

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TÜRKİYE'DE ALETSEL DÖNEMDE MEYDANA GELMİŞ  
YIKICI DEPREMLERİN ŞİDDET HARİTALARININ YENİDEN  
OLUŞTURULMASI**

**DERYA YALÇIN**

**KOCAELİ 2018**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TÜRKİYE'DE ALETSEL DÖNEMDE MEYDANA GELMİŞ**  
**YIKICI DEPREMLERİN ŞİDDET HARİTALARININ**  
**YENİDEN OLUŞTURULMASI**

**DERYA YALÇIN**

**Doç. Dr. Fadime SERTÇELİK**  
**Danışman, Kocaeli Üniversitesi**  
**Prof. Dr. Cengiz KURTULUŞ**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi**  
**Prof. Dr. Yasin FAHJAN**  
**Jüri Üyesi, Gebze Teknik Üniversitesi**

  
.....  
  
.....  
  
.....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 19.06.2018**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, geçmiş depremlere ait sayısallaştırılmış ‘eş şiddet haritaları’ ile bu depremlere ait parametrelerle her bir azalım denklemi için üretilmiş senaryo deprem ‘şiddet haritaları’ Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak, birbirleriyle uyumlulukları açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda geçmiş depremleri en iyi şekilde modelleyen azalım ilişkileri belirlenerek, senaryo depremlerle yapılan çalışmaların en gerçekçi şekilde ortaya konmasına yardımcı olacak önemli katkılar sunması beklenmektedir.

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı değerli hocam Sayın Doç.Dr. Fadime SERTÇELİK’e en içten dileklerle teşekkür ederim.

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı adına geliştirilmiş olan AFADRED programını tez çalışmamda kullanmam konusunda yardımlarını esirgemeyen ve bu çalışma boyunca gerek kurum arşivini gerekse kişisel arşiv verilerini benimle paylaşan başta AFAD Deprem Dairesi Başkanı Dr. Sn. Murat NURLU olmak üzere tüm Deprem Dairesi Başkanlığı personeline, AFADRED programını geliştiren ve gerek program, gerekse tez çalışmam konusunda desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Yasin Fahjan’a, teşekkür ederim.

Son olarak, bu günlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan annem Zöhre YALÇIN ve babam Rıza YALÇIN’a, her zaman yanımda olan kardeşlerime sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Haziran – 2018

Derya YALÇIN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
GİRİŞ .....	1
1. GENEL BİLGİLER.....	4
1.1. Depremler.....	4
1.2. Deprem Parametreleri .....	4
1.2.1. Odak noktası (Hiposantr) .....	4
1.2.2. Deprem merkez üssü (Episantr) .....	4
1.2.3. Odak derinliği .....	4
1.2.4. Büyüklüğü (Magnitüd) .....	5
2. DEPREMİN ŞİDDETİ .....	6
2.1. Eş Şiddet (İzoseist) Eğrileri.....	6
2.1.1. Merkez üssündeki şiddet (Episantral Şiddet) .....	7
2.1.2. Makro sismik merkez üssü .....	9
2.2. Deprem Şiddet Cetvelleri .....	9
2.3. Şiddet(MMI) - Pik Yer İvmesi(PGA)/Pik Yer Hızı(PGV) İlişkileri .....	11
3. TÜRKİYEDEKİ BÜYÜK TEKTONİK YAPILAR .....	12
3.1. Türkiye’de Oluşmuş Büyük Depremler .....	13
4. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ.....	15
4.1. Quantum GIS Programı.....	15
4.2. CBS Sisteminde Koordinatlandırma (GeoReferencing) .....	16
4.3. CBS Sisteminde Sayısallaştırma (Digitizing) .....	16
5. AFAD DEPREM ÖN HASAR VE KAYIP HIZLI TAHMİN YAZILIMI (AFADRED) .....	18
5.1. AFADRED Sistemi Girdileri .....	19
5.2. AFADRED Sistemine Kullanılan Azalım İlişkileri .....	19
5.2.1. NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, 2014 (BSSA14) azalım ilişkisi .....	21
5.2.2. NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, 2014 (CB14) azalım ilişkisi .....	21
5.2.3. NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai, 2014 (ASK14) azalım ilişkisi.....	22
5.2.4. NGA-West2 Chiou-Youngs, 2014 (CY14) azalım ilişkisi.....	22
5.2.5. NGA-West2 Idriss, 2014 (I14) azalım ilişkisi.....	23
5.2.6. Akkar ve Çağnan (2010) azalım ilişkisi .....	24
5.2.7. Akkar ve diğ.(2014) azalım ilişkisi .....	25
5.2.8. NGA Boore-Atkinson (2008) azalım ilişkisi.....	26
5.2.9. NGA Campbell- Bozorgnia (2008) azalım ilişkisi.....	26

5.2.10. NGA Abrahamson- Silva (2007) azalım ilişkisi .....	26
5.2.11. Kalkan-Gülkan (2004) azalım ilişkisi .....	27
5.2.12. Boore, ve diğ.(1997) azalım ilişkisi .....	28
5.2.13. Sadigh, ve diğ.(1997) azalım ilişkisi .....	28
5.2.14. Ambraseys, ve diğ.(1996) azalım ilişkisi .....	29
5.3. AFADRED Sisteminin Çıktıları.....	30
6. EŞ ŞİDDET HARİTALARI İLE SENARYO DEPREM ŞİDDET HARİTALARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	31
6.1. Eş Şiddet Haritalarının CBS Ortamına Aktarılması.....	32
6.2. Azalım İlişkileri İle Senaryo Deprem Şiddet Haritalarının Oluşturulması .....	35
6.3. Eş Şiddet Eğileri ve Senaryo Deprem Şiddet Haritalarının Karşılaştırılması .....	38
6.3.1. Şarköy-mürefte depremi (09 Ağustos 1912) .....	39
6.3.2. Burdur depremi (03 Ekim 1914) .....	42
6.3.3. Erzincan depremi (26 Aralık 1939).....	44
6.3.4. Erbaa-niksar depremi (20 Aralık 1942).....	47
6.3.5. Ladik-tosya depremi (26 Kasım 1943).....	50
6.3.6. Bolu-gerede depremi (01 Şubat 1944) .....	53
6.3.7. Yenice-gönen depremi (18 Mart 1953) .....	56
6.3.8. Fethiye depremi (25 Nisan 1957) .....	59
6.3.9. Abant depremi (26 Mayıs 1957).....	62
6.3.10. Manyas-Karacabey depremi (06 Ekim 1964) .....	65
6.3.11. Gediz depremi (28 Mart 1970).....	70
6.3.12. Çaldıran depremi (24 Kasım 1976).....	76
6.3.13. Kocaeli gölcük depremi (17 Ağustos 1999).....	80
6.3.14. Düzce-kaynaşlı depremi (12 Kasım 1999).....	84
7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	87
KAYNAKLAR .....	90
EKLER .....	94
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	96
ÖZGEÇMİŞ .....	98

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	RF, MMI, JMA ve MSK ölçeklerinin karşılaştırması.....	10
Şekil 3.1.	Türkiye'nin basit tektonik haritası .....	12
Şekil 3.2.	Türkiye'de aletsel dönemde meydana gelmiş $M_w \geq 5$ depremlerin dağılımı .....	13
Şekil 6.1.	Çalışmada kullanılan depremlerin episantr dağılımı.....	31
Şekil 6.2.	QGIS'de Kocaeli.jpeg resim dosyasının, georeferencing modülünde koordinatlandırma işlemi.....	33
Şekil 6.3.	Kocaeli_Raster katmanının İl_sınırı katmanı ile uyumu .....	33
Şekil 6.4.	Kocaeli.shp katmanı üzerinde sayısallaştırma işlemi.....	34
Şekil 6.5.	Sayısallaştırılmış Kocaeli Depremi Eş Şiddet Haritası Kocaeli.shp katmanının İl_sınırı katmanı ile birlikte görüntülenmesi .....	35
Şekil 6.6.	AFADRED yazılımı ana ekran görüntüsü .....	35
Şekil 6.7.	AFADRED yazılımı İvme Azalım İlişkileri ekran görüntüsü .....	36
Şekil 6.8.	AFADRED yazılımı Olay/Senaryo ekran görüntüsü .....	37
Şekil 6.9.	1912 Şarköy-Mürefte Depremi Eş şiddet Haritası .....	39
Şekil 6.10.	1912 Şarköy Mürefte depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan (2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l) Boore ve diğ. (1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996) .....	40
Şekil 6.11.	1914 Burdur Depremi Eş şiddet Haritası .....	42
Şekil 6.12.	1914 Burdur depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGABoore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996) .....	43
Şekil 6.13.	1939 Erzincan Depremi Eş şiddet Haritası .....	45
Şekil 6.14.	1939 Erzincan depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (m)Sadigh, ve diğ.(1997).....	46
Şekil 6.15.	1942 Erbaa Niksar Depremi Eş şiddet Haritası.....	48
Şekil 6.16.	1942 Erbaa-Niksar depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)	

	Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore, ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n) Ambraseys (1996).....	49
Şekil 6.17.	1943 Ladik-Tosya Depremi Eş şiddet Haritası .....	51
Şekil 6.18.	1943 Ladik-Tosya depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k) Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore, ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996).....	52
Şekil 6.19.	1944 Bolu-Gerede Depremi Eş Şiddet Haritası .....	54
Şekil 6.20.	1944 Bolu-Gerede depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14,(d) CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson(2008), (i)NGA Campell -Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k) Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996).....	55
Şekil 6.21.	1953 Yenice-Gönen Depremi Eş Şiddet Haritası.....	57
Şekil 6.22.	1953 Yenice-Gönen depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k) Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996).....	58
Şekil 6.23.	1957 Fethiye Depremi Eş Şiddet Haritası.....	60
Şekil 6.24.	1957 Fethiye depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a) BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f) Akkar ve Çağnan(2010), (g) Akkar ve diğ.(2014), (h) NGA Boore-Atkinson (2008), (i) NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j) NGA Abrahamson- Silva (2007), (k) Kalkan-Gülkan (2004), (l) Boore, ve diğ.(1997), (m) Sadigh, ve diğ.(1997), (n) Ambraseys (1996) .....	61
Şekil 6.25.	1957 Abant Depremi Eş Şiddet Haritası .....	63
Şekil 6.26.	1957 Abant depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva(2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l) Boore, ve diğ.(1997), (m)Sadigh, ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996).....	64
Şekil 6.27.	1964 Manyas-Karacabey Depremi Eş Şiddet Haritası(i) .....	66
Şekil 6.28.	1964 Manyas-Karacabey Depremi Eş Şiddet Haritası(ii).....	66
Şekil 6.29.	1964 Manyas-Karacabey depremine ait eş şiddet haritası(i) ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014),(h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia(2008), (j)NGA Abrahamson-	

	Silva(2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996) .....	67
Şekil 6.30.	1964 Manyas-Karacabey depremine ait (ii) eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014),(h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007) ,(k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore, ve diğ.(1997),(m)Sadigh ve diğ.(1997), (n) Ambraseys (1996) .....	69
Şekil 6.31.	1970 Gediz Depremi(i) Eş Şiddet Haritası.....	71
Şekil 6.32.	1970 Gediz Depremi(ii) Eş Şiddet Haritası.....	72
Şekil 6.33.	1970 Gediz depremi (i) eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996).....	73
Şekil 6.34.	1970 Gediz depremi (ii) eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh, ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996).....	75
Şekil 6.35.	1976 Çaldıran Depremi Eş Şiddet Haritası(i) .....	77
Şekil 6.36.	1976 Çaldıran Depremi Eş Şiddet Haritası(ii) .....	77
Şekil 6.37.	1976 Çaldıran Depremi(ii) ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k) Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh, ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996).....	78
Şekil 6.38.	1976 Çaldıran depremi eş şiddet haritası(i) ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997) Ambraseys(1996) .....	79
Şekil 6.39.	1999 Kocaeli Gölcük Depremi Eş şiddet Haritası .....	81
Şekil 6.40.	1999 Kocaeli Gölcük depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva(2007), (m)Sadigh ve diğ.(1997).....	82
Şekil 6.41.	1999 Düzce Kaynaşlı Depremi Eş şiddet Haritası .....	84



Şekil 6.42. 1999 Düzce Kaynaşlı depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f) Akkar ve Çağnan(2010), (g) Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k) Kalkan-Gülkan (2004), (l) Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n) Ambraseys (1996)..... 85



## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Aletsel Dönemde meydana gelmiş ve literatürde eş şiddet haritaları mevcut olan depremler.....	14
Tablo 6.1. Aletsel Dönemde meydana gelmiş ve literatürde eş şiddet haritaları mevcut olan depremler.....	31
Tablo 6.2. Kullanılan Azalım İlişkileri.....	32
Tablo 6.3. Senaryo Deprem Parametreleri .....	37
Tablo 6.4. 1912 Şarköy Mürefte Depremi Kaynak Parametreleri.....	40
Tablo 6.5. 1912 Şarköy Mürefte Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	41
Tablo 6.6. 1914 Burdur Depremi Kaynak Parametreleri.....	43
Tablo 6.7. 1914 Burdur Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	44
Tablo 6.8. 1939 Erzincan Depremi Kaynak Parametreleri.....	45
Tablo 6.9. 1939 Erzincan Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	47
Tablo 6.10. 1942 Erbaa Niksar Depremi Kaynak Parametreleri .....	48
Tablo 6.11. 1942 Erbaa-Niksar Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	50
Tablo 6.12. 1943 Ladik-Tosya Depremi Kaynak Parametreleri .....	51
Tablo 6.13. 1943 Ladik-Tosya Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	53
Tablo 6.14. 1944 Bolu-Gerede Depremi Kaynak Parametreleri .....	54
Tablo 6.15. 1944 Bolu Gerede Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	56
Tablo 6.16. 1953 Yenice-Gönen Depremi Kaynak Parametreleri.....	57
Tablo 6.17. 1953 Yenice-Gönen Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	59
Tablo 6.18. 1957 Fethiye Depremi Kaynak Parametreleri.....	60
Tablo 6.19. 1957 Fethiye Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	62
Tablo 6.20. 1957 Abant Depremi Kaynak Parametreleri .....	63
Tablo 6.21. 1957 Abant Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	65
Tablo 6.22. 1964 Manyas-Karacabey Depremi Kaynak Parametreleri.....	67
Tablo 6.23. Manyas-Karacabey Depremi(i) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	68
Tablo 6.24. Manyas-Karacabey Depremi (ii) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	70
Tablo 6.25. 1970 Gediz Depremi Kaynak Parametreleri .....	72
Tablo 6.26. 1970 Gediz Depremi(i) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	74
Tablo 6.27. 1970 Gediz Depremi(ii) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı .....	76
Tablo 6.28. 1976 Çaldıran Depremi Kaynak Parametreleri .....	78
Tablo 6.29. 1976 Çaldıran Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	80
Tablo 6.30. 1999 Kocaeli Gölcük Depremi Kaynak Parametreleri.....	82
Tablo 6.31. 1999 Kocaeli Gölcük Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	83
Tablo 6.32. 1999 Düzce Kaynaşlı Depremi Kaynak Parametreleri .....	85
Tablo 6.33. 1999 Düzce Kaynaşlı Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı.....	86

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

I	: Şiddet
Io	: Episantral şiddet
M	: Magnitüd
Mb	: Cisim dalgası fazından hesaplanan magnitüd
Md	: Süreye bağlı magnitüd
MI	: Yerel (lokal) magnitüd
Ms	: Yüzey dalgasından hesaplanan magnitüd
Mw	: Dalga şekilleri modellemesinden hesaplanan magnitüd
RJB	: Fayın yeryüzündeki izdüşümüne olan en yakın uzaklık, (km)
SA	: Spektral İvme
Ss	: Kısa süreli spektral ivme katsayısı
S1	: Uzun süreli spektral ivme katsayısı
Vs	: Zemin tabakalarının S dalga hızı, (m/sn)
Vs30	: S dalga hızınının 30 metre derinliğe kadar olan ortalama hızı, (m/sn)

### Kısaltmalar

AFAD	: Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AFADRED	: AFAD Deprem Ön Hasar ve Kayıp Hızlı Tahmin Yazılımı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ELER	: Earthquake Loss Estimation Routine (Deprem Kayıp Tahmini)
EMS	: European Macroseismic Scale (Avrupa Makrosismik Şiddet Ölçeği)
Eurocode8	: Design Of Structures For Earthquake Resistance (Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı)
FEMA	: Federal Emergency Management Agency (Amerika Federal Acil Durum Yönetim Ajansı)
GEM	: The Global Earthquake Model Foundation (Global Deprem Modeli Vakfı)
GIS	: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
GMT	: Greenwich Mean Time (Greenwich Meridyeni Üzerindeki Ortalama Güneş Zamanı)
HAZTURK	: Hazards Turkey Earthquake Loss Assessment Software (Türkiye İçin Deprem Kayıp Tahmini Yazılımı)
HAZUS	: Amerika Federal Acil Durum Yönetim Ajansı, Afet Hasar Tahmin Yazılımı
JMA	: Japan Meteorological Agency (Japon Meteoroloji Ajansı)
KAF	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KYH	: Kuvvetli Yer Hareketi
MMI	: Modified Mercalli Intensity (Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeği)
MM56	: Modified Mercalli Scale 1956
MSK	: Medvedev Sponheuer-Karnik Şiddet Ölçeği
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

NGA	: Next Generation Attenuation Relationships (Yeni Nesil Azalım İlişkisi)
NGAWest2	: Next Generation Attenuation Relationships for Western US (Batı Amerika İçin Yeni Nesil Azalım İlişkileri)
PEER	: (Pacific Earthquake Engineering Research Center) Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi
PGA	: Peak Ground Acceleration (Pik Yer İvmesi)
PGD	: Peak Ground Displacement (Pik Yer Değiştirme)
PGV	: Peak Ground Velocity (Pik Yer Hızı)
RASOR	: The Rapid Analysis and Spatialisation Of Risk (Hızlı Analiz ve Risk Konumlandırma)
RF	: Rossi-Forel Şiddet Ölçeği
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
USGS	: United States Geological Survey (Amerikan Jeoloji Araştırmaları Kurumu)
WFS	: Web Feature Service (Web Detay Servisi)
WGS84	: World Geodetic System (Dünya Jeodezik Sistemi)
WMS	: Web Map Service (Web Harita Servisi)
QGIS	: Quantum Geographic Information System (Quantum Coğrafi Bilgi Sistemi)

# TÜRKİYE'DE ALETSEL DÖNEMDE MEYDANA GELMİŞ YIKICI DEPREMLERİN EŞ ŞİDDET HARİTALARININ YENİDEN OLUŞTURULMASI

## ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'de aletsel dönemde meydana gelmiş magnitüdü 7'den büyük olan depremlerden sonra arazi gözlemleri ve hasar tespit sonuçlarına göre hazırlanmış eş şiddet haritaları ile AFADRED yazılımı ile 14 farklı ivme azalım modeli kullanılarak bu depremler için oluşturulmuş senaryo şiddet haritalarının uyumu araştırılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında 1900'den günümüze  $M > 7$  depremler için hazırlanan eş şiddet haritalarına dair literatür taraması yapılmıştır. Bazı depremlerin eş şiddet haritaları bulunmadığından toplamda 14 adet depremin eş şiddet haritası bu çalışmada kullanılmıştır. Bazı depremler için ise farklı çalışmacılar tarafından oluşturulan eş şiddet haritalarına erişim sağlanarak çalışmada değerlendirilmiştir. Bu Eş şiddet haritaları QGIS programı ile sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüş, böylelikle şiddet haritaları ile karşılaştırma yapabilme olanağı elde edilmiştir.

Daha sonra deprem kaynak parametreleri ve farklı azalım ilişkileri kullanılarak bu depremlere ait 'şiddet haritaları' oluşturulmuştur. Böylece bu depremlere ait sayısallaştırılmış 'eş şiddet haritaları' ile 'şiddet haritaları' Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak, her bir azalım denklemi için birbirleriyle uyumlulukları açısından karşılaştırılmıştır.

Senaryolardan yorumlanan şiddet değerleri ile geçmişte olmuş depremlerin eş şiddet dağılımları arasında en büyük şiddet değeri ve genel şiddet dağılımı açısından yapılan değerlendirme sonucunda, her azalım ilişkisi için farklı oranlarda benzerlikler görülmüş bunlardan birbirleri ile uyum olanları en yüksek olanları belirlenmiştir. Uyum oranları açısından azalım ilişkileri değerlendirilmiş, tüm depremlerde en çok uyum gösteren azalım ilişkileri belirlenmiştir. NGA Abrahamson- Silva (2007) azalım İlişkisi tüm depremlerde en çok uyum gösteren azalım ilişkisi olmuş bununla birlikte 1999 Kocaeli- Gölcük depremi için hemen hemen bütün azalım ilişkileri yüksek uyum göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** CBS, Deprem, Eş Şiddet Eğrisi, Şiddet, Şiddet Haritası.

## **CREATING NEW SCENARIO MAPS OF THE INSTRUMENTAL PERIOD'S DESTRUCTIVE EARTHQUAKES ON TURKEY**

### **ABSTRACT**

In this study, it is investigated that concordance between scenario intensity maps created with AFADRED software and 14 different acceleration relationships and earthquakes occurred at Turkey in the instrumental period in magnitude greater than 7 and after these earthquakes, isoseismal maps prepared according to field observations and damage assessment results.

In the first phase of the study, literature was conducted on the isoseismal maps prepared for these earthquakes and 14 earthquakes isoseismal maps get access.

It was evaluated some earthquakes did not have isoseismal maps, some earthquakes which have more than one isoseismal maps which created by different researchers.

These isoseismal maps transformed into vector form digitizing by QGIS program, thus an opportunity was obtained that it can be a comparison with scenario intensity maps. Then, 'scenario intensity maps' of these earthquakes were created by using earthquake source parameters and different attenuation relationships. Thus, the digitized 'isoseismal maps' and 'scenario intensity maps' belonging to these earthquakes were compared in terms of their concordance with each other for each attenuation relationships using Geographical Information System.

The intensity values interpreted from the scenarios and the isoseismals distributions of past earthquakes were compared in terms of the greatest intensity value and general intensity distribution, and as a result of this comparison, similarities were observed at different rates for each attenuation relationships, and the highest concordance rates were determined. NGA-Abrahamson-Silva(2007) for all these earthquakes were the most concordance attenuation relationships and almost all attenuation relationships for the 1999 Kocaeli-Gölcük earthquake showed a high concordance.

**Keywords:** GIS, Earthquake, Isoseismal Maps, Intensity, Intensity Maps.

## GİRİŞ

Dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinde yer alan Türkiye, tarihsel ve aletsel dönemlerde birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır. Geçmiş deneyimlere göz attığımızda, gelecekte de bu depremlerin meydana gelme ihtimalinin oldukça yüksek olduğu açıktır.

Deprem tehlikesi açısından afet yönetimi değerlendirildiğinde, afet öncesi yapılacak ilk çalışma 'Hazırlık' ikincisi ise 'Önleme ve Zarar Azaltma' olur. Etkin bir afet yönetimi yapmak için gerçekçi bir risk yönetiminin ilk adımı, risk değerlendirmesidir. Gelecekteki krizlerin nasıl görüldüğü sorusuna cevap verebilmek için, gelecekteki ve ortaya çıkmakta olan tehlikelerin ve risklerin senaryoları tasvir edilmelidir. Bu sebeple deprem riskinin değerlendirilmesinde senaryo depremler büyük önem taşımaktadır.

Tehlike analizleri için senaryo depremler genellikle tarihsel deprem verilerinden yararlanarak oluşturulur. Senaryo depremler, bu depremlerin yerleşim yerlerini nasıl etkilediği hakkında bilgi verebilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bu senaryoların işlenmesi ve parametrelerin görsel olarak gösterilmesi için büyük kolaylık sağlar.

Afet yönetimi, risk azaltma, planlama, hazırlıklı olma, müdahale ve iyileştirme konularındaki ulusal programlara destek olmak amacıyla, etraflıca risk-tabanlı zarar analizi yaparak can ve mal kaybını azaltmak, insanları ve kurumları doğal afetlerden korumak amacıyla 1990'lı yıllarda Amerika Yapı Bilimleri Ulusal Enstitüsü, deprem kayıp tahminlerinde en iyi nicel yöntemi oluşturabilmek için Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA) için bir araç olarak HAZUS programını geliştirdi.

HAZUS Dünya genelinde kullanılan, deprem ya da diğer afetleri de içeren çoklu risk değerlendirme araçlarından yaygın olarak bilinenidir. Bununla birlikte, İtalya'da Hızlı Analiz ve Risk Konumlandırma projesi(The Rapid Analysis and Spatialisation Of Risk-RASOR), Global Deprem Modeli Vakfı(GEM) tarafından geliştirilmiş OpenQuake projeleri de deprem risk ve hasar tahmin araçları için bilinen örneklerdir.

Türkiye’de bu amaçla Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı tarafından ELER metodolojisi ve yazılım paketi geliştirilmiştir. Bunun dışında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve TÜBİTAK desteğiyle İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından HAZTURK metodolojisi geliştirilmiştir. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından geliştirilmiş olan AFAD Deprem Ön Hasar ve Kayıp Hızlı Tahmin Yazılımı (AFADRED) ile meydana gelmiş gerçek bir depremin hemen sonrasında ve ya senaryo depremler için hızlı hasar ve kayıp tahmini yapılabilmektedir. Program, AFAD tarafından ülke genelinde yürütülen, risk azaltma, planlama, iyileştirme ve müdahale çalışmalarına altlık olarak kullanılabilen çıktılar üretmektedir.

Bu çalışmada; Türkiye’de aletsel dönemde meydana gelmiş Magnitudü  $\geq 7$  olan depremlerin senaryo şiddet haritalarının yeniden oluşturulması amaçlanmıştır. Deprem kataloglarının ve diri fay haritasının güncellenmesi sonucunda elde edilen yeni bilgilerle bu depremlerin şiddet haritaları yeniden oluşturulmuştur.

Bu kapsamında, 1900’den günümüze Türkiye’de meydana gelmiş depremlere dair bilgileri içeren farklı yıllarda yayınlanmış deprem katalogları ve deprem raporları incelenerek, eş şiddet haritası var olan ve Magnitudü  $\geq 7$  olan 14 deprem belirlenmiştir. Sonrasında, bu eş şiddet haritaları; orijinal versiyonlarından CBS yardımı ile sayısallaştırılmıştır. Daha sonra Türkiye’de meydana gelen depremler için güncellenmiş deprem kataloğundan yararlanılarak, AFADRED programı ile programda yer alan Dünyanın farklı bölgeleri için geliştirilmiş ve Türkiye için de uygun olduğu düşünülen ve yalnızca Türkiye için geliştirilmiş olan 14 farklı azalım ilişkisi kullanılarak senaryo deprem şiddet haritaları yeniden oluşturulmuştur. Bu senaryo deprem şiddet haritaları ile sayısallaştırılmış eş şiddet haritaları arasında en iyi uyumu yakalayan senaryo deprem şiddet haritası belirlenmiştir

Böylece; arazi gözlemlerine dayalı oluşturulmuş nitel eş şiddet haritaları ile, nicel ölçümler sonucu geliştirilmiş olan ampirik ilişkiler ile üretilmiş senaryo deprem şiddet haritaları bir biriyle uyumları açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda her bir depremin şiddet dağılımını en iyi oranda modelleyen azalım ilişkileri belirlenmiştir. Bu sayede; en güvenilir modeli oluşturan ivme azalım ilişkisi ile en iyi



senaryo deprem modelinin oluşturulması ile kayıp metodolojisi yaklaşımlarının kalibrasyonuna olanak sağlayacak bilgiler elde edilmiştir. Buna ek olarak senaryo deprem çıktılarının kullanıldığı, risk belirleme, planlama, iyileştirme ve müdahale gibi afet yönetiminin tüm döngülerinde yer alacak çalışmalarda ve mühendislik çalışmalarında geçmiş depremlerin güncellenmiş parametreleri ile oluşturulan şiddet haritalarından faydalanılacağı düşünülmektedir.



## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Depremler**

Tektonik güçler veya volkanik etkiler sebebiyle yer kabuğunda meydana gelen kırılma ile açığa çıkan enerjinin, dalgalar hâlinde ilerleyerek kuvvetle yer aldıkları ortamları ve yeryüzünü sarsması olayına deprem denir [1].

### **1.2. Deprem Parametreleri**

Bir deprem meydana geldiğinde, bu depreme ait özelliklerin anlaşılabilmesi için genel olarak "deprem parametreleri" adıyla tanımlanan kavramların açıklamaları aşağıda yer almaktadır.

#### **1.2.1. Odak noktası (Hiposantr)**

Yeryuvarı içinde, deprem meydana getiren kırılmanın başladığı ve deprem enerjisinin ortaya çıktığı yerdir. Depremin iç merkezi olarak da isimlendirilmektedir. Deprem odak noktası olarak isimlendirilsede, aslında bir noktadan değil bir bölgeden bahsedilmektedir. Çoğu zaman çalışmalarda pratiklik sağlamak açısından nokta olarak da kabul edilmektedir [1].

#### **1.2.2. Deprem merkez üssü (Episantr)**

Yer yuvarının içerisinde yer alan deprem odak noktasının, yeryüzü üzerindeki iz düşümüne o depremin merkez üssü veya dış merkezi denir. Depremin en çok hasar verdiği ve en kuvvetli hissedildiği bölgenin içinde veya hemen yakınında olan alandır. Depremin merkez üssü alanının büyüklüğü o depremin şiddetine göre farklı büyüklüklerde olabilir. Örneğin; büyük bir depremin merkez üssü alanı yüzlerce kilometreye de yayılabilir [1].

#### **1.2.3. Odak derinliği**

Depremin meydana geldiği ve deprem enerjisinin ortaya çıktığı noktanın, yeryüzüne olan en kısa uzaklığına o depremin odak derinliği denir. Tektonik depremler bu

mesafeye göre sınıflandırılabilirler. Derinliği yer yuvarından 0-60 km olan depremler sığ, 60-300 km olan depremler orta derinlikte depremler ve derinliği 300 km'den fazla olan depremlerse derin depremler olarak tanımlanır. Ülkemizde meydana gelen depremlerin derinlikleri genellikle 0-60 km sığ arasında olan sığ depremlerdir. Sığ depremlerin hissedildiği alan daha dar olsada meydana getirdiği hasar çok daha büyük olur. Orta ve derin depremler daha çok levha sınırlarında meydana gelir. Derin depremlerse çok daha geniş alanlarda hissedilir fakat meydana getirdikleri hasar daha azdır [1].

#### **1.2.4. Büyüklüğü (Magnitüd)**

Deprem sonrası ortaya çıkan toplam enerjiyi temsil eden, aletsel ölçümler sonrası yapılan hesaplamalar ile elde edilen değere, depremin büyüklüğü denir. Richter ölçeği (magnitüd) 1936 yılında ilk kez 'Richter' tarafından tanımlanmıştır. Richter'in tanımına göre, deprem merkez üssünden 100 km. uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla (2800 büyütme, özel periyodu 0,8 saniye ve %80 sönümü olan bir Wood-Anderson torsiyon Sismografi ile) kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritması o depremin "magnitüdü" olur. Kaydedilen sismik dalganın farklı fazları değerlendirilerek ve belirli kıstaslar kullanarak deprem magnitüdünü hesaplamak için Md, Ms, Ml, Mb, Mw gibi kısaltmalarla ifade edilen çeşitli yöntemler ve formüller geliştirilmiştir. Cisim dalgası fazından hesaplanan Mb, yüzey dalgası fazından hesaplanan Ms ve dalga şekilleri modellemesinden hesaplanan Mw, en yaygın kullanılan büyüklük cinsleridir [1].

Gözlemleri tarafından bildirilen deprem büyüklüğü, depremin enerjisi hakkında tek başına bilgi vermek için yeterli değildir. Bu bilgi için depremin odak derinliğini bilmek gerekir. Deprem büyüklüğü aynı olan iki deprem ele alındığında, sığ olan deprem daha çok hasar meydana getirirken, derin olan deprem daha az hasar meydana getirecektir [2].

## 2. DEPREMİN ŞİDDETİ

Depremiñ Şiddeti, bir depremin doęa, evre, yapılar ve insanlar üzerinde yol açtığı etkileri, hasarlar veya deęiŐimlerin gözlemsel olarak değerlendirilmesi ile belirlenir. Şiddet; depremin büyüklüğü, o bölgenin deprem merkez üssüne olan uzaklığı ve yerel zemin yapısı ile iliŐkilidir. Şiddet, bir yerleşim yerinde farklı türdeki yapılarda meydana gelen toplam etki ve hasarı ifade eder. Depremlerin Őiddetini belirlemek için çok uzun gözlemler sonucunda hazırlanarak tüm dünyada kabul görmüŐ Şiddet cetvelleri mevcuttur. Şiddeti oniki bölüme ayıran bu cetveller arasında Medvedev Sponheuer-Karnik (MSK), Değiştirilmiş Mercalli Şiddeti (MMI) ve Avrupa Makro sismik Şiddet cetveli (EMS) lkemizde kabul görmüŐ Şiddet cetvellerindedir. Bu cetvellerle depremin meydana getirdiği etkiye, canlı ve cansız tüm varlıkların verdiği tepkiler değerlendirilmektedir [3].

