



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

23 KASIM 2022 GÖLYAKA (DÜZCE) DEPREMİ (M_w 6,0) SAHA GÖZLEMLERİ VE DEĞERLENDİRME RAPORU

**JEOLojİ ETÜTLERİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI
ANKARA – 2022**



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

23 KASIM 2022 GÖLYAKA (DÜZCE) DEPREMİ (M_w 6,0) SAHA GÖZLEMLERİ VE DEĞERLENDİRME RAPORU

**Selim ÖZALP
Akın KÜRÇER**

**JEOLJİ ETÜTLERİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI
ANKARA 2022**

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa No
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	I
ŞEKİL DİZİNİ.....	II
KATKI BELİRTME.....	1
1. GİRİŞ	2
2. BÖLGESEL TEKTONİK VE JEOLJİ.....	4
3. KARADERE SEGMENTİ'NİN GENEL ÖZELLİKLERİ	9
4. 23 KASIM 2022 GÖLYAKA (DÜZCE) DEPREMİ (Mw 6,0).....	10
4.1. Sismolojik Bilgiler.....	10
4.2. Saha Gözlemleri.....	13
4.3. Yapısal Hasarlar.....	22
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	27
6. DEĞİNİLEN BELGELER.....	28

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi'nin Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki yeri (Emre ve diğerleri, 2013)	3
Şekil 2.1. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Deprem alanı ve çevresinin tarihsel dönem (1900 öncesi) deprem etkinliği (KRDAE)	5
Şekil 2.2. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Deprem alanı ve çevresinin aletsel dönem (1900 sonrası) deprem etkinliği (KRDAE)	6
Şekil 2.3. Düzce ve çevresinin jeoloji haritası (Aksay ve diğerleri, 2002)	7
Şekil 2.4. Düzce Havzası'nın Kuvaterner jeoloji haritası (Bulut Üstün ve diğerleri, 2019). Qey 1: 1. Dönem yelpaze çökelleri, Qey 2: 2. Dönem yelpaze çökelleri, Qey3: 3. Dönem yelpaze çökelleri, Qee: Etek döküntüsü çökelleri, Qat: Akarsu taşkın ovası çökelleri, Qakm: Kopmuş menderes kanal çökelleri, Qgd: Gölsel delta çökelleri	8
Şekil 3.1. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) depreminin (Mw 6,0) meydana geldiği bölge ve çevresinin diri fay haritası (Emre ve diğerleri, 2011)	9
Şekil 4.1. Ulusal ve uluslararası sismoloji merkezleri tarafından 23 Kasım2022 Gölyaka (Düzce) Depremi için önerilen dışmerkez, odak derinliği ve hızlı moment tensör çözümleri (EMSC)	11
Şekil 4.2. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi'nin tahmini eş şiddet haritası (AFAD)	12
Şekil 4.3. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi'nin 25.11.2022 tarihi (saat 08:00) itibarıyla deprem oluş sayısı ve büyüklük dağılımı grafiği (KRDAE)	12
Şekil 4.4. 23 Kasım 2022 tarihinde Gölyaka (Düzce)'da meydana gelen depremin ve artçı şoklarının MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyicisinde gösterilen konumu. Diri faylar MTA tarafından yayınlanmış Türkiye Diri Fay Haritası (Emre ve diğerleri, 2013), sismolojik veri AFAD-DDB (http://www.deprem.gov.tr/) tarafından eş zamanlı olarak MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyicisine (http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx) aktarılan bilgilerden alınmıştır	13
Şekil 4.5. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi sonrasında gözlem noktalarının konumları (Diri faylar: Emre ve diğerleri, 2013)	14
Şekil 4.6. Sarıdere Köyü'nün 1,9 km kuzeybatısında, Büyük Melen Çayı'nın batı sahili boyunca, stabilize yol üzerinde yanal yayılmaya bağlı olarak meydana gelen, yaklaşık K-G doğrultulu kılcal çatlakların Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c) görünümü (Bakış Kuzey'e doğrudur)	15
Şekil 4.7. Yakabaşı Köyü'nün 1,16 km güneydoğusunda, Büyük Melen Çayı'nın batı sahili boyunca, stabilize yol üzerinde yanal yayılmaya bağlı olarak gelişen, K10°D doğrultulu kılcal çatlakların Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c) görünümü (Bakış Güney'e doğrudur)	16
Şekil 4.8. Yakabaşı Köyü'nün 1,10 km güneydoğusunda, Büyük Melen Çayı'nın batı sahili boyunca, stabilize yol üzerinde yanal yayılmaya bağlı olarak gelişen, K08°D doğrultulu kılcal çatlakların Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c) görünümü (Bakış Kuzey'e doğrudur)	18

	Sayfa No
Şekil 4.9. Yayakbaşı Köyü'nün 550 m batısındaki göletin çevresinde görülen yanal yayılma yapılarının Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c ve d) görüntüleri (Bakış b ve d'de Batı'ya, c'de Doğu'ya doğrudur)	19
Şekil 4.10. Düzce – Gölyaka karayolunun İçmeler Köyü mevkiinde Eosen yaşlı volkanitleri kesen Karadere Segmenti'nin Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a) ve arazi görüntüsü (b) (Bakış Güneybatı'ya doğrudur)	20
Şekil 4.11. Yeşilova (Gölyaka -Düzce) köyünün 1 km Doğu-Güneydoğusunda yanıcı çıkan kuyunun Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a) ve arazi görüntüleri (b) ve (c) (Bakış Kuzey'e doğrudur)	21
Şekil 4.12. Düzce şehir merkezinde meydana gelen yapısal hasarlı binalar. a) Düzce Adliye binası, b) Düzce Ticaret ve Sanayi Odası binası, c) Düzce şehir merkezinde ağır hasarlı bir işyeri	23
Şekil 4.13. Gölyaka ilçe merkezindeki Fatih Camisi'nde meydana gelen yapısal hasar (https://www.ensonhaber.com/gundem/duzcede-fatih-camiinde-hasar-olustu)	24
Şekil 4.14. Sarıdere Köyü (Göyaka – Düzce) Camisi'nde meydana gelen yapısal hasar	25
Şekil 4.15. Cumayeri ilçesi (Düzce) Kaymakamlık (a) ve Belediye Ek Hizmet binasında (b) meydana gelen yapısal hasarlar (https://www.aa.com.tr/tr/gundem/duzcedeki-depremde-cumayeri-ilcesindeki-kamu-binalari-hasar-gordu/2746297)	26

KATKI BELİRTME

Depremden hemen sonra, bu çalışmayı yapabilmemize olanak sağlayan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığına, çalışma süresince sağlamış oldukları arazi aracı desteği nedeniyle Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığına ve lojistik destek nedeniyle Çevre Araştırmaları Dairesi Başkanlığı "MAPEG Adına Düzce İli Agregat Kaynak Planlama Projesi" Proje Başkanı Serkan Palas ve proje personeline teşekkür ederiz.

