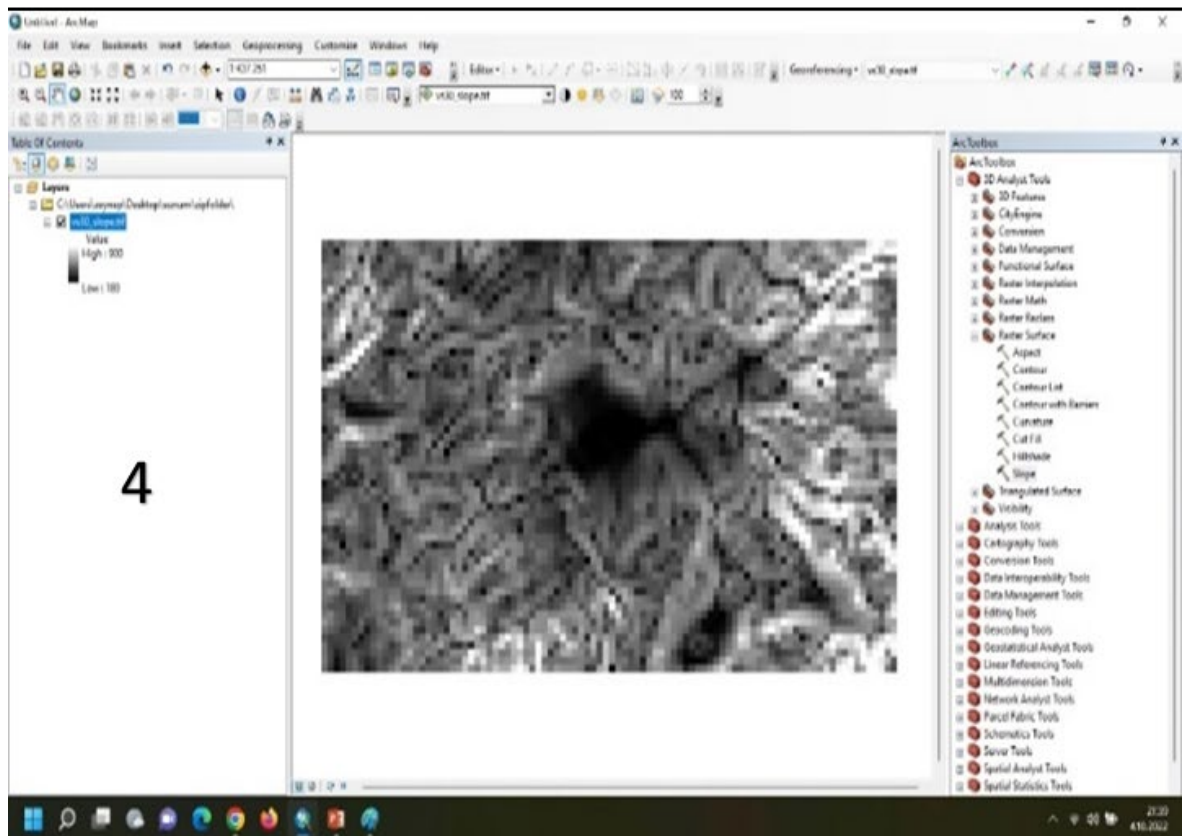
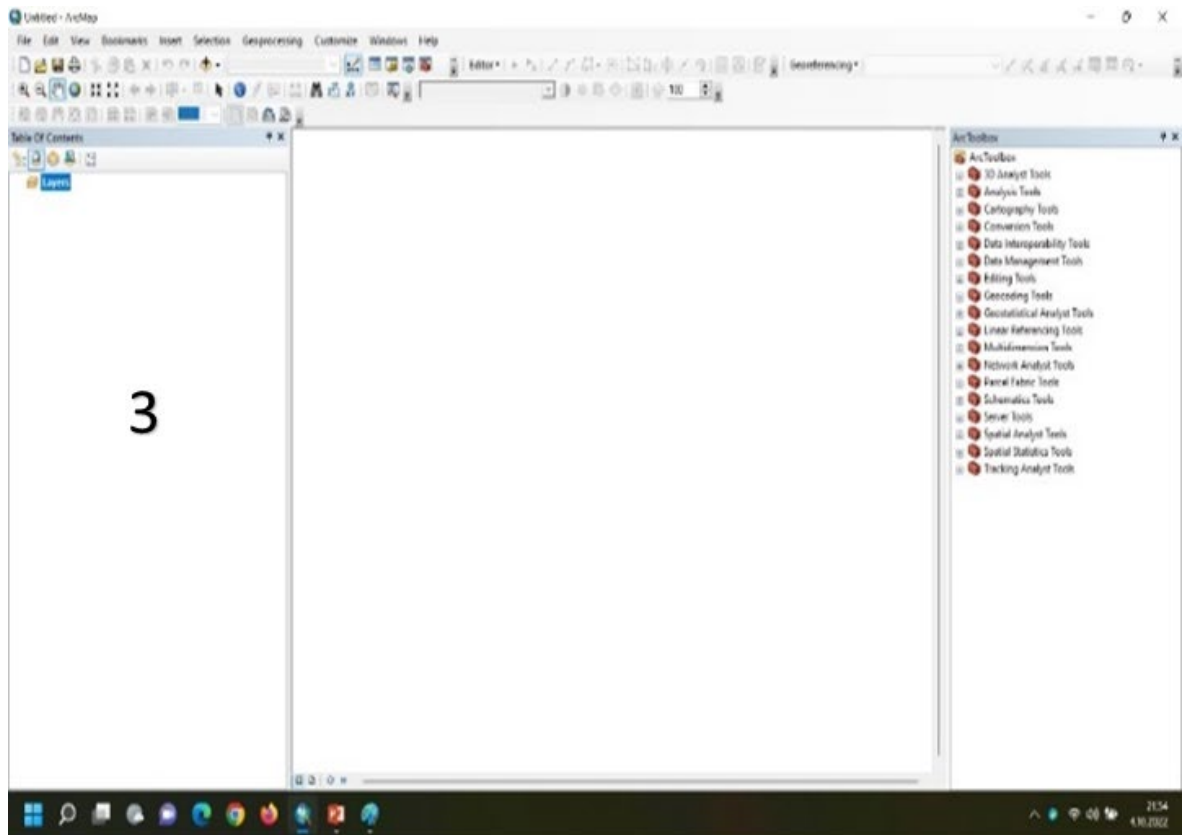
413	578467,904	4394670,910	506	456
414	577840,064	4394400,674	402	499
415	578372,475	4394372,750	531	456
416	578633,263	4394330,473	471	456
417	578851,423	4394337,087	544	456
418	579160,619	4394360,284	347	418
419	579453,198	4394354,342	352	418
420	579663,500	4394315,961	302	418
421	579940,719	4394286,061	239	232
422	580236,488	4394408,310	331	362
423	579921,948	4394107,942	201	232
424	579736,685	4394036,983	199	232
425	579441,665	4394176,195	330	292
426	579089,668	4394116,101	155	292
427	578995,583	4394056,925	625	366
428	578708,259	4393981,414	359	366
429	578170,838	4394029,970	155	410
430	577811,386	4393979,793	238	410
431	577752,407	4394040,181	357	410
432	577775,474	4393936,003	368	410
433	577914,705	4393803,696	427	410
434	578066,076	4393750,280	261	410
435	578367,692	4393875,296	500	366
436	578699,956	4393721,310	311	366
437	578993,042	4393783,117	306	292
438	579138,469	4393922,161	212	292
439	579388,978	4393830,350	167	292
440	579550,448	4393765,884	160	292
441	579218,989	4393595,057	147	292
442	578616,644	4393477,018	319	366
443	578299,835	4393581,645	302	366
444	578053,659	4393360,315	292	410
445	577495,641	4393310,566	325	376
446	578980,520	4393314,001	212	295
447	576872,802	4395866,789	474	551
448	577260,086	4395879,606	430	551
449	577603,676	4395851,152	328	546
450	578183,690	4396047,288	567	546
451	578439,157	4395913,818	266	495
452	578819,781	4395718,129	517	495
453	579111,293	4395779,607	528	478
454	579865,306	4395782,416	471	448