Deprem meydana geldikten sonra, bu depremin meydana getirdiği etkiler gözlemlenerek Şiddet Cetvelinde uygun olan derece, depremin Şiddeti olarak belirlenir, Şiddetler Romen rakamıyla gösterilmektedir. Örneğin; deprem sonrası yapılan gözlemlerle, depremin etkileri Şiddet cetvelinde VIII Şiddet olarak tanımlanıyorsa, o deprem VIII Şiddetinde bir deprem kabul edilir. Deprem Şiddet Cetvellerinde, V ve onun altındaki Şiddet değerleri genellikle yapısal hasar oluŐturmazlar ve depremin insanlar üzerindeki etkileri ve insanların hissetme bilgilerine göre değerlendirilirler. VI-XII arasındaki Şiddetler de ise, depremlerin meydana getirdiği yapısal hasar ve arazide oluşan kırık, yarık ve toprak kayması gibi bulgulara dayanılarak belirlenmektedir [3].

### 2.1. EŞ Şiddet (İzoseist) Eğrileri

Yeryüzünde aynı Şiddetle sarsılan noktaların birleŐtirilmesiyle oluşan eğriye eş Şiddet eğrisi denir. Diğer bir deyiŐle ifade edilirse, gözlemlenen hasarları belirlemek üzere, deprem Şiddetinin eş değerde olduğu bölgeleri gruplamak amacıyla çizilen eğridir. Genel kabule göre, eş Şiddet eğrilerinin arasında kalan alan, depremin Şiddet etkisi bakımından sınırlandırılır [3].

Bir deprem meydana geldiğinde bu depremin belirli bir bölgedeki şiddeti insanlar, binalar ve doğal çevre üzerindeki gözlemlenen etkilerinin sınıflandırılması yoluyla belirlenir [3].

Günümüzde bu tür veriler, makro sismik araştırmalardan ve bazı ülkelerde halka dağıtılan standart anketlerden elde edilmektedir. Elde edilen sonuçlar daha sonra şiddet değerlerini atamak için şiddet ölçeğinde sınıflandırılan etkilerle karşılaştırılır. Atanmış değerlerin tümü daha sonra bir haritaya yerleştirilir; sonrasında aynı şiddete sahip bölgeler, eş şiddet çizgileri ile sınırlanır ve bir Romen numarası ile işaretlenir (şiddet derecesine karşılık gelir). Eş şiddet eğrilerinin önemi her bir yerde gözlem sayısına ve bu yerlerin dağılımının sıklığına bağlıdır. Hatırı sayılır bir şiddet çoğunluğunun içindeki şiddet farklılıkları göz ardı edilebilir ve bu şekilde eş şiddet eğrileri depremden etkilenen tüm alan boyunca şiddetin değişimini tasvir eder [3].

Eş şiddet haritaları kullanım alanlarına göre farklı şekillerde düzenlenebilir. Örneğin; mikro bölgeleme çalışması için, yani yerel zemin koşulları nedeniyle sismik tehlikenin artabileceği alanları ortaya çıkarmak için tasarlandıysa eğer, eğrilere uygulanan düzeltme işlemi minimumda olacaktır ve eğriler kıvrımlı olacaktır. Harita diğer amaçlarla (deprem parametrelerinin, azalım ilişkilerinin, tektonik çalışmaların vb. hesaplanması için) hazırlanmışsa, eğriler normale düzeltilecek ve böylece yalnızca büyük girinti ve çıkıntılar gösterilecektir. Uygulamada düzeltilen eş şiddet eğrilerinin kullanımı çok daha yaygındır. Genel kural olarak, en az üç veri noktası grubundan oluşmadığı sürece, girinti ve çıkıntı çizimi yapılmamalıdır. Az sayıda veri içeren kara depremleri için yalnızca bir veya iki noktadan gelen verilere dayanarak çizim yapmak iyi bir uygulama değildir; bir değer için kısmi bir eş şiddet eğrisi çizmeye kalkışmadan önce, o şiddet değerini karşılıklı destekleyen en az üç veri noktası olmalıdır. Su alanları veya veri noktaları olmayan bölgeler arasında ekleme veya dış kestirim yapılması gerekiyorsa, eş şiddet eğrileri çizgilerinin bu bölümleri kesikli olarak gösterilmelidir [3].

### **2.1.1. Merkez üssündeki şiddet (Episantral Şiddet)**

Deprem kataloglarında sıkça kullanılan bir parametre olan Episantral şiddet, çoğunlukla “Io” olarak kısaltılır ancak nadiren tanımlanır ve uygulamada farklı kullanımları vardır. Terimin anlamı açıkça deprem merkez üssündeki şiddettir, ancak

tam olarak merkez üssünde gözlem olmayacağı düşünülürse, bu değeri türetmenin bir yolu gereklidir. Geçmişte kullanılan iki temel teknik vardır [3]. Bunlar:

I. Yöntem; En yakın izlenen şiddet verisinden, değeri değiştirmeden veya en yüksek eş şiddet eğrisi değerini kullanarak merkezde ki değeri atamaktır. Örneğin; merkez üssünün yakınında şiddet değeri “9” olan veri noktaları varsa,  $I_0$  değeri de “9” olur.

II. Yöntem; Bir formül kullanarak, makro sismik alan üzerindeki azalımdan, merkez üssünde kesirli bir şiddet değeri hesaplanabilir. Bu durumda, bu gözlemlenen bir değer olmadığı için (ve "gerçek" şiddet değil), şiddet değerlerinin tam sayı olduğu kuralına ters düşmeden bir ondalık kesir olarak ifade edilebilir.

Bu iki yöntemde kullanılan gösterim arasında bir ayırım yapılması önerilir. Böylece bir tam sayı numarası (9 veya IX) yöntemi (I) gösterir ve ondalık sayı (9,0 veya 9,3) yöntemi (II) gösterir. Bir  $I_0$  değeri elde edildiğinde gözlemlenen maksimum şiddete keyfi değerler eklememelidir; keyfi değer çok öznelidir [3].

Episantral şiddetin yanı sıra, faydalı bir parametre de maksimum şiddettir ve  $I_{max}$  olarak kısaltılmıştır. Bu, sadece makro sismik alanda en yüksek gözlenen şiddet değeridir. Kara depremleri için  $I_0$  ve  $I_{max}$  eşit olabilir. Denizaşırı depremlerde genellikle  $I_0$ 'nun tahmin edilmesi mümkün değildir (özellikle de yöntem I kullanılıyorsa), ancak herhangi bir deprem için  $I_{max}$  verilebilir [3].

Makro sismik veriden parametrelerin belirlenmesinde ham şiddet veri noktaları ile çalışmak ya da eş şiddet eğrileri çizmek ve bunlarla çalışmak için iki temel strateji vardır [3].

Eş şiddet eğrilerinin kullanılmasının nedeni, nüfus dağılımına bağlı etkileri azaltabilir veya ortadan kaldırabilir olmalarıdır. Bir depremin anakaradaki ve bir ada konumundaki çeşitli yerlerde en yüksek şiddete ulaştığı düşünülürse; düzensiz dağılımın topoğrafyadan kaynaklandığını bilen bir sismolog, gerçekliği daha iyi ifade edebilen eş şiddet eğrisinin, nüfus faktörlerine bağlı kümeleşmenin etkilediği tek tek veri noktalarının işlenmesinden elde edilmiş olabileceğini tahmin edebilir [3].

Bununla birlikte, eş şiddet eğrisi yapımındaki öznellik yüzünden, modern fikir, eş şiddet eğrisi yerine, şiddet veri noktalarının dağılımının doğrudan kullanımını desteklemektedir [3].

### **2.1.2. Makro sismik merkez üssü**

Makro sismik merkez üssü, geçmişte, tam olarak tanımlanmayan ve farklı kavramları aktarmak için kullanılan bir ifadedir. Bir yandan, makro sismik merkez üssünün aletsel veriler kullanılmadan, merkez üssünün konumundan yapılan en iyi tahmin olduğu düşünülmektedir. Koşulların gerektirdiği şekilde, aşağıdakilerden herhangi biri veya hepsinden türemiş olabilir: en yüksek şiddetin şekli, eş şiddet eğrilerinin şekli, öncü veya artçı sarsıntıların raporlarının konumu, şiddet noktalarının dağılımına dayanan hesaplamalar, yerel jeolojik bilgi, diğer depremlerle analog karşılaştırmalar ve bunun gibi çalışmalar. Bu, birçok öznelliğe sahip oldukça yargılayıcı bir süreçtir ve her durumda eşit bir şekilde uygulanabilecek basit talimatlara uymamaktadır [3].

### **2.2. Deprem Şiddet Cetvelleri**

Deprem büyüklüğünün en eski ölçüsü depremin şiddetidir. Şiddet, o bölgede gözlemlenen hasar ve insan tepkileri tarafından kanıtlandığı üzere, belirli bir yerde deprem etkilerinin nitel bir tanımlamasıdır. Depremlerin etkilerinin niteleyici tanımlaması tarih boyunca kaydedilen şiddet kavramında mevcut olduğundan, modern sismik araçların gelişmesinden önce meydana gelen depremlerin yer ve boyutlarını tahmin etmek için bu tarihsel verilerle hesaplar yapılabilir. Bu uygulama, çeşitli yerlerde farklı büyüklükteki depremlerin tekrarlanma oranlarının karakterize edilmesinde, sismik tehlike olasılığının değerlendirilmesinde çok yararlı olmuştur. Şiddetler, güçlü coğrafi hareket seviyelerini tahmin etmek, farklı coğrafi bölgelerdeki deprem etkilerini karşılaştırmak ve deprem kayıp tahminleri için de kullanılabilir [4].

I'den X'e kadar değişen değerlerle şiddetleri tanımlayan Rossi-Forel (RF) şiddet ölçeği, 1880'ler de geliştirildi ve uzun yıllar boyunca kullanıldı. Sieberg ölçeği 1912 yılındaki versiyonu ile, tüm modern on iki derece ölçeklerin temelini oluşturdu. Daha sonraki bir sürümü Mercalli-Cancani-Sieberg Skalası veya Güney Avrupa'da hala kullanılmaktadır. Bu ölçek, 1923 yılında, Wood ve Neumann tarafından İngilizceye tercüme edildi ve tam olarak uygun olmayan bir şekilde Modified Mercalli Scale

haline geldi. 1956'da Richter tarafından tamamen elden geçirildi ve 1958'de "Richter Scale" büyüklükleri ile daha fazla karışıklık olmaması için adını yeni versiyona eklemeyi reddetti. Richter'in bu versiyonu, Mercalli ölçeğinden son derece uzak olmasına rağmen "Modified Mercalli Scale 1956" (MM56) adını aldı. Richter'in MM56 ölçeğinin yerel modifikasyonları Avustralya ve Yeni Zelanda'da kullanılmıştır. Daha sonraki dönemlerde 1993'de Stover ve Coffman, 1958 Richter ölçekli versiyonu atlayarak Wood ve Neumann'ın 1931 versiyonunda, değişiklikler yaparak yenilediler. USGS tarafından geliştirilen popüler "Did You Feel It?" Sisteminin temelini oluşturduğu için 1993 Stover ve Coffman'ın MMI sürümü son dönemde en yaygın kullanılan ölçektir [3].

Japon Meteoroloji Ajansı (JMA) ise kendi şiddet skalasına sahiptir, Orta ve Doğu Avrupa'da ise Medvedev-Spoonheuer-Karnik (MSK) ölçeği kullanılmaktadır. RF, MMI, JMA ve MSK ölçeklerinin birbiri ile karşılaştırması Şekil 2.1.'de gösterilmiştir [3].

MMI	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
RF	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
JMA		I	II	III	IV	V	VI	VIII				
MSK	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

Şekil 2.1. RF, MMI, JMA ve MSK ölçeklerinin karşılaştırması

Deprem şiddeti bilgileri genellikle olaydan sonra gözlemcilerle görüşülmesinden elde edilir. Görüşmeler genellikle posta ile yapılır, ancak bazı sismik açıdan aktif alanlarda kalıcı gözlemciler yer sarsıntısının akılcı ve duyarsız hesaplarını yapmak için organize edilir ve eğitilir. Şiddet gözlemleri, bir bölgede yer sarsıntısının dağılımını karakterize etmeye yardımcı olan bilgiler sağlar. Böyle bir haritaya eş şiddet haritası denir. Şiddet, depremin merkez üssü çevresinde genellikle en yüksek değerdedir. Eş şiddet haritaları, deprem merkezine olan uzaklık arttıkça şiddetin nasıl azaldığını veya hafiflediğini gösterir [3].



### 2.3. Şiddet(MMI) - Pik Yer İvmesi(PGA)/Pik Yer Hızı(PGV) İlişkileri

Yer sarsıntısının derecesi, nitel olarak hissedilen şiddetle veya nicel olarak kaydedilen yer hareketi parametreleri ile tanımlanabilir. Depremiñ öznel bir ölçüsünü veren hissedilen şiddet ve deprem sırasında kaydedilen yer hareketlerinin fiziksel ölçümleri arasında doğrudan bir ilişki vardır. Bu ilişkiler ampirik ilişkiler olup MMI ve PGA/PGV arasındaki ilişkiyi belirler.

Bu ilişkiler sayesinde; hasarı, sadece öznel olan bir ölçüden ziyade doğrudan ölçülen tepe yer hareketi parametreleri ile ilişkilendirmek mümkündür. Yine MMI bilgisine sahip olan tarihsel depremler için PGA verilerinin tahmin edilmesi bu ilişkiler ile mümkün kılınır. Bu ilişkiler, güçlü yer hareketi ağları olmayan fakat bunun yanı sıra MMI bilgilerinin güçlü olduğu bölgelerde, PGA değerlerini elde etmek için de kullanılabilir. Bu ilişkilerin kullanımı için bir başka önemli alan Sarsıntı Haritaları uygulamalarıdır. Sarsıntı haritaları ile gerçek bir depremin ya da senaryo depremin oluşturabileceği etkileri belirlenebilir.

### 3. TÜRKİYEDEKİ BÜYÜK TEKTONİK YAPILAR

Türkiye'nin içinde yer aldığı coğrafyada büyük ve küçük plakalar bulunmakta, bu da ülkemizin büyük bir bölümünün depremler üreten aktif faylarla çevrili bir alanda yer almasına neden olur.



Şekil 3.1. Türkiye'nin basit tektonik haritası [5]

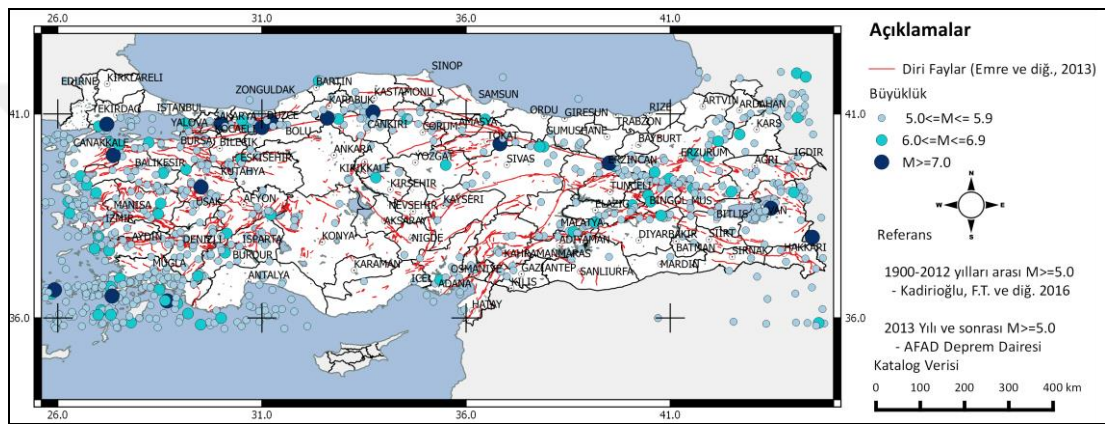
Anadolu plakası güneyinde, kuzey-kuzeybatıya yönelen Afrika ve Arap plakaları ile kuzeyinde yer alan Avrasya plakası arasındadır. Afrika levhası, Akdeniz'de Hellenik-Kıbrıs Yayının olduğu bölümde, Anadolu levhasının altına dalarak ve Arap levhası Kızıldeniz'de oluşan açılma sebebiyle kuzeye doğru yönelerek Anadolu levhasını sıkıştırır (Şekil 3.1.). Bu sıkışmanın etkisiyle, Anadolu levhası batıya doğru hareket eder ve bunun sonucunda Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonları ve batıda kuzey-güney yönlü genişleme sonucu Ege graben sistemi oluşmuştur [6].

Ulaşılan tarihsel dönem deprem bilgilerine göre M.Ö. 2000 yılından bu yana hasar yapıcı ve yüzey kırığı oluşturmuş büyük depremlerin etkisi altında kalmıştır. Bu büyük

depremler Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fayları, Ege Horst-Graben Sistemi, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi ve Helenik-Kıbrıs Yayısı gibi temel tektonik bölgelerde yer alan fay hatları üzerinde meydana gelmiştir [7].

### 3.1. Türkiye’de Oluşmuş Büyük Depremler

Türkiye, tarihsel ve aletsel dönemlerde birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır. 1900-2017 yılları arasında magnitüdü 5’den büyük 888 deprem meydana gelmiştir[8]. Bu depremlerin dağılımları Şekil 3.2.’de görülebilir.



Şekil 3.2. Türkiye’de aletsel dönemde meydana gelmiş  $M_w \geq 5$  depremlerin dağılımı [8]

Bu çalışmada Magnitüdü 7 ve daha büyük depremler için hazırlanan deprem raporları, makro sismik kataloglar, arazi raporları ile diğer araştırma ve yayınlar incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, magnitüdü 7 ve daha büyük olan ve literatürde eş şiddet haritaları mevcut olan on dört deprem belirlenmiştir. Bu depremlere ait güncel deprem parametreleri Kadirioğlu ve diğ. [9] kataloğundan alınmıştır. Bu katalog, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP-2023) çerçevesinde depremlerle ilgili gelecekteki kayıpları azaltmak amacıyla başlattığı Türkiye'nin Seismotektonik Haritası[10] ve Türkiye'nin Sismik Tehlike Haritası projeleri ile birlikte bu projeler içinde veri tabanı olarak geliştirilmiştir. Bu gelişmiş deprem kataloğu 32-45N ve 23-48 E koordinatlarını ve 1900-2012 yılları arasında 12.674 olayı kapsamaktadır. Katalogta yer alan büyüklükler, çeşitli moment büyüklükleri ( $M_w$ ), yüzey dalgası büyüklüğü ( $M_s$ ), cisim dalgası büyüklüğü ( $M_b$ ), yerel büyüklük ( $M_l$ ) ve süre büyüklüğü ( $M_d$ ) ile ilgili olarak 4,0 ile 7,9 arasında değişmektedir. Maksimum odak derinliği 225 km'ye kadar ulaşır. Çalışma sırasında,

30'dan fazla yayınlanan veri kullanılarak yaklaşık 37.000 deprem ve ilgili parametrik bilgi değerlendirilmiştir. Ardından, kataloglardan elde edilen tüm parametreleri ve her olay için referansları analiz etmek amacıyla entegre bir veritabanı oluşturulmuştur. Ek olarak,  $M \geq 5,0$  episantral lokasyonları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan güncellenmiş Aktif fay haritasından yararlanılarak seçilmiş depremler için yüksek episantral konum güvenilirliği ile birlikte yeniden gözden geçirilmiştir.

Çalışma kapsamında belirlenen on dört deprem için, Kadirioğlu ve diğ [9] deprem kataloğundan elde edilen bilgiler Tablo 3.1.'de yer almaktadır.

Tablo 3.1. Aletsel Dönemde meydana gelmiş ve literatürde eş şiddet haritaları mevcut olan depremler

Yeri	Tarihi	Büyüklüğü
Şarköy Mürefte	09.08.1912 01:29(GMT)	Ms 7,4
Burdur	03.10.1914 22:06(GMT)	Ms 7,0
Erzincan	26.12.1939 23:57(GMT)	Ms 7,9
Erbaa-Niksar	20.12.1942 14:03(GMT)	Ms 7,0
Lâdik-Tosya	26.11.1943 22:20(GMT)	Ms 7,2
Bolu-Gerede	01.02.1944 03:22(GMT)	Ms 7,3
Yenice-Gönen	18.03.1953 19:06(GMT)	Ms 7,2
Fethiye	25.04.1957 02:25(GMT)	Ms 7,1
Abant	26.05.1957 06:33 (GMT)	Ms 7,1
Manyas-Karacabey	06.10.1964 14:31 (GMT)	Ms 7,0
Gediz	28.03.1970 21:02 (GMT)	Ms 7,2
Çaldıran	24.11.1976 12:22 (GMT)	Mw 7,0
İzmit Körfezi	17.08.1999 00:01 (GMT)	Mw 7,6
Düzce-Kaynaşlı	12.11.1999 16:57(GMT)	Mw 7,1

## 4. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), farklı bilim dalları tarafından kullanılması sebebiyle birden fazla tanımlamaya sahiptir [11].

CBS, akademik çalışanlar için, yer-kaynaklı bilgi sistemlerinin tamamını kapsayan ve bunları araştıran bilimsel bir kavramdır. Uygulama amaçlı çalışanlar için, ellerindeki bir haritaya dair bilgileri elektronik ortama yansıtabilen bir araçtır. Yönetim kadrasında çalışanlar içinse, kurumsal yapılarına yardım sağlayan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak da tanımlanabilir [11].

Harita'da var olan her türlü bilgiyi (örneğin; herhangi bir nesneye ait geometrik bilgi) eş zamanlı olarak bir veri tabanı içerisinde saklayarak işlem yapılabilmesi CBS'yi diğer bilgi sistemlerinden farklı kılar. "Konum" temelli işlemlerin analizini yapabilme kabiliyeti sadece CBS'de mevcut bir özelliiktir. Bu kabiliyeti sayesinde CBS bir birinden farklı birçok öğeden oluşan( sosyo-ekonomik, politik ve kültürel kaynaklar gibi) karar destek analizlerinin uygulanmasında, uluslararası teknolojik camiada etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Uydu teknolojisi ile diğer veri tabanlarını bir arada kullanabilmesi de CBS'nin tercih edilmesinde büyük rol oynamıştır. Bütün bu özellikleri sayesinde CBS yalnızca teknik olarak değil, politik ve ekonomik kararların alınmasında, doğru politikaların üretilebilmesi için de katkı sağlamaktadır [11].

### 4.1. Quantum GIS Programı

Quantum GIS programı, Açık Kaynak Coğrafya Vakfı (OSGeo) 'nın resmi bir projesi olup, WGIS GNU Genel Kamu Lisansı altında dağıtılan kullanıcı dostu açık kaynak kodlu bir CBS yazılımıdır. Birçok işletim sistemi ile (Linux, Unix, Mac OSX, Windows ve Android) uyumlu olarak çalışabilir. Birçok program için farklı veri tabanları biçiminde geliştirilmiş olan vektör ve raster biçimlerini ve işlevlerini destekler [12].

QGIS temel fonksiyonların ve eklentilerin yeteneklerinin sürekli iyileştirilmesini ve büyümesini sağlar. Görselleştirilebilir, yönetilebilir, düzenlenebilir, verileri analiz

edilebilir ve yazdırılabilir haritalar oluşturmaya olanak sağlar. Bunların yanı sıra; PostgreSQL veri tabanı üzerinde Postgis aracılığı ile konumsal verileri saklayabilme, öznitelik tabloları oluşturma ve bu tablolar üzerinde sorgulama yapabilme, vektör formatta veri düzenleme, koordinat sistemi tanımlama ( EPSG (European Petroleum Survey Group) tarafından tanımlı birçok koordinat sistemi), nesnelere etiketleyebilme, Raster formatta var olan verileri sayısallaştırabilme, WMS ve WFS gibi katmanları kullanabilme, analiz yapabilme ve geniş eklenti desteği ile sürekli ve ihtiyaca yönelik geliştirilebilme özelliklerine sahiptir [12].

Bu çalışmada yer alan haritalamaların tamamı, konuyla ilgili tüm dünyada yaygın olarak kullanılan açık kaynak kodlu bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan QGIS programı kullanılarak oluşturulmuştur.

#### **4.2. CBS Sisteminde Koordinatlandırma (GeoReferencing)**

Coğrafi olarak koordinatlandırma(referanslama) işlemi, varolan bir coğrafi veriyi istenilen bir koordinat sistemi için, CBS’de mevcut koordinatları ile eşleştirme işlemidir. Yaygın olarak, raster/hücre tabanlı coğrafi bir verinin sayısallaştırma işlemi yapılmadan önce coğrafi olarak koordinatlandırılması gerekir. Koordinatlama işleminde coğrafi veri üzerinde yer alan farklı temsil noktaları belirlenerek, bu noktaların seçilen koordinat sistemideki değerleri giriler veya daha önce koordinatlandırılmış başka bir veriden okutularak koordinatlandırma işlemi tamamlanır [13].

Koordinatlandırma işleminde oluşan ortalama hata oranı sistem üzerinde görülebilir. Bu işlemde sonra bu veri üzerinde; alan, mesafe, koordinat sorgulama, hesaplama özellikleri kullanılabilir [13].

#### **4.3. CBS Sisteminde Sayısallaştırma (Digitizing)**

Sayısallaştırma, sayısal olmayan bir coğrafi verinin(kâğıt harita, tablo vb.) elektronik ortamda vektör hale dönüştürülmesi işlemidir ve her tür coğrafi verinin CBS ortamında kullanılabilmesi için gereklidir. Sayısallaştırma işleminde raster formatta yer alan coğrafi veri üzerinde yer alan nesnelere, nokta, çizgi, alan vektör formatlarında sayısallaştırılarak bu nesnelere ait öznitelik bilgileri ile birlikte saklanabilir. Bu

aşamadan sonra vektör dosya üzerinde her türlü sorgulama, hesaplama ve analiz işlemi yapılabilir. Sayısallaştırma işlemi elle ve otomatik olarak iki şekilde gerçekleştirilebilir. QGIS otomatik bilgisayar yardımcı sayısallaştırmayı desteklememektedir[13].



## **5. AFAD DEPREM ÖN HASAR VE KAYIP HIZLI TAHMİN YAZILIMI (AFADRED)**

AFADRED(AFAD Deprem Ön Hasar ve Kayıp Hızlı Tahmin Yazılımı) sistemi ile meydana gelmiş gerçek bir depremin hemen sonrasında ve ya senaryo depremler için hızlı hasar ve kayıp tahmini yapılmakta ve şiddet, PGA ve PGV haritaları üretilmektedir. Türkiye’de geliştirilmiş bu yazılım ile ülkemiz için “Hasar görülebilirlik İlişkileri” taraması yapılarak hasar yapıcı bir depremden hemen sonra, bölgede meydana gelebilecek olan hasar durumunu tahmin eden yeni bir sistem oluşturulmuştur. Bu yeni sistem AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen mevcut zayıf ve kuvvetli yer hareketleri gözlem sistemleri ile uyumlu olarak çalışmaktadır. AFADRED yazılımı yapılan hesaplamaları üç aşamada gerçekleştirir ve her bir aşama da Türkiye Sismolojik Gözlem Ağı ve Kuvvetli Yer Hareketi gözlem ağından elde edilen ilave parametrelere göre bir sonuç oluşturur [14].

1.Aşama; Çıkan sonuç ön (ya da ilksel) sonuç olarak adlandırılır. Yazılım Türkiye Sismolojik Gözlem Ağı sisteminden aldığı nokta kaynak parametrelerine göre (depremin episantr koordinatı, depremin magnitüdü ve derinliği) tamamen teorik azalım ilişkilerini kullanarak sarsıntı haritalarını oluşturur. Ardından sarsıntı haritaları kaya zemine göre revize edilerek bölgeye ait zemin özellikleri eklenir ve noktasal kaynağa göre oluşturulan haritalar kullanılarak bölgeye ait hasar ve kayıp hesaplamaları yapılır. İlksel çözümlene tamamen otomatik olarak gerçekleştirilir ve zayıf hareket sisteminin depremi çözümlenmesini takiben 20-30 sn. içerisinde çözüm elde edilmiş olur [14].

2.Aşama; Çıkan sonuç orta seviye sonuç olarak adlandırılır. Kaynağa ait bazı ilave bilgiler (fay doğrultusu, fay uzunluğu gibi) belirdikten sonra, ikinci çözümlene manuel olarak gerçekleştirilir. Fay uzunluğuna göre, bir önceki aşamada oluşturulan sarsıntı haritaları revize edilerek hasar ve kayıp yeniden hesaplanır [14].

3.Aşama; Çıkan sonuç gelişmiş sonuç olarak adlandırılır. Bu aşamada, deprem bölgesine yakın istasyonlarda kaydedilen en büyük yer ivmesi değerleri kullanılır.



İkinci aşamada elde edilen sarsıntı haritaları, istasyonlar tarafından kaydedilen ivme değerleri kullanılarak revize edilir. Ardından hasar ve kayıp hesabı yeniden yapılır [14].

Yıkıcı bir depremden sonra meydana gelebilecek; Yapısal hasar (Hafif, Orta, Ağır ve Yıkık), Ayakta Tedavi Gerektiren Hasta Sayısı, Hafif Yaralı Sayısı, Ağır Yaralı Sayısı, Can Kaybı Sayısı, Geçici barınma hizmeti ihtiyacı, Tahmini Sismik Şiddet Haritası, Tahmini ivme (PGA) ve Hız (PGV) Haritalarını üretir. Program tarafından üretilen bu çıktılar risk azaltma, müdahale ve iyileştirme çalışmalarında da altlık olarak kullanılmaktadır.

### **5.1. AFADRED Sistemi Girdileri**

Program altlık olarak AFAD Bilgi Sistemleri ve Haberleşme Dairesi Başkanlığı tarafından, ilgili kurumlardan protokol kapsamında temin edilen verileri kullanır. Protokol kapsamında alınan verilerden İdari bölümlene veri tabanı, (Ülke, İl, İlçe, Mahalle sınırları), Nüfus veri tabanı (mahalle ve köy detayında), Konut veri tabanı (Mahalle ve köy detayında bina sayısı), Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü Ulusal Adres Veri Tabanından alınır. Yer bilimsel veri tabanı (MTA Diri Fay Haritası [15] , USGS Vs30 hız haritası [16] ), AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı Kuvvetli Yer Hareketi İstasyon Altı Vs30 bilgileri, Azalım ilişkileri, Hasar görülebilirlik ilişkilerine ait bilgileri kullanarak kayıp tahmini yapar [14].

### **5.2. AFADRED Sisteminde Kullanılan Azalım İlişkileri**

Deprem sonrası oluşan yer hareketinin, yer yuvarında oluşturduğu zamanla değişen dalga hareketini modellemek o depremin tehlike analizini yapmak için gerekli işlemlerden biridir. Deprem sırasında meydana gelen yer titreşimleri, deprem odak noktasından etrafa yayılarak ilerler. Depremin etkileri zeminin niteliklerine göre genellikle deprem odağından uzaklaştıkça değişerek azalım gösterir. Meydana gelen bu değişimleri hesaplayabilmek için çeşitli azalım ilişkileri geliştirilmiştir. Azalım ilişkileri genellikle; deprem büyüklüğü, deprem odak mekanizması, deprem odağına olan uzaklık ve yerel zemin koşulları ile ilişkili olarak, kuvvetli yer hareketinin ivme, hız ve yer değiştirme gibi temel değişkenlerinin medyan ve standart sapmalarını veren görgül (ampirik) ilişkilerdir. Azalım ilişkileri ile yapılan değerlendirmelerde yer

hareketlerinin tahmininde en çok ihtiyaç duyulan değişkenler; inceleme alanı ile deprem kaynağı arasındaki uzaklık (R), depremin magnitudü (M), fay türü ve yerel zemin koşulları (zeminin sınıfı ya da zeminin kaya, yumuşak ve ya sıkı zemin olması gibi) bilgileridir.

Genellikle Azalım ilişkileri, “M” magnitudünde meydana gelen bir depremin, “R” uzaklığındaki bir noktada meydana getireceği en büyük zemin hareketi değişkeninin değerini veren fonksiyon olarak tanımlanır. Uzaklık değeri genel kabule göre, depremin dışmerkezinden ya da sismik kaynaktan ölçülen ve farklı şekillerde tanımlanan mesafelerdir.

İvme azalım ilişkileri; farklı bölgelerde ve farklı araştırmacılarca aletsel dönemde oluşmuş ve kuvvetli yer hareketi kayıtları var olan depremlerden derlenmiş veri tabanları kullanılarak yapılan istatistiksel analizler yoluyla ivmenin tahmini amacıyla, yukarıda bahsedilen deprem değişkenleri de ele alınarak geliştirilmiş eşitliklerdir. Bu eşitlikler, farklı fay türleri ve sismik bölgeler ile farklı levha içi ya da levhalar arası durumlarında göz önüne alarak geliştirilmişlerdir. Bununla birlikte, azalım ilişkilerinin geliştirilmesinde kullanılan veri tabanının seçilmesinde farklı ölçütler kullanılsada zemin türü(sadece kaya ya da sıkı zemin gibi) tek olarak dikkate alınmıştır.