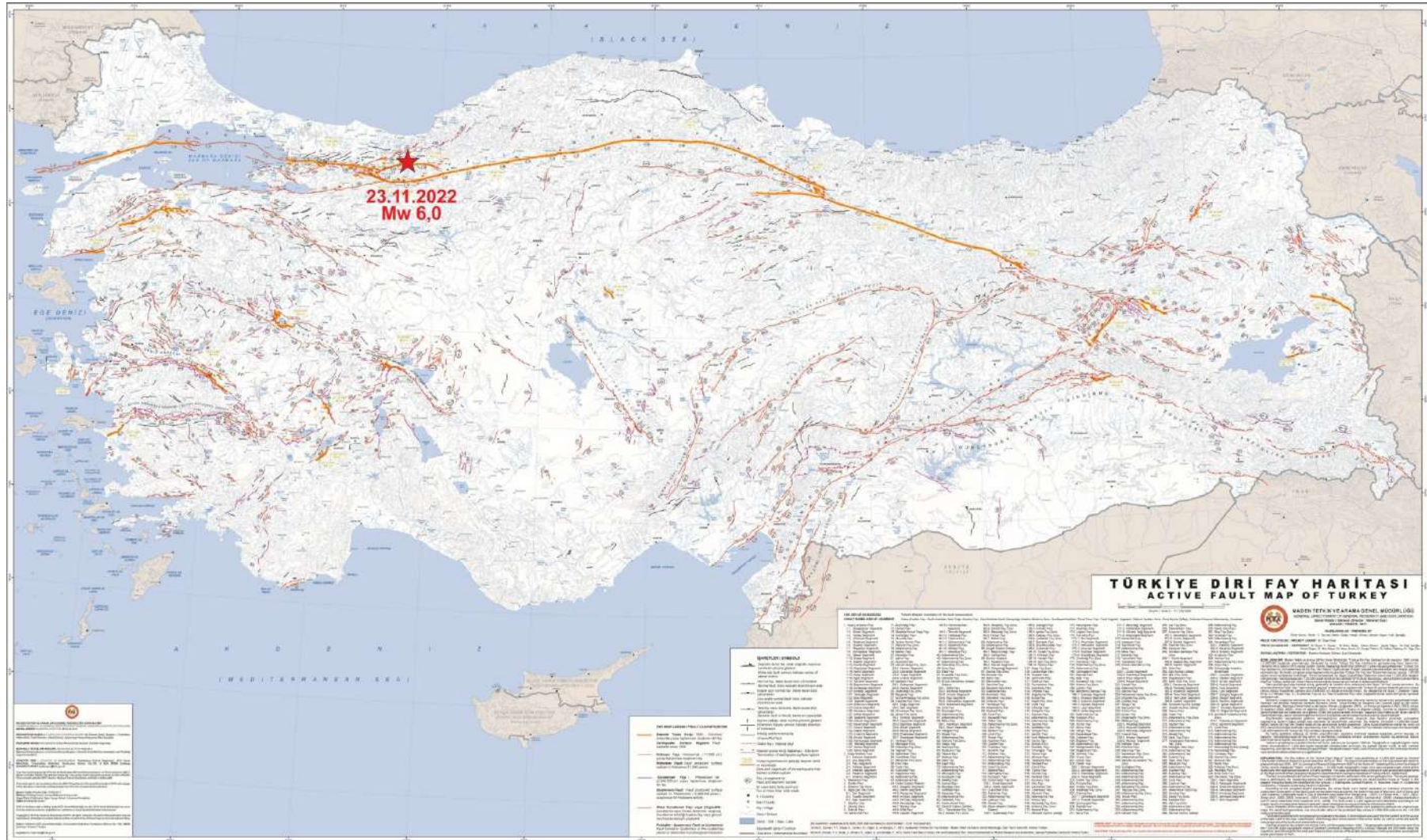
1. GİRİŞ

Çeşitli ulusal ve uluslararası sismoloji merkezlerinin kayıtlarına göre, 23 Kasım 2022 tarihinde, Türkiye saati ile 04.08'de, merkez üssü Düzce ilinin yaklaşık 11 km batısı, Gölyaka ilçesinin ise 6 km kuzeydoğusu olan Mw 6,0 büyüklüğünde, 6-19 km odak derinliğinde, sığ odaklı bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 1.1). Deprem; Düzce, Adapazarı, Kocaeli, Bolu, Ankara, İstanbul ve Eskişehir başta olmak üzere, çevredeki birçok il ve ilçede hissedilmiştir.

Sağlık Bakanlığı tarafından yapılan açıklamaya göre 24.11.2022 tarihi saat 16.00 itibarıyla depremde 2 kişi hayatını kaybetmiş, Düzce'de 37 kişi, İstanbul'da 2 kişi, Bolu'da 14 kişi Zonguldak'ta 10 kişi, Sakarya'da 26 kişi ve Bursa'da 4 kişi olmak üzere toplam 93 kişi yaralanmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yapılan açıklamaya göre Düzce genelinde acil yıkılacak ağır hasarlı 181 yapı tespit edilmiştir.

Depreme kaynaklık eden fayın tanımlanması ve meydana gelen hasarın jeolojik yapıyla olası ilişkisinin araştırılması amacıyla Genel Müdürlük Makam Talimatı doğrultusunda, Jeoloji Etütleri Dairesi, Aktif Tektonik ve Deprem Araştırmaları Koordinatörlüğü'nde görevli Doç. Dr. Selim Özalp ve Dr. Akın Kürçer'den oluşan iki kişilik bir araştırma ekibi afet bölgesinde arazi çalışması gerçekleştirmek üzere görevlendirilmiştir. Arazi gözlemleri hasarın yoğunlaştığı ana ve artçı şokların meydana geldiği, Düzce ile Gölyaka arasında kalan kesimde gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda söz konusu depreme kaynaklık eden faya ilişkin bir yüzey kırılması gözlenmemiştir. Bununla birlikte, özellikle Karadere Segmenti'nin Büyük Melen Çayı'nı kestiği alanda, taşkın ovası çökelleri üzerinde gelişmiş yanal yayılma türünde deprem kökenli yüzey deformasyonları gözlenmiştir.

Araştırmadaki saha incelemeleri 23.11.2022 ile 25.11.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş ve izleyen bölümlerdeki saha gözlemleri, kurumsal arşiv bilgileri ve literatür ışığında aşağıdaki rapor hazırlanmıştır.



Şekil 1.1. 23 Kasım 2022 Gölçaya (Düzce) Depremi'nin Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki yeri (Emre ve diğerleri, 2013).

2. BÖLGESEL TEKTONİK VE JEOLJİ

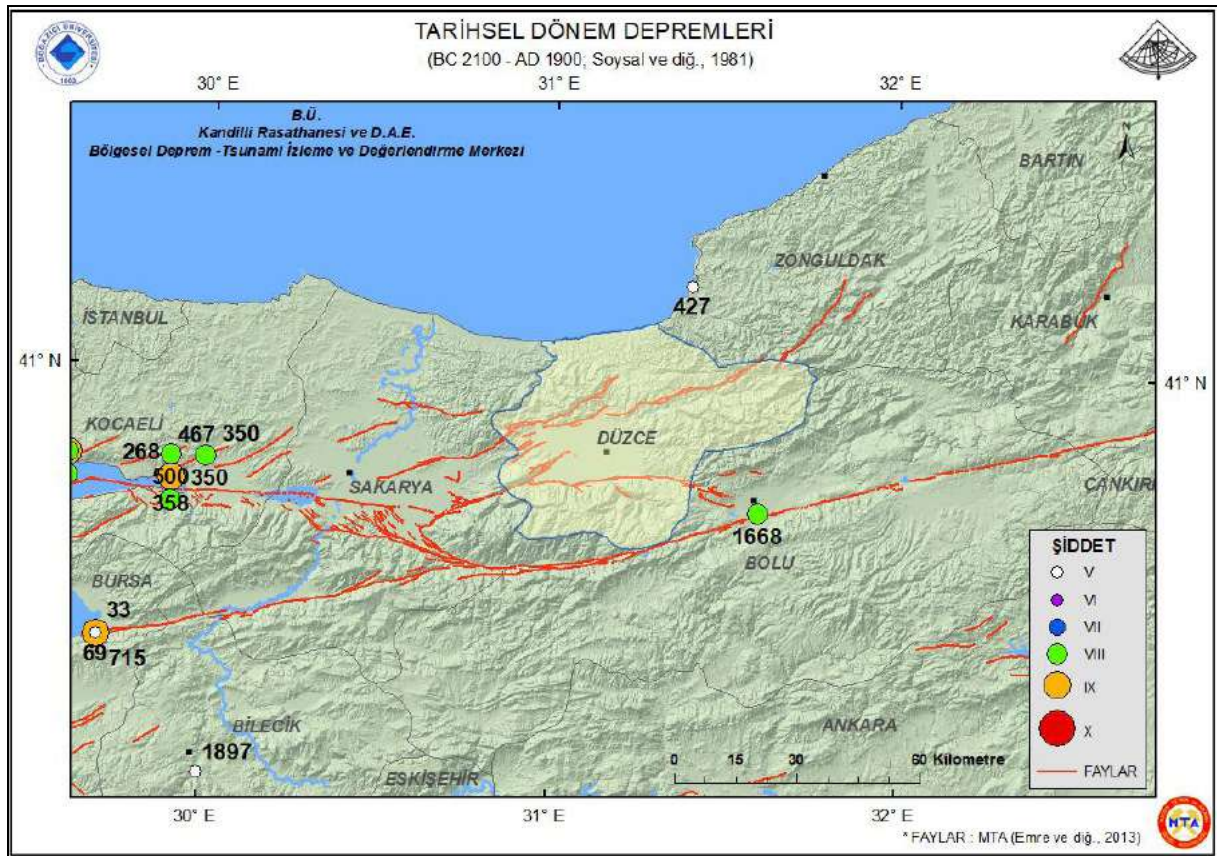
Arabistan-Afrika levhaları ile Avrasya levhası arasında meydana gelen kıtasal yakınsama sonucunda, arada var olan Neotetis Okyanusu'nun Güney Kolu, Geç Kretase'den itibaren kapanmaya başlamıştır (McKenzie, 1972, 1978; Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey ve diğerleri, 1986). Arabistan levhasının Afrika levhasına oranla kuzeye doğru hareket hızı daha fazla olduğu için, bu iki levha arasındaki kıtasal çarpışma Doğu Anadolu'da Serravaliyen-Tortoniyen (Orta-Üst Miyosen) aralığında meydana gelmiştir (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981). Anadolu'nun doğusunda yaklaşık 12 milyon yıl önce meydana gelen bu kıtasal çarpışma, Doğu Akdeniz'in güncel kinematığında önemli rol oynamıştır. Doğu Anadolu'da yaklaşık K-G yönlü kıtasal yakınsama sonucunda, sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) gelişmiştir (McKenzie, 1972, 1978; Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Jackson ve McKenzie, 1984; Şengör ve diğerleri, 1985). KAFZ ve DAFZ boyunca batıya doğru hareket eden Anadolu Levhacığı, Ege Bölgesi'nde, Ege-Kıbrıs yitim kuşağı boyunca saatin tersi yönünde dönel bir hareketle Afrika levhası üzerine itilmektedir (Şengör, 1980; Şengör ve diğerleri, 1985; Armijo ve diğerleri, 1999).