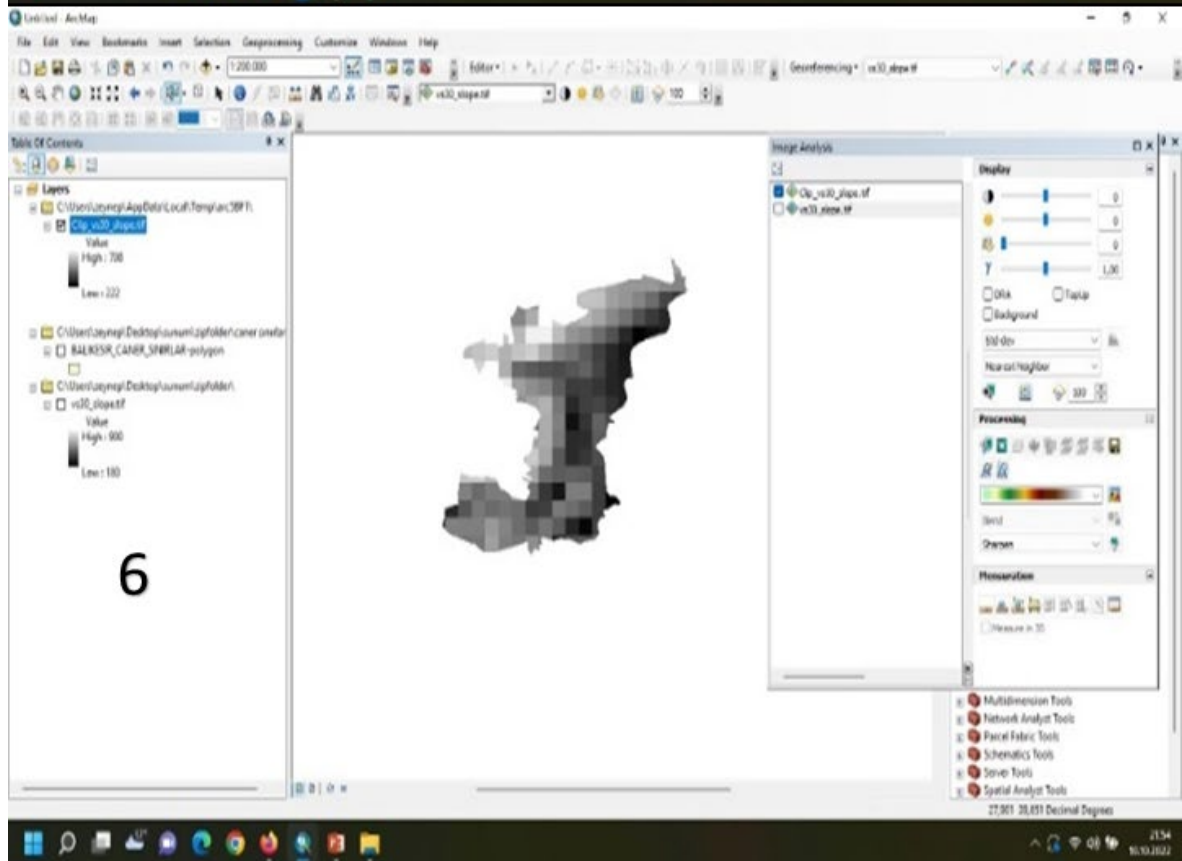
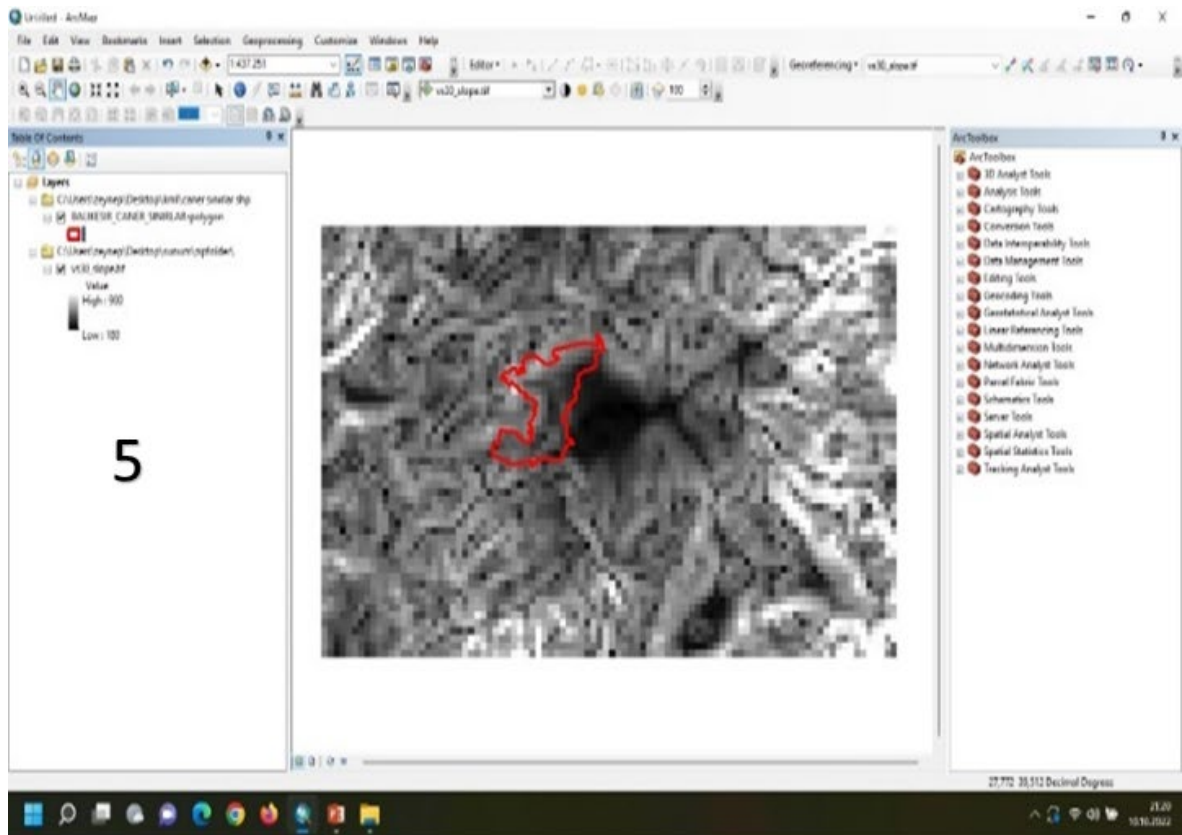
455	580064,153	4395934,882	520	448
456	580495,942	4395964,767	336	406
457	580863,959	4396057,389	324	406
458	581207,788	4394949,515	330	294
459	581647,872	4395010,288	480	294
460	581618,488	4394627,696	468	344
461	581398,678	4394753,301	320	294
462	581178,781	4394786,120	294	294
463	580760,773	4394568,073	274	294
464	581051,193	4394517,274	248	323
465	581378,319	4394545,602	266	294
466	581589,359	4394502,434	328	294
467	581367,737	4394145,352	228	276
468	581002,876	4394176,372	326	253
469	580405,786	4394124,669	322	253
470	580416,987	4394320,629	224	323
471	580174,960	4394147,407	383	232
472	579935,956	4393781,888	307	232
473	580213,448	4393820,752	284	232
474	580482,700	4393947,168	284	252
475	580783,359	4393889,994	247	252
476	580332,047	4393631,674	328	232
477	579808,904	4393562,585	219	232
478	579565,172	4393439,043	266	292
479	579301,738	4393216,529	503	264
480	578983,889	4392996,462	513	264
481	579395,593	4393027,820	429	264
482	578806,242	4392398,329	339	289
483	578563,343	4392229,203	336	289
484	578291,511	4391992,471	352	289
485	578620,448	4392027,498	368	289
486	579017,076	4392037,013	301	273
487	577914,733	4391723,879	297	341
488	577973,858	4391366,244	369	315
489	576794,809	4391161,371	377	332
490	576604,977	4391124,703	339	327
491	573779,682	4390872,703	318	492
492	573931,818	4390798,579	619	492
493	574801,947	4390759,548	653	443
494	575251,673	4390572,379	203	443
495	575645,399	4390864,297	369	383
496	576136,626	4390836,203	308	327