Son yıllara kadar Türkiye için yeterli veri olmadığından geliştirilmiş bir azalım ilişkisi bulunmamakta ve dünyanın farklı bölgeleri için geliştirilmiş azalım ilişkileri ülkemiz için de kullanılmaktaydı. Ülkemizdeki kayıtçı sayısının artması ve 1999 depremlerinin elde edilen kayıtlardan yararlanılarak ilk olarak 2002 yılında olmak üzere ve sonraki dönemlerde de Türkiye’ye özel yeni azalım ilişkileri geliştirilmiştir.

AFADRED programında Türkiye’deki sismik kaynaklar ile uyumlu olarak değerlendirilen ve tüm dünyada da yaygın kullanıma sahip olan önemli azalım ilişkileri (NGA, NGA West2) ve Türkiye için geliştirilmiş azalım ilişkileri yer almaktadır. Program farklı azalım ilişkilerinin ağırlıklı ortalaması alınarak da sonuçlar üretebilmektedir.

Aşağıda detaylandırılan bu azalım ilişkileri yardımı ile AFADRED yazılımında, çalışma konusu olan her bir deprem için senaryo depremler oluşturulmuştur.

### 5.2.1. NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, 2014 (BSSA14) azalım ilişkisi

Bu azalım ilişkisi Boore ve Atkinson tarafından 2014 yılında geliştirilmiştir. Depremin büyüklüğü, deprem kaynağı ile bölge arasındaki mesafe, yerel Vs30 hızı ve depremi üreten fay türü bilgilerinden yola çıkılarak ortalama yatay yer hareketi değişkeni hesaplanabilmektedir. Bu eşitlikler PGA, PGV ve 0,01 saniye ile 10 saniye aralığında %5 sönümlü spektral ivme için verilmektedir. Bu eşitlik, doğrultu atımlı fay türü için magnitudü 3,0-8,5 arasında yer alan, normal fay türü için magnitudü 3,0-7,0 arasında yer alan Joyner-Boore uzaklığı 0-300 km olan ve Vs30 hızı 150–1500 m/s için geçerlidir [17]. Denklemler, dalma-batma bölgeleri, kıtasal kabuğun kalın olduğu bölgeler gibi tektonik rejimlerde önerilmemektedir. Denklemleri kontrol eden veriler esas olarak Kaliforniya, Tayvan, Japonya, Çin, Akdeniz bölgesi (İtalya, Yunanistan, Türkiye) ve Alaska gibi aktif tektonik bölgelerdir. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.1)'deki

gibi;

$$\ln Y = F_e(M, \text{mech}) + F_p(R_{jb}, M, \text{region}) + F_s(V_{s30}, R_{jb}, M, z_1) + \epsilon_n \sigma(M, R_{jb}, V_{s30}) \quad (5.1)$$

şeklinde olacaktır.

M: Magnitud

R<sub>jb</sub>: Joyner-Boore mesafesi (km)

z<sub>1</sub>: Havza derinliği

### 5.2.2. NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, 2014 (CB14) azalım ilişkisi

Bu azalım ilişkisi 2014 yılında Campbell ve Bozorgnia tarafından PGA, PGV, PGD ve 0,01-10 s. aralığında %5 sönümlü spektral ivme için geliştirilmiştir. Bu ilişki, magnitudü 4,0 ile 8,5 olan depremler ve uzaklığı 0–200 km arasında yer alan mesafeler için geçerlidir [18]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.2)'deki gibi;

$$\ln Y = \begin{cases} \ln \text{PGA}; \\ f_{\text{mag}} + f_{\text{dis}} + f_{\text{flt}} + f_{\text{hng}} + f_{\text{site}} + f_{\text{sed}} + f_{\text{hyp}} + f_{\text{dip}} + f_{\text{atn}}; \end{cases} \quad (5.2)$$

şeklinde olacaktır.

Burada Y, yatay yer hareketi parametresinin geometrik ortalamasını göstermektedir.

$f_{mag}$ : magnitüd,

$f_{flt}$ : fay türü,

$f_{hyp}$ : hiposantr derinliği

### 5.2.3. NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai, 2014 (ASK14) azalım ilişkisi

Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center-PEER), yeni nesil azalım ilişkisi (Next Generation Attenuation Relationships-NGA) veri tabanı kullanılarak bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir. Sığ depremler için magnitüdü 3,0-8,5 aralığında ve 0-300 km mesafesi için geçerli olup ortalama yatay spektral değerleri 0-10s. periyod aralığında hesaplamaktadır. Zemin özellikleri, Vs30 hızı ile hesaba katılmaktadır [19]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.3)'deki gibi;

$$\ln Sa(g) = f_1(M, R_{rup}) + F_{RV} f_7(M) + F_N f_8(M) + F_{AS} f_{11}(CR_{jb}) + f_5(Sa_{1100}, V_{S30}) + F_{HW} f_4(R_{jb}, R_{rup}, R_x, R_{yo}, W, Z_{TOR}, M) + f_6(Z_{TOR}) + f_{10}(Z_{1,0}, V_{S30}) + \text{Regional}(V_{S30}, R_{rup}) \quad (5.3)$$

şeklinde olacaktır.

$R_{rup}$ : Rupture uzaklığı

$R_{jb}$ : Joyner Boore uzaklığı

$Z_{TOR}$ : Kırığın en üst noktasına kadar olan derinlik

### 5.2.4. NGA-West2 Chiou-Youngs, 2014 (CY14) azalım ilişkisi

Bu azalım ilişkisi Chiou ve Youngs tarafından 2014 yılında PGA, PGV ve 0,01-10s aralığında %5 sönümlü spektral ivme için geliştirilmiştir. Doğrultu atımlı depremler için 3,5-8,5 büyüklük aralığı, ters ve normal faylanma gösteren depremler için 3,5-8,0 büyüklük aralığı ve 0-300 km mesafeler için geçerlidir. Zemin etkileri Vs30 hızı ile

hesaba katılmakta olup, kayma dalgası hızı 180m/s ile 1500 m/s arasında yer alan zeminler için geçerlidir [20]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.4)'deki gibi;

$$\begin{aligned}
\ln(y_{refij}) = & c_1 + \left\{ c_{1a} + \frac{c_{1c}}{\cosh(2. \max(M_i - 4.5, 0))} \right\} F_{RVi} + \\
& \left\{ c_{1b} + \frac{c_{1d}}{\cosh(2. \max(M_i - 4.5, 0))} \right\} F_{NMI} + \left\{ c_7 + \frac{c_{7b}}{\cosh(2. \max(M_i - 4.5, 0))} \right\} \Delta Z_{TORi} + \\
& \left\{ c_{11} + \frac{c_{11b}}{\cosh(2. \max(M_i - 4.5, 0))} \right\} (\cos \delta_i)^2 + c_2 (M_i - 6) + \frac{c_2 - c_3}{c_n} \\
& \ln(1 + e^{c_n(c_m - M_i)}) + c_4 \ln(R_{RUPij} + c_5 \cosh(c_6. \max(M_i - c_{HM}, 0))) + (c_{4a} - c_4) \\
& \ln(\sqrt{R_{RUPij}^2 + c_{RB}^2}) + \left\{ c_{\gamma 1} + \frac{c_{\gamma 1}}{\cosh(\max(M_i - c_{\gamma 3}, 0))} \right\} R_{RUPij} + c_8 \max\left(1 - \frac{\max(R_{RUPij} - 40, 0)}{30}, 0\right) \min\left(\frac{\max(M_i - 5.5, 0)}{0.8}, 1\right) e^{-c_{8a}(M_i - c_{8b})^2} \Delta_{DPPij} + c_9 \\
& F_{HWij} \cos \delta_i \left\{ c_9 + (1 - c_{9a}) \tanh\left(\frac{R_{Xij}}{c_{9b}}\right) \right\} \left\{ 1 - \frac{\sqrt{R_{JBij}^2 + Z_{TORi}^2}}{R_{RUPij} + 1} \right\} \quad (5.4)
\end{aligned}$$

şeklinde olacaktır.

$R_{rup}$ : Rupture uzaklığı

$R_{jb}$ : Joyner Boore uzaklığı

$Z_{TOR}$ : Kırığın en üst noktasına kadar olan derinlik

### 5.2.5. NGA-West2 Idriss, 2014 (I14) azalım ilişkisi

Bu azalım ilişkisi 2014 yılında NGA veri tabanı kullanılarak %5 sönümlü spektral ivme için geliştirilmiştir. Büyüklüğü 5,0 ve 8,0 arasında yer alan depremler ve uzaklığı 150 km.'den küçük mefaler için geçerlidir. Zemin etkileri Vs30 hızı ile ilişkilendirilmiş olup, kayma dalgası hızı 450 m/s'den büyük olan zeminler için geçerlidir. Aynı zamanda farklı fay türlerini de hesaba katan bir ilişkidir [21]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.5)'deki gibi;

$$\ln(\text{PSA}) = a_1 + a_2 M + a_3 (8,5 - M)^2 - (\beta_1 + \beta_2 M) \ln(R_{\text{Rup}} + 10) + \xi \ln(V_{s30}) + \gamma R_{\text{Rup}} + \varphi F \quad (5.5)$$

şeklinde olacaktır.

$R_{\text{rup}}$ : Rupture uzaklığı

$R_{\text{jb}}$ : Joyner Boore uzaklığı

$Z_{\text{TOR}}$ : Kırığın en üst noktasına kadar olan derinlik

$F = 1$ , ters fay

$F = 0$ , doğrultu atımlı fay

### 5.2.6. Akkar ve Çağnan (2010) azalım ilişkisi

Bu çalışmada uluslararası standartlara göre Türkiye'nin Kuvvetli Hareket Ağının tespiti projesiyle elde edilen veri tabanı kullanılarak Türkiye için geliştirilmiştir. Veri tabanında, büyüklüğü 5,0 ile 7,6 arasında, Joyner-Boore mesafesi 0-200 km uzaklığa kadar değişen 573 depreme ait 1259 kayıt bulunmaktadır. Verilerin büyük bölümü magnitudü 5'ten küçük depremleri içermekte, ayrıca 1999 Düzce ( $M_w:7,1$ ) ve Kocaeli ( $M_w:7,6$ ) gibi iki önemli yer hareketini de kapsamaktadır [22]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.6) ve (5.7)'deki gibi;

$$c_1 = 6,5$$

$M > c_1$  için;

$$\ln(Y) = a_1 + a_2(M - c_1) + a_4(8,5 - M)^2 + [a_5 + a_6(M - c_1)] \ln \sqrt{R_{\text{jb}}^2 + a_7^2} + a_8 F_N + a_9 F_R \quad (5.6)$$

$M < c_1$  için;

$$\ln(Y) = a_1 + a_3(M - c_1) + a_4(8,5 - M)^2 + [a_5 + a_6(M - c_1)] \ln \sqrt{R_{\text{jb}}^2 + a_7^2} + a_8 F_N + a_9 F_R \quad (5.7)$$

şeklinde olacaktır.

$R_{\text{jb}}$ : Joyner Boore uzaklığı

F<sub>N</sub>: Normal fay

F<sub>R</sub>: Ters fay

### 5.2.7. Akkar ve diğ.(2014) azalım ilişkisi

Veri tabanı “Reference Database for Seismic Ground-Motion in Europe (RESORCE)” projesinden elde edilmiştir. Mevcut verilere “Seismic HArmonization in Europe (SHARE)” projesinden yer hareketi verileri de eklenmiştir. İstasyonlardan ölçülen V<sub>s30</sub> hızı parametresi Eurocode 8’ e göre sınıflandırılmıştır. Bu eşitlikle magnitudü 4,0-8,0 arasında, Joyner-Boore mesafesi 200 km’den daha az olan ve V<sub>s30</sub> hızı 150-1200 m/s için geçerlidir [23]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.8), (5.9) ve (5.10)’daki gibi;

$$\ln(Y) = \ln[Y_{REF}(M_w, R, S_0F)] + \ln[S(V_{s30}, PGA_{REF})] + \epsilon\sigma \quad (5.8)$$

$$\ln(Y_{REF}) = \begin{cases} a_1 + a_2(M_w - c_1) + a_3(8.5 - M_w)^2 + [a_4 + a_5(M_w - c_1)] \\ \ln(\sqrt{R^2 + a_6^2} + a_8 F_N + a_9 F_R + S) & M_w \leq c_1 \\ a_1 + a_7(M_w - c_1) + a_3(8.5 - M_w)^2 + [a_4 + a_5(M_w - c_1)] \\ \ln(\sqrt{R^2 + a_6^2} + a_8 F_N + a_9 F_R + S) & M_w > c_1 \end{cases} \quad (5.9)$$

$$\ln(S) = \begin{cases} b_1 \ln\left(\frac{V_{s30}}{V_{REF}}\right) + b_2 \ln\left[\frac{PGA_{REF} + c\left(\frac{V_{s30}}{V_{REF}}\right)^n}{(PGA_{REF} + c)\left(\frac{V_{s30}}{V_{REF}}\right)^n}\right] & V_{s30} \leq V_{REF} \\ b_1 \ln\left(\frac{\min(V_{s30}, V_{CON})}{V_{REF}}\right) & V_{s30} > V_{REF} \end{cases} \quad (5.10)$$

şeklinde olacaktır.

R<sub>jb</sub>: Joyner Boore uzaklığı

F<sub>N</sub>: Normal fay

F<sub>R</sub>: Ters fay

### 5.2.8. NGA Boore-Atkinson (2008) azalım ilişkisi

Bu azalım ilişkisi 2008 yılında Boore ve Atkinson tarafından geliştirilmiş olup, depremin büyüklüğü, deprem kaynağı ile bölge arasındaki mesafe, yerel Vs30 hızı ve depremi üreten fay türü bilgilerinden yola çıkılarak ortalama yatay yer hareketi değişkeni hesaplanabilmektedir. Bu eşitlikler PGA, PGV ve 0,01-10 s aralığında %5 sönümlü spektral ivme için verilmektedir. Bu eşitlik, magnitudü 5,0-8,0 arasında yer alan, Joyner-Boore uzaklığı 200 km'den daha küçük ve Vs30 hızı 180–1300 m/s için geçerlidir [24]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.11) ve (5.12)'deki gibi;

$$\ln Y = F_M(M) + F_D(R_{JB}, M) + F_S(V_{S30}, R_{JB}, M) + \varepsilon \sigma_T \quad (5.11)$$

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + r^2} \quad (5.12)$$

şeklinde olacaktır.

R<sub>jb</sub>: Joyner Boore uzaklığı

### 5.2.9. NGA Campbell- Bozorgnia (2008) azalım ilişkisi

Campbell ve Bozorgnia tarafından 2008 yılında 0,01-10s aralığında %5 sönümlü spektral ivme ve PGA, PGV, PGD için bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir. Bu eşitlik, doğrultu atımlı faylarda meydana gelen depremler için magnitudü 4,0-8,5 arasında, ters fay için 4,0-8,0 ve normal fay için 4,0-7,5 olan depremler, 0–200 km arasındaki mesafeler için ve Vs30=150-1500 m/s zeminler için geçerlidir [25]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.13) ve (5.14)'deki gibi;

$$\ln Y = f_{mag} + f_{dis} + f_{flt} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed} \quad (5.13)$$

$$f_{mag} = \begin{cases} c_0 + c_1 M; & M \leq 5,5 \\ c_0 + c_1 M + c_2 (M - 5,5); & 5,5 < M \leq 6,5 \\ c_0 + c_1 M + c_2 (M - 5,5) + c_3 (M - 6,5); & M > 6,5 \end{cases} \quad (5.14)$$

şeklinde olacaktır.

### 5.2.10. NGA Abrahamson- Silva (2007) azalım ilişkisi

PEER, NGA veri tabanı kullanılarak sığ depremler için Abrahamson ve Silva tarafından 2007 yılında bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir. Bu azalım ilişkisi, magnitudü



5,0 ile 8,5 arasında olan ve 0-200 km arasındaki mesafeler için geçerli olup, ortalama yatay spektral değerleri 0-10s periyod aralığı için hesaplanmaktadır. Zemin özellikleri,  $V_{s30}$  hızı aracılığıyla dikkate alınmaktadır [26]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.15)'deki gibi;

$$\ln Sa(g) = F_C f_1(M, R_{rup}) + (1 - F_C) f_1(R_{rup}) + a_{12} F_{RV} + a_{13} F_N + a_{15} F_{AS} + f_5(PGA_{1100}, V_{s30}, \eta_1(PGA)) + F_{HW} f_4(R_{jb}, R_x, W, dip, Z_{top}, M) + F_{RV} f_6(Z_{top}) + (1 - F_{RV}) f_7(Z_{top}) + f_8(R_{rup}) + F_{CMS} f_9(\theta_A R_{rup}) + f_{10}(Z_{1,0}, V_{s30}) \quad (5.15)$$

şeklinde olacaktır.

$R_{jb}$ : Joyner Boore uzaklığı

$F_N$ : Normal Fay

$F_{RV}$ : Ters Fay

### 5.2.11. Kalkan-Gülkan (2004) azalım ilişkisi

Gülkan ve Kalkan tarafından 2002 yılında 1976-1999 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş 19 depreme ait 47 yatay bileşenden elde edilen 93 yer hareketi kaydı kullanılarak ülkemiz için ilk azalım ilişkisi geliştirilmiştir. Bu çalışma daha sonra, veri tabanı 1976-2003 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş ve magnitudü 4,0 ile 7,4 arasında yer alan 57 depremden elde edilmiş 112 kayıt ile 2004 yılında güncellenmiştir [27]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.16) ve (5.17)'deki gibi;

$$\ln Y = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_5 \ln r + b_V \ln(V_s/V_A) \quad (5.16)$$

$$r = (r_{cl}^2 + h^2)^{1/2} \quad (5.17)$$

şeklinde olacaktır.

$r_{cl}$  = istasyona en yakın yatay mesafe (veya Joyner-Boore mesafesi)

### 5.2.12. Boore, ve diğ.(1997) azalım ilişkisi

Bu ilişki, 1997 yılında Batı Amerika'da Boore ve diğ tarafından büyük sığ depremlerden elde edilen ve doğrultu atımlı fay, ters fay veya mekanizması tanımlanmamış fayların neden olduğu deprem kayıtlarına dayanmaktadır. Bu ilişki, magnitüdü 5,5 ile 7,5 arasında yer alan depremler ile 80 km'den fazla mesafeler için geçerlidir [28]. Boore ve diğ.(1997) azalım ilişkisi denklemi; Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.18)'deki gibi;

$$\ln Y = b_1 + b_2(M_w - 6) + b_3(M_w - 6)^2 + b_5 \ln r + b_v \ln(V_s / V_A) \quad (5.18)$$

Bu denklemde;

$$r = \sqrt{r_{jb}^2 + h^2} \quad (5.19)$$

$$b_1 = \begin{cases} b_{ISS} & \text{doğrultu atımlı fay} \\ b_{IRS} & \text{doğrultu atımlı fay} \\ b_{IAL} & \text{mekanizma bilinmiyorsa} \end{cases}$$

şeklinde olacaktır.

Y: Yer hareketi parametresi (PGA, SA) g cinsinden

$M_w$ : Moment büyüklüğü

$r_{jb}$ : Kırılmanın düşey izdüşümüne en yakın mesafe (km cinsinden)

$V_{s30}$ : 30 m'deki ortalama kayma (makaslama) dalgası hızı (m/s cinsinden)

### 5.2.13. Sadigh, ve diğ.(1997) azalım ilişkisi

Bu azalım ilişkisi Sadigh ve diğ. tarafından 1997 yılında Kaliforniya depremlerini içeren bir veri tabanına dayanarak oluşturulmuştur. Bu ilişkide, Spektral ivme ve PGA değerleri iki yatay bileşenin geometrik ortalamasından hesaplanıp, kaya ( $V_{s30} \approx 620$  m/s) ve derin toprak ( $V_{s30} \approx 310$  m/s) için verilmektedir. Bu azalım ilişkisi, magnitüdü 4,0 ile 8,0 olan depremler ve 100 km'den fazla mesafeler için geçerlidir [29]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.20) ve (5.21)'deki gibi;

Kaya zeminlerde:

$$\ln Y = c_1 + c_2 M_w + c_3 (8,6 - M_w)^{2,5} + c_4 \ln(r_{rup} + e^{(c_5 + c_6 M_w)}) + c_7 \ln(r_{rup} + 2) \quad (5.20)$$

Derin toprak zeminlerde;

$$\ln Y = c_1 + c_2 M_w - c_3 \ln(r_{rup} + c_4 e^{(c_5 M_w)}) + c_6 + c_7 (8,6 - M_w)^{2,5} \quad (5.21)$$

şeklinde olacaktır.

Y: Yer hareketi parametresi (PGA, Sa) g cinsinden

Mw: Moment büyüklüğü

r<sub>rup</sub>: Kırılma yüzeyine en yakın mesafe (km cinsinden)

#### 5.2.14. Ambraseys, ve diğ.(1996) azalım ilişkisi

Ambraseys ve diğ. tarafından Avrupa’da yer hareketlerinin kestirimi için 1996 yılında bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir. Bu ilişkide, magnitudü 4,0-7,5 arasında olan depremler ile mesafesi 200 km’yi kapsayan kayıtlar kullanılmıştır. Türkiye’nin de aralarında yer aldığı Avrupa ve çevresinde oluşan, 157 depremden elde edilen 422 adet üç yönlü kayıttan elde edilmiş yer hareketi veri tabanı kullanılmıştır [30]. Bu azalım ilişkisinin denklemi (5.22) ve (5.23)’deki gibi;

$$\log(y) = C_1 + C_2 M + C_3 r + C_4 \log(r) + \sigma P \quad (5.22)$$

$$r = \sqrt{d^2 + h_0^2} \quad (5.23)$$

d: fay kırığının yüzey izdüşümünün en yakın mesafesi (km cinsinden),

SA: toprak zeminler

SS: yumuşak toprak zeminler

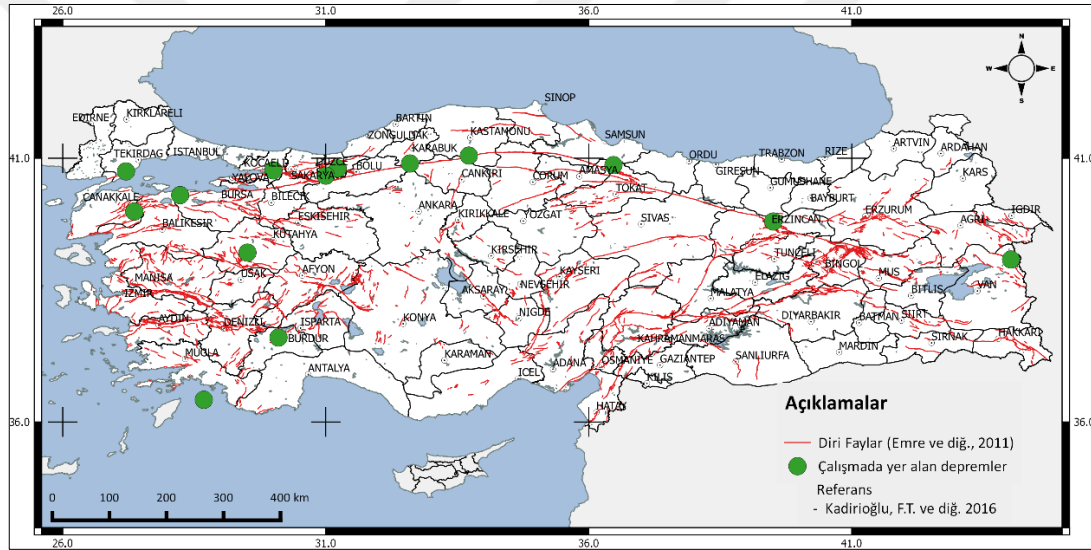
### 5.3. AFADRED Sisteminin Çıktıları

Elde edilen bilgilerle bölgenin zemin seviyesindeki yer hareketi haritaları (PGA, PGV, Şiddet,  $S_s$ ,  $S_1$ ) oluşturulur. Bölgesel yer hareketleri; en büyük (pik) yer ivmesi, PGA (peak ground acceleration); en büyük yer hızı, PGV (peak ground velocity); şiddet, I (intensity); spektral deplasmanlar,  $S_s$  ve  $S_1$  olarak hesaplanır [14]. PGA veya PGV değerlerinin MMI'ya dönüştürülmesi için manyitüd, PGA, PGV ve şiddet ilişkileri kullanılmaktadır [31].

Sistem tahmini olarak, mahalle, ilçe ve il bazında; Yapısal hasar (Hafif, Orta, Ağır ve Yıkık), Ayakta Tedavi Gerektiren Hasta Sayısı, Hafif Yaralı Sayısı, Ağır Yaralı Sayısı, Can Kaybı Sayısı, Geçici barınma hizmeti ihtiyacı olan kişi sayısı, Tahmini Sismik Şiddet Haritaları, Tahmini ve gerçek ivme değerlerini içeren Haritalar (PGA), Tahmini Hız Haritaları (PGV) üretir. Üretilen bu haritalar, grid (ızgara) yöntemi kullanarak, her bir grid için hesaplanan değerlerle, gridlerin yan yana gelmesiyle görüntülenir [14]. Bu çalışmada, yazılımın çıktılarında biri olan şiddet haritaları kullanılmıştır.

## 6. EŞ ŞİDDET HARİTALARI İLE SENARYO DEPREM ŞİDDET HARİTALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmada öncelikle, çalışma için belirlenen Tablo 6.1.'de yer alan ve Şekil 6.1.'de episantr dağılımları gösterilen depremlere ait eş şiddet haritaları QGIS [12] programı yardımı ile sayısallaştırılmıştır. Daha sonra bu depremlerin sayısal eş şiddet eğrileri, Tablo 6.2.'de yer alan her bir azalım ilişkisi için oluşturulan senaryo deprem şiddet haritaları (182 harita) birbirleri ile uyumları açısından karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.1. Çalışmada kullanılan depremlerin episantr dağılımı

Tablo 6.1. Aletsel Dönemde meydana gelmiş ve literatürde eş şiddet haritaları mevcut olan depremler

Yeri	Tarihi	Büyüklüğü
Şarköy Mürefte	09.08.1912 01:29(GMT)	Ms 7,0
Burdur	03.10.1914 22:06(GMT)	Ms 7,9
Erzincan	26.12.1939 23:57(GMT)	Ms 7,0
Erbaa-Niksar	20.12.1942 14:03(GMT)	Ms 7,2
Lâdik-Tosya	26.11.1943 22:20(GMT)	Ms 7,3
Bolu-Gerede	01.02.1944 03:22(GMT)	Ms 7,2
Yenice-Gönen	18.03.1953 19:06(GMT)	Ms 7,1

Tablo 6.1. (Devam) Aletsel Dönemde meydana gelmiş ve literatürde eş şiddet haritaları mevcut olan depremler

Fethiye	25.04.1957 02:25(GMT)	Ms 7,1
Abant	26.05.1957 06:33 (GMT)	Ms 7,1
Manyas-Karacabey	06.10.1964 14:31 (GMT)	Ms 7,0
Gediz	28.03.1970 21:02 (GMT)	Ms 7,2
Çaldıran	24.11.1976 12:22 (GMT)	Mw 7,0
Kocaeli-Gölcük	17.08.1999 00:01 (GMT)	Mw 7,6
Düzce-Kaynaşlı	12.11.1999 16:57(GMT)	Mw 7,1

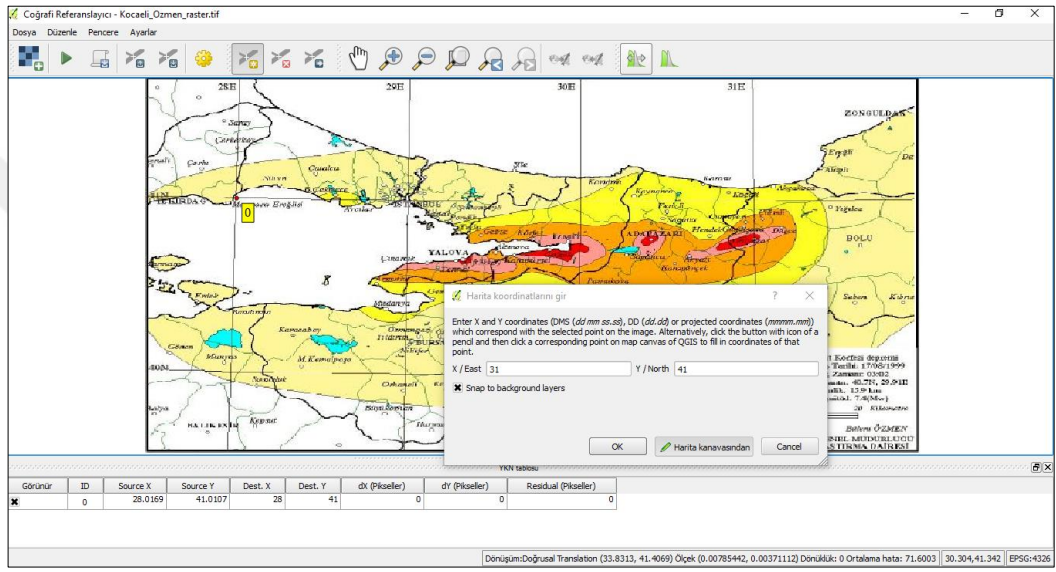
Tablo 6.2. Kullanılan Azalım İlişkileri

Azalım İlişkileri
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)
Akkar ve Cagnan (2010)
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)
NGA Boore-Atkinson (2008)
NGA Campell-Bozorgnia (2008)
NGA Abrahamson- Silva (2007)
Kalkan-Gülkan (2004)
Boore, ve diğ. (1997)
Sadigh, ve diğ. (1997)
Ambraseys, ve diğ. (1996)

### 6.1. Eş Şiddet Haritalarının CBS Ortamına Aktarılması

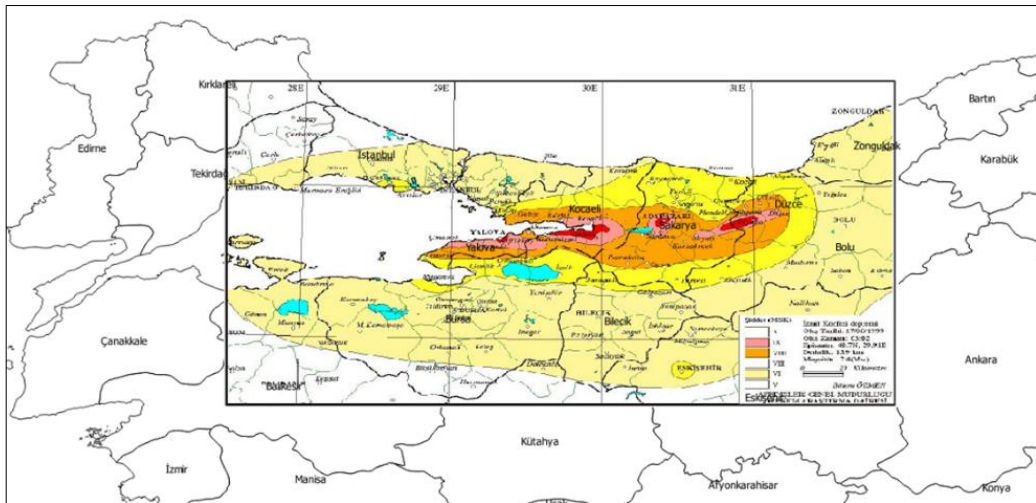
Eş şiddet haritaları ve Senaryo Deprem Şiddet Haritalarının karşılaştırılabilmesi için öncelikle her iki haritanın CBS ortamında görüntülenebilmesi gerekmektedir. Bunun için ilk adımda, Magnitüdü 7 ve daha büyük depremler için hazırlanan deprem raporları, makro sismik kataloglar, arazi raporları ile diğer araştırma ve yayınlardan elde edilen eş şiddet haritaları, tarayıcı yardımı ile taranarak resim(\*.jpeg ve ya \*.tif) olarak kaydedilmiştir. Daha sonra bu resim dosyaları ilk olarak koordinatlandırma ve sonrasında sayısallaştırma işlemleri sırasıyla yapılarak vektör formatta kaydedilmiştir. Bu aşamadan sonra artık CBS üzerinde sayısal olarak görüntülenebilir. Bu işlemler 1999 Kocaeli Depremi Eş Şiddet Haritası örneği üzerinden aşama aşama anlatılmıştır.