Güncel GPS verileri, KAF boyunca Anadolu Levhacığının batıya doğru yaklaşık 25 mm/yıllık bir hızla hareket ettiğini göstermektedir (McClusky ve diğerleri, 2000; Reilinger ve diğerleri, 2000, 2006). Karlıova-Bolu arasında göreceli olarak, genellikle dar bir zonda izlenen KAFZ, Bolu'dan itibaren batıya doğru daha geniş bir yapı kazanır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992; 1997; Armijo ve diğerleri, 1999). Bolu ile Marmara Denizi arasında yer alan Doğu Marmara Bölgesinde ise kuzey ve güney olmak üzere iki ana koldan oluşur. Fayın batıya doğru olan devamında, doğu-batı genel doğrultusunda birbirinden uzaklaşan kuzey ve güney ana kolları arasında gelişen tektonik çukurluklara Marmara Denizi yerleşmiştir.

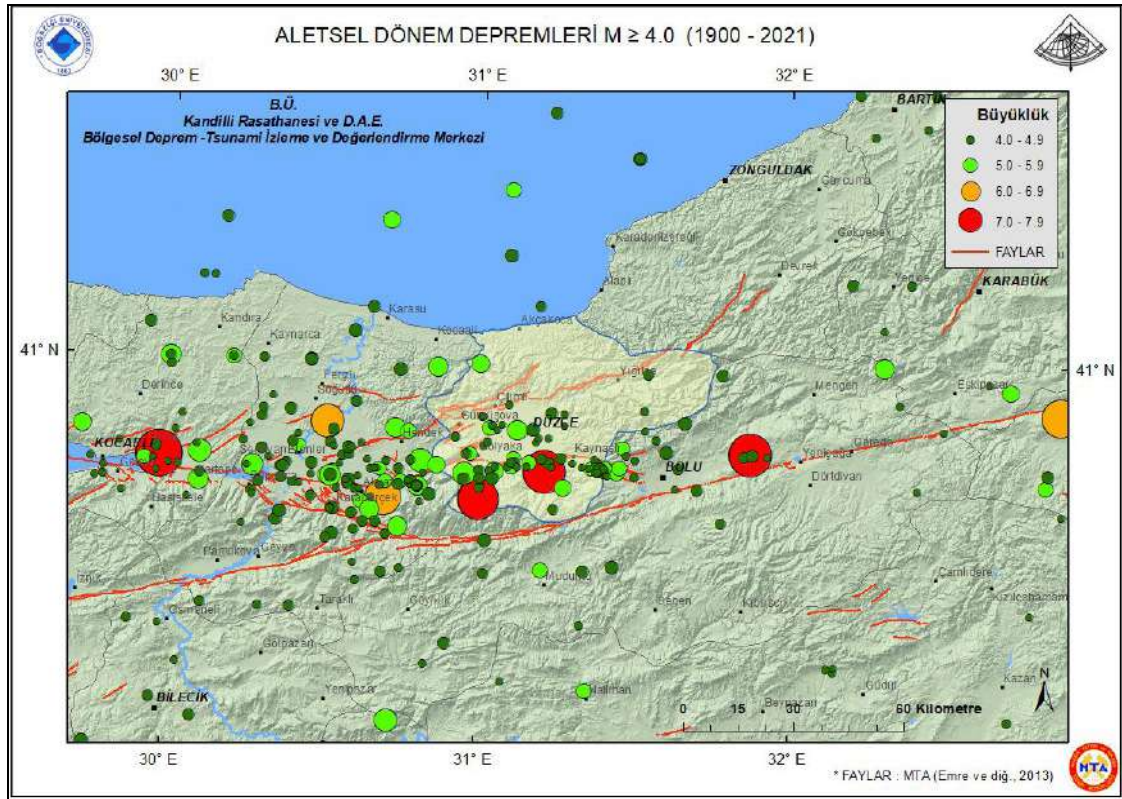
İntra-Pontid okyanusunun Erken Eosen-Oligosen'de kapanmasıyla oluşan kenet zonuna yerleşen KAFZ boyunca İstanbul ve Sakarya zonlarına ait paleotektonik dönem kaya birimleri karşı karşıya gelmektedir (Bkz.: Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve diğerleri, 1982, 1995; Okay, 1989; Aksay ve diğerleri, 2002). Fayın kuzeyinde yer alan, Neojen öncesi birimlerden oluşan İstanbul zonu, Ordovisiyen-Erken Tersiyer yaşlı tortul kayalardan oluşur. Güney blokta yer alan Sakarya zonu ise metamorfik bir temel ve Jura-Kretase yaşlı tortul örtüden oluşur. Fayın iki kolu arasındaki morfolojik yükselimleri oluşturan Almacık ve Samanlı

dağları ise genelde Intra-Pontid kenedini oluşturan farklı metamorfik kayalar ve ofiyotli melanj ile bunları örten Eosen yaşlı kayalardan meydana gelmektedir. Armutlu yarımadasının kuzeybatısı hariç, Bolu-Marmara Denizi arasında KAFZ'nun iki ana kolu adı geçen kenet zonu ile kuzey ve güneydeki tektonik birlikler arasında yer almaktadır.

23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi (Mw 6,0)'nin meydana geldiği alan, tarihsel (1900 öncesi) ve aletsel (1900 ve sonrası) dönemlerde yoğun deprem etkinliğinin yaşandığı bir sismojenik zondur (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Aletsel Dönemde son depremin olduğu alana en yakın büyük depremler, en doğusunda Karadere Segmenti'nin de kırıldığı 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi (Mw 7,4) (Awata ve diğerleri, 2003) ile Düzce Segmenti üzerinde yüzey kırığının geliştiği 12 Kasım 1999 Depremi'dir (Mw 7,2) (Duman ve diğerleri, 2014).



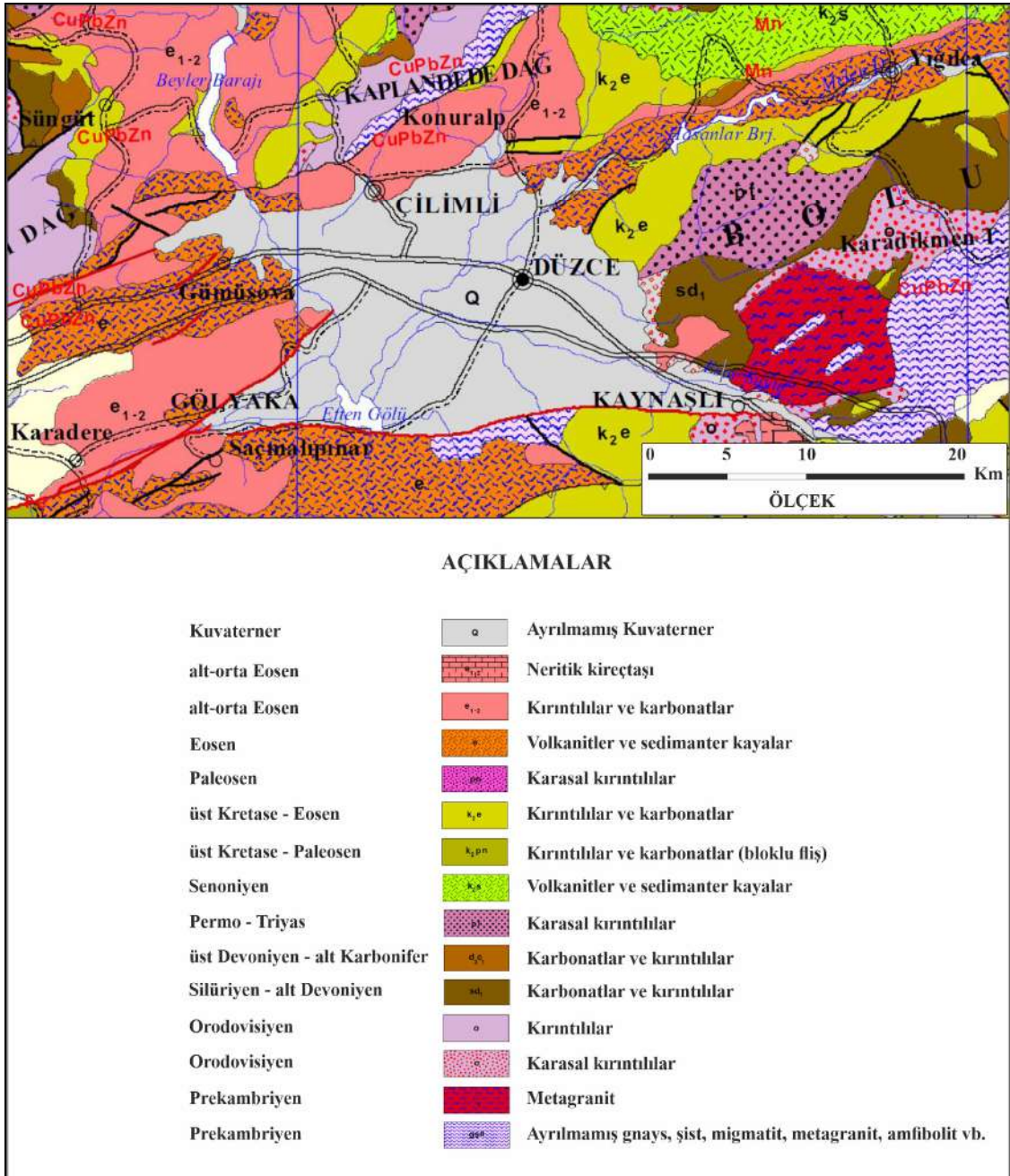
Şekil 2.1. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Deprem alanı ve çevresinin tarihsel dönem (1900 öncesi) deprem etkinliği (KRDAE).