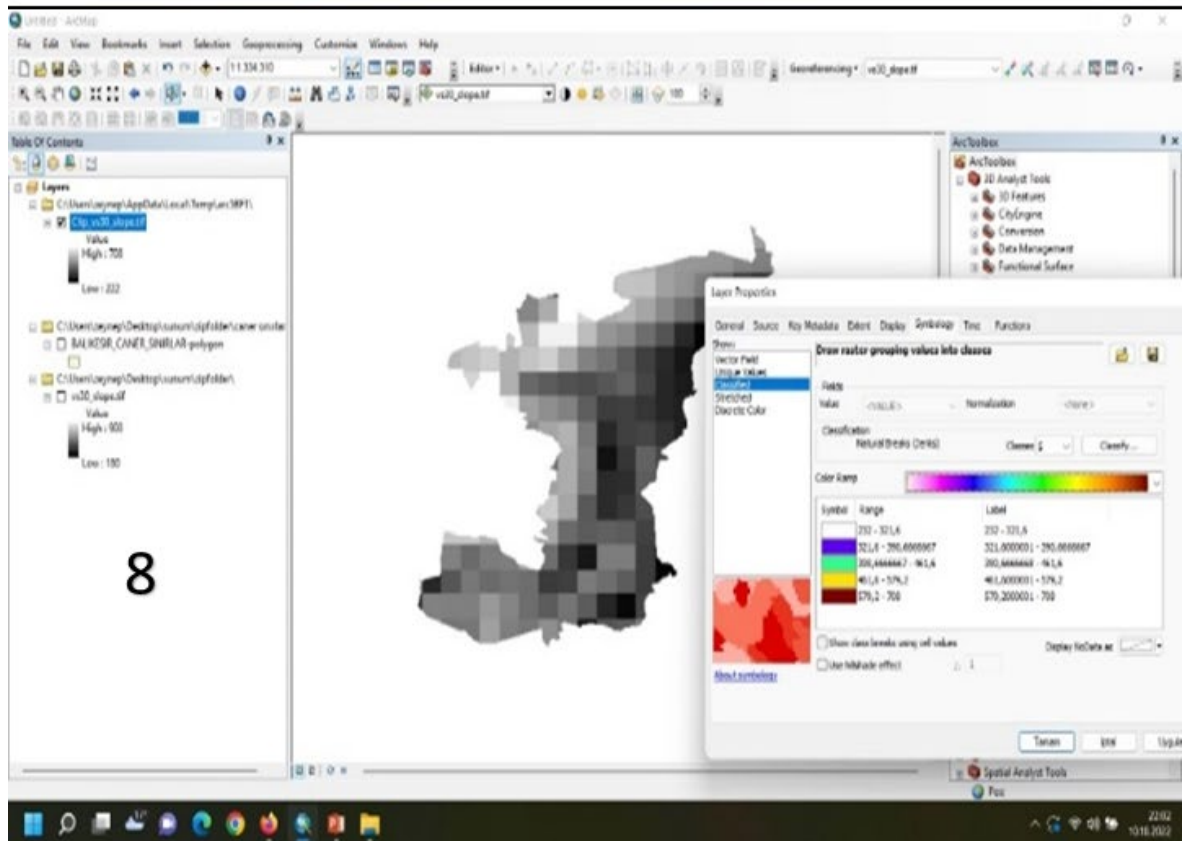
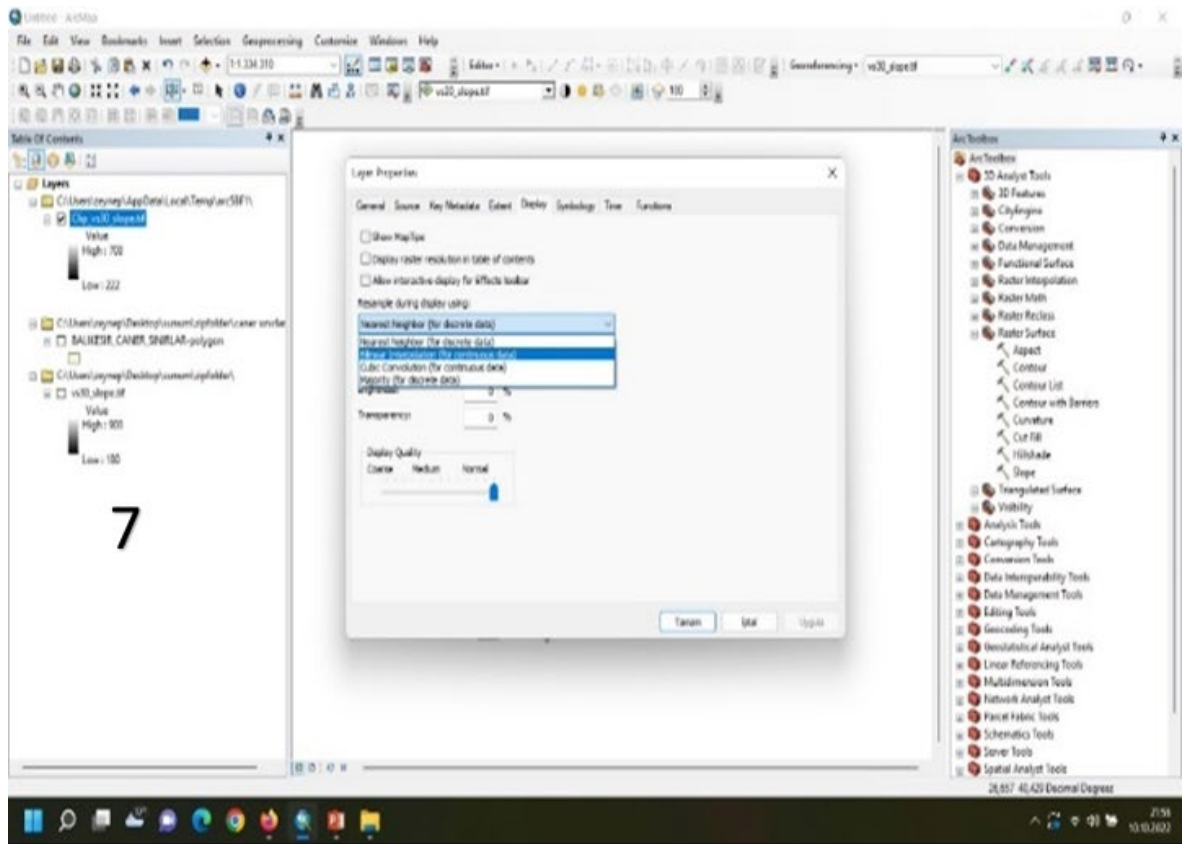
497	575984,315	4384267,256	273	429
498	576157,385	4384128,763	232	287
499	576422,008	4384046,806	164	287
500	576530,702	4384005,641	260	287
501	576177,324	4383763,941	243	378
502	576340,039	4383801,772	234	287
503	576547,536	4383733,830	241	287
504	576740,734	4383808,970	223	287
505	576188,634	4383555,152	223	378
506	576324,469	4383579,461	284	287
507	576606,427	4383597,285	261	287
508	576001,431	4383354,212	389	378
509	576594,504	4383348,041	194	287
510	576815,206	4383303,450	239	287
511	575846,345	4383168,666	298	378
512	576024,000	4383206,176	260	378
513	576148,155	4383121,924	172	273
514	576615,634	4383152,254	213	287
515	576872,175	4383197,575	190	287
516	576999,266	4383260,040	165	238
517	577141,500	4383148,291	218	382
518	575547,522	4382955,596	222	273
519	576325,109	4382960,621	201	371
520	576576,234	4382935,301	181	371
521	576833,268	4382999,317	189	371
522	576918,332	4382958,937	191	371
523	577219,386	4382967,090	229	382
524	577326,365	4383059,712	431	382
525	577732,853	4383204,636	237	382
526	580373,318	4396986,041	401	480