İlk olarak, Kocaeli Deprem Raporundan [32] taranmış olan Kocaeli.jpeg resim dosyası QGIS programı yardımı ile raster formata dönüştürülür. Bu dönüşüm için QGIS programında yer alan georeferencing modülüne Kocaeli.jpeg resim formatlı dosya eklenerek, bu resim üzerinde yer alan koordinat bilgileri girilir (Şekil 6.2.). Bu aşamada hata oranının düşük olmasına gayret edilir. Koordinatlandırma işleminin tamamlanmasından sonra, dosyanın Koordinat Sistemi WGS84 olarak seçilerek Kocaeli\_Raster dosyası adı ile raster formatta kaydedilmiştir.



Şekil 6.2. QGIS’de Kocaeli.jpeg resim dosyasının, georeferencing modülünde koordinatlandırma işlemi

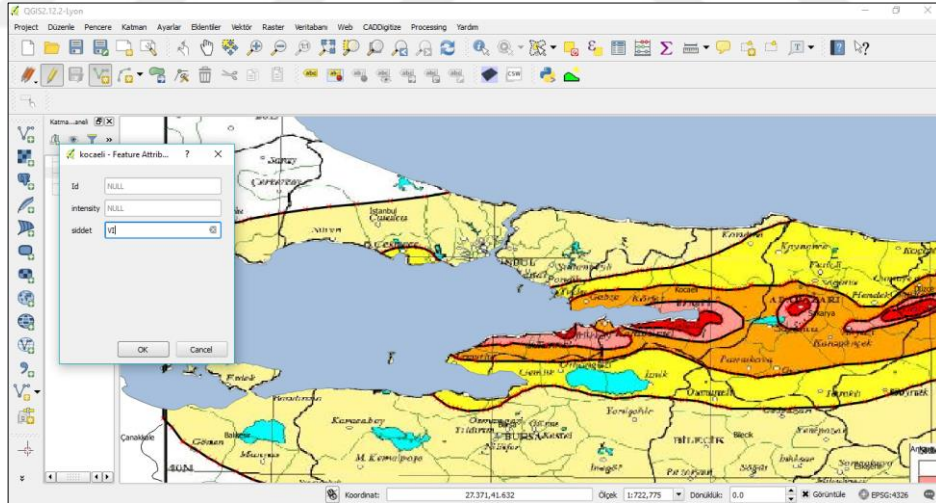
Raster verinin, sayısal ve koordinat sistemi uyumlu olduğu İl\_sınırı katmanı ile birlikte görüntülenerek uyum sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir (Şekil 6.3.).



Şekil 6.3. Kocaeli\_Raster katmanının İl\_sınırı katmanı ile uyumu

Koordinatlandırma işlemi yapılırken kullanılan koordinat bilgileri çoğu eş şiddet haritasının orijinalinde var olan koordinat bilgilerinden elde edilmiştir. Herhangi bir koordinat bilgisi bulunmayan haritalarda ise il ve ilçe merkezi noktalarına ait koordinat bilgilerinden yararlanılarak, resim veri raster veriye dönüştürülmüştür.

Bu aşamada raster formata dönüştürülmüş eş şiddet haritaları sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. İlk aşamada Kocaeli\_Raster dosyası QGIS programında görüntülenir. Sayısallaştırma işlemi yapabilmek için Katman\Yeni katman dosyası ekle modülü seçilmiştir. Açılan ekranda eş şiddet eğrilerini sayısallaştırmak için dosya tipi olarak “çizgi”, koordinat bilgisi raster dosyası ile aynı yani WGS84 seçilmiştir. Öznitelik bölümüne, sayısal verinin içerdiği bilgileri girmek için bir kolon eklenmiştir. Kolonun adına “Şiddet”, tipine şiddet bilgisi Romen rakamı ile temsil edildiği için “metin veri” ve genişlik bölümüne en uzun karakter sayısı göz önünde bulundurularak “10” bilgisi girilmiş ve Kocaeli.shp dosyası oluşturulmuştur. Bu katman dosyasının koordinat özellikleri ile raster katman dosyası koordinat özelliklerinin aynı olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Aksi takdirde sonraki aşamalarda katmanlar arasında uyumsuzluk gözlemlenebilir.

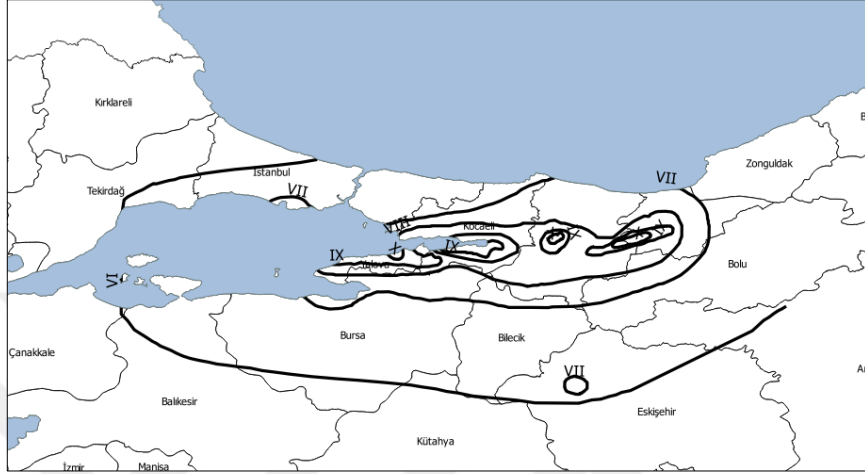


Şekil 6.4. Kocaeli.shp katmanı üzerinde sayısallaştırma işlemi

Yeni oluşturulan vektör formatındaki Kocaeli.shp dosyası seçilerek bu dosya üzerinde düzenleme yap özelliği seçilmiştir. Objeleri ekle modülü yardımı ile Kocaeli\_Raster dosyasında yer alan Eş şiddet eğrileri üzerinden kontrollü bir şekilde ilerleyerek, her eş şiddet eğrisi bitiminde sağ tıklanarak işlem sonlandırılmıştır. Açılan pencerede, daha önce öznitelik bilgisi olarak eklediğimiz “Şiddet” satırına o eş şiddet eğrisine ait



şiddet değeri girilmiştir(Şekil 6.4.). Bütün eş şiddet eğrileri bu şekilde tek tek sayısallaştırılmış, şiddet bilgileri öznitelik tablosuna girilmiştir. Düzenleme yap seçeneği kapatılarak, yapılan çalışmalar dosyaya kaydedilmiştir. Bu şekilde Kocaeli Depremine ait Eş şiddet haritası Kocaeli.shp dosyası adı ile sayısallaştırılmıştır (Şekil 6.5.).

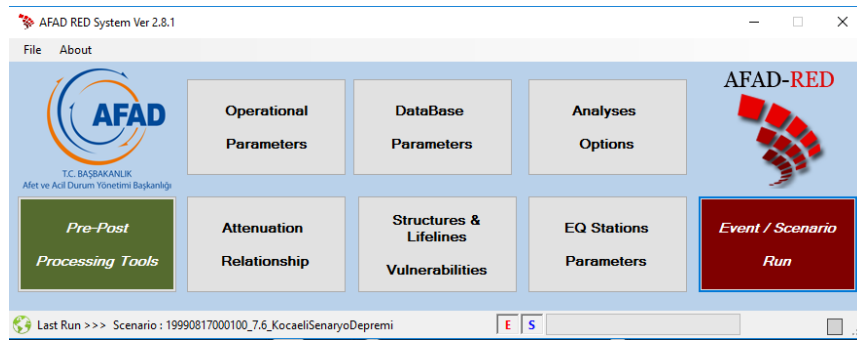


Şekil 6.5. Sayısallaştırılmış Kocaeli Depremi Eş Şiddet Haritası  
Kocaeli.shp katmanının İl\_sınırı katmanı ile birlikte görüntülenmesi

Sayısallaştırma işleminin tamamlanması ile Kocaeli. Shp dosyası orijinal hali korunarak vektör formata dönüşmüştür. Bu aşamadan sonra bu dosya ile her türlü coğrafi analiz ve görüntüleme işleminin yapılmasına olanak sağlanmıştır.

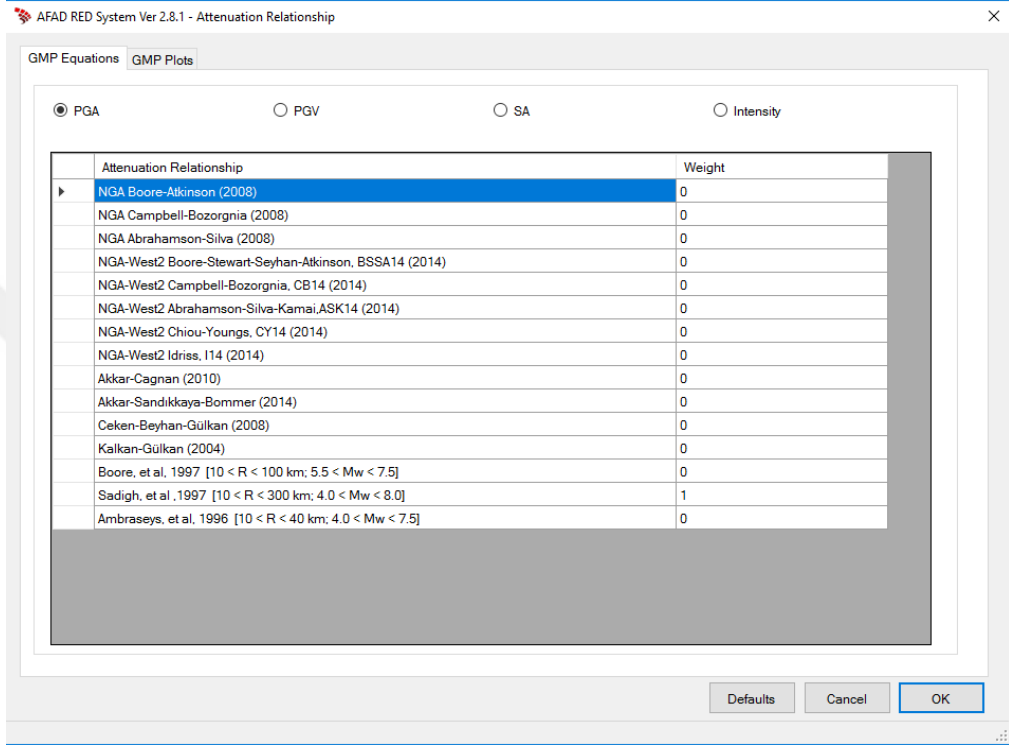
## 6.2. Azalım İlişkileri İle Senaryo Deprem Şiddet Haritalarının Oluşturulması

Çalışmanın ikinci aşamasında; AFADRED yazılımı ile senaryo deprem şiddet haritaları oluşturularak QGIS programında görüntülenmiştir.



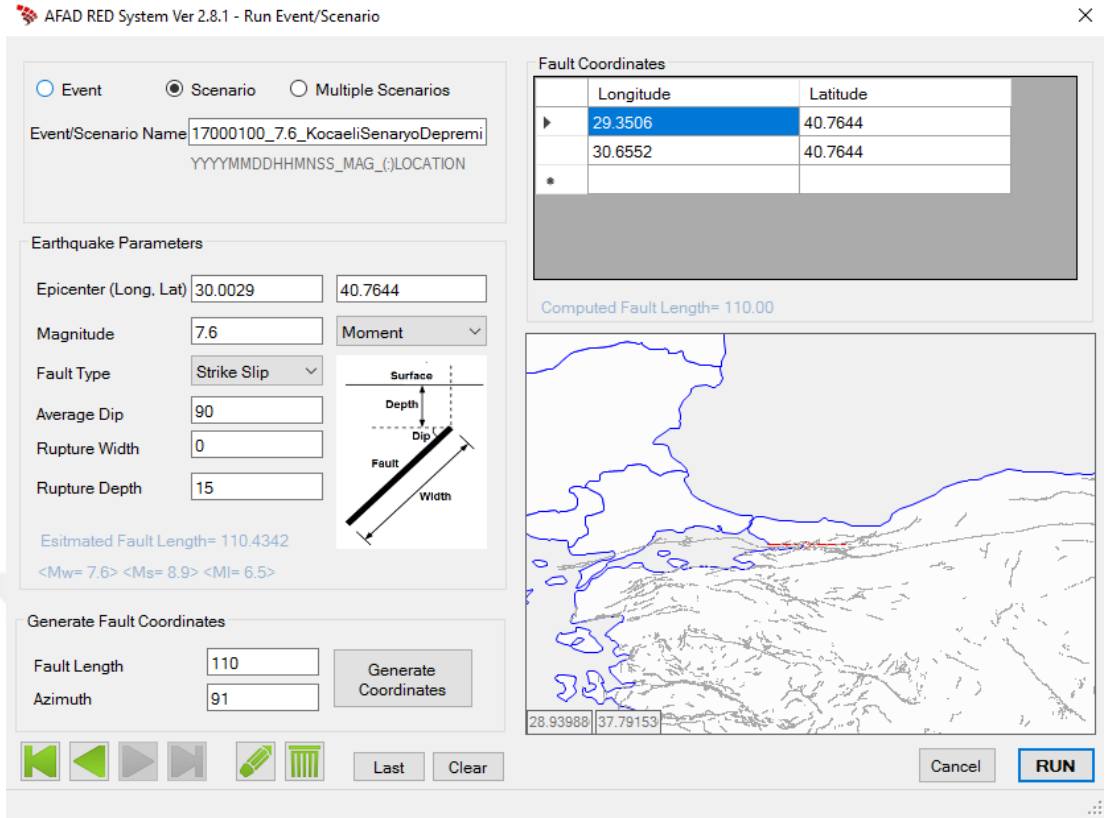
Şekil 6.6. AFADRED yazılımı ana ekran görüntüsü

Bunun için öncelikle, AFADRED yazılımı ana ekran görüntüsü (Şekil 6.6.) üzerinde yer alan “Attenuation Relationship” bölümü seçilir. Bu bölümde yazılımda yeralan ivme azalım ilişkileri tek olarak ve ya birkaç azalım ilişkisi belirli oranlarda ağırlıklandırılarak seçilebilmektedir (Şekil 6.7.). Aynı deprem parametreleri ile farklı azalım ilişkileri seçilerek senaryo depremler oluşturulabilmektedir.



Şekil 6.7. AFADRED yazılımı İvme Azalım İlişkileri ekran görüntüsü

Azalım İlişkisi seçimi yapıldıktan sonra, Tablo 6.3.’de yer alan deprem parametreleri [9] bilgilerini girmek için ana ekran üzerinde yer alan Event/Scenario Run bölümü seçilir. Bu ekran üzerinde gerçek bir depreme elle müdahale edebilme, senaryo deprem oluşturma ve çoklu senaryo oluşturabilme(nokta kaynak) seçenekleri mevcuttur (Şekil 6.8.). Bu bölümde depremin enlem ve boylam bilgileri, büyüklüğü, büyüklük türü, fay türü, derinlik gibi parametre bilgileri girilebilir. Eğer biliniyorsa yüzey kırığı uzunluğu, fayın azimuth açısı bilgileri girilir. Fay uzunluğu[10] ve azimuth[10] bilgisi listeye girilmeden, ekranın sağ alt köşesinde bulunan harita üzerinden de depreme ait yüzey kırığı bilgisi elle seçilebilir. Depreme ait bilgilerin girişi tamamlandıktan sonra ‘run’ tuşuna basılarak program çalıştırılır. Program yaklaşık 25-30 sn. içerisinde çıktıları üretir, çıktılar shp formatında olup CBS ortamında görüntülenebilmektedir.



Şekil 6.8. AFADRED yazılımı Olay/Senaryo ekran görüntüsü

Bu şekilde her bir deprem için, azalım ilişkileri değiştirilerek 182 adet senaryo şiddet haritası oluşturulmuş olur.

Tablo 6.3. Senaryo Deprem Parametreleri [9,10]

Yeri	Tarihi	Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
Şarköy Mürefte	09.08.1912 01:29(GMT)	Ms 7,4	10	Doğrultu Atımlı Fay	75	40,75	27,2
Burdur	03.10.1914 22:06(GMT)	Ms 7,0	10	Normal Fay	222	37,6	30,10
Erzincan	26.12.1939 23:57(GMT)	Ms 7,9	20	Doğrultu Atımlı Fay	108	39,8	39,51
Erbaa-Niksar	20.12.1942 14:03(GMT)	Ms 7,0	10	Doğrultu Atımlı Fay	128	40,87	36,47
Lâdik-Tosya	26.11.1943 22:20(GMT)	Ms 7,2	10	Doğrultu Atımlı Fay	269	41,05	33,72
Bolu-Gerede	01.02.1944 03:22(GMT)	Ms 7,3	10	Doğrultu Atımlı Fay	332	40,09	32,60

Tablo 6.3. (Devam) Senaryo Deprem Parametreleri [9,10]

Yenice- Gönen	18.03.1953 19:06(GMT)	Ms 7,2	10	Doğrultu Atımlı Fay	59	39,99	27,36
Fethiye	25.04.1957 02:25(GMT)	Ms 7,1	80	Doğrultu Atımlı Fay	325	36,42	28,68
Abant	26.05.1957 06:33 (GMT)	Ms 7,1	10	Doğrultu Atımlı Fay	87	40,67	31,00
Manyas- Karacabey	06.10.1964 14:31 (GMT)	Ms 7,0	34	Normal Fay	100	40,3	28,23
Gediz	28.03.1970 21:02 (GMT)	Ms 7,2	18	Normal Fay	128	39,2	29,51
Çaldıran	24.11.1976 12:22 (GMT)	Mw 7,0	8.6	Doğrultu Atımlı Fay	110	39,08	42,029
Kocaeli- Gölcük	17.08.1999 00:01 (GMT)	Mw 7,6	15	Doğrultu Atımlı Fay	91	40,77	30,004
Düzce- Kaynaşlı	12.11.1999 16:57(GMT)	Mw 7,1	11	Doğrultu Atımlı Fay	268	40,806	31,226

### 6.3. Eş Şiddet Eğileri ve Senaryo Deprem Şiddet Haritalarının Karşılaştırılması

Haritaların şiddet dağılımları ve eş şiddet eğileri için on iki derecelik MMI ölçeği kullanılmıştır. Şiddet haritasının renk kodlaması için tüm dünyada da standart olarak kullanılan gökkuşağı paleti uygulanmıştır. Bu renk paleti genellikle "Soğuk" "Sıcak" renk şeması olarak da bilinir ve birçok alanda(örneğin günlük sıcaklık haritaları) standart olarak kullanıldığı için insanlar tarafından kolayca anlaşılabilir özelliktedir.

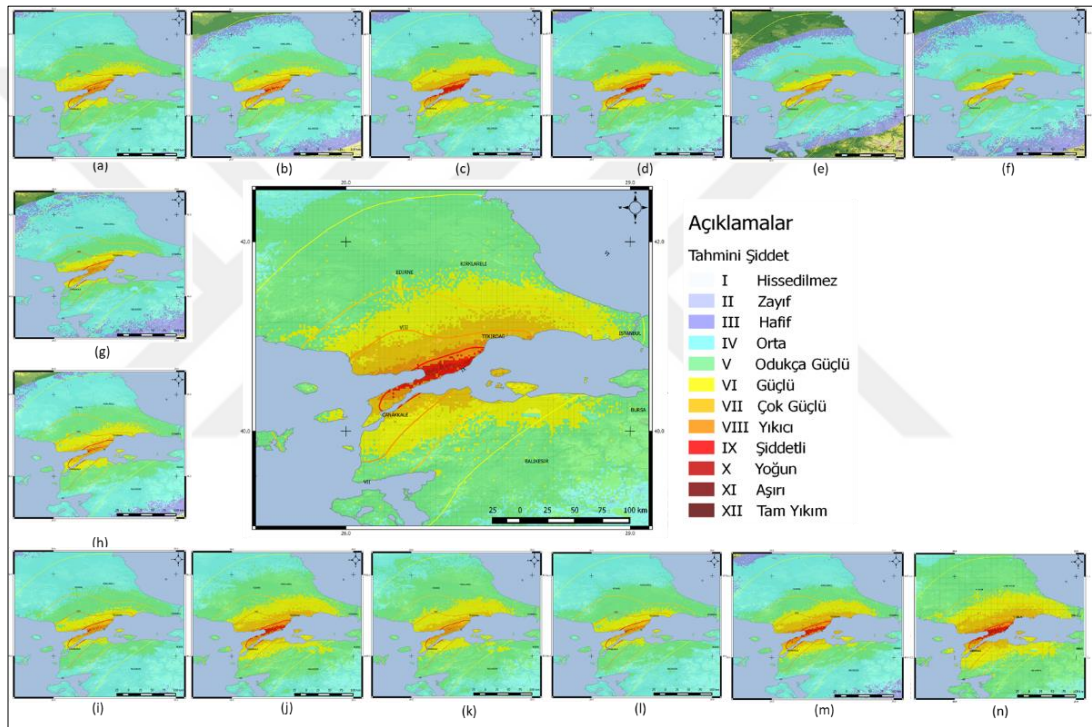
Eş şiddet haritalarında; çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar bulunsada elde bulunan veriler dâhilinde geçmişte yaşanmış bir depremin şiddet dağılımını en iyi şekilde yansıtan en güvenilir kaynaklardır. Şiddet haritaları oluşturulurken kullanılan azalım ilişkileri ve MMI-PGA/PGV ilişkileri belirli sınırlılıkları olan eşitliklerdir. Fakat bu eşitlikler gün geçtikçe geliştirilerek daha gelişmiş sonuçlar üretir. Mevcut durumda elimizde var olan bu iki verinin bir biri ile uyumu aranırken piksel piksel bir uyumluluk yakalamak ya da % 100 uyum oranı yakalamak pek mümkün değildir. Bu değerlendirme yapılırken iki özellik dikkate alınmıştır. Hem eş şiddet haritasındaki hem de şiddet



[9,10] Tablo 6.4.'de yer almaktadır. 1912 Şarköy Mürefte Depremi için oluşturulan senaryo deprem de AFADRED programına, bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 50 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi de girdi olarak kullanılmıştır (Şekil 6.10.).

Tablo 6.4. 1912 Şarköy Mürefte Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,4	10	Doğrultu Atımlı Fay	75	40,75	27,2



Şekil 6.10. 1912 Şarköy Mürefte depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan (2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.10.'de yer alan; 1912 Şarköy Mürefte depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (n) Ambraseys, 1996 kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "X" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet

dağılımı açısından; Şiddet IX, VIII ve VII eğrisi sınırları içerisinde yer alan gridlerde bu alanlara ait şiddet değerleri büyük ölçüde seyrelerek de olsa gözlemlenmiş, yine VI eğrisi sınırları içerisinde yer alan gridler de, VI şiddet değeri seyrek de olsa gözlemlenmiştir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, “%50 değerinde” uyumlu olan (n) Ambraseys, 1996 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.5.’de yer almaktadır. Uyumun sağlanamadığı noktalar için kesin bir yargıda bulunmak mümkün değildir. Fakat depremin meydana geldiği dönemde çok az kaydın alındığı ve depremin eş şiddet haritası çiziminde yüzey çatlakları, yüzey kırığı gibi arazi gözlem bilgilerinin eksik kaldığı belirtilmiştir [36]. Bölgede meydana gelen artçı sarsıntılar ile hasar durumu artmış bu da depremin şiddetinin var olandan daha fazla olarak gösterilmesine sebep olmuş olabilir. Bununla birlikte; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir.

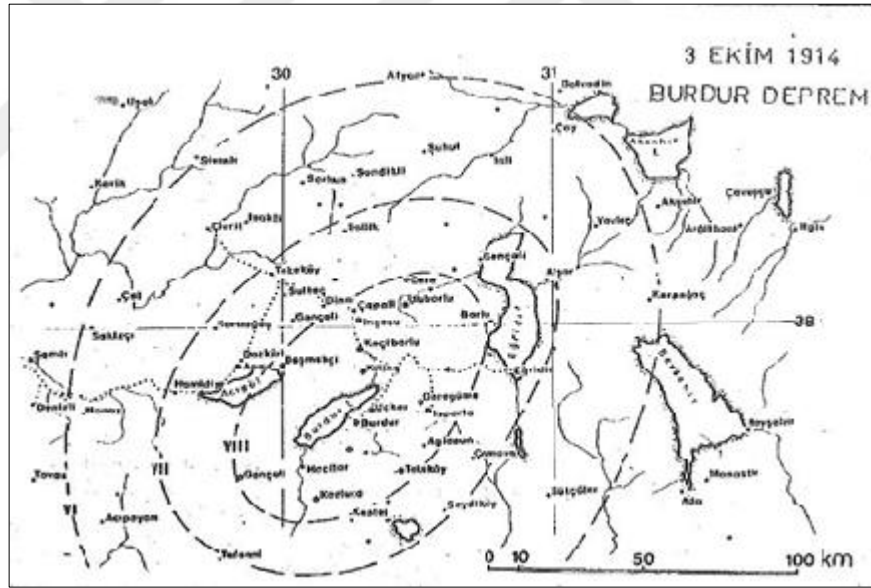
Tablo 6.5. 1912 Şarköy Mürefte Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	20
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	20
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	40
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	40
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandıkkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	10
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	20
NGA Abrahamson- Silva (2007)	40
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	45
Ambraseys, ve diğ. (1996)	50

### 6.3.2. Burdur depremi (03 Ekim 1914)

03.10.1914 günü saat 22:06(GMT) merkez üssü Burdur gölünün içinde yer alan  $M_s=7,0$  büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Depremden hemen sonra meydana gelen yangın da yine oldukça büyük hasara neden olmuştur. Deprem Burdur ovasında, Isparta ve yakınlarında ve Dinar'da ağır hasarlar meydana getirmiştir. Burdur çukurluğunda göl kenarına paralel GB-KD doğrultulu ve 40 km uzunlukta bir kırık olmuştur [35].

Depremle ilgili belirgin bir ötelenmeden bahsedilmemekle birlikte, Burdur gölünün güneydoğu kıyısının 23 km'lik bir bölümü çökmüştür. Bu olay, kıyının bu kesimi boyunca normal karakterde bir yüzey kırığının geliştiğine işaret eder. Ana şoktan sonra kısa bir zaman süresince küçük magnitüdü artçı depremler meydana gelmiştir. Deprem dış-merkezinde en büyük şiddet MSK=IX olarak belirlenmiştir [33].



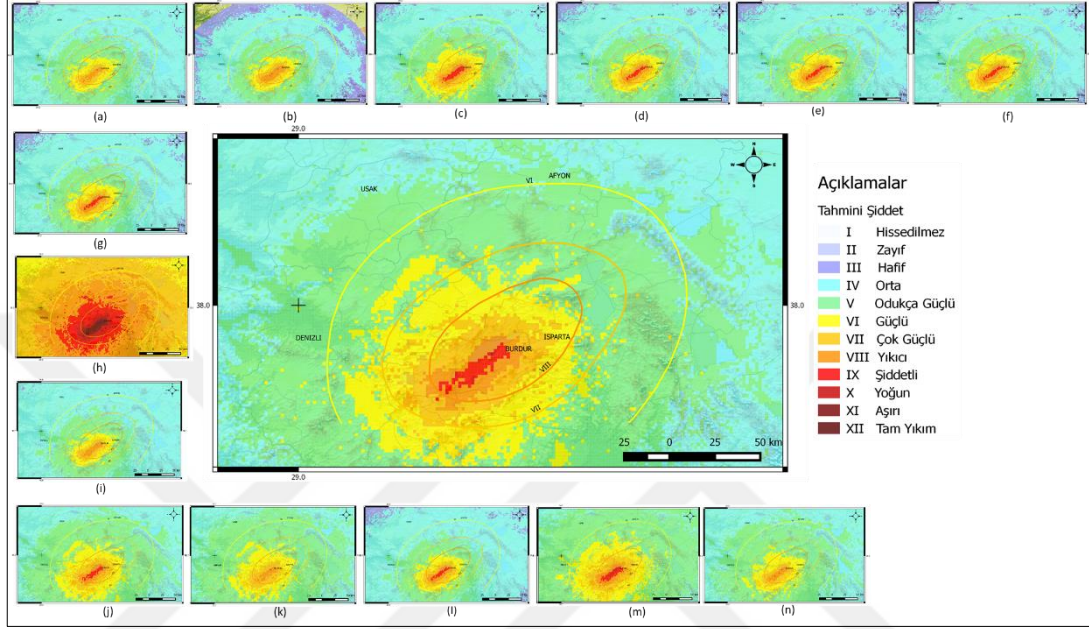
Şekil 6.11. 1914 Burdur Depremi Eş şiddet Haritası [38]

Depreme ait Şekil 6.4.'de yer alan eş şiddet haritası [38] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Depremin kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.2.'de yer almaktadır. 1914 Burdur Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 40 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır [33].



Tablo 6.6. 1914 Burdur Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,0	10	Normal Fay	222	37,6	30,1



Şekil 6.12. 1914 Burdur depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n) Ambraseys (1996)

Şekil 6.12.'de yer alan; 1914 Burdur depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (j) NGA Abrahamson- Silva (2007) kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "IX" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; Şiddet VIII, VII ve VI eğrisi sınırları içerisinde yer alan gridlerde bu alanlara ait şiddet değerleri seyrek de olsa gözlemlenmiştir. Haritanın Kuzey-Doğu yönünde uyum sağlamadığı görülsede, Güney-Batı yönünde eş şiddet eğrisi ve şiddet haritasının daha uyumlu olduğu görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%60 değerinde" uyumlu olan NGA Abrahamson- Silva (2007) Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu

görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.7.'de yer almaktadır. Uyumun sağlanamadığı noktalar için kesin bir yargıda bulunmak mümkün değildir. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir.

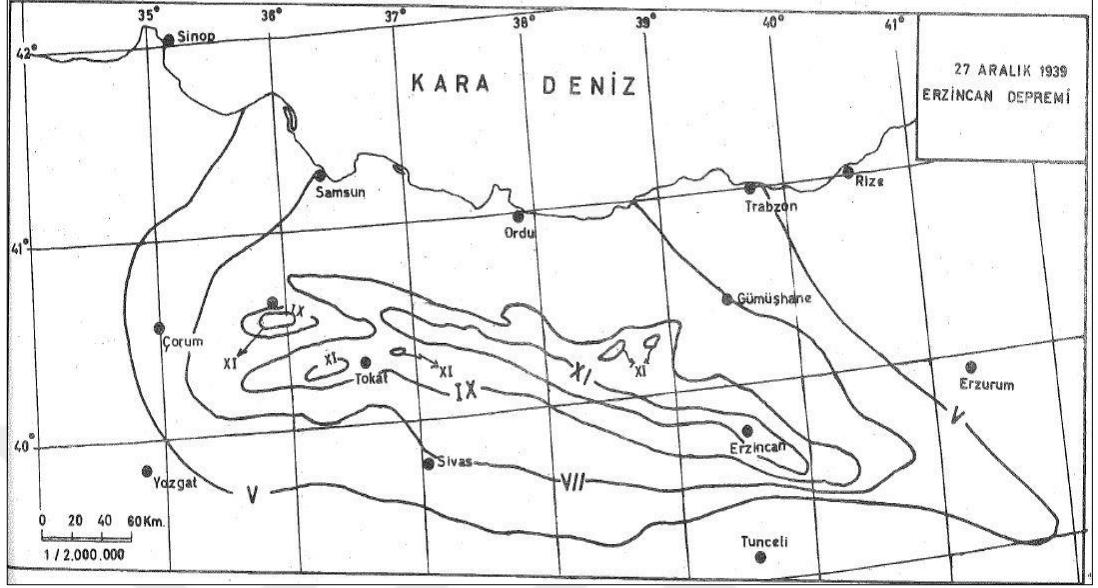
Tablo 6.7. 1914 Burdur Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	20
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	20
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	40
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	40
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	20
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	30
NGA Abrahamson- Silva (2007)	60
Kalkan-Gülkan (2004)	40
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	50
Ambraseys, ve diğ. (1996)	40

### 6.3.3. Erzincan depremi (26 Aralık 1939)

26.12.1939 günü saat 23:57(GMT) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu kesiminde, Ms:7,9 büyüklüğünde Erzincan dış-merkezli yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Bu deprem, bu güne kadar Türkiye'de meydana gelmiş ve kaydedilmiş depremlerin en büyüğüdür, hemen hemen tüm ülke genelinde hissedilmiştir. Ağır kış şartlarında meydana gelmesi sebebi ile yardımların ulaşmasında ve müdahale de geç kalınmıştır. Erzincan Depremi Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde 350 km'lik yüzey kırığı meydana getirmiş, bu kırık Erzincan'dan Amasya'ya kadar uzanmıştır. Erzincan Depreminde oluşan kırıklar fay kuşağı boyunca değişik uzunlukta ve atımda yer alır.

Fay üzerinde 4 m.'ye yakın sağ yönlü yer değiştirme olmuştur. Deprem dış-merkezinde en büyük şiddet MSK=XI olarak belirlenmiştir [33].