Şekil 2.2. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Deprem alanı ve çevresinin aletsel dönem (1900 sonrası) deprem etkinliği (KRDAE)

Düzce Ovası, KAFZ'nun K71°D doğrultulu Karadere Segmenti ile D-B doğrultulu Düzce Segmentleri arasında gelişmiş bir fay kaması havzadır. Düzce Havzası ve çevresinde Prekambriyen'den günümüze kadar değişen yaş aralığına sahip kaya birimleri ve çökeller yüzylemektedir (Şekil 2.3).

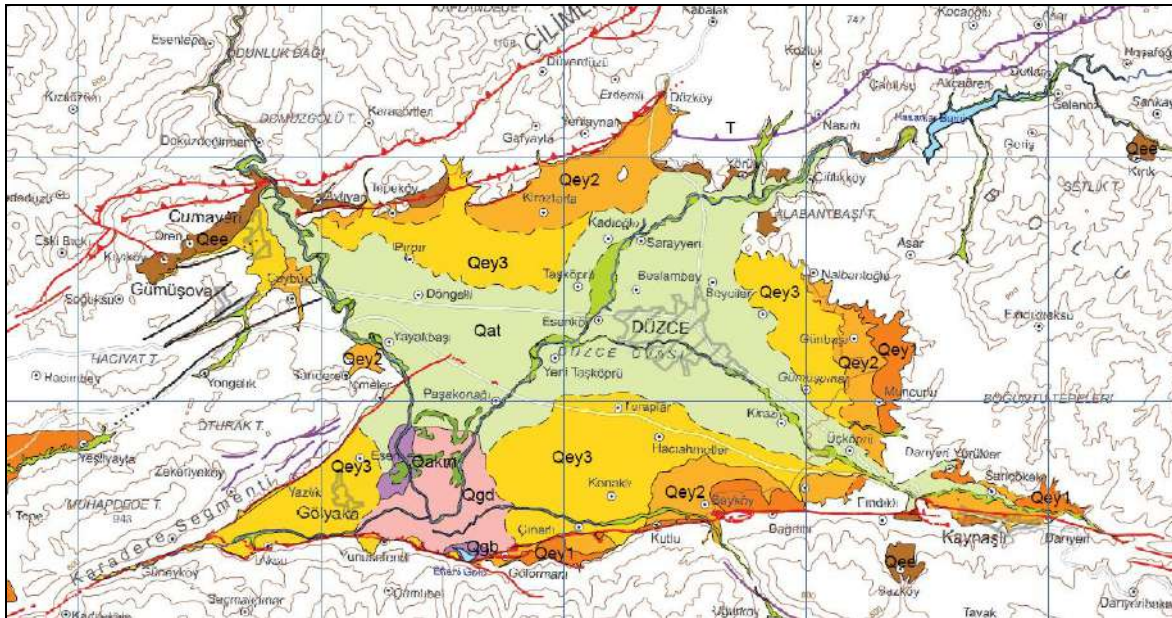
Düzce Havza'sı ve çevresindeki en yaşlı birimler, Düzce Segmenti'nin güney bloğunda ve Kaynaşlı'nın doğusunda yüzeyleyen Prekambriyen yaşlı gnays, şist, migmatit, metagranit ve amfibolitlerdir. Paleozoyik yaşlı birimler Ordovisiyen yaşlı karasal kırıntılılar, kırıntılılar ile Silüriyen-alt Devoniyen yaşlı karbonatlar ve kırıntılılar, üst Devoniyen-alt Karbonifer yaşlı karbonatlar ve kırıntılılar ve Permo-Triyas yaşlı karasal kırıntılılar ile temsil olunur. Ordovisiyen yaşlı karasal kırıntılılar Kaynaşlı'nın güneyinde oldukça sınırlı bir alanda yüzlek verirken, aynı yaşlı kırıntılı birimler Düzce Havzası'nın batı ve kuzeybatısında geniş alanlarda yayılım gösterir. Silüriyen-alt Devoniyen yaşlı karbonatlar ve kırıntılılar ile üst Devoniyen-alt Karbonifer yaşlı karbonatlar ve kırıntılılar ise Düzce Havzası'nın çoğunlukla doğu, kısmen de batı ve kuzey kesimlerinde yüzylemektedirler. Permo-Triyas yaşlı karasal kırıntılılar yalnızca Düzce Havzası'nın doğusunda izlenir.



Şekil 2.3. Düzce ve çevresinin jeoloji haritası (Aksay ve diğerleri, 2002).

İnceleme alanında Mesozoyik-Senozoyik yaşlı birimler, Senoniye yaşlı volkanitler ve sedimanter kayalar, üst Kretase yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar, üst Kretase-Eosen yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar, Paleosen yaşlı karasal kırıntılılar, Eosen yaşlı volkanitler ve sedimanter kayalar, alt-orta Eosen yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar ile benzer yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşur. Bu birimler Düzce Havzası'nın çevresini kuşatmış olmakla beraber, KAFZ'nun güney ve kuzey bloğunda yüzeyleyen aynı birimlerin kısmen farklı litolojik özellikler sergilediği görülmüştür.

Düzce Havzası'nın genç çökelleri ile ilgili bilgiler Bulut Üstün ve diğerleri (2019)'nden derlenmiştir (Şekil 2.4). Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimleri genel olarak iri taneli havza kenarı ve ince taneli havza içi çökeller olarak iki gruba ayrılabilir. Çoğunlukla alüvyon yelpazesi çökelleri, döküntü çökelleri ve akarsu sekisi çökellerinden oluşan havza kenarı çökelleri, genişlikleri 1-5 km arasında değişen kuşaklar halinde uzanır. Çoğunlukla, eğim atım bileşenine sahip doğrultu atımlı faylarla kesilmiş olan bu yelpazelerin oluşturduğu dağ eteği düzlükleri basamaklı bir morfoloji sunar. Havza içi birimler ise başlıca menderesli nehir, taşkın ovası, bataklık ve göllerde çökelmiş olan, göreceli olarak daha ince taneli sedimanlardır (Emre ve diğerleri, 1999). Bu çökellerin büyük bölümü Holosen istifleri şeklindedir. Havza içlerinde etek, akarsu ve göl çökelleri yanal ve düşey yönde geçiş göstererek hızla depolanırken, kıyı kuşağında delta, plaj ve rüzgâr egemen tortullar çökelimlerini sürdürmektedir. Geçiş ortamlarını oluşturan lagüner ortamlar, siltlenme süreciyle karalaşma eğilimindedir. Bölgesel tektonizma sonucu erozyonla değilerek oluşan vadi sistemleri ise akarsu süreçlerinde gelişen tortullardan oluşmaktadır. KAFZ boyunca birkaç alanda gözlenen travertenler Kuvaterner boyunca oluşumunu sürdürmektedir.