EK 2 ArcGIS Topografik Veri Analizi

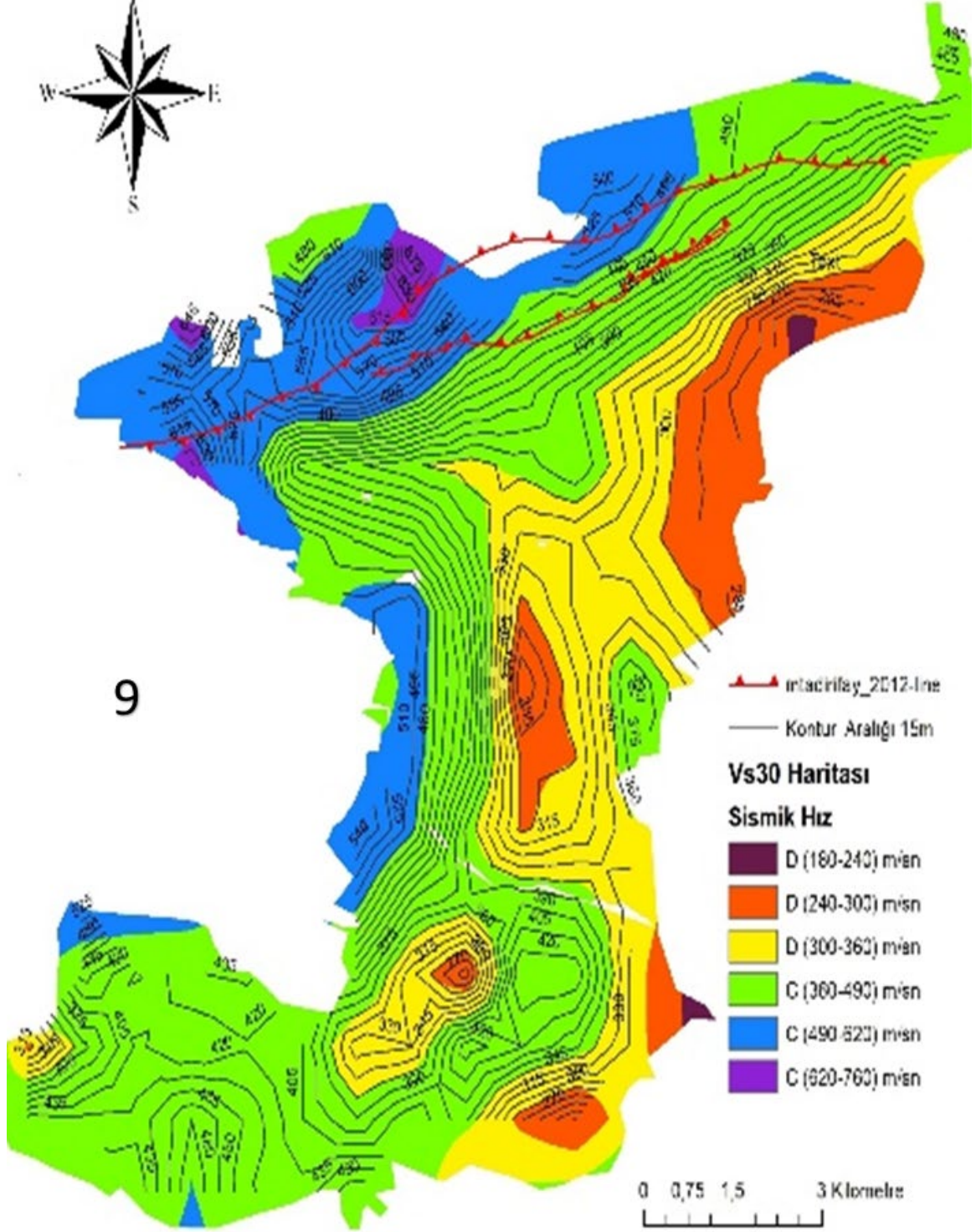








NEHRP
Eğim Sınıf aralıkları (Wald ve Allen 2007)



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim SOYİSİM : Caner TAN

Doğum Yeri :

Doğum Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi :

Bildiği Yabancı Diller

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Bildiriler

1) Trakya Üniversiteler Birliği Lisansüstü Öğrenci Kongresi 2022

Topografik Ve Sismolojik VS30 Verilerinin Karşılaştırılması; Balıkesir Örneği

İŞ DENEYİMİ

İLETİŞİM

E-posta Adresi :

ORCID :