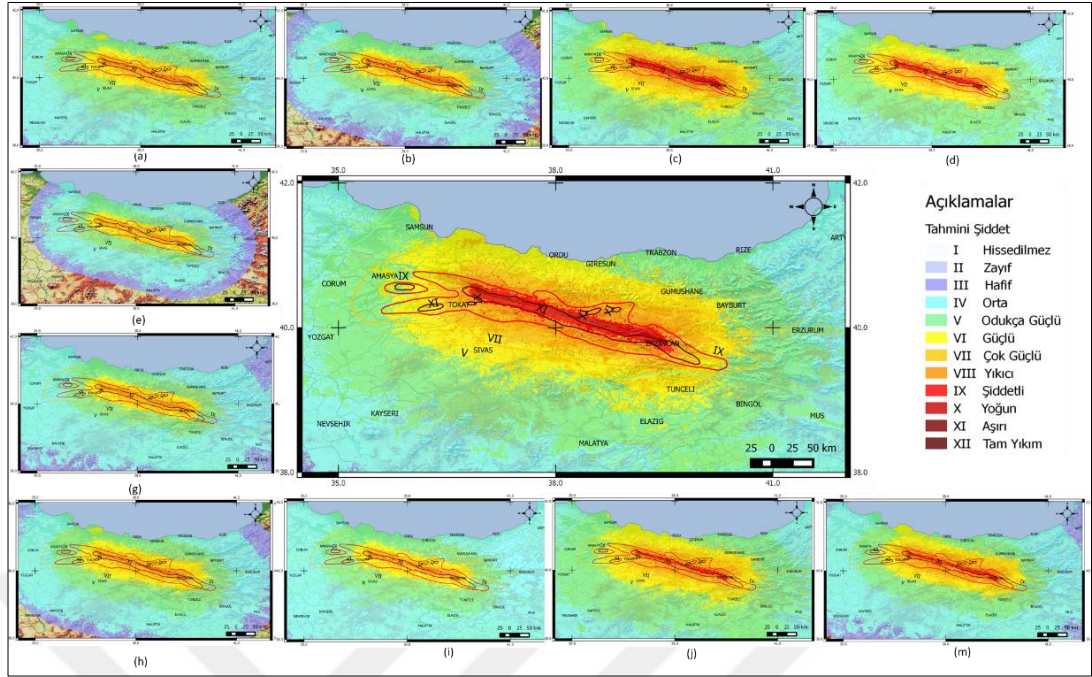


Şekil 6.13. 1939 Erzincan Depremi Eş şiddet Haritası [37]

Depreme ait Şekil 6.13.'de yer alan eş şiddet haritası [37] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Deprem kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.8.'de yer almaktadır. 1939 Erzincan Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 350 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.8. 1939 Erzincan Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,9	20	Doğrultu Atımlı Fay	108	39,8	39,51



Şekil 6.14. 1939 Erzincan depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson(2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia(2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (m) Sadigh ve diğ.(1997),

Şekil 6.14.'de yer alan; 1939 Erzincan depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (c)ASK14 (2014) kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "XI" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; XI ve IX şiddeti için faya yakın bölümlerde uyum oranının daha yüksek olduğu, faydan uzaklaştıkça uyumun giderek kaybolduğu görülmektedir. VII ve V şiddeti için genel dağılımın daha uyumlu olduğu, faydan uzaklaştıkça gridlerdeki şiddet değerleri uyumunun seyrelerek de olsa azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%60 değerinde" uyumlu olan (c)ASK14 (2014) azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.9.'da yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı

söylenbilir. Bununla birlikte; bölgede yapıların birçoğunun mühendislik hizmeti almamış yapılar olduğu, deprem sonrasında meydana gelen artçı sarsıntılar ile hasar durumunun artmış olması ile depremin şiddetinin bu bölgelerde beklenenden daha fazla gösterilmesine sebep olmuş olabilir. Akkar ve Çağnan(2010), Kalkan-Gülkan (2004), Boore, ve diğ.(1997), Ambraseys (1996) azalım ilişkileri bu büyüklükteki bir deprem için kullanılması önerilmediğinden, bu azalım ilişkilerine dair değerlendirme yapılmamıştır.

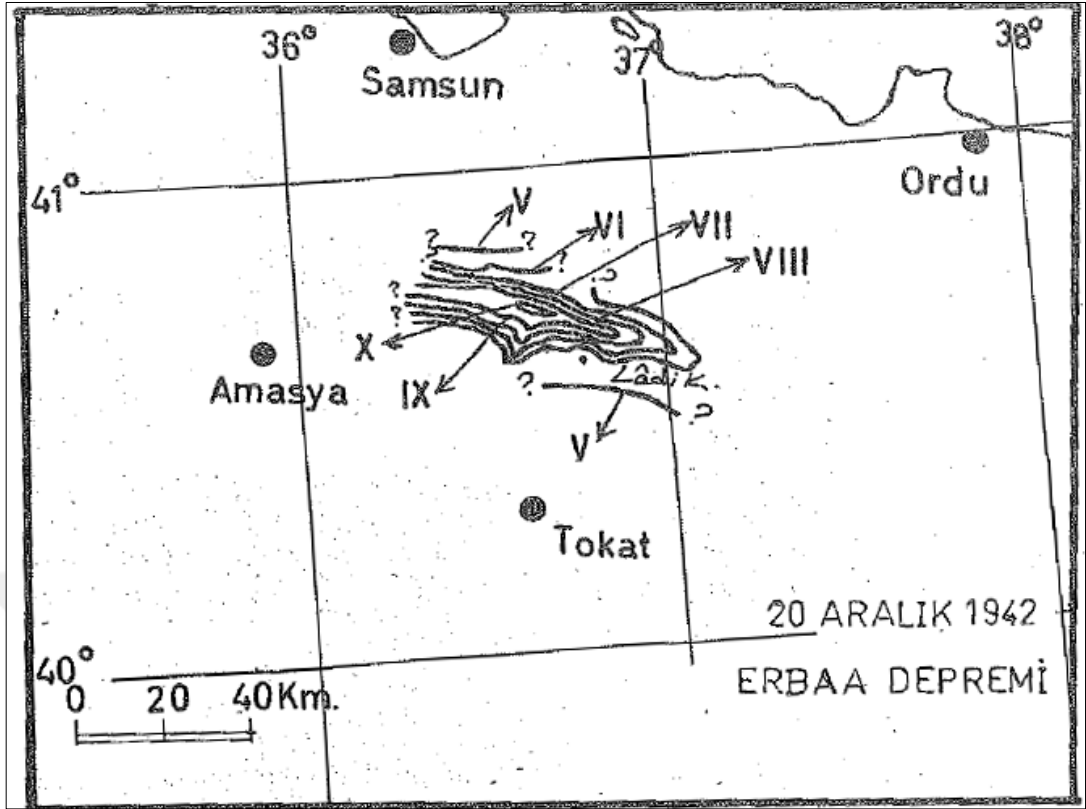
Tablo 6.9. 1939 Erzincan Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	30
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	30
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	60
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	40
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	-
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	25
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	20
NGA Abrahamson- Silva (2007)	50
Kalkan-Gülkan (2004)	-
Boore, ve diğ. (1997)	-
Sadigh, ve diğ. (1997)	50
Ambraseys, ve diğ. (1996)	-

#### 6.3.4. Erbaa-niksar depremi (20 Aralık 1942)

20.12.1942 günü saat 14:03(GMT) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun orta bölümlerinde, Erbaa-Niksar arasında,  $M_s=7,0$  büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Deprem Niksar ile Kelkit ve Yeşilirmak nehirlerinin birleştiği bölgedeki tüm köyleri harap etmiştir. Hasar, olayla ilişkili fay kırılmasından 100 km uzaklığa kadar uzanırken, depremin uzak alan etkilerinin Kafkasya'daki Zugdidi'ye kadar olduğu bildirilmiştir.

Erzincan Depreminde kırılan fayın devamında sağ yönlü doğrultu atımlı karakterde gelişmiş 50 km. uzunlukta bir yüzey kırığı oluşturduğu gözlemlenmiştir. Önemli bir ön-ya da artçı sarsıntı kaydedilmemiştir. Deprem dış-merkezinde en büyük Şiddet  $MSK=X$  olarak belirlenmiştir [33].



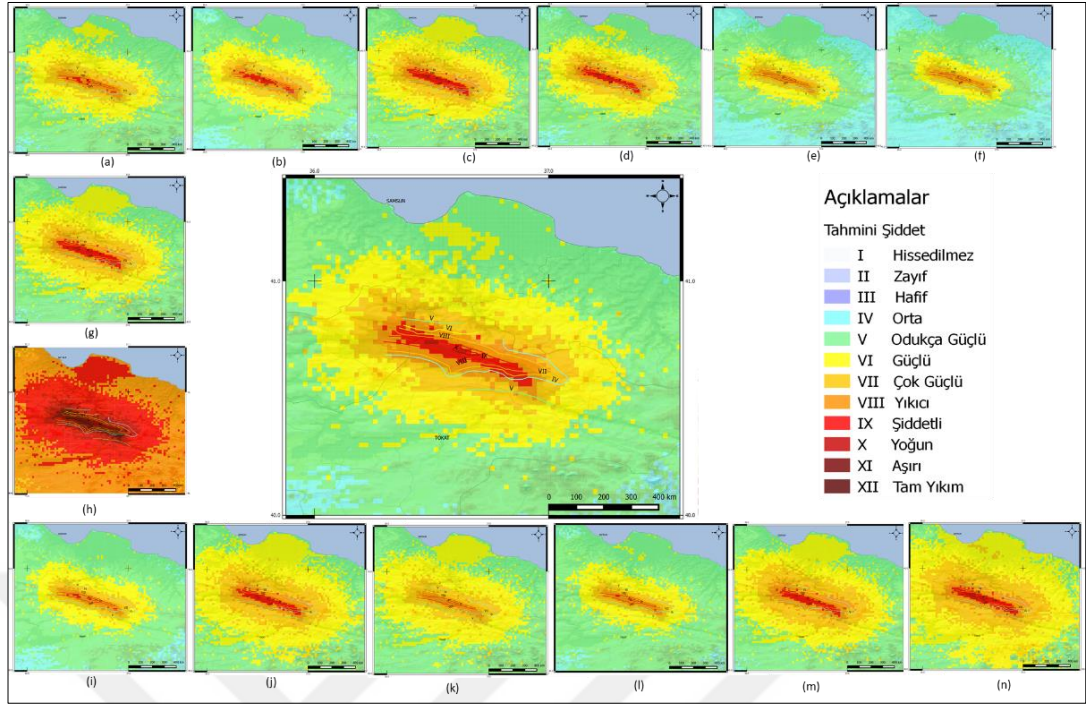
Şekil 6.15. 1942 Erbaa Niksar Depremi Eş şiddet Haritası [38]

Depreme ait Şekil 6.15.'de gösterilen eş şiddet haritası[38] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Deprem kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.10.'da yer almaktadır. 1942 Erbaa-Niksar Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 50 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.10. 1942 Erbaa Niksar Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,0	10	Doğrultu Atımlı Fay	128	40,87	36,47





Şekil 6.16. 1942 Erbaa-Niksar depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağın (2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore, ve diğ.(1997), (m)Sadigh, ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.16.'da yer alan; 1942 Erbaa-Niksar depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (d) CY14 kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "X" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; X şiddeti için uyum oranının daha yüksek olduğu görülmüş, IX, VIII,VII, VI ve V şiddetleri için ise eş şiddet eğrileri arası mesafenin çok sık olmasından dolayı çok sağlıklı bir değerlendirme yapılamamıştır. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%50 değerinde" uyumlu olan (d) CY14 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.11.'de yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Bununla birlikte; bölgedeki yapı

stokunun büyük ölçüde mühendislik hizmeti almamış yapılardan oluşması sebebi ile hasar durumunun artmış olması deprem şiddetinin bu bölgelerde var olması beklenenden daha fazla gösterilmesine sebep olmuş olabilir.

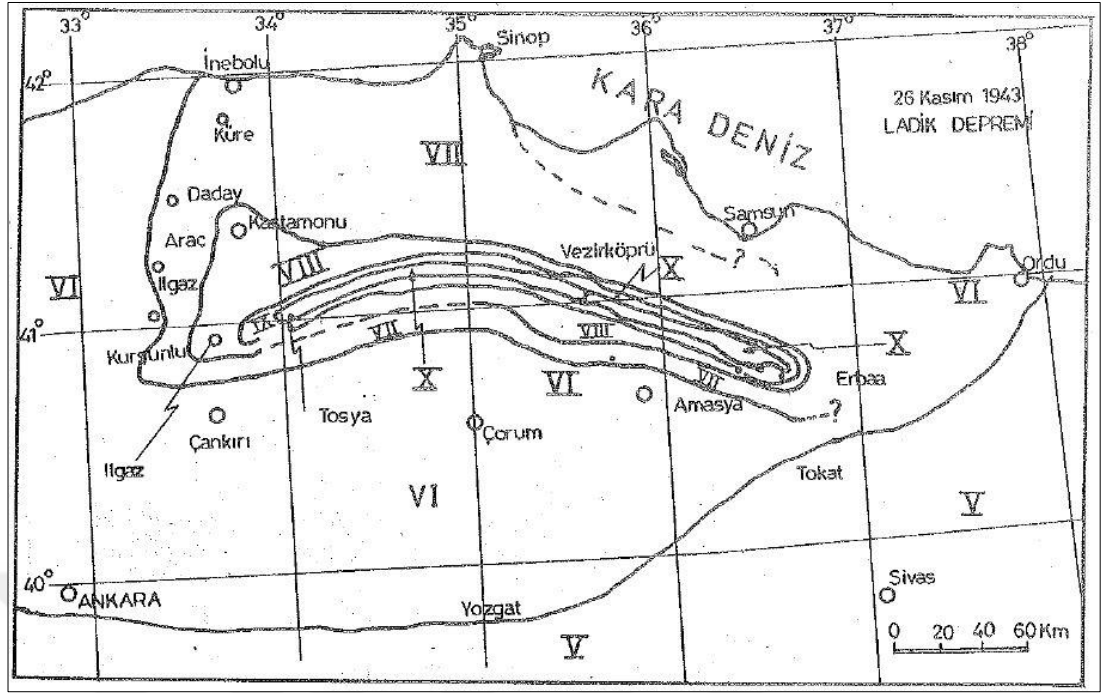
Tablo 6.11. 1942 Erbaa-Niksar Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	30
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	30
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	40
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	50
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	40
NGA Boore-Atkinson (2008)	10
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	30
NGA Abrahamson- Silva (2007)	40
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	30
Sadigh, ve diğ. (1997)	40
Ambraseys, ve diğ. (1996)	40

### 6.3.5. Ladik-tosya depremi (26 Kasım 1943)

26.11.1943 günü saat 22:20 (GMT) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun orta kesiminde, Ladik ile Tosya arasında  $M_s=7,2$  büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Deprem, D-B doğrultusunda, Erbaa'dan Ilgaz'a kadar uzanan 300 km uzunlukta ve 20 km genişlikte Doğu-Batı yönünde bir bölge içerisinde yer alan tüm yerleşim alanlarında yıkıma sebep olmuştur. Bu alan içerisinde de yer alan, kamu binaları ve tarihi binaları tamamen yıkılmış, karayolları, tren yolları ve telgraf hatlarında onarılamayacak hasar meydana getirmiştir. Deprem sonrası çıkan yangınlar ile hasar daha da artmıştır. Deprem, sağ yönlü doğrultu atımlı karakterde 265 km uzunluğunda yüzey kırığı meydana getirmiştir. Deprem dış-merkezinde en büyük Şiddet  $MSK=XI$  olarak belirlenmiştir [33].



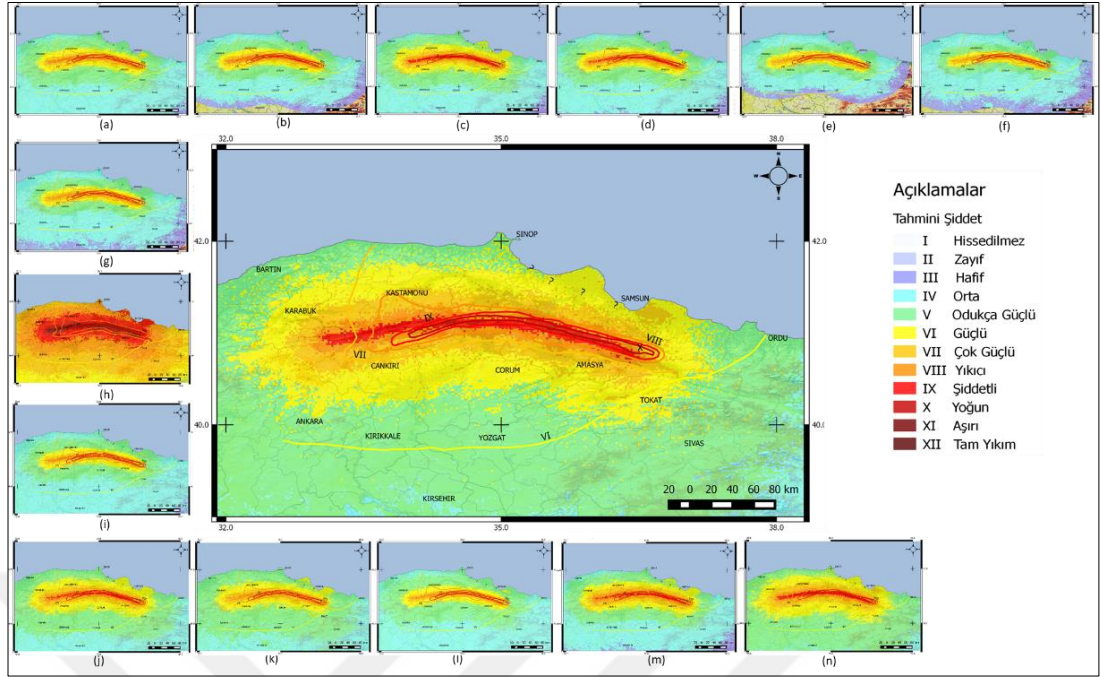


Şekil 6.17. 1943 Ladik-Tosya Depremi Eş şiddet Haritası [39]

Depreme ait Şekil 6.17.'de yer alan eş şiddet haritası [39] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Depremın kaynak parametreleri Tablo 6.12.'de yer almaktadır[9,10]. 1943 Ladik-Tosya Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 265 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.12. 1943 Ladik-Tosya Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,2	10	Doğrultu Atımlı Fay	269	41,05	33,72



Şekil 6.18. 1943 Ladik-Tosya depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.18.'de yer alan; 1943 Ladik-Tosya depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için senaryo şiddet haritaları ve eş şiddet haritası arasında fayın batı kısmı için uyumsuzluk olduğu görülmüştür buna sebep olarak kullanılan 265 km yüzey kırığı bilgisi olduğu düşünülmüştür. Haritanın batısında yer alan bu uyumsuzluğu göz ardı ederek şiddet haritası sınırlarının diğer yönlerdeki dağılımı değerlendirildiğinde deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (n) Ambraseys, 1996 kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "XI" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; X ve IX şiddeti için uyum oranının yüksek olduğu, VIII şiddeti için çok iyi bir uyum yakalandığı VII ve VI şiddetleri için faydan uzaklaştıkça gridlerdeki şiddet değerleri uyumunun seyreler de olsa azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%60 değerinde" uyumlu olan (n) Ambraseys, 1996 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum

oranları Tablo 6.13.'de yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin tam olarak sahayı temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Bunlarla birlikte 1943 Ladik-Tosya depremi ve 1942 Erbaa-Niksar deprem sahaları bir biri içerisine karışmış durumdadır. Bu da, bu saha içerisinde yer alan konutların bir yıl arayla ikinci büyük bir depreme maruz kalmasına ve deprem hasarının beklenenden fazla olmasına sebep olmuş olabilir.

Tablo 6.13. 1943 Ladik-Tosya Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

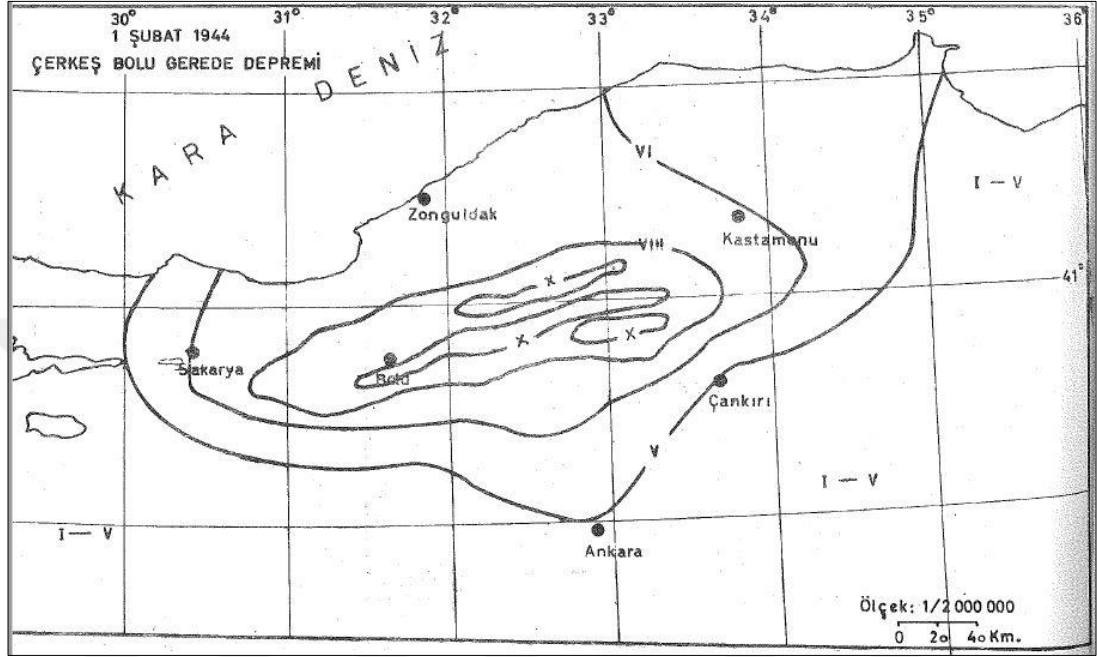
Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	20
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	20
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	50
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	40
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	10
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	20
NGA Abrahamson- Silva (2007)	50
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	40
Ambraseys, ve diğ. (1996)	60

### 6.3.6. Bolu-gerede depremi (01 Şubat 1944)

01.02.1944 günü saat 03:22(GMT) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda, Bolu-Gerede arasında,  $M_s=7,3$  büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Deprem, doğuda Ilgaz'dan batıda Abant'a kadar uzanan 200 km uzunlukta ve 25 km genişlikte bir alan içinde yer alan tüm yerleşim yerlerini yerle bir etmiştir [33].

Bu bölgedeki tüm mühendislik yapılarını hemen hemen harap etmiş ve haberleşme sistemini çökertmiştir. Depremde, kuzey bloğun aşağıya doğru düştüğü sağ yanal doğrultu atımlı, 185 km uzunlukta bir yüzey kırığı meydana geldiği belirtilmiştir. Depremın uzak alan etkisi nedeniyle, Ankara ve İstanbul'da birkaç ev çökmüş ve

pencere camları kırılmıştır. En son kırığın batı ucunun KD ve GD'sunda, Düzce ve Mudurnu'da iki büyük artçı deprem meydana gelmiş ve bu bölgelerde ağır hasar yaparak birçok kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. Deprem dış-merkezinde en büyük Şiddet MSK=X olarak belirlenmiştir [33].

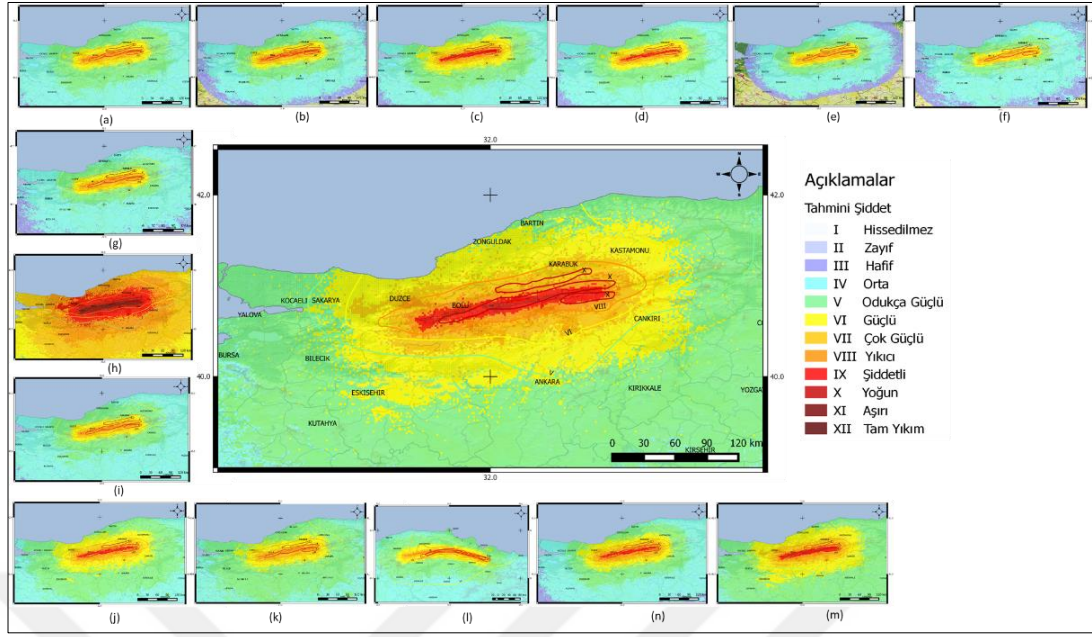


Şekil 6.19. 1944 Bolu-Gerede Depremi Eş Şiddet Haritası [40]

Depreme ait Şekil 6.19.'da yer alan eş şiddet haritası [40] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Deprem kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.14.'de yer almaktadır. 1944 Bolu-Gerede Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 185 km.<sup>2</sup>lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.14. 1944 Bolu-Gerede Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,3	10	Doğrultu Atımlı Fay	332	40,09	32,6



Şekil 6.20. 1944 Bolu Gerde depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia(2008), (j)NGA Abrahamson-Silva(2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.20.'de yer alan; 1944 Bolu Gerde depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (n) Ambraseys, 1996 kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "X" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; X şiddeti için faya yakın bölümlerde uyum oranının daha yüksek olduğu, faydan uzaklaştıkça uyumun azaldığı görülmektedir. VIII, VI ve V şiddeti için genel dağılımın daha uyumlu olduğu, faydan uzaklaştıkça gridlerdeki şiddet değerleri uyumunun seyrelererek de olsa azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%70 değerinde" uyumlu olan (n) Ambraseys, 1996 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.15.'de yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Bununla

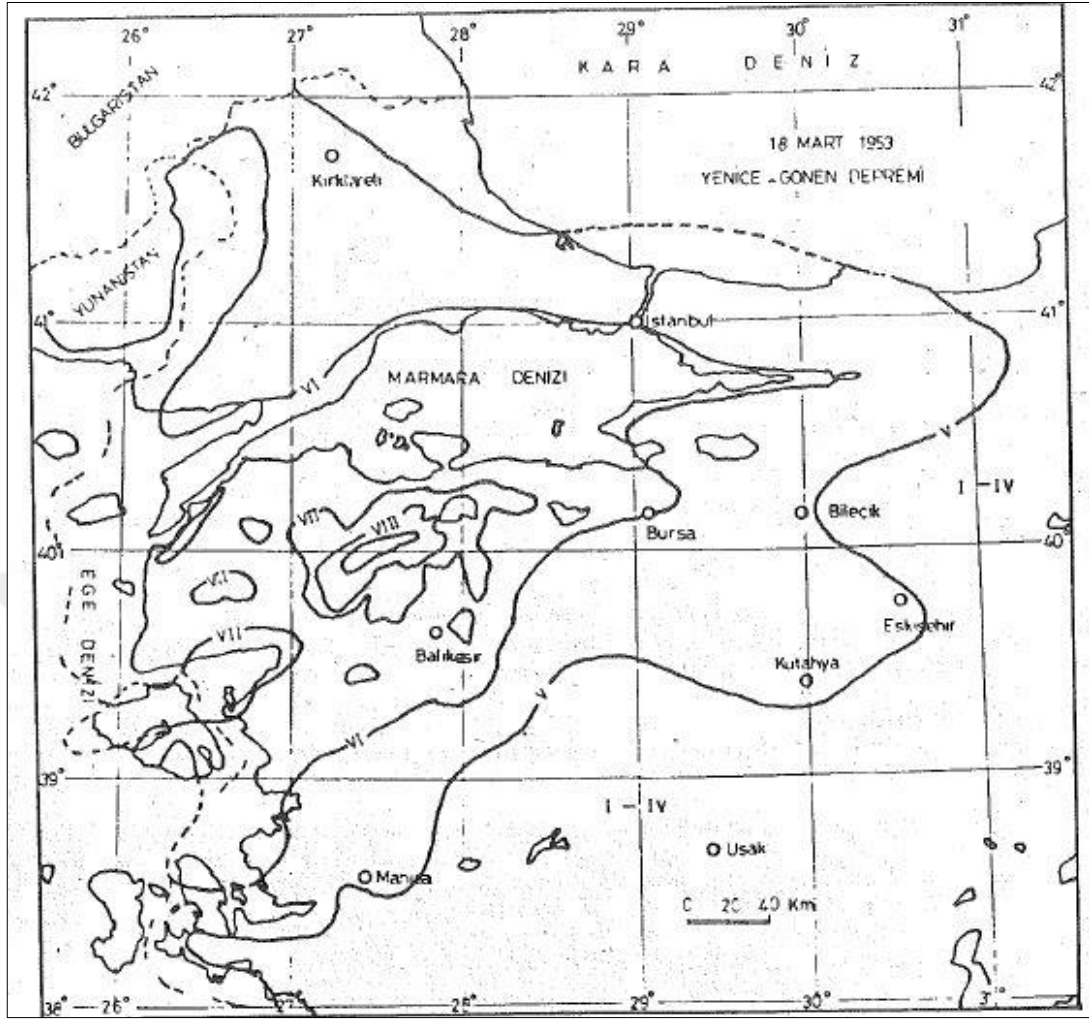
birlikte, Bölgede meydana gelen artçı sarsıntılar ile hasar durumu artmış bu da depremin şiddetinin var olandan daha fazla olarak gösterilmesine sebep olmuş olabilir. Depremin oluşturduğu yüzey kırığının yerleşim yerleri içinden geçmesi ise depremin oluşturduğu yıkımı artırmıştır.

Tablo 6.15. 1944 Bolu Gerede Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	20
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	40
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	40
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	40
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	10
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	20
NGA Abrahamson- Silva (2007)	60
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	50
Ambraseys ve diğ. (1996)	70

### 6.3.7. Yenice-gönen depremi (18 Mart 1953)

18.03.1953 günü saat 19:06(GMT) Yenice-Gönen Ms:7,2 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Deprem, kuzeydeki Marmara Denizi ile güneydeki Edremit Körfezi arasındaki bölgede yaygın bir tahribata neden oldu. Deprem Yenice'nin güneybatısından Gönen'in güneydoğusuna kadar uzanan ve kuzey tarafı aşağı doğru inen sağ yanal yer değiştirmeler gösteren 60 km'nin biraz altında bir yüzey kırığı oluşturdu. Bulgaristan, güney Romanya ve Yunanistan'da hissedilen şok, özellikle Manyas Gölü'nün batı kıyısındaki fay zonundan yaklaşık 60 km mesafeye kadar alanda yer alan akarsu ve göl birikintilerinin yaygın bir şekilde sıvılaşmasına neden oldu. Deprem dış-merkezinde en büyük Şiddet MSK=IX olarak belirlenmiştir [33].