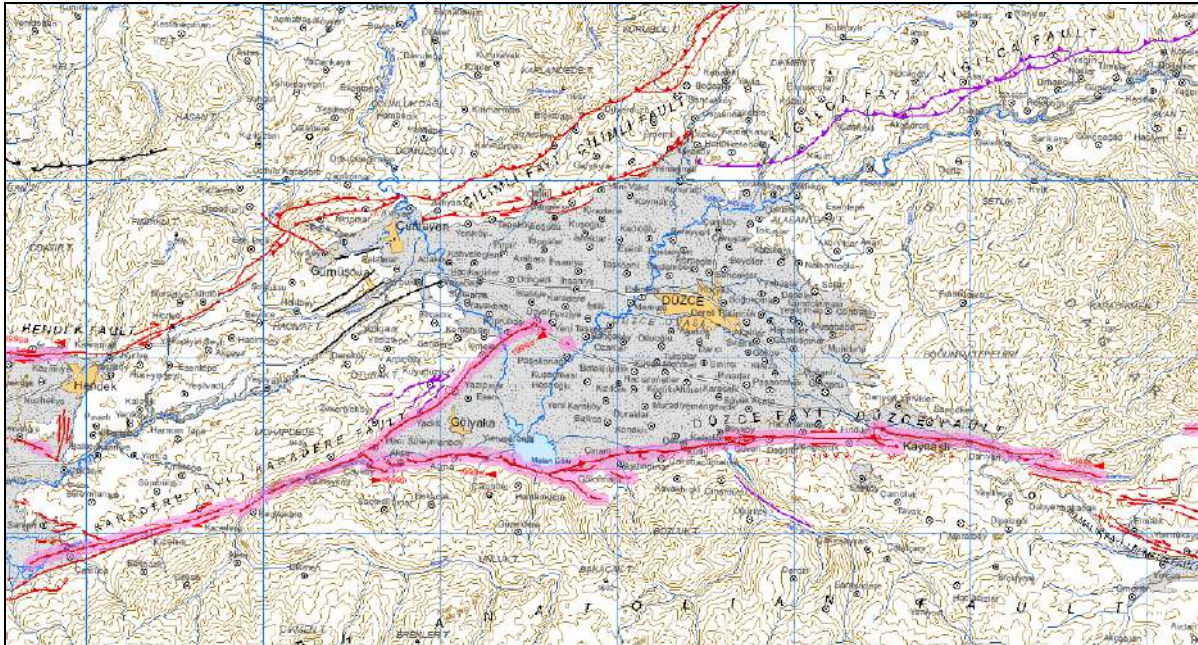


Şekil 2.4. Düzce Havzası'nın Kuvaterner jeoloji haritası (Bulut Üstün ve diğerleri, 2019).
 Qey 1: 1. Dönem yelpaze çökelleri, Qey 2: 2. Dönem yelpaze çökelleri, Qey3: 3. Dönem yelpaze çökelleri, Qee: Etek döküntüsü çökelleri, Qat: Akarsu taşkın ovası çökelleri, Qakm: Kopmuş menderes kanal çökelleri, Qgd: Gölsel delta çökelleri.

3. KARADERE SEGMENTİ'NİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Karadere Segmenti (Emre ve diğerleri, 2013, 2018) güneye içbükey bir geometri ile Almacık bloğunu kuzeyden sınırlandırmaktadır (Şekil 3.1). Üzerinde 17 Ağustos 1999 depreminin geliştiği K71°D doğrultulu Karadere segmenti 34 km uzunluktadır. Kuzey blokta yer alan Eosen ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı kaya birimleri ile Almacık Bloku'nu meydana getiren kenet zonu kaya birimleri arasında dokanak oluşturmaktadır. Karadere ile Düzce segmentleri arasında izlenen 30°'lik bir açığa sahip sağa sekmeli aşmanın olduğu alana Efteni Gölü yerleşmiştir (Emre ve Awata, 2003). Yüzey morfolojisi ve drenaj özellikleri Düzce havzasının kuzeydoğudan güneybatıya doğru gençleştiğini ve güncel çökmenin Efteni Gölü kesiminde yoğunlaştığını göstermektedir (Emre ve diğerleri, 2000).

Karadere Segmenti, batıda Akyazı doğusundan başlamaktadır. Almacık Dağı kuzeyinde yer alan segment doğu-kuzeydoğu doğrultulu olup 17 Ağustos 1999 depremi sırasında segment üzerinde meydana gelen yerdeğiştirme miktarı 1 ile 2,1 metre arasında değişmektedir (Duman ve diğerleri, 2003)



Şekil 3.1. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) depreminin (Mw 6,0) meydana geldiği bölge ve çevresinin diri fay haritası (Emre ve diğerleri, 2011)

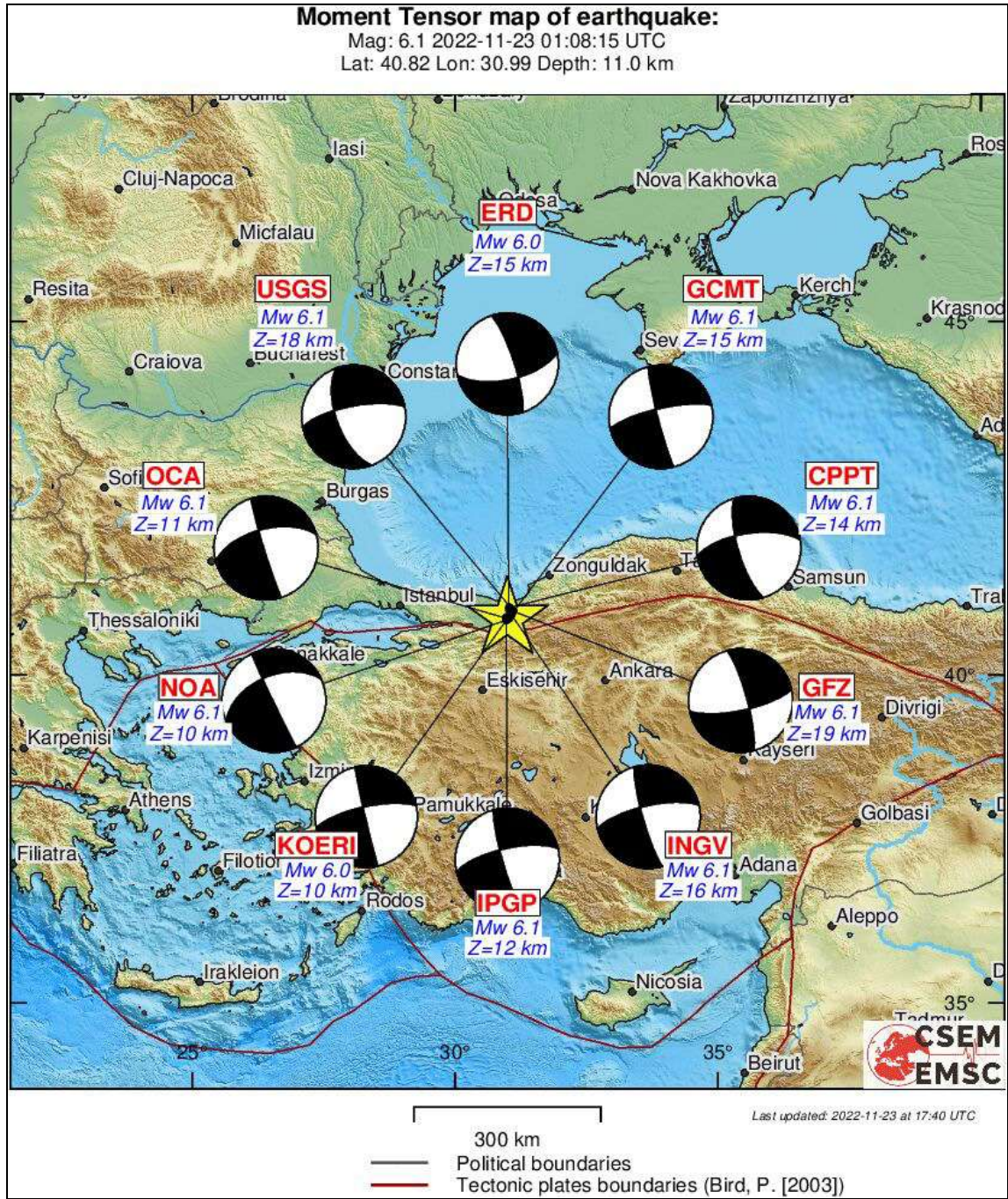
4. 23 KASIM 2022 GÖLYAKA (DÜZCE) DEPREMİ (Mw 6,0)

4.1. Sismolojik Bilgiler

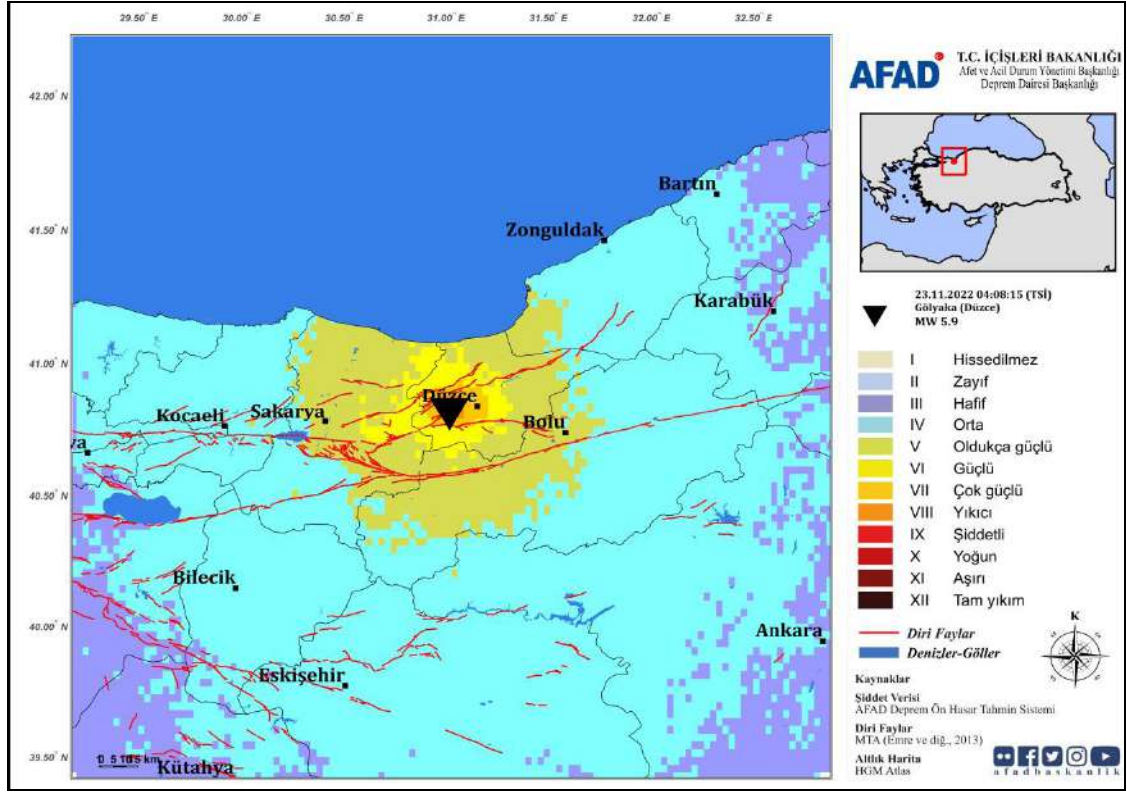
Çeşitli ulusal ve uluslararası sismoloji merkezlerinden elde edilen bilgilere göre, 23 Kasım 2022 tarihinde, Türkiye saati ile 04.08'de, merkez üssü Düzce il merkezinin 11 km batısına, Gölyaka ilçe merkezinin ise 6 km kuzeydoğusuna rastlayan bir alanda Mw 6,0 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Ulusal ve uluslararası sismoloji merkezleri tarafından yayınlanan ilksel moment tensör çözümlerine göre deprem, KD-GB doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı bir faydan kaynaklanmıştır (Şekil 4.1). Bu çözümlere göre depremin büyüklüğü (Mw) 6,0 ile 6,1, derinliği ise 10 km ile 19 km arasında değişmekte olup fay düzleminin eğim yönü bazı çözümlerde KB bazılarında ise GD yönünde verilmiştir (Şekil 4.1).

AFAD kayıtlarına göre söz konusu depremin koordinatı 40,823K - 31,025D olarak verilmektedir. Deprem; Düzce, Adapazarı, Kocaeli, Bolu, Ankara, İstanbul ve Eskişehir başta olmak üzere, çevredeki birçok il ve ilçede de hissedilmiştir (Şekil 4.2).

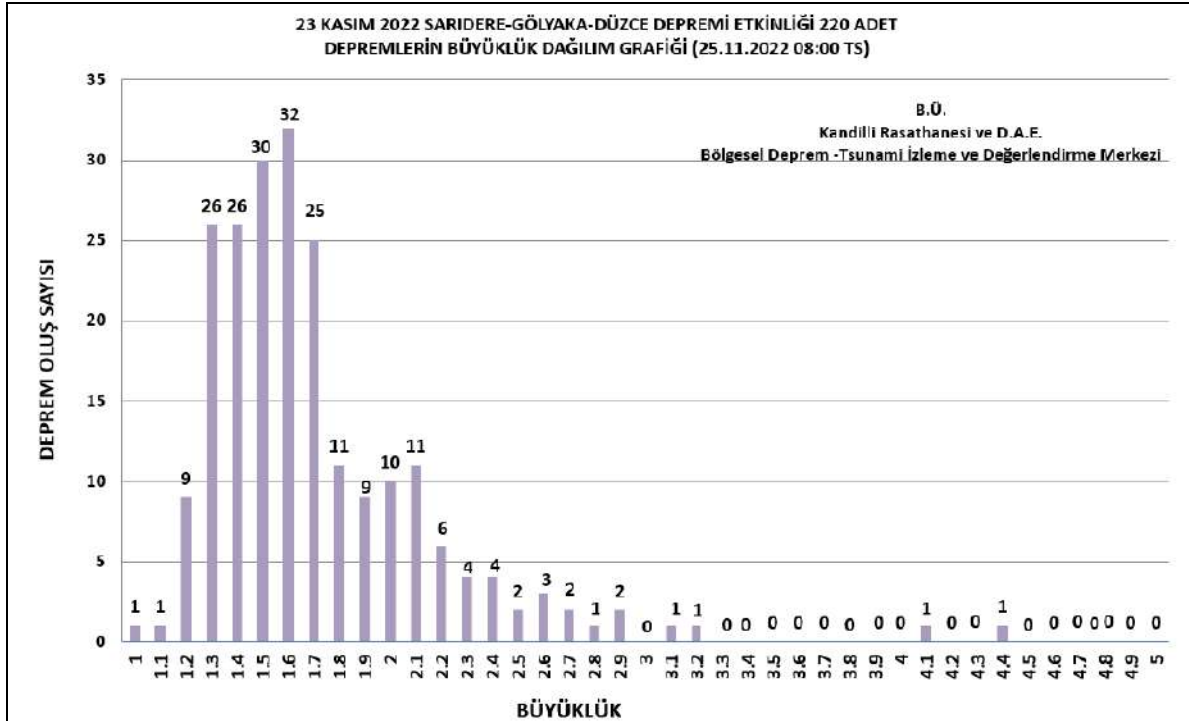
Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) kayıtlarına göre 25.11.2022 tarihi saat 08.00'a kadar 2'si 4'ten büyük olmak üzere toplam 220 adet artçı deprem meydana gelmiştir (Şekil 4.3). MTA Genel Müdürlüğü Yerbilimleri Harita Görüntüleyicisi üzerinden artçı depremlerin dağılımları incelendiğinde, genel olarak Karadere Segmenti'ne uyumlu olarak KD-GB yönünde bir hat oluşturacak şekilde kümелendikleri izlenmektedir (Şekil 4.4). 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi'nin büyüklüğü, artçı şokların dağılımı ve diri fay verisi, Karadere Segmenti üzerinde 17 Ağustos 1999 depreminde ölçülen yerdeğiştirme dağılımı (Duman ve diğerleri, 2003) ile birlikte değerlendirilecek olursa, Segment üzerinde 1999 depreminde kırılmayan yaklaşık 7 km uzunluğundaki kesiminin, son deprem ile yırtıldığı şeklinde yorumlanmaktadır.