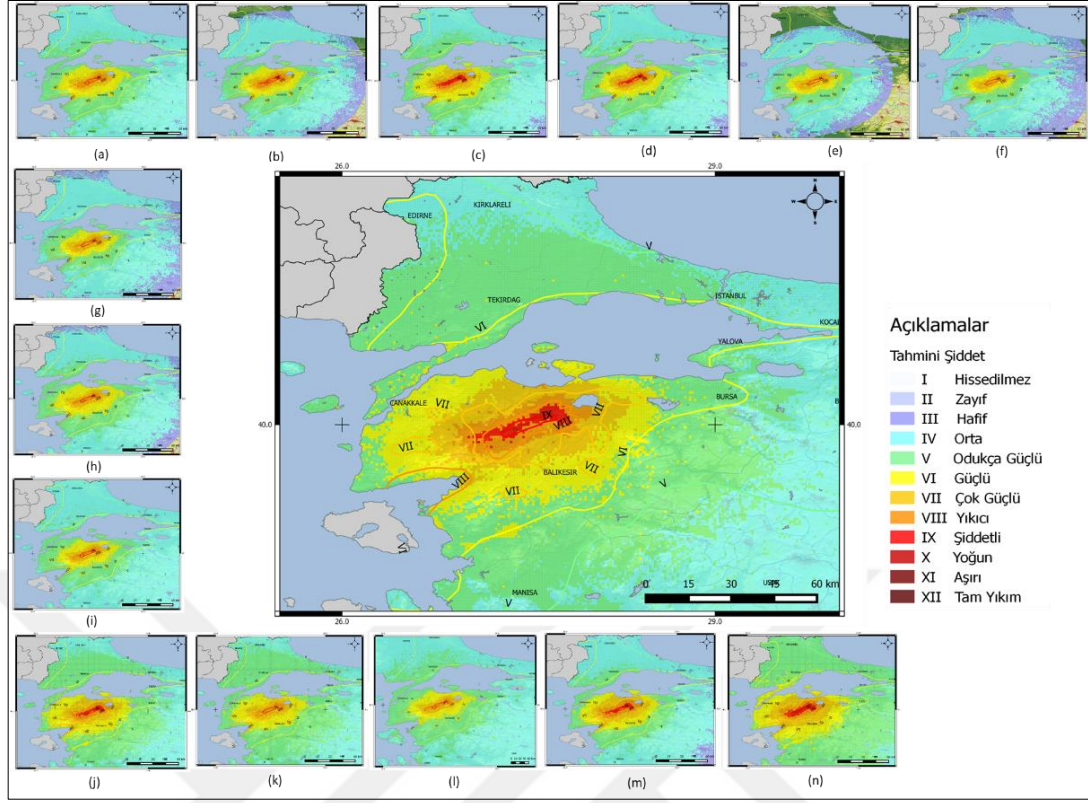
Şekil 6.21. 1953 Yenice-Gönen Depremi Eş Şiddet Haritası [40]

Depreme ait Şekil 6.21.'de yer alan eş şiddet haritası[40] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Depremin kaynak parametreleri [9] Tablo 6.16.'da yer almaktadır. 1953 Yenice-Gönen Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 60 km.'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.16. 1953 Yenice-Gönen Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,2	10	Doğrultu Atımlı Fay	59	39,99	27,36





Şekil 6.22. 1953 Yenice-Gönen depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007),(k) Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.22.'de yer alan; 1953 Yenice-Gönen depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (j) NGA Abrahamson- Silva (2007) kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "IX" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; tüm şiddet değerleri için genel dağılımın uyumlu olduğu, VII şiddeti için uyumun çok daha yüksek olduğu ve VI şiddeti için faydan uzaklaştıkça gridlerdeki şiddet değerleri uyumunun seyrelererek de olsa azaldığı fakat uyumun korunduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%70 değerinde" uyumlu olan (n) Ambraseys, 1996 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.17.'da yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin



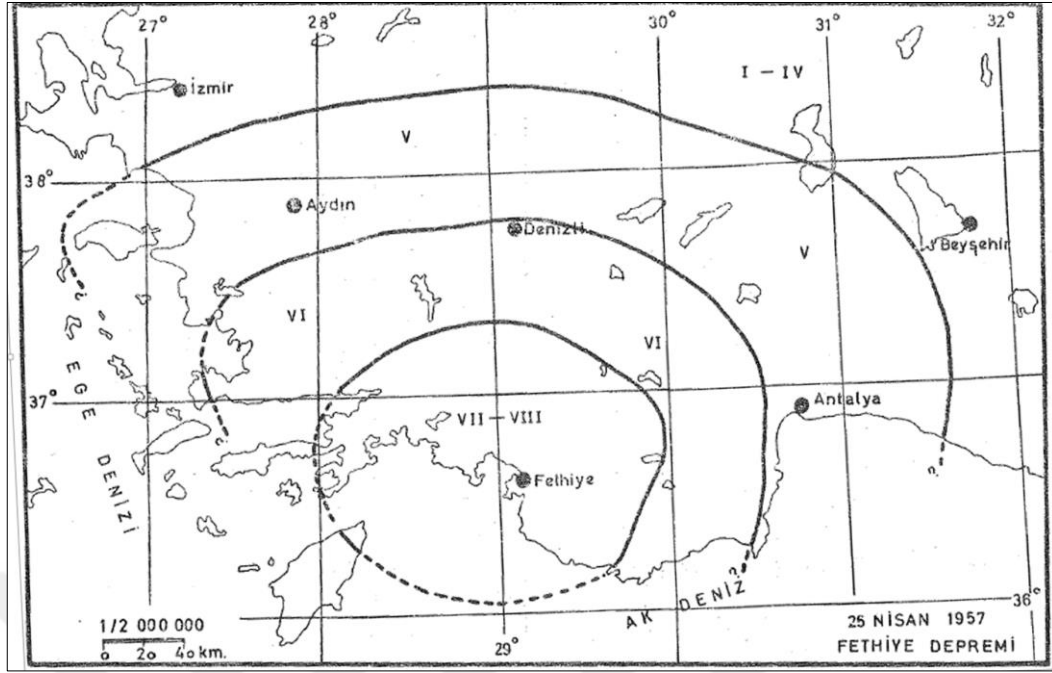
toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Bölgede meydana gelen artçı sarsıntılar ve depremde oluşan sıvılaşma sebebi ile hasar durumu artmış bu da depremin şiddetinin beklenenden daha fazla olarak gösterilmesine sebep olabileceği düşünülmüştür.

Tablo 6.17. 1953 Yenice-Gönen Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	40
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	50
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	60
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	50
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	30
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	30
NGA Abrahamson- Silva (2007)	70
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	60
Ambraseys, ve diğ. (1996)	50

### 6.3.8. Fethiye depremi (25 Nisan 1957)

24 Nisan 1957 günü saat 19:10(GMT) Ms:6,8 ve 25 Nisan 1957 günü saat 02:25(GMT)'de Ms:7,1 büyüklüğünde, dış-merkezleri, Güneybatı Türkiye ve Rodos adası arasında yer alan, yedi saat içinde art arda iki deprem meydana gelmiştir [9]. Büyüklüğü daha küçük olan ilk deprem, 550 km yarıçapı aşan anormal geniş bir alanda hissedildi. Bu şok, Kuzeyde Çanakkale, Bolu, güneyde Tel Aviv ve İskenderiye'de ve Yunanistan'da hissedildi. Hasarın büyük bölümünden sorumlu olan ikinci ve daha büyük şok, çok daha küçük bir alanda hissedilmiştir. İlk depremin korkusuyla halkın evlerini terk etmesi, ikinci depremde ölü sayısı az olmasını sağlamıştır[33].

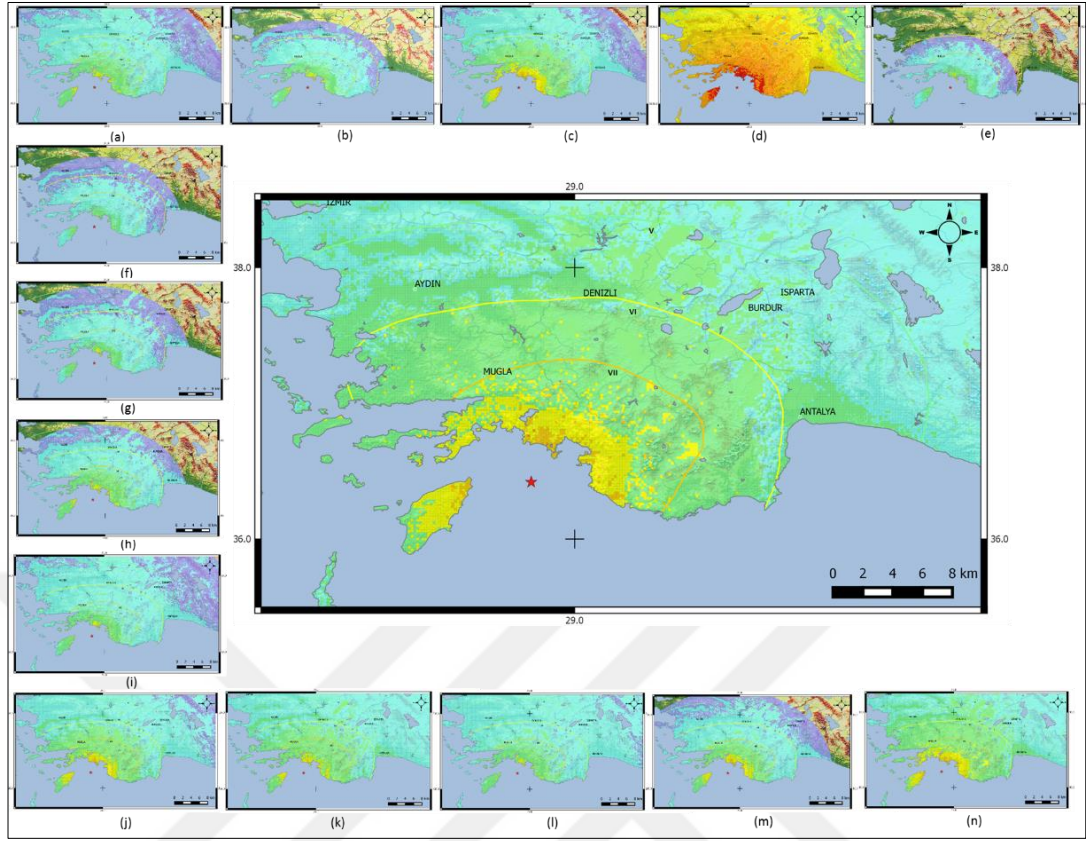


Şekil 6.23. 1957 Fethiye Depremi Eş Şiddet Haritası [40]

Depreme ait Şekil 6.23.'de yer alan eş şiddet haritası[40] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Deprem kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.18.'de yer almaktadır. 1957 Fethiye Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.18. 1957 Fethiye Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,1	80	Doğrultu Atımlı Fay	325	36,42	28,68



Şekil 6.24. 1957 Fethiye depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ.(2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.24.'de yer alan; 1957 Fethiye depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (n) Ambraseys, 1996 kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Deprem merkez üssü denizde olduğundan dolayı maksimum şiddet değeri bulunmamaktadır. Şiddet VII, VI ve V eğrisi sınırları içerisinde yer alan gridlerde bu alanlara ait şiddet değerleri seyrek gözlemlenmiştir. En uyumlu şiddet haritasının, “%40 değerinde” uyumlu olan (n) Ambraseys, 1996 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.19.'da yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım

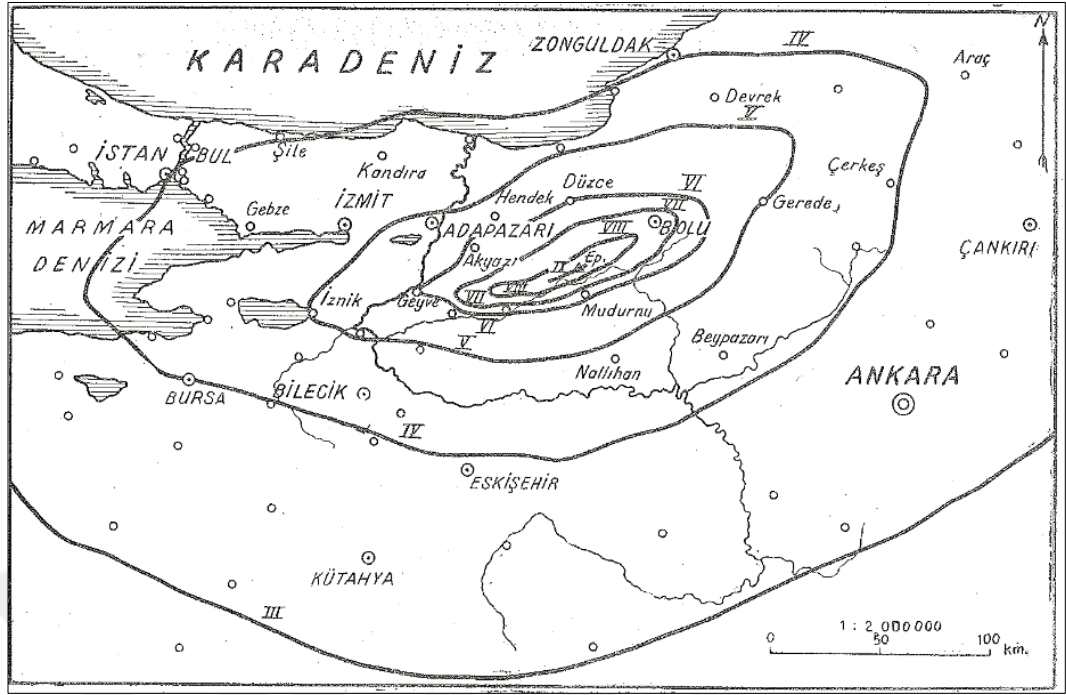
ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Ayrıca bir birini yedi saat arayla izleyen iki depremin etkilerini ayırtmak ve şiddet eğrisini belirlemek güçtür. Bölgede meydana gelen bu iki deprem ile hasar durumunu artırmış bu durumun depremin şiddetinin beklenenden daha fazla olmasına sebep olduğu düşünülmüştür.

Tablo 6.19. 1957 Fethiye Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	20
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	20
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	20
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	30
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	20
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	20
NGA Abrahamson- Silva (2007)	20
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	20
Ambraseys, ve diğ. (1996)	40

### 6.3.9. Abant depremi (26 Mayıs 1957)

26.05.1957 günü saat 06:33 (GMT) Ms:7,1 büyüklüğünde Abant Gölü civarında yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Deprem, Doğuda Abant Gölü, Elmacık ve Mudurnu nehri ile batıda Dokurcun arasında uzanan 40 km'lik dar bir zonda oldukça büyük hasar meydana getirmiştir. Bu bölgede, bölgenin tipik ahşap evleri de dâhil olmak üzere hemen hemen tüm evler tamamen yıkılmıştır. Deprem, birçok heyelanı da tetiklemiştir. Güney köyünün doğusunda meydana gelen heyelan, Seymen deresini engelleyerek geçici bir göl meydana getirmiştir. Deprem, Abant Gölünün kuzeydoğusundan Dokurcun'a kadar uzanan yaklaşık 40 km. 'lik bir yüzey kırığı meydana getirmiştir. Yüzey faylanması, sağ yönlü doğrultu atımlı bir hareket göstermiştir. Deprem kırığı, 1 Şubat 1944 deprem kırığının sona erdiği bölgeden başlamıştır. Ana şoktan sonra artçı depremler birkaç ay devam etmiştir. Deprem dış-merkezinde, en büyük Şiddet MSK=X olarak belirlenmiştir [33].

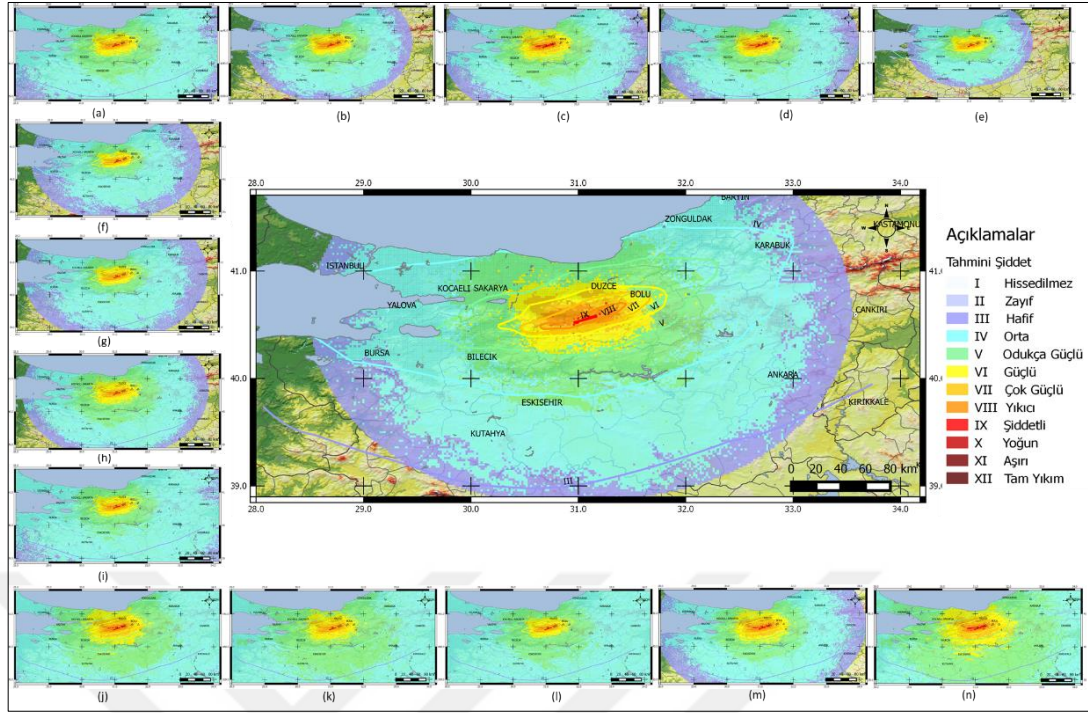


Şekil 6.25. 1957 Abant Depremi Eş Şiddet Haritası [41]

Depreme ait Şekil 6.25.'de yer alan eş şiddet haritası [41] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Depremin kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.20.'da yer almaktadır. 1957 Abant Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu yaklaşık 40 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.20. 1957 Abant Depremi Kaynak Parametreleri[9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,1	10	Doğrultu Atımlı Fay	87	40,67	31,0



Şekil 6.26. 1957 Abant depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore, ve diğ.(1997), (m)Sadigh, ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.26.'da yer alan; 1957 Abant depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (b) NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14(2014) kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "X" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; şiddet IX, VIII, VII ve VI için genel dağılım uyumlu görüldüğü grid dağılımı bu şiddet eğrileri arasında birbirine içine geçmiş şekildedir. V, IV, III şiddetleri içinse uyum oranının yüksek olduğu görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%70 değerinde" uyumlu olan (b) CB14 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.21.'da yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı



söylenbilir. Bölgede depremde sonra meydana gelen dört artçı sarsıntı ile hasar durumunun artmış olabileceği bunun da depremin şiddetinin beklenenden daha fazla gösterilmesine sebep olabileceği düşünülmüştür. Yine depremin oluşturduğu yüzey kırığının yerleşim yerleri içinden geçmesi ile bu bölgede depremin oluşturduğu yıkım artmıştır.

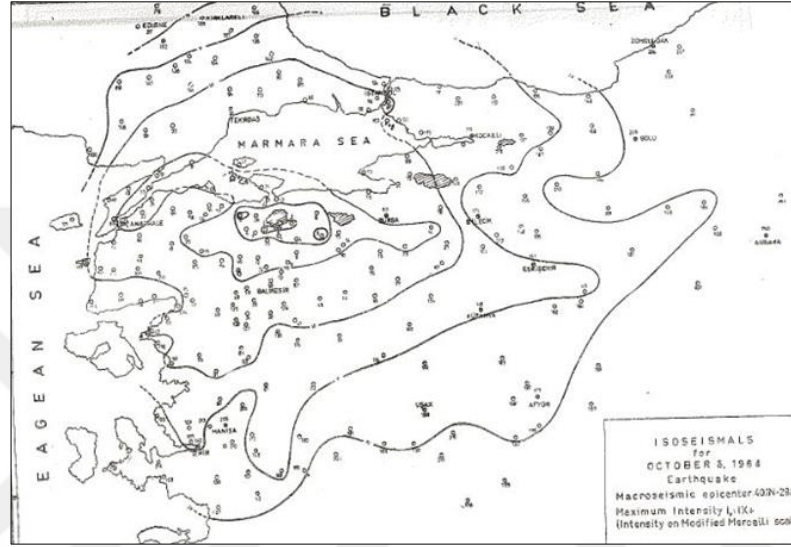
Tablo 6.21. 1957 Abant Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	50
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	70
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	50
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	60
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	30
Akkar ve Cagnan (2010)	30
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	30
NGA Boore-Atkinson (2008)	30
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	30
NGA Abrahamson- Silva (2007)	50
Kalkan-Gülkan (2004)	30
Boore, ve diğ. (1997)	30
Sadigh, ve diğ. (1997)	50
Ambraseys, ve diğ. (1996)	40

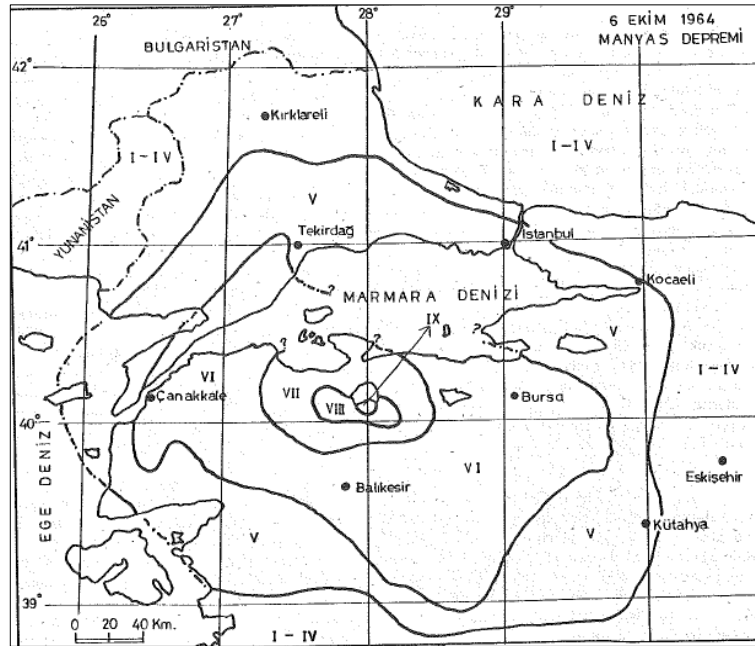
### 6.3.10. Manyas-Karacabey depremi (06 Ekim 1964)

06.10.1964 günü, saat 14:31 (GMT)  $M_s=7,0$  büyüklüğünde Manyas civarında yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Dış-merkezden 70 km. uzaklığa kadar geniş bir bölgede, yanal yayılmalar olmuştur. Deprem, Yunanistan'ın kuzeyi, Bulgaristan'ın hemen hemen her yerinde ve kuzeyde Bükreş'ten güneyde Ege adalarına kadar geniş bir bölgede hissedilmiştir. Depremin meydana geldiği Manyas fay zonu yaklaşık 38 km. uzunluğa sahip ve birbirlerinden aralı-aşmalı sıçramalarla ayrılan üç fay segmentinden oluşur. Bunlar güneyden kuzeye doğru sırasıyla Çavuş köy, Salur ve Eşen segmentleri olarak isimlendirilmişlerdir. Fay zonu boyunca ölçülen fay düzlemi kayma verileri ve hendeklerden derlenen kinematik veriler Manyas fay zonunun BKB-DGD doğrultulu,  $65^\circ-75^\circ$  kuzeye eğimli bir normal fay zonu olduğunu göstermiştir[42]. Deprem dış-merkezinde en büyük Şiddet  $MSK=IX$  olarak belirlenmiştir [33].

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda 1964 Manyas-Karacabey Depremine ait iki Eş Şiddet Haritasına erişim sağlanmıştır. Bunlar Şekil 6.27.'de yer alan cal ve diğ.,1964 tarafından zilen 1964 Manyas-Karacabey(i) [42] ve Şekil 6.28.'de Ergin ve diğ.,1967 [40] tarafından zilen 1964 Manyas-Karacabey(ii), iki eş Şiddet haritasıdır. Bu haritalar QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dnştrlmştir.



Şekil 6.27. 1964 Manyas-Karacabey Depremi Eş Şiddet Haritası(i)[42]



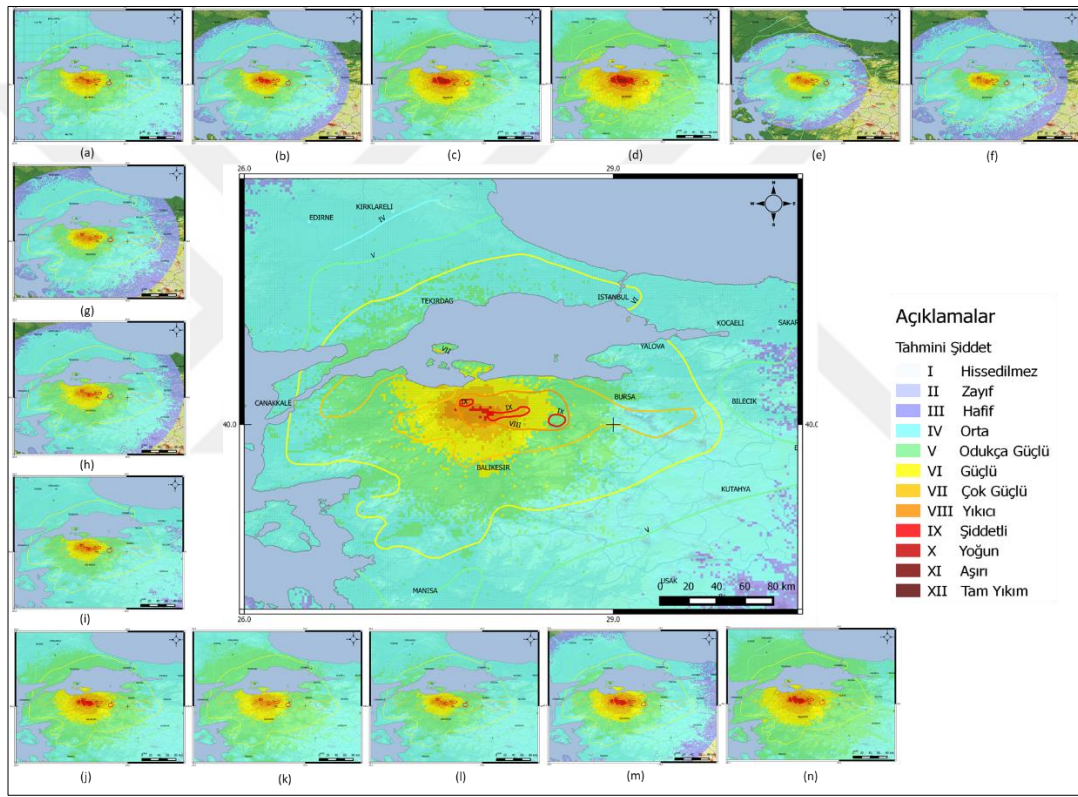
Şekil 6.28. 1964 Manyas-Karacabey Depremi Eş Şiddet Haritası(ii) [40]



Depremi kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.22.'de yer almaktadır. 1964 Manyas-Karacabey Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu yaklaşık 38 km. 'lik fay bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.22. 1964 Manyas-Karacabey Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,0	34	Normal Fay	100	40,3	28,23



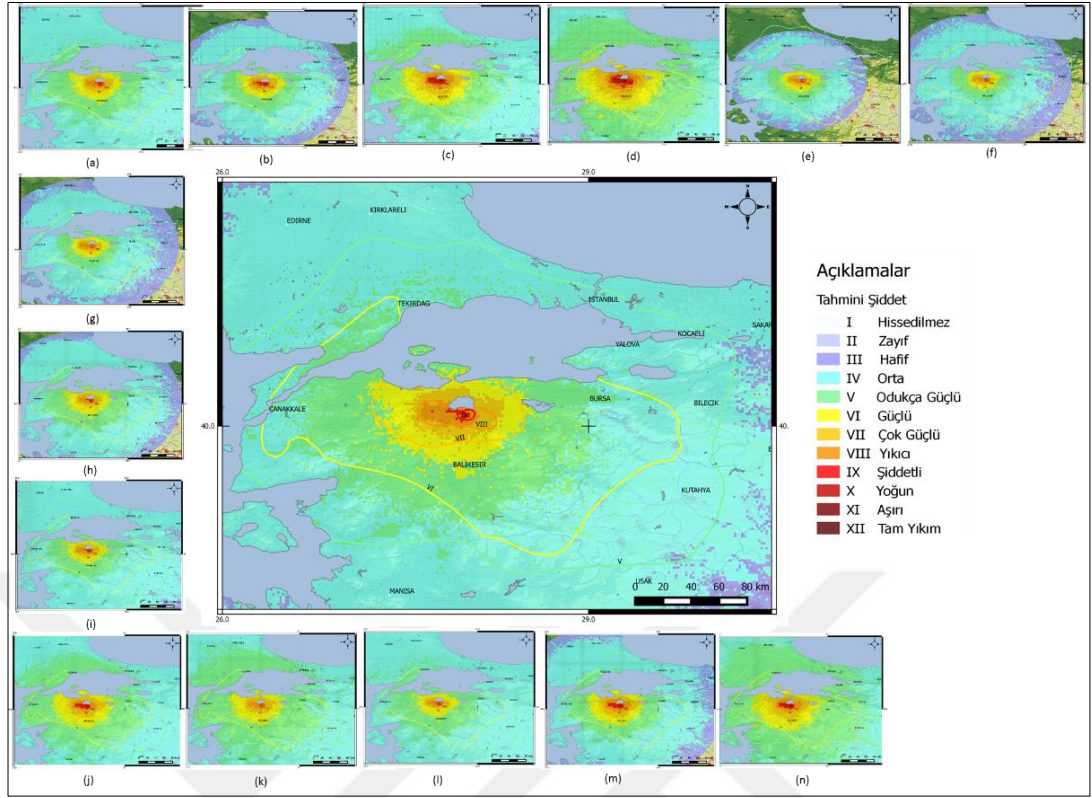
Şekil 6.29. 1964 Manyas-Karacabey depremine ait eş şiddet haritası(i) ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.29.'da yer alan; 1964 Manyas-Karacabey depremi eş şiddet haritası(i) ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (a) NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014) kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu

görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı “IX” olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; VIII, VII ve VI şiddet dağılımının en geniş olduğu harita olup V şiddeti içinse deprem merkez üssünden uzaklaştıkça uyumun giderek kaybolduğu görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, “%40 değerinde” uyumlu olan (a) BSSA14 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.23.’de yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Bununla birlikte; bölgede yapıların birçoğunun mühendislik hizmeti almamış yapılar olduğu, deprem öncesinde meydana gelen öncü şok ve sonrasında meydana gelen artçı sarsıntılar ile hasar durumunun artmış olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 6.23. Manyas-Karacabey Depremi(i) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	40
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	20
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	20
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	20
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	30
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	30
NGA Abrahamson- Silva (2007)	30
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	30
Ambraseys, ve diğ. (1996)	30



Şekil 6.30. 1964 Manyas-Karacabey depremine ait (ii) eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia(2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.30.'da yer alan; 1964 Manyas-Karacabey depremi eş şiddet haritası(ii) ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (a) NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014) kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "IX" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; VIII şiddetinin eş şiddet eğrisi sınırlarında dağılımı büyük ölçüde örtüşürken, VII ve VI şiddet dağılımının daha dar bir alanda uyum sağladığı, V şiddetinde ise deprem merkez üssünden uzaklaştıkça grid dağılımının seyrekleştiği ve uyumun giderek kaybolduğu görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%60 değerinde" uyumlu olan (a) BSSA14 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.24.'da yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik,

belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Bununla birlikte; bölgede yapıların birçoğunun mühendislik hizmeti almamış yapılar olduğu, deprem öncesinde meydana gelen öncü şok ve sonrasında meydana gelen artçı sarsıntılar ile hasar durumunun artmış olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 6.24. Manyas-Karacabey Depremi (ii) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	60
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	40
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	40
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	30
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	50
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	40
NGA Abrahamson- Silva (2007)	50
Kalkan-Gülkan (2004)	30
Boore, ve diğ. (1997)	40
Sadigh, ve diğ. (1997)	40
Ambraseys, ve diğ. (1996)	50

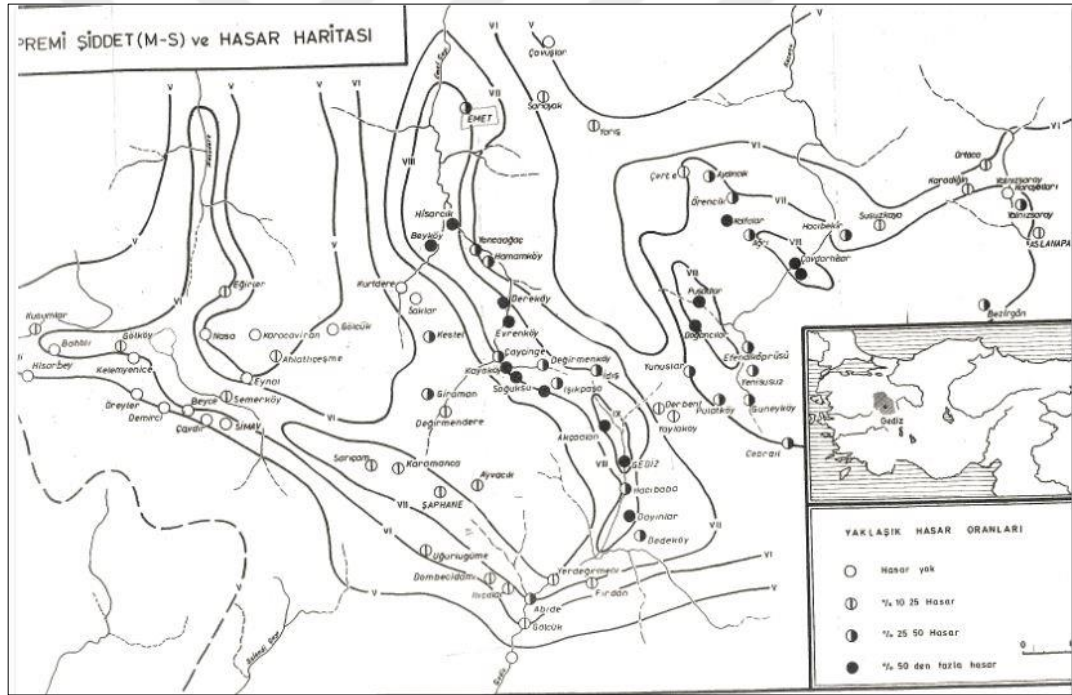
1964 Manyas-Karacabey depremi için çizilmiş iki eş şiddet haritasında da uyum oranları %40 ve %60 olarak (a) BSSA14 Azalım ilişkisi olmuştur.