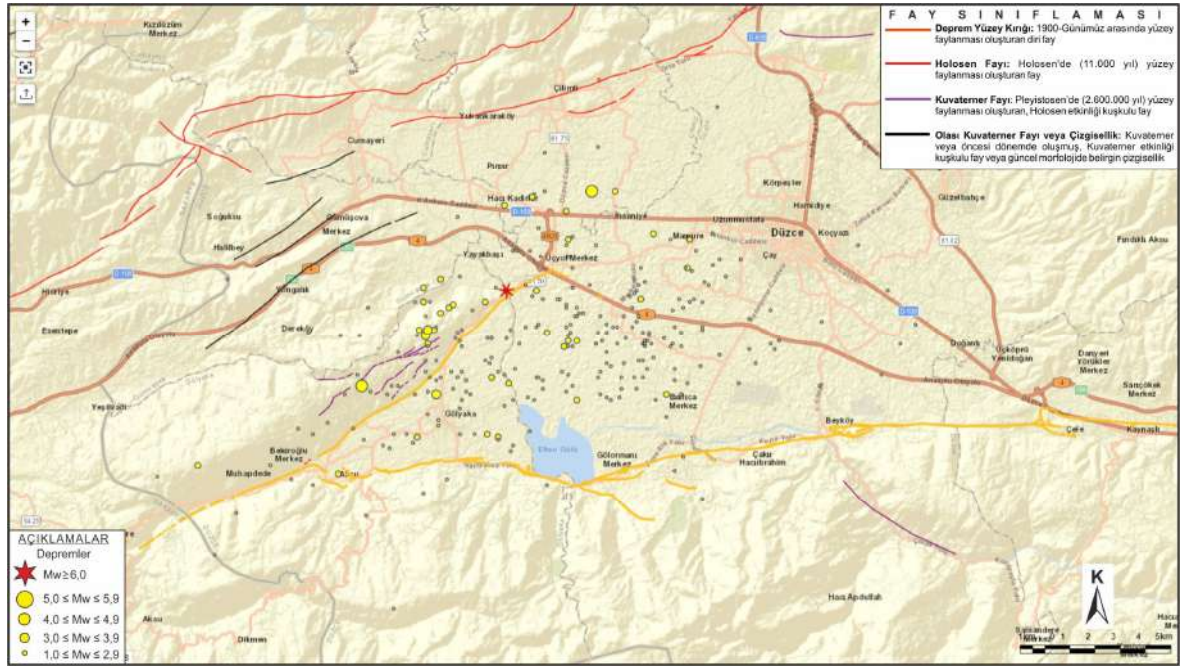
Şekil 4.1. Ulusal ve uluslararası sismoloji merkezleri tarafından 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi için önerilen dışmerkez, odak derinliği ve hızlı moment tensör çözümleri (EMSC).



Şekil 4.2. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi'nin tahmini eş şiddet haritası (AFAD).



Şekil 4.3. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi'nin 25.11.2022 tarihi (saat 08:00) itibarıyla deprem oluş sayısı ve büyüklük dağılımı grafiği (KRDAE).



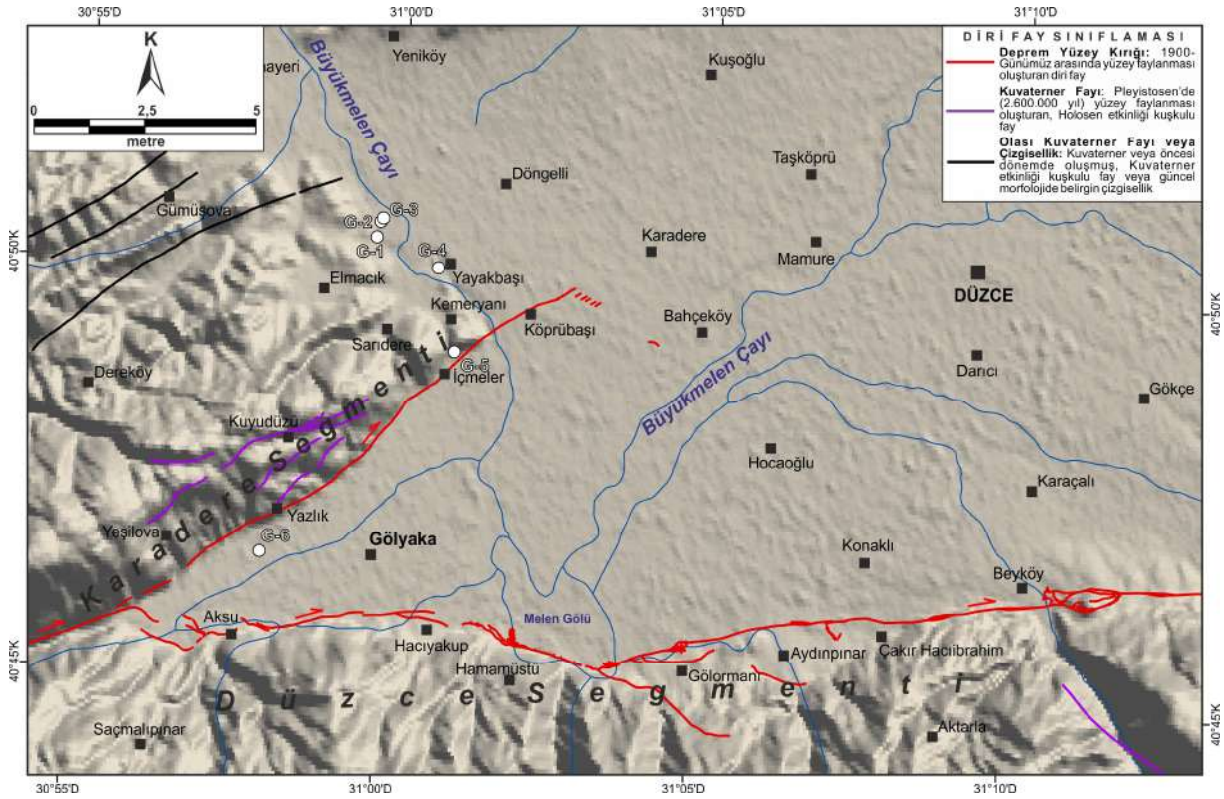
Şekil 4.4. 23 Kasım 2022 tarihinde Gölyaka (Düzce)'da meydana gelen depremin ve artçı şoklarının MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyicisinde gösterilen konumu. Diri faylar MTA tarafından yayınlanmış Türkiye Diri Fay Haritası (Emre ve diğerleri, 2013), sismolojik veri AFAD-DDB (<http://www.deprem.gov.tr/>) tarafından eş zamanlı olarak MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyicisine (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>) aktarılan bilgilerden alınmıştır.

4.2. Saha Gözlemleri

23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi (Mw 6,0) sırasında, deprem kaynak fayı olan Karadere Segmenti boyunca herhangi bir yüzey kırığı meydana gelmemiştir. Karadere Segmenti'nin hemen batısındaki Kuvaterner aktif fayları ve daha da kuzeybatıdaki Olası Kuvaterner Fayı veya Çizgisellik olarak haritalanmış olan faylar üzerinde de herhangi bir yüzey kırığı gözlenmemiştir. Bununla birlikte, Karadere Segmenti'nin Büyük Melen Çayı'nı kestiği alana yakın kesimlerde, taşkın ovası çökelleri üzerinde yanal yayılma türü deprem kökenli bazı yüzey deformasyonları gözlenmiştir (Şekil 4.5).

Saha gözlemleri, doğuda Düzce ile batıda Gölyaka arasında kalan bölge ve yakın dolayında gerçekleştirilmiştir. Buna göre, deprem sırasında en fazla hasar Düzce il merkezi, Gölyaka ilçe merkezi, Cumayeri ve Gümüşova beldeleri ile Sarıdere, Yeşilova, İçmeler, Kemeryanı, Köprübaşı ve Yayakbaşı köylerinde meydana gelmiştir. Yapısal hasar, genel anlamda jeolojik olarak zemin büyütmesine elverişli zemin üzerine inşa edilen binalarda gözlenmiştir. Tutturulmamış kum, silt ve kil boyu malzemelerden oluşan ve yeraltı su seviyesinin oldukça