### 6.3.11. Gediz depremi (28 Mart 1970)

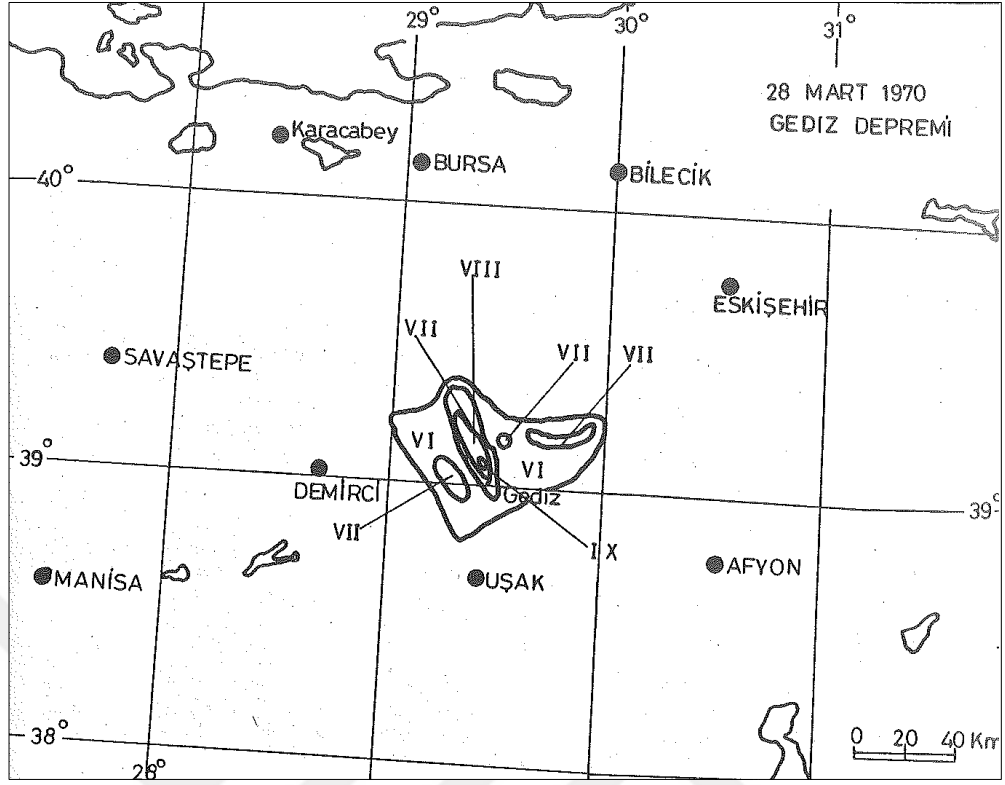
28.03.1970 günü, saat 21:02 (GMT)  $M_s=7,2$  büyüklüğünde Batı Anadolu'da Gediz'in yaklaşık 15 km kuzeyinde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Ana şok ve sayısız ve nispeten büyük oranda artçı sarsıntı birçok evi tahrip etmiş ve birçok insanın ölümüne sebep olmuştur. Hasar, heyelanlar, artçı sarsıntılar ve ana şoktan sonra çıkan yangınlarla daha da ağırlaşmıştır. Köprüler sulama kanalları, trafo merkezleri ve büyük betonarme yapılar gibi bölgedeki nispeten büyük birkaç mühendislik yapısı oldukça iyi performans sergilemiştir. Ana şok ve artçı depremler, Çavdarhisar'daki 11.

yüzyıla ait Zeus tapınağında büyük hasara neden olmuştur. Yapılan çalışmalarda yaklaşık 40 km'lik karmaşık yüzey normal faylanma bu depremle ilişkilendirilmiştir. Deprem merkezinden 130 km'lik mesafelerde uzak alan etkileri gözlemlenmiştir. Ana şok, faydan 60 km mesafeye kadar nehir yataklarında ara sıra sıvılaşmaya neden oldu. Deprem dış-merkezinde en büyük şiddet MSK=IX olarak belirlenmiştir[33].

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda 1970 Gediz Depremine ait iki Eş Şiddet Haritasına erişim sağlanmıştır. Bunlar Şekil 6.31.'de yer alan Erinç ve diğ. 1970 [40] tarafından hazırlanan 1970 Gediz Depremi(i) eş şiddet haritası ve Şekil 6.32.'de yer alan Abdülselamoğlu, 1970[44], tarafından hazırlanan 1970 Gediz Depremi(ii) eş şiddet haritasıdır. Bu haritalar QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür.



Şekil 6.31. 1970 Gediz Depremi(i) Eş Şiddet Haritası [40]



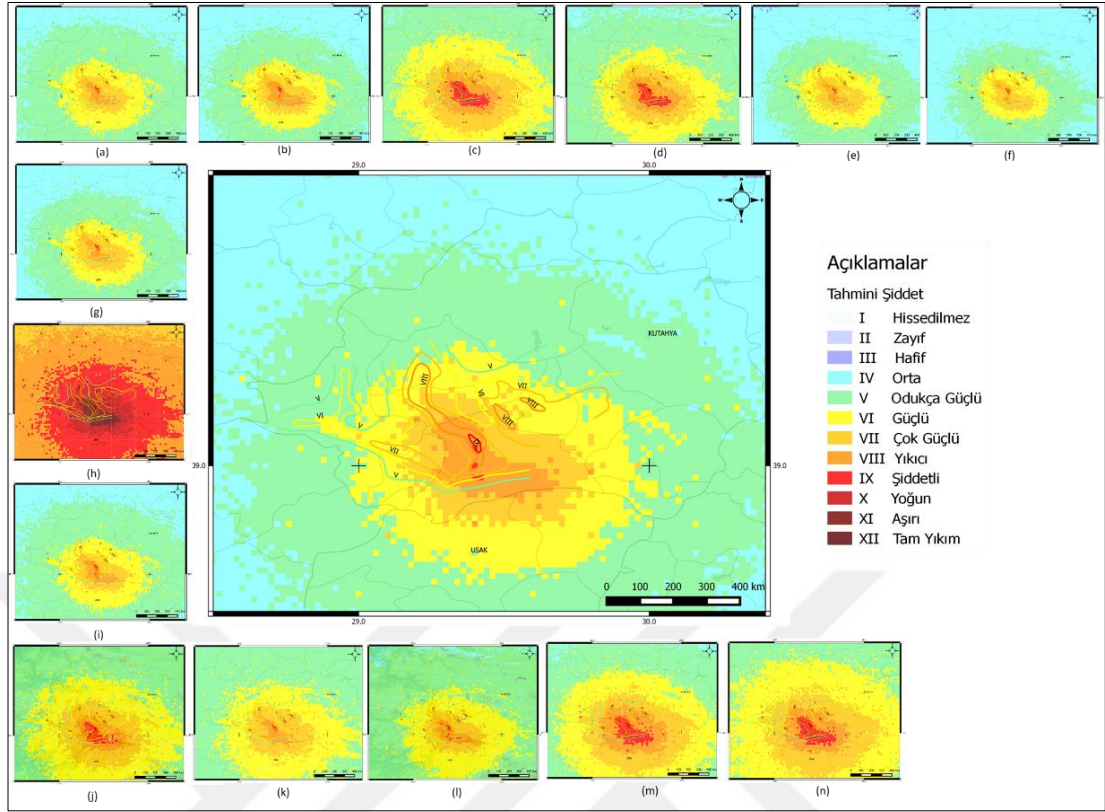
Şekil 6.32. 1970 Gediz Depremi(ii) Eş Şiddet Haritası [44]

Depremın kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.25.'de yer almaktadır. 1970 Gediz Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 40 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.25. 1970 Gediz Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,2	18	Normal Fay	128	39,2	29,51





Şekil 6.33 1970 Gediz depremi (i) eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

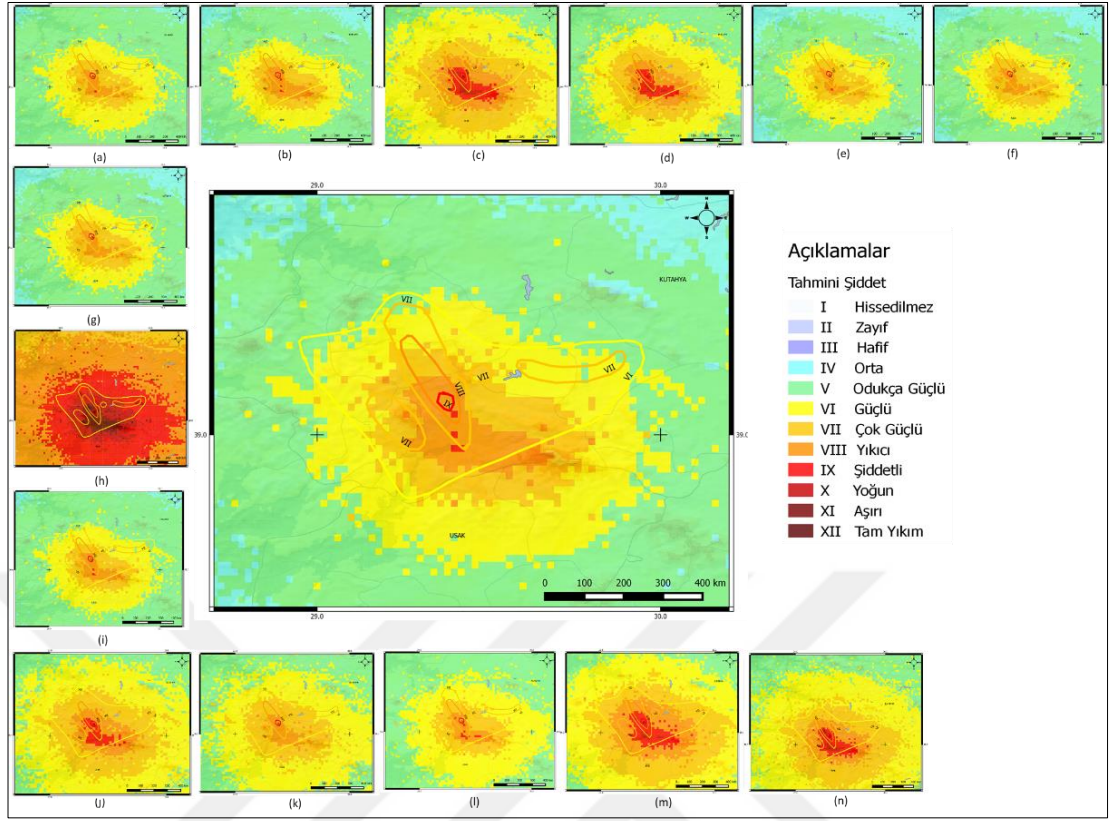
Şekil 6.33.'de yer alan; 1970 Gediz depremine ait Erinç ve diğ. eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu Eş Şiddet Haritası ile en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (b)NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "IX" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; Haritanın Güney-Doğu yönünde uyum sağlamadığı görülsede, Kuzey-Batı yönünde eş şiddet eğrisi ve şiddet haritasının daha uyumlu olduğu görülmektedir. Şiddet VIII, VII ve VI eğrisi sınırları içerisinde yer alan gridlerde bu alanlara ait şiddet değerlerinin Kuzey Batı yönünde daha uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%50 değerinde" uyumlu olan (b) CB14 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.26.'da yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki

çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir.

Tablo 6.26. 1970 Gediz Depremi(i) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	30
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	50
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	20
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	20
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	30
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	10
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	20
NGA Abrahamson- Silva (2007)	30
Kalkan-Gülkan (2004)	40
Boore, ve diğ. (1997)	40
Sadigh, ve diğ. (1997)	20
Ambraseys, ve diğ. (1996)	20





Şekil 6.34. 1970 Gediz depremi (ii) eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.34.'de yer alan; 1970 Gediz depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (b)NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "IX" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; VI ve VII şiddet değerlerinin uyum oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%50 değerinde" uyumlu olan (b) CB14 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.27.'de yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan

farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir.

Tablo 6.27. 1970 Gediz Depremi(ii) için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	30
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	50
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	20
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	20
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	30
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	10
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	40
NGA Abrahamson- Silva (2007)	40
Kalkan-Gülkan (2004)	30
Boore, ve diğ. (1997)	30
Sadigh, ve diğ. (1997)	20
Ambraseys ve diğ. (1996)	20

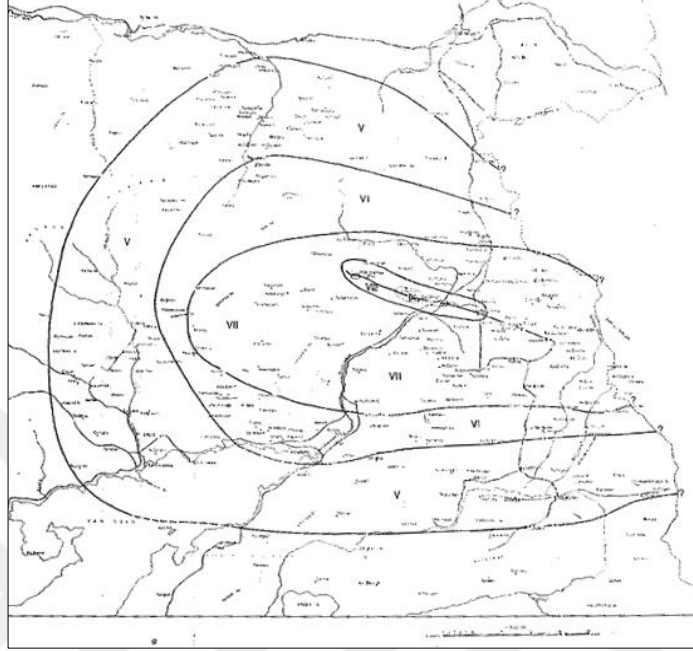
1970 Gediz depremi için çizilmiş iki eş şiddet haritasında da uyum oranları %50 olarak (b) CB14 Azalım ilişkisi olmuştur.

### 6.3.12. Çaldıran depremi (24 Kasım 1976)

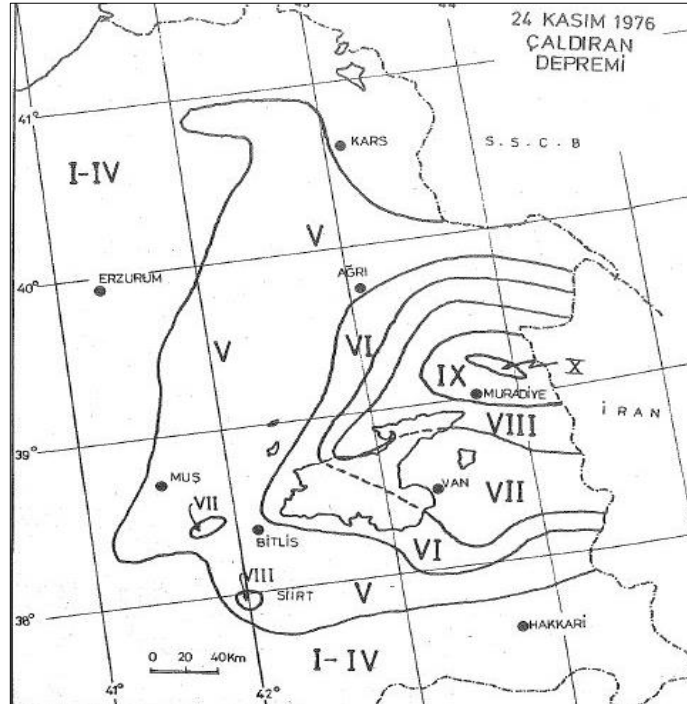
24.11.1976 günü, saat 12:22 (GMT) Mw=7,0 büyüklüğünde Van'ın Kuzey Doğusunda yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir [9]. Van Gölü'nün kuzeydoğusundaki Çaldıran'ın kırsal yerleşim yerlerini ve İran'ın güneybatısında etkili oldu. Şok, hem Türkiye hem de İran'da etkilediği alan içerisinde yer alan çok sayıda moloz taş ve kerpiç evleri tahrip etti. Depremde, Kuzey Batıda Sarıkök'den Güney Doğu'da Çaldıran ve Güldere'ye kadar uzanan 50 km uzunlukta sağ yanal doğrultu atım özellikler taşıyan yüzey kırığı meydana gelmiştir. Ayrıca, kırıklar boyunca ters bileşenli küçük düşey atımlar gelişmiştir. Deprem dış-merkezinde en büyük şiddet MSK=IX olarak belirlenmiştir [33].

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda 1976 Çaldıran Depremine ait iki Eş Şiddet Haritasına erişim sağlanmıştır. Bunlar; Şekil 6.35.'de yer alan İmar ve İskân Bakanlığı tarafından 1977'de hazırlanan Çaldıran Deprem Raporunda[45] yer alan 1976

Çaldıran Depremi Eş Şiddet Haritası(i) ve Şekil 6.36.'da bulunan Eyidoğan ve diğ., 1991'katoloğunda[46] yer alan 1976 Çaldıran Depremi Eş Şiddet Haritası(ii). Bu haritalar QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür.



Şekil 6.35. 1976 Çaldıran Depremi Eş Şiddet Haritası(i) [45]

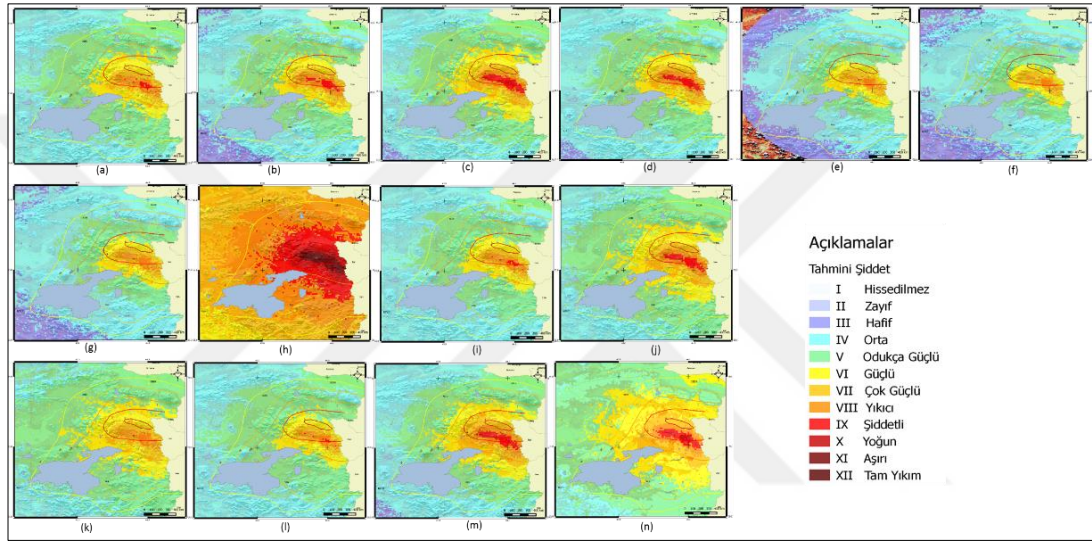


Şekil 6.36. 1976 Çaldıran Depremi Eş Şiddet Haritası(ii) [46]

Depremi kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.28.'de yer almaktadır. 1976 Çaldıran Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 50 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.28. 1976 Çaldıran Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

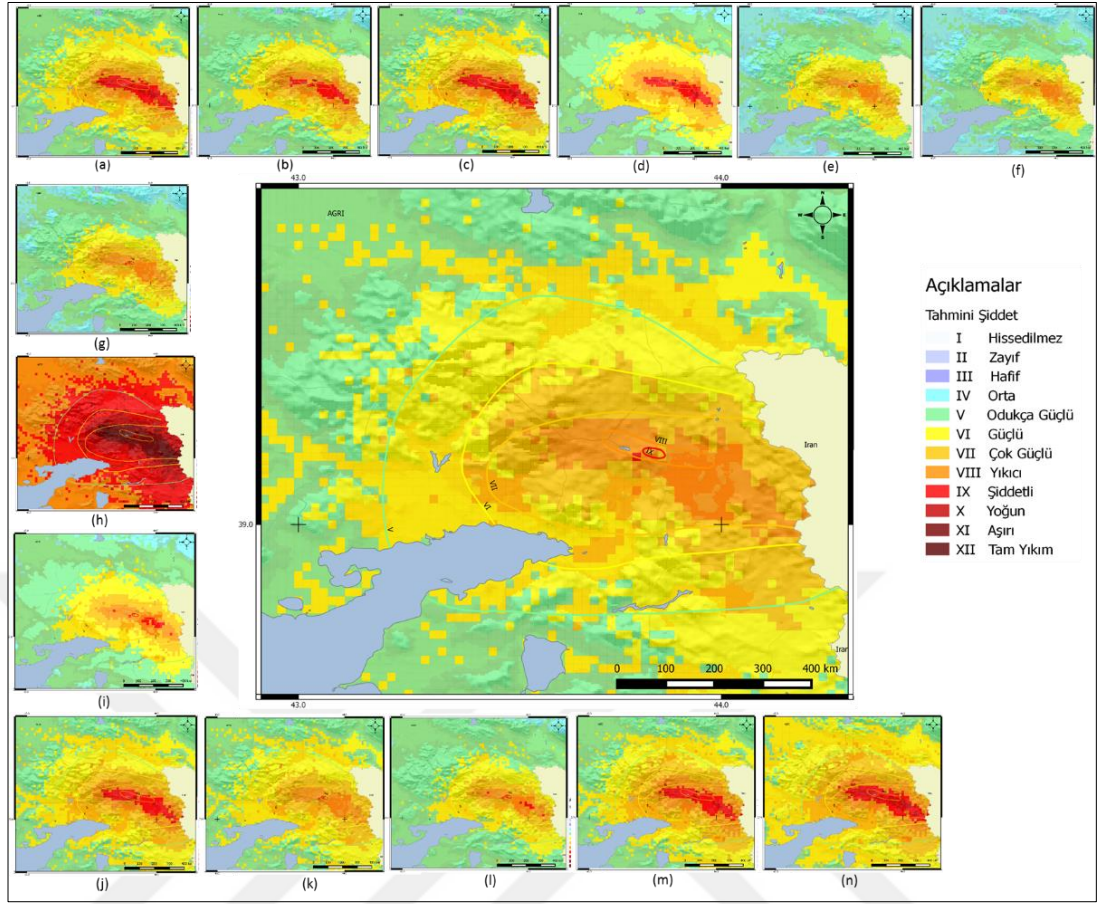
Büyüklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,0	8,6	Doğrultu Atımlı Fay	110	39,08	42,029



Şekil 6.37. 1976 Çaldıran Depremi(ii) ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14 , (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

1976 Çaldıran Depremi için; Şekil 6.36'da yer alan 1976 Çaldıran Depremi eş şiddet Haritası(ii) [46] ile Şekil 6.37.'de yer alan 1976 Çaldıran Senaryo Depremleri şiddet haritası arasında belirgin bir şekilde makro sismik episantır uyumsuzluğu gözlemlendiğinden bu iki harita arasında bir uyum karşılaştırması yapılamamıştır. 1976 Çaldıran Senaryo Depremi şiddet haritası ile eş şiddet haritası(i) [45] arasında karşılaştırma yapılabilmektedir.





Şekil 6.38. 1976 Çaldıran depremi eş şiddet haritası(i) ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014), (h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson-Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.38.'de yer alan; eş şiddet haritası(i) ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (k) Kalkan-Gülkan (2004) kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı "IX" olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; IX şiddeti için eşşiddet eğrisi ve harita gridleri dağılımında hemen hemen bir uyum sağlansada, VIII şiddeti daha geniş alana yayılmıştır. VII şiddeti için uyum oranı oldukça yüksek, VI ve V şiddetin de yine uyumun yüksek olduğu görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, "%70 değerinde" uyumlu olan (k)Kalkan-Gülkan (2004) Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.29.'da yer almaktadır. Bu noktalarda;

eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. Bununla birlikte; bölgedeki yapı stokunun büyük ölçüde mühendislik hizmeti almamış yapılardan oluşması sebebi ile hasar durumu artmıştır.

Tablo 6.29. 1976 Çaldıran Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	50
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	40
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	30
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	30
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	60
Akkar ve Cagnan (2010)	30
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	60
NGA Boore-Atkinson (2008)	10
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	40
NGA Abrahamson- Silva (2007)	40
Kalkan-Gülkan (2004)	70
Boore, ve diğ. (1997)	50
Sadigh, ve diğ. (1997)	30
Ambraseys, ve diğ. (1996)	20

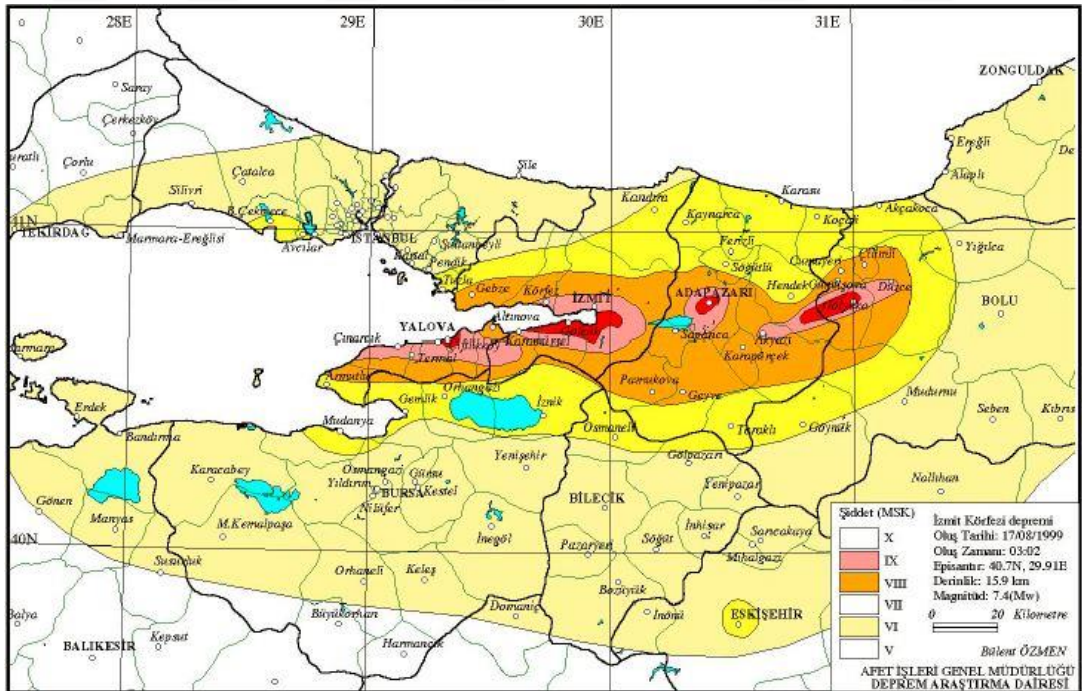
### 6.3.13. Kocaeli gölcük depremi (17 Ağustos 1999)

17.08.1999 günü, saat 00:01 (GMT) Mw:7,6 büyüklüğünde İzmit Körfezinde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Depremde 17.479 kişi hayatını kaybetmiş, 66.441 konut yıkılmış ya da ağır hasar görmüştür [32]. Depremde ulaşım, iletişim ve alt yapı gibi tüm hayati sistemler hasar görmüştür.

Depremde oluşan fay kırığı yaklaşık olarak 100-120 km uzunluğunda Kuzey Anadolu Fayı'nın Gölyaka-Karamürsel arasında yer almakta olup bu bölgedeki dört fay segmentinin kırılması ve birkaç çoklu yırtılmadan oluşmuştur. İlk ana şokun merkez üssü Gölcük olup, bu şok Gölcük'den Sapanca Gölü'ne uzanan 40 km'lik alanı ve deniz içerisinde Gölcük ile Karamürsel arasında yer alan 20-30 km'lik bölümü kırmıştır. İkinci ana şokun merkez üssü Sapanca Gölü ile Akyazı arasındaki bölgede

yer almakta olup Sapanca Gölü'nü den Gölyaka'ya kadar uzanan 50 km'lik bölümü kırılmıştır. Her iki şokunda sebep olduğu kırıklar, deprem merkez üssü ortada bırakacak şekilde her iki yöne de yayılmıştır. Yapılan çalışmalarda, ilk şokun 3 m'lik sağ yönlü yatay atıma, ikinci şokun ise 1,5 m'lik yatay atıma sebep olduğu ve bu iki kırığın birleştiği alanda 4,5 m'lik yatay bir atımın gerçekleştiği gözlenmiştir. 45s. süren depremin maksimum Şiddeti, X (MSK) olarak belirlenmiştir [47].

Deprem, Adapazarı-Düzce ovasını kaplayan geniş bir alanda zemin sıvılaşmasına neden olmuştur. Adapazarı'nda olan sıvılaşma olayı ve zemin taşıma gücünün çok düşük olması da yapı hasarının daha büyük olmasında ve çok sayıda yapının yıkımında önemli boyutta etkili olmuştur. Ayrıca, Düzce ve Gölyaka'daki hasar da sıvılaşmadan kaynaklanmıştır. İzmit Körfezi boyunca bulunan yerleşim alanlarındaki (Gölcük, Yalova, Çınarcık, Derince, Altmış evler gibi) hasar, körfeze boşalan akarsu delta düzlükleri ve sonradan ıslah edilmiş alanlarda zemin hareketinin büyütülmesinden ileri gelmiştir. Deprem, ayrıca Gebze ve Düzce'de kaya düşmelerine ve Avcılarda ağır hasara neden olmuştur. Bu deprem çok geniş ve yoğun bir alanı etkilediği için hasarın yaygınlığı ve boyutu büyümüştür [47].



Şekil 6.39. 1999 Kocaeli Gölcük Depremi Eş şiddet Haritası [32]







şiddet haritası ile aynı “X” olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; X, IX, VIII ve VII şiddeti için uyum oranının oldukça yüksek olduğu, VI şiddet eğrisi için deprem merkezinden uzaklaştıkça grid dağılımı seyrek olsada uyumun sağlandığı görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, “%70 değerinde” uyumlu olan (d) CY14 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.31.’de yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir. 17 Ağustos Kocaeli-Gölcük depremi için birçok azalım ilişkisi yüksek uyum oranı göstermiştir. Bunlardan NGA Abrahamson- Silva (2007) ve NGA Boore-Atkinson (2008) azalım ilişkileri uyumluluk oranlarının yüzdesi % 60 oranında, yine BSSA14, NGA Campell-Bozorgnia (2008), Sadigh, ve diğ. (1997) azalım ilişkilerinin uyumluluk oranlarının yüzdesi % 50 oranındadır. Akkar ve Çağnan(2010), Kalkan-Gülkan (2004), Boore, ve diğ.(1997), Ambraseys (1996) azalım ilişkilerinin Mw: 7.6 büyüklüğündeki deprem için kullanılması önerilmediğinden, bu azalım ilişkilerine dair değerlendirme yapılmamıştır.

Tablo 6.31. 1999 Kocaeli Gölcük Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

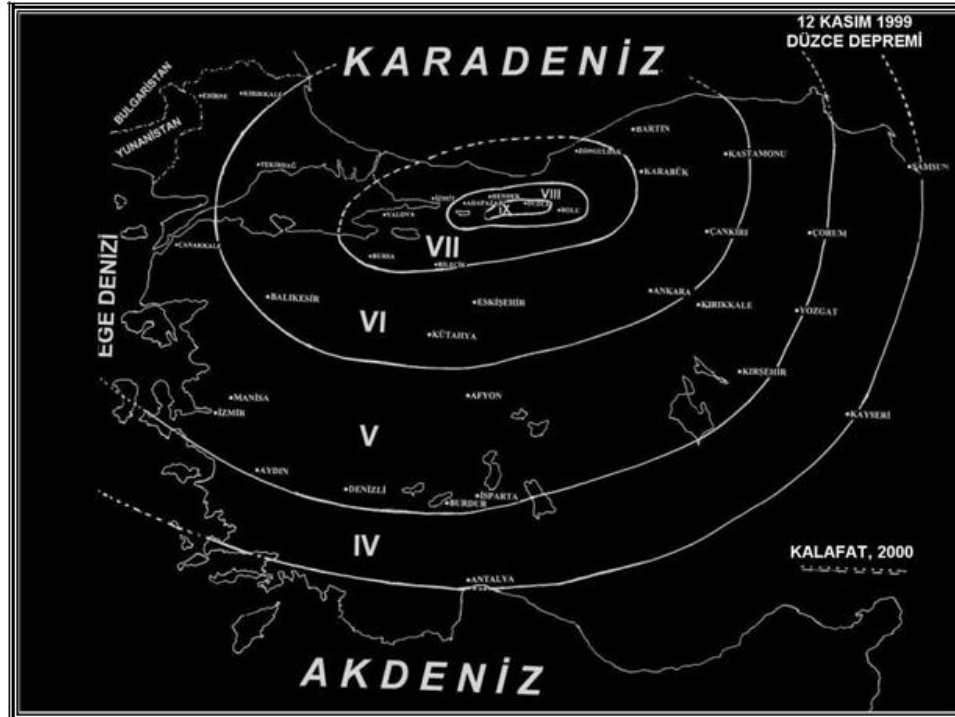
Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	50
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	40
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	40
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	70
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	30
Akkar ve Cagnan (2010)	-
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	40
NGA Boore-Atkinson (2008)	60
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	50
NGA Abrahamson- Silva (2007)	60
Kalkan-Gülkan (2004)	-
Boore, ve diğ. (1997)	-
Sadigh, ve diğ. (1997)	50
Ambraseys, ve diğ. (1996)	-

### 6.3.14. Düzce-kaynaşlı depremi (12 Kasım 1999)

12.11.1999 günü, saat 16:57(GMT) Düzce-Kaynaşlı ilçesinde Mw:7,1 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Deprem, Bolu Dağı-Bakacak mevkiinde, İstanbul-Ankara karayolunda küçük bir heyelanı tetikleyerek trafiğin birkaç gün aksamasına neden olmuştur [49].

Deprem, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin etkilenen Düzce ve Kaynaşlı ilçelerinde ağır hasar meydana getirmiştir. Düzce'deki hasar, kalın-gevşek-suya doymuş zeminden kaynaklanmıştır. Düzce'de zemin hareketi büyütülmüş ve 0,5 g olarak kaydedilmiştir. Kaynaşlı'daki hasar, kısmen zeminden kısmen de faylanmadan ileri gelmiştir [49].

12 Kasım depremi, Gölyaka'nın güneyinde yer alan 17 Ağustos depreminin oluşturduğu kırığın bitiş yeri ile Bolu Tüneli (Kaynaşlı) arasındaki yaklaşık 40 km 'lik bölümde yüzey kırığı oluşturmuştur. Kırık, doğuda Gölyaka güneyinde, Aksu-Hacıyakup köyleri civarında başlamakta ve batıda Darıyer-Hasanbey köyü-Bolu tüneli civarında sona ermektedir. Deprem kırığı, doğu ucundan batı ucuna kadar sürekli olup, eğim atımlı normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım karakterinde gelişmiştir [49].

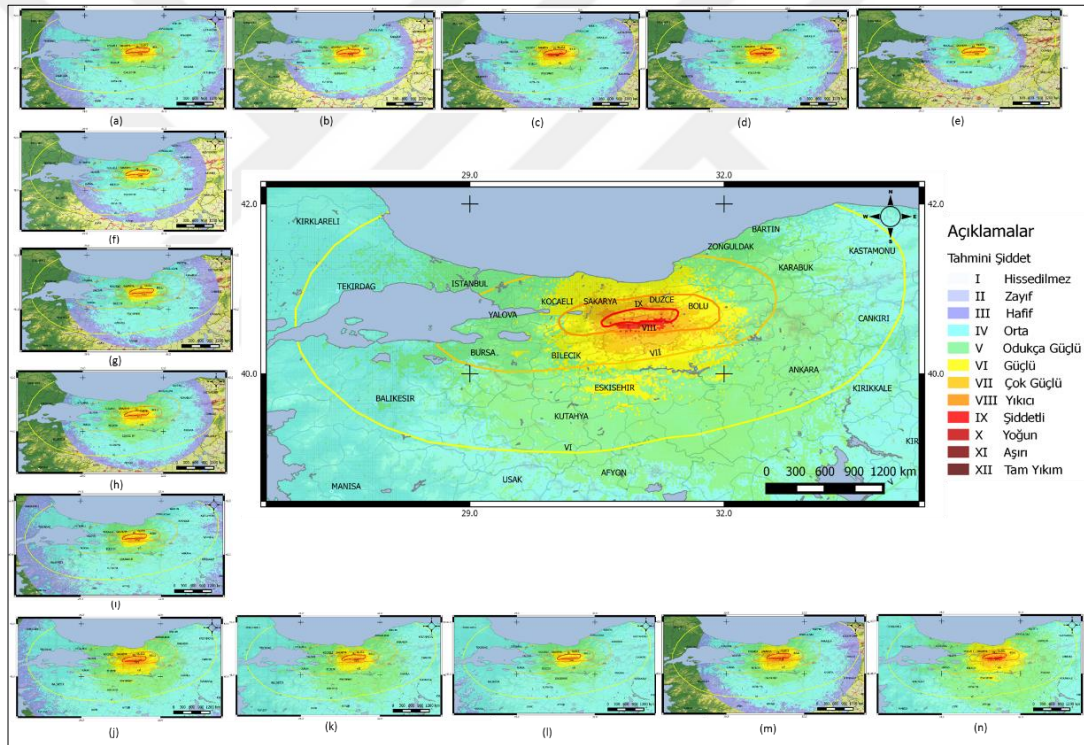


Şekil 6.41. 1999 Düzce Kaynaşlı Depremi Eş şiddet Haritası [49]

Şekil 6.41.'de yer alan; depreme ait eş şiddet haritası [49] QGIS programında sayısallaştırılarak vektör formata dönüştürülmüştür. Depremin kaynak parametreleri [9,10] Tablo 6.32.'de yer almaktadır. 1999 Düzce Kaynaşlı Depremi için oluşturulan senaryo deprem de bu kaynak parametreleri ile birlikte depremin oluşturduğu 40 km. 'lik yüzey kırığı bilgisi girdi olarak kullanılmıştır.

Tablo 6.32. 1999 Düzce Kaynaşlı Depremi Kaynak Parametreleri [9,10]

Büyükklüğü	Derinlik	Fay Tipi	Doğrultu Açısı	Enlem	Boylam
7,1	11	Doğrultu Atımlı Fay	268	40,806	31,226



Şekil 6.42. 1999 Düzce Kaynaşlı depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritaları; (a)BSSA14, (b)CB14, (c)ASK14, (d)CY14, (e)I14, (f)Akkar ve Çağnan(2010), (g)Akkar ve diğ. (2014),(h)NGA Boore-Atkinson (2008), (i)NGA Campell-Bozorgnia (2008), (j)NGA Abrahamson- Silva (2007), (k)Kalkan-Gülkan (2004), (l)Boore ve diğ.(1997), (m)Sadigh ve diğ.(1997), (n)Ambraseys (1996)

Şekil 6.42.'de yer alan; 1999 Düzce Kaynaşlı depremine ait eş şiddet haritası ile senaryo deprem şiddet haritasının, en büyük şiddet değerinin uyumluluğu ve genel olarak şiddetin dağılımının uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bu deprem için en uyumlu olan şiddet haritasının, Azalım ilişkisi (n) Ambraseys, 1996 kullanılarak üretilmiş olan

senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Bu şiddet haritasında en büyük şiddet değerinin, eş şiddet haritası ile aynı “IX” olduğu görülmüştür. Bununla birlikte şiddet dağılımı açısından; VIII ve VII şiddeti için deprem merkez üssüne yakın bölümlerde uyum oranının daha yüksek olduğu, merkez üssünden uzaklaştıkça uyumun giderek kaybolduğu görülmektedir. VI şiddeti için uyum gözlemlenmemiştir. Bu sebeplerden dolayı en uyumlu şiddet haritasının, “%40 değerinde” uyumlu olan (n) Ambraseys, 1996 Azalım ilişkisi kullanılarak üretilmiş olan senaryo şiddet haritası olduğu görülmüştür. Diğer azalım ilişkilerinin uyum oranları Tablo 6.33.’de yer almaktadır. Bu noktalarda; eş şiddet haritalarındaki çalışmacıya bağlı öznellik, belirli bölgelerde yeterli verilerin toplanamaması, eğrilerin çizilmesinde yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğu dağılımına bağlı olarak oluşan farklılıklar, ya da şiddet haritaları için kullanılan azalım ilişkilerinin sahayı tam olarak temsil eden bilgileri yansıtmadığı söylenebilir.

Tablo 6.33. 1999 Düzce Kaynaşlı Depremi için Azalım İlişkileri Uyum Oranı

Azalım İlişkileri	Uyum Oranı (%)
NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014)	20
NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014)	20
NGA-West2 Abrahamson-Silva-Kamai,ASK14 (2014)	30
NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 (2014)	20
NGA-West2 Idriss, I14 (2014)	20
Akkar ve Cagnan (2010)	20
Akkar-Sandikkaya-Bommer (2014)	20
NGA Boore-Atkinson (2008)	20
NGA Campell-Bozorgnia (2008)	20
NGA Abrahamson- Silva (2007)	30
Kalkan-Gülkan (2004)	20
Boore, ve diğ. (1997)	20
Sadigh, ve diğ. (1997)	30
Ambraseys, ve diğ. (1996)	40

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde eş şiddet eğrileri, tarihsel dönem ve aletsel dönemde meydana gelen depremlerin etkilerini değerlendirmek ve bu tarihi olayları daha yeni sismik olaylarla karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Bunula birlikte, eş şiddet eğrileri, aletsel dönem öncesi depremlerin yaklaşık merkez üssünün bulmasında ayrıca sismojenik fayın yönünün belirlenmesinde bir işaret olarak( iç hatların uzama eksenini, fay açısına göre yönlenebilir) kullanılmaktadır. Fakat eş şiddet eğrilerinin deprem etkilerini tam olarak ortaya koyması mümkün olmamakla birlikte, öznel olarak da değişiklik gösterebilen çalışmalar olarak kabul edildikleri de yadsınamaz bir gerçektir.

Senaryo Deprem Şiddet haritalarını oluşturmak için yararlanılan ivme azalım ilişkileri; aletsel dönemde meydana gelmiş depremlerden elde edilmiş ivme kayıtları ile bu depremlere ait deprem parametreleri de gözetilerek, yeryuvarının farklı bölgelerinde meydana gelmiş ve farklı araştırmacılarca derlenmiş deprem veri tabanları kullanılarak çeşitli istatistiksel analizler sonucunda geliştirilmiş eşitliklerdir. Her azalım ilişkisi yer hareketinin etkilerini ortaya koymaya gayret eder fakat kullandıkları farklı veri tabanları, magnitüd ve mesafe ölçeklemleri ile aynı deprem parametreleri kullanılarak farklı seneryo deprem modelleri oluşturabilirler.

Depremlerin Eş şiddet haritaları ve Şiddet haritaları birbirleri ile uyumu açısından karşılaştırılırken birebir uyum beklenmesi olanaksızdır. Bu iki harita arasında uyum aranırken dikkat edilen en önemli hususlardan biri depremin en büyük şiddet değeriyle uyumlu olmasıdır. Bunun yanı sıra her ne kadar bire bir uyum beklenmese de, şiddet dağılımının mesafeyle azalımının uyumunda önem arz etmektedir. Eş şiddet haritaları ve Şiddet haritalarının birbirleri ile uyumu karşılaştırılırken bu iki hususa dikkat edilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucu eş şiddet haritaları ile uyumlu bulunan azalım ilişkileri senaryo şiddet haritaları uyum oranları Ek-A'da tablo halinde verilmiştir. Senaryo depremler için en yüksek oranda uyumlu olan azalım ilişkileri; 09.08.1912 Şarköy Mürefte Ms:7,4 depremi için Ambraseys, ve diğ.(1996) azalım ilişkisi % 40,

03.10.1914 Burdur Ms:7,0 depremi için Abrahamson- Silva (2007) azalım ilişkisi % 60, 26.12.1939 Erzincan Ms:7,9 depremi için NGA-West2 Abrahamson- Silva ASK14 azalım ilişkisi % 60, 20.12.1942 Erbaa-Niksar Ms:7,0 depremi için NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 azalım ilişkisi % 50, 26.11.1943 Ladik-Tosya Ms:7,2 depremi için Ambraseys, ve diğ.(1996) azalım ilişkisi % 60, 01.02.1944 Bolu-Gerede Ms:7,3 depremi için Ambraseys, ve diğ.(1996) azalım ilişkisi % 70, 18.03.1953 Yenice-Gönen Ms:7,2 depremi için NGA Abrahamson- Silva (2007) azalım ilişkisi % 70, 25.04.1957 Fethiye Ms:7,1 depremi için Ambraseys, ve diğ.(1996) azalım ilişkisi % 50, 26.05.1957 Abant Ms:7,1 depremi için NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 (2014) azalım ilişkisi % 70, 06.10.1964 Manyas-Karacabey Ms:7,0 depremi var olan iki eş şiddet haritasından (i) için NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014) azalım ilişkisi %40 ve (ii) için NGA-West2 Boore-Stewart-Seyhan-Atkinson, BSSA14 (2014) azalım ilişkisi % 60, 28.03.1970 Gediz Ms:7,2 depremi için var olan iki eş şiddet haritasından (i) NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 azalım ilişkisi % 50, (ii) için NGA-West2 Campbell-Bozorgnia, CB14 azalım ilişkisi % 50, 24.11.1976 Çaldıran Ms:7,0 depremi için Kalkan-Gülkan (2004) azalım ilişkisi % 70, 17.08.1999 Kocaeli Gölcük Mw:7,6 depremi için NGA-West2 Chiou-Youngs, CY14 azalım ilişkisi % 70, 12.11.1999 Düzce-Kaynaşlı Mw:7,1 depremi için Ambraseys, ve diğ.(1996) azalım ilişkisi % 40 olarak belirlenmiştir.

1999 Kocaeli- Gölcük depremi için hemen hemen bütün azalım ilişkileri yüksek uyum oranı göstermiştir. 26.05.1957 Abant depremi ve 24.11.1976 Çaldıran depremleri de yüksek uyum gösteren azalım ilişkilerinin çoğunlukta olduğu depremlerdir.

Uyum oranları açısından Azalım ilişkileri değerlendirildiğinde, NGA Abrahamson-Silva (2007) Azalım İlişkisi tüm depremlerde en çok uyum gösteren azalım ilişkisi olmuştur. Sırasıyla; Sadigh ve diğ.(1997), CY14, ASK14 ve Ambraseys ve diğ.(1996) azalım ilişkileri en çok uyum gösteren azalım ilişkilerinden olmuştur. Bu azalım ilişkileri benzer şekilde, yakın dönem depremlerde daha düşük uyuma sahip olmakla beraber, geçmiş dönem depremlerde daha yüksek uyum göstermişlerdir. Uyum oranları yüksek olan Azalım İlişkilerinden CB14 azalım ilişkisi ve BSSA14 azalım ilişkisi içinse geçmiş dönem depremlerde uyum oranı düşük kalsada, yakın dönem depremlerde uyum oranlarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Bu çalışma ile 1900'den günümüze  $M \leq 7$  depremler için en uyumlu senaryo şiddet haritaları AFADRED programı ile yeniden üretilmiştir. Risk değerlendirme analizlerinde, afet öncesi ve sonrası yapılacak hasar azaltma çalışmalarında kullanılmak üzere geçmiş depremlerin güncellenmiş parametreleri ile oluşturulan şiddet haritalarından faydalanılacağı düşünülmektedir. Son dönemde meydana gelen depremler için Eş şiddet haritası oluşturulmadığı bunun yerine tahmini şiddet haritalarının yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Oysaki çalışmadan elde edilen sonuçlarda da görüldüğü gibi en güvenilir modeli oluşturan ivme azalım ilişkisi ile en iyi senaryo deprem modelinin oluşturulması için eş şiddet haritalarından bu gün yapılacak olan çalışmalarda ve gelecekte yapılacak çalışmalar da da faydalanmak mümkündür. Bu sebeple deprem sonrası eş şiddet haritalarının oluşturulması konusuna yeniden önem verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Risk değerlendirme analizleri, risk azaltma çalışmalarında ve afet yönetiminde büyük önem taşımaktadır. İyi yapılmış risk değerlendirme analizleri, afet bölgesinin sismik hasarlarının azaltılmasında başarılı bir afet yönetimi yapılmasını sağlayacaktır. Afet öncesi sismik risk değerlendirmesi ile hasar ve kayıpların tahmin edilebilmesi doğru bir afet yönetimi için çok önemli bir konudur. Sismik risk değerlendirmesinin doğru tahminiyle, afet öncesi ve sonrası çalışmalar sistematik olarak planlanabilir. Afetten önce önlem almak, uygun bütçeyi planlamak, halkın farkındalığını artırmak, kurtarma ekipleri kurmak gibi benzeri sebeplerle tehlike ve ekonomik kayıpların azaltılmasını sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2014.
- [2] <https://www.afad.gov.tr/ar/4389/Depremin-Buyuklugu-ve-Siddeti-Ayni-Kavramlar-midir>, (Ziyaret tarihi: 11 Ocak 2018).
- [3] Musson R. M. W., Intensity and Intensity Scales, Editors: Bormann P., *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, 2nd ed., Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Postdam, 1-41, 2011.
- [4] Gills D., Intensity Scales, Editors: Bobrowsky P.T., *Encyclopedia of Earth Sciences Series-Encyclopedia of Natural Hazards*, 1st ed., Springer, Netherlands, 541-551, 2013.
- [5] Özalp S., Aydemir B.S., Olgun Ş., Şimşek B., Elmacı H., Evren M., Emre Ö., Aydın M.B., Kurtuluş O., Öcal F., Can A.Z., Yanmaz M.N, Apa R., Duman T.Y., Van Gölü (Edremit Körfezi) Kuvaterner Çökellerinde Tektonik Deformasyonlar, Doğu Anadolu, Türkiye, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 2016, **153**, 45-61.
- [6] Bozkurt E., Neotectonics of Turkey – a Synthesis, *Geodinamica Acta*, DOI: 10.1016/S0985-3111(01)01066-X.
- [7] Demirtaş R., Yılmaz R., *Türkiye'nin Sismotektoniği*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Daire Başkanlığı Yayını, Ankara, 1996.
- [8] <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>, (Ziyaret Tarihi: 03 Aralık 2018).
- [9] Kadırioğlu F. T., Kartal R. F., Kılıç T., Kalafat D., Duman T. Y., Eroğlu Azak T., Özalp S., Emre Ö., An Improved Earthquake Catalogue ( $M \geq 4.0$ ) for Turkey and Its Near Vicinity (1900-2012), *Bulletin of Earthquake Engineering*, DOI 10.1007/s10518-016-0064-8.
- [10] Kılıç T., Kartal R.F., Kadırioğlu F.T., Duman T.Y., Özalp S., Türkiye ve yakın çevresi için düzenlenmiş moment tensor (1906-2012) kataloğu  $MW \geq 4,0$ , Editör: Duman .T.Y., *Türkiye Sismotektonik Haritası*, 1. Baskı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 34-261, 2017.
- [11] Yomralıoğlu T., Coğrafi Bilgi Teknolojileri, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 2010, **514**, 48-51.
- [12] <https://www.qgis.org/tr/site/about/index.html>, (Ziyaret tarihi: 13 Ocak 2018).



- [13] [http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/706/mod\\_resource/content/0/lab\\_takip/QUANTUM\\_CBS-LAB2.pdf](http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/706/mod_resource/content/0/lab_takip/QUANTUM_CBS-LAB2.pdf), (Ziyaret tarihi: 13 Ocak 2018).
- [14] Nurlu M., Fahjan Y.M., Eravci B., Baykal M., Yenilmez G., Yalcin D., Yanik K., Kara F. I., Pakdamar F., Rapid Estimation Of Earthquake Losses In Turkey Using AFAD-RED System, *2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, İstanbul, 25-29 August 2014.
- [15] Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Şaroğlu F., *Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası Ölçek 1:1.250.000*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1.Baskı, Ankara, 2013.
- [16] Worden C. B., Wald D. J., Sanborn J., Thompson E. M., Development of an open-source hybrid global Vs30 model, *Seismological Society of America Annual Meeting*, Pasadena-California, 21-23 April 2015.
- [17] Gregor N., Abrahamson N.A., Atkinson G.M., Boore D.M., Bozorgnia Y., Campbell K.W., Chiou B., Idriss I.M., Kamai R., Seyhan E., Silva W., Stewart J. P., Youngs R., Comparison of NGA-West2 GMPEs, *Earthquake Spectra*, DOI: 10.1193/070113EQS186M.
- [18] Campbell K.W., Bozorgnia Y., NGA-West2 ground motion model for the average horizontal components of PGA, PGV, and 5% damped linear acceleration response spectra, *Earthquake Spectra*, DOI: 10.1193/062913EQS175M.
- [19] Abrahamson N.A., Silva W.J., Kamai R., Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions, *Earthquake Spectra*, DOI: 10.1193/070913EQS198M.
- [20] Chiou B., Youngs R., Abrahamson N., Addo K., Ground-motion attenuation model for small-to-moderate shallow crustal earthquakes in California and its implications on regionalization of ground-motion prediction models, *Earthquake spectra*, DOI: 10.1193/1.3479930.
- [21] Idriss I.M., An NGA-West2 empirical model for estimating the horizontal spectral values generated by shallow crustal earthquakes, *Earthquake Spectra*, DOI: 10.1193/070613EQS195M.
- [22] Akkar S., Çağnan Z., A local ground-motion predictive model for Turkey, and its comparison with other regional and global ground-motion models, *Bulletin of the Seismological Society of America*, DOI: 10.1785/0120090367.
- [23] Akkar S., Sandikkaya M., Bommer J., Empirical ground-motion models for point-and extended-source crustal earthquake scenarios in Europe and the Middle East, *Bulletin of earthquake engineering*, DOI 10.1007/s10518-013-9461-4.
- [24] Boore D.M., Atkinson G.M., Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01s and 10.0s, *Earthquake Spectra*, DOI:

10.1193/1.2830434.

- [25] Campbell K.W., Bozorgnia Y., NGA ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10s., *Earthquake Spectra*, DOI: 10.1193/1.2857546.
- [26] Abrahamson N.A., Silva W.J., Abrahamson-Silva NGA Empirical Ground Motion Relations for the Geometric Mean Horizontal Component of Peak and Spectral Ground Motion Parameters, *Pacific Earthquake Engineering Research Center*, Final Report, 0-337, 2007.
- [27] Kalkan E., Gülkan P., Site-dependent spectra derived from ground motion records in Turkey, *Earthquake Spectra*, DOI: 10.1193/1.1812555.
- [28] Boore D.M., Joyner W.B., Fumal T.E., Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: a summary of recent work, *Seismological Research Letters*, DOI: 10.1785/gssrl.68.1.128.
- [29] Sadigh K., Chang C.Y., Agan J.A., Youngs R.R., Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data, *Seismological research letters*, 1997, **68**(1), 180-189.
- [30] Ambraseys N.N., Simpson K.A., Bommer J.J., The prediction of horizontal response spectra in Europe, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, DOI: 10.1002/(SICI)1096-9845(199604)25:4<371::AID-EQE550>3.0.CO;2-A
- [31] Wald D.J., Quitoriano V., Heaton T.H., Kanamori H., Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified Mercalli intensity in California, *Earthquake spectra*, DOI: 10.1193/1.1586058.
- [32] Özmen B., 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle), *Türkiye Deprem Vakfı*, TDV / DR 010-53, 125-128, 2000.
- [33] Ambraseys N.N., Engineering Seismology, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, PartI DOI: 10.1002/eqe.4290170101, PartII DOI: 10.1002/eqe.4290170102
- [34] Ambraseys N., Finkel C., The Saros-Marmara earthquake of 9 August 1912, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, DOI: 10.1002/eqe.4290150204.
- [35] Bozcu M., Yağmurlu F., Şentürk M., Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB-Türkiye, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 2007, **31**(1) , 25-46.
- [36] Ambraseys N., Finkel C., Seismicity of Turkey and neighbouring regions 1899-1915, *Annales Geophysics*, 1987, **5**(b), 701-726.

- [37] Pamir H., Ketin I., Das anatolische Erdbeben Ende 1939, *Geologische Rundschau*, 1941, **32**(3), 279-87.
- [38] Blumenthal M., Pamir H.N., Akyol H.İ., Şimal Anadolu zelzele sahasının jeolojisi ve 1942 yılı sonunda buralarda yapılan makrosismik müşahadeler (Osmancık-Erbaa), *M.T.A. Mecmuası*, 1943, **8**, 33-58.
- [39] Blumenthal M., La ligne sismique de Ladik, Vilayet de Samsun, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü(MTA) Dergisi*, 1945, **33**(1), 153-174.
- [40] Ergin K., Güçlü U., Uz Z., *Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (Milattan sonra 11 yılından 1964 sonuna kadar)*, 1. Baskı, İTÜ Maden Fakültesi Arz Fiziki Yayınları, Maden Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul, 1967.
- [41] Öcal N., *26 Mayıs 1957 Abant zelzelesi*, 1. Baskı, Maarif Vekaleti Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları, İstanbul, 1959.
- [42] Öcal N., Üçer S.B. ve Taner D., *Manyas-Karacabey Depremi 6 Ekim 1964*, 1. Baskı, MEB, B.Ü Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları, 1968.
- [43] Kürçer A., Özaksoy V., Özalp S., Uygun Güldoğan Ç., Özdemir E., Duman T.Y., 6 Ekim 1964 Manyas Depremi (Ms=6.9) Üzerine Bir Değerlendirme, *Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 2016, **21**, 47-54.
- [44] Abdüsselamoglu S., Gediz Bölgesine Ait Sismotektonik Gözlemler, *İnşaat Mühendisleri Odası Gediz Sempozyumu*, Ankara, 1970.
- [45] İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, *24 Kasım 1976 Çaldıran Depremi*, 1. Baskı, Baylan Matbaası, Ankara, 1977.
- [46] Eyidoğan H., Güçlü U., Uz Z., Utku Z., Değirmenci E., *Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988)*, 1. Baskı, İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1991.
- [47] Demirtaş R., Erkmen C., Yılmaz R., *17 Ağustos İzmit Körfezi Depremi yüzey faylanması, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi*, 1. Baskı, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2000.
- [48] Demirtaş R., Erkmen C., Yaman M., Yüzey Kırık Geometrisi, Atım Miktarı Dağılımı ve Gelecek Deprem Potansiyeli, Editör: Özmen B., Bağcı G., *12 Kasım Düzce Depremi*, 1. Baskı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, 61- 99, 2000.
- [49] Kalafat D., Güneş Y., Kara M., Deniz P., Kekovalı K., Kuleli H.S., Gülen L., Yılmaz M., Özel N.M., *Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2005; M≥4.0): A revised and extended earthquake catalogue for Turkey since 1900 (M≥4.0)*, 1. Baskı, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 2007.



## Ek-A

Tablo A.1. Uyum oranları açısından Azalım ilişkileri

Depremler	09.08.1912 Şarköy Müreffe Ms:7.4	03.10.1914 Burdur Ms:7.0	26.12.1939 Erzincan Ms:7.9	20.12.1942 Erbaa- Niksar Ms:7.0	26.11.1943 Ladik-Tosya Ms:7.2	01.02.1944 Bolu- Gerede Ms:7.3	18.03.1953 Yenice- Gönen Ms:7.2	25.04.1957 Fethiye Ms:7.1	26.05.1957 Abant Ms:7.1	06.10.1964 Manyas- Karacabey Ms:7.0	28.03.1970 Gediz Ms:7.2	24.11.1976 Çaldıran Ms:7.0	17.08.1999 Kocaeli Gölcük Ms:7.6	12.11.1999 Düzce- Kaynaşlı Ms:7.1
<b>ivme Azalım ilişkileri</b>										(i)	(ii)			
BSSA14 (2014)	○20	○20	○30	○30	○20	○20	●40	○20	●50	●40	○30	●50	●50	○20
CB14 (2014)	○20	○20	○30	○30	○20	●40	●50	○20	●70	○20	●50	●40	●40	○20
ASK14 (2014)	●40	●40	●60	●40	●50	●40	●60	○20	●50	○20	○20	○30	●40	●30
CY14 (2014)	●40	●40	●40	●50	●40	●40	●50	○30	●60	○20	○20	○30	●70	○20
I14 (2014)	○20	○20	○20	○20	○20	○20	○20	○20	○30	○20	○30	●60	○30	○20
Akkar and Cagnan (2010)	○20	○20	-	○20	○20	○20	○20	○20	○30	○20	○20	○30	-	○20
Akkar-Sandikkaya-Bommer	○20	○20	○20	●40	○20	○20	○20	○20	○30	○20	○20	●60	●40	○20
NGA Boore-Atkinson (2008)	○10	○20	○25	○10	○10	○10	○30	○20	○30	○30	○10	○10	●60	○20
NGA Campell-Bozorgnia	○20	○30	○20	○30	○20	○20	○30	○20	○30	○30	○20	○40	○50	○20
NGA Abrahamson-Silva (2007)	●40	●60	●50	●40	●50	●60	●70	○20	●50	○30	○30	○40	●60	●30
Kalkan-Gulkan (2004)	○20	●40	-	○20	○20	○20	○20	○20	○30	○20	○40	●70	-	○20
Boore, et al (1997)	○20	○20	-	○30	○20	○20	○20	○20	○30	○20	○40	○50	-	○20
Sadigh, et al (1997)	●45	●50	●50	●40	●40	●50	●60	○20	●50	○30	○20	○30	●50	●30
Ambraseys, et al (1996)	●50	●40	-	●40	●60	●70	●50	●50	●40	○30	○20	○20	-	●40

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Yalçın D.**, Karaağaç D., Gökova Körfezi ve Yakın Çevresinin Depremselliği, *20. Uluslararası Jeofizik Kongresi*, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Antalya, 25-27 Kasım 2013.
- [2] Eravcı B., Baykal M., Yanık K., Yenilmez G., **Yalçın D.**, Fahjan Y.M., Akıllı Telefonlar Aracılığı ile Deprem Sonrası Şiddet Tahmini, *2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Türkiye Deprem Mühendisliği Derneği, Antakya-Hatay, 25-27 Eylül 2013.
- [3] Nurlu M., Fahjan Y.M., Eravcı B., Baykal M., Yenilmez G., **Yalçın D.**, Yanık K., Kara F. I., Pakdamar F., Rapid Estimation Of Earthquake Losses In Turkey Using AFAD-RED System, *2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, European Association of Earthquake Engineering (EAEE) and European Seismological Commission (ESC), Istanbul, 25-29 August 2014.
- [4] Eravcı B., Baykal M., Yanık K., Yenilmez G., **Yalçın D.**, Fahjan Y.M., Rapid Information And Intensity Estimation After Earthquake In Turkey Using Smart-Phones, *2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, European Association of Earthquake Engineering (EAEE) and European Seismological Commission (ESC), Istanbul, 25-29 August 2014.
- [5] Tepeugur E., Sertçelik F., Çeken U., **Yalçın D.**, Yenilmez G., Kaplan M., Yanık K., 24 Mayıs 2014 Mw:6.5 Gökçeada Depremindeki Büyük Genlikli Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları ve Moho Süreksizliğinden Yansıyan Dalgalar(SmS) ile İlişkisi, *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Türkiye Deprem Mühendisliği Derneği, İzmir, 14-16 Ekim 2015.
- [6] Fahjan Y.M., Pakdamar F., Kara F.İ., Eryılmaz Y., Eravcı B., Baykal M., Yenilmez G., **Yalçın D.**, Yanık K., Afet Yönetiminde Olası Depremler İçin “Afad-Red” Hasar Tahmin Sisteminin Kullanımı, *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Türkiye Deprem Mühendisliği Derneği, İzmir, 14-16 Ekim 2015.
- [7] Eravcı B., **Yalçın D.**, Baykal M., Yenilmez G., Fahjan Y.M., AFADRED (Rapid Earthquake Damage And Loss Estimation Software), *The Multi-Hazard Early Warning Conference*, Global Platform for Disaster Risk Reduction Conference Proceedings, Cancun-Mexico, 22-23 May 2017.
- [8] **Yalçın D.**, Fahjan Y.M., Eravcı B., Yanık K., Baykal M., Yenilmez G., Çetin C., AFADRED Rapid Earthquake Damage And Loss Estimation Software: Example of Adıyaman Samsat Earthquake, *9th Congress of the Balkan Geophysical Society*, Antalya, 05-09 November 2017.

- [9] **Yalçın D.**, Sertçelik F., Comparison Of 1968 Bartın Earthquake Isoleismal Map And Scenario Earthquake Intensity Maps By Using Gis, *9th Congress of the Balkan Geophysical Society*, Antalya, 05-09 November 2017.



## ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2000 yılında girdiği Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 2005 yılında Jeofizik Mühendisi olarak mezun oldu. 2007-2010 yılları arasında Halkbank'da çalıştı. 2010 yılında Eskişehir İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'ne Jeofizik Mühendisi olarak atandı. 2012 yılından bu yana T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığında Jeofizik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