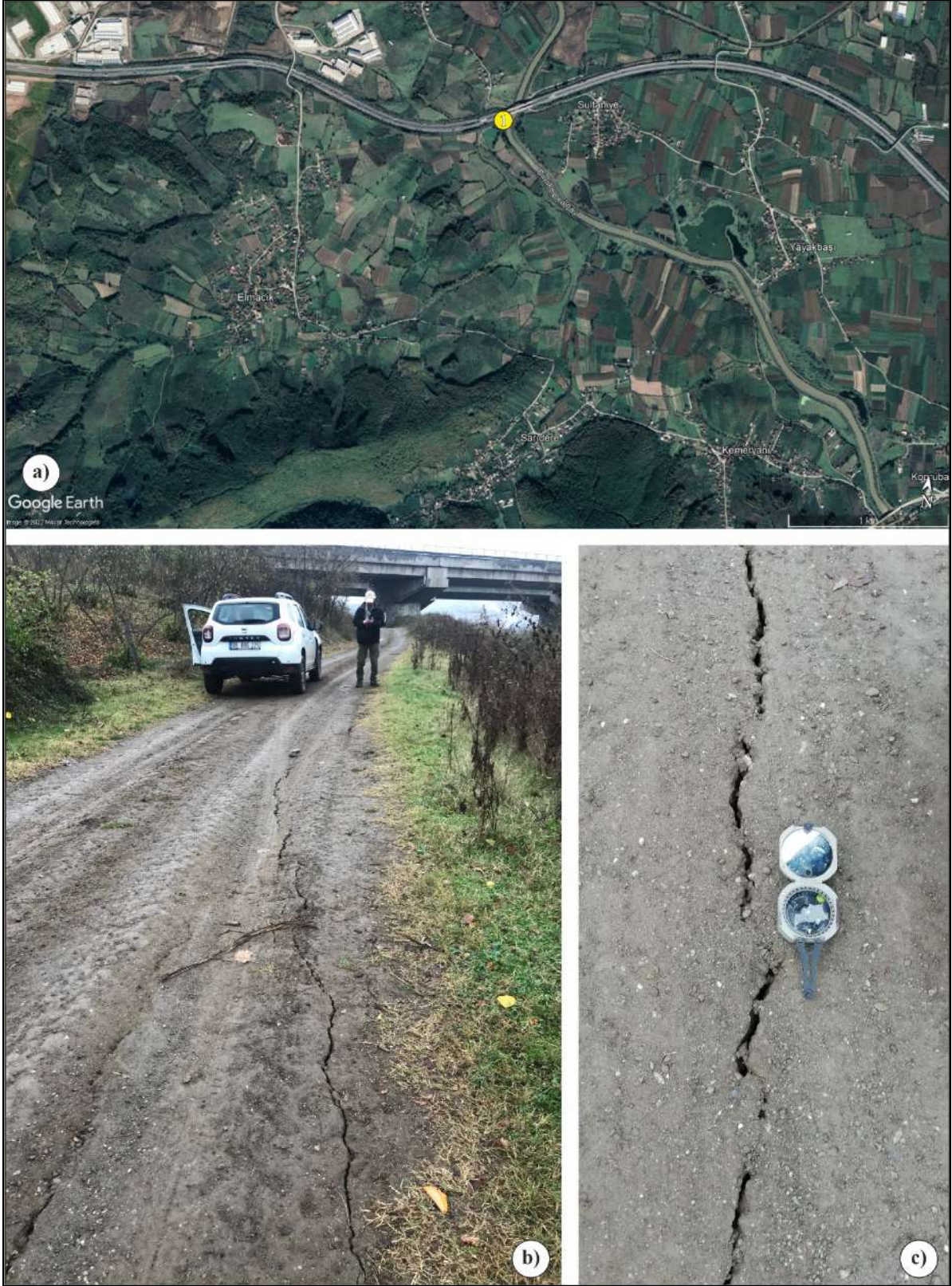
sığ olduğu bu tür çökellerde, deprem sırasında sıvılaşma, yanal yayılma, zemin büyütmesi gibi deprem kökenli ikincil deformasyonlar gelişebilmektedir.



Şekil 4.5. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi sonrasında gözlem noktalarının konumları (Diri faylar: Emre ve diğerleri, 2013)

Gözlem 1: Sarıdere (Gölyaka – Düzce) köyünün 1,9 km kuzeyinde, Büyük Melen Çayı'nın kuzeye doğru büküldüğü alanda, çayın batı sahiline koşut uzanan stabilize yol üzerinde deprem sırasında gelişmiş yanal yayılmaya bağlı kılcal çatlaklar izlenmiştir (UTM WGS84 Koordinatlar: 36T, 0330888D / 4522946K) (Şekil 4.6). 30 metre kadar takip edilebilen kılcal çatlakların genel doğrultusu yaklaşık K-G olup, en fazla 2-4 cm açıklığa sahiptir.

Gözlem 2: Yakabaşı (Gümüşova – Düzce) köyünün 1,2 km güneydoğusunda, Büyük Melen Çayı'nın kuzeye doğru büküldüğü alanda, otoban köprüsünün kuzey tarafında, çayın batı sahiline koşut uzanan stabilize yol üzerinde, deprem sırasında gelişmiş yanal yayılmaya bağlı kılcal çatlaklar izlenmiştir (UTM WGS84 Koordinatlar: 36T, 0330963D / 4523294K) (Şekil 4.7). Sağa ve sola sıçramalı olarak yaklaşık 30 metre kadar takip edilebilen kılcal çatlakların genel doğrultusu K10°D olup, en fazla 3-5 cm açıklığa sahiptir.



Şekil 4.6. Sarıdere Köyü'nün 1,9 km kuzeybatısında, Büyük Melen Çayı'nın batı sahili boyunca, stabilize yol üzerinde yanıl yayılmaya bağlı olarak meydana gelen, yaklaşık K-G doğrultulu kılcal çatlakların Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c) görünümü (Bakış Kuzey'e doğrudur).



Şekil 4.7. Yakabaşı Köyü'nün 1,16 km güneydoğusunda, Büyük Melen Çayı'nın batı sahili boyunca, stabilize yol üzerinde yanal yayılmaya bağlı olarak gelişen, K10°D doğrultulu kılcal çatlakların Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c) görünümü (Bakış Güney'e doğrudur).

Gözlem 3: Yakabaşı (Gümüşova – Düzce) köyünün 1,1 km güneydoğusunda, Büyük Melen Çayı'nın kuzeye doğru büküldüğü alanda, otoban köprüsünün kuzey tarafında, çayın batı sahiline koşut uzanan stabilize yol üzerinde, Gözlem 2'deki yapılara benzer şekilde, deprem sırasında gelişmiş yanal yayılmaya bağlı kılcal çatlaklar izlenmiştir (UTM WGS84 Koordinatlar: 36T, 330992D / 4523374K) (Şekil 4.8). Sağa ve sola sıçramalı ve bükümlü bir geometri sunan ve yaklaşık 20 metre kadar takip edilebilen kılcal çatlakların genel doğrultusu K08°D olup, en fazla 5-7 cm açıklığa sahiptir.

Gözlem 4: Yayakbaşı (Merkez - Düzce) köyünün 550 metre batısında, Yayakbaşı Göleti yer almaktadır. Yaklaşık kuzeye doğru akan Büyük Melen Çayı'nın kuzeybatıya doğru büküldüğü alanda bulunan gölet, Büyük Melen Çayı'ndan günümüzde 5-10 metre genişliğinde yapay bir set ile ayrılmış durumdadır. Bu set, daha sonra yöre halkı tarafından stabilize bir yola dönüştürülmüştür. Göletin çoğunlukla Büyük Melen Çayı'na bakan güney kıyılarında yanal yayılma yapıları gözlenmiştir (UTM WGS84 Koordinatlar: 36T, 332294D / 4522302K) (Şekil 4.9). Gölet kıyısına koşut ve göl tarafına doğru eğimli bu yapılar boyunca yer yer 40-50 cm düşey yer değiştirmeler ve 20-25 cm açılmalar ölçülmüştür.

Gözlem 5: Düzce – Gölyaka karayolunun İçmeler Köyü mevkiinde, yolun batı yarmasında yüzeyleyen Eosen yaşlı volkanitler K70°D doğrultulu ve 68°GD'ya eğimli fay tarafından kesilmektedir. (UTM WGS84 Koordinatlar: 36T, 332695D / 4520420K) (Şekil 4.10). Karadere Segmenti'nin genel yapısal özellikleriyle oldukça uyumlu olan bu fay düzlemi, zon içerisinde gelişmiş bir yapı olarak yorumlanmıştır. Karadere Segmenti'nin aktif olan bölümü, fay düzlemi gözlenen lokasyondan yaklaşık 200 metre daha güneydoğudan, İçmeler köyünün içinden geçmektedir.

Gözlem 6: Yeşilova köyü, KAFZ'nun Karadere ve Düzce Segmentleri arasında bir fay kaması havza olarak tanımlanabilecek Gölyaka havzasının kapanan güneybatı köşesinde yer alır. Yeşilova köyünün yaklaşık 1 km doğu-güneydoğusunda, 2013 yılında 80 ya da 100 metre derinliğinde, tarımsal sulama amaçlı açılan bir kuyudan artezyen şeklinde sarımsı renkli, kükürt kokan, yanıcı özellikte gazlı su çıkmıştır (UTM WGS84 Koordinatlar: 36T, 332695D / 4520420K) (Şekil 4.11). Halen su çıkışı devam eden kuyu herhangi bir amaçla kullanılmamaktadır. Kuyu sahibinin yakınlarından edinilen bilgilere göre, gazlı su yakıldığında, söndürülmediği takdirde günlerce yanabilmektedir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığımız bu lokasyonla ilgili olarak bilgilendirilmiştir. Çıkan gaz ya da gazlar ile su içeriğinin tespit edilmesi amacıyla bölgeye bir mobil laboratuvar cihazının sevk edileceği öğrenilmiştir.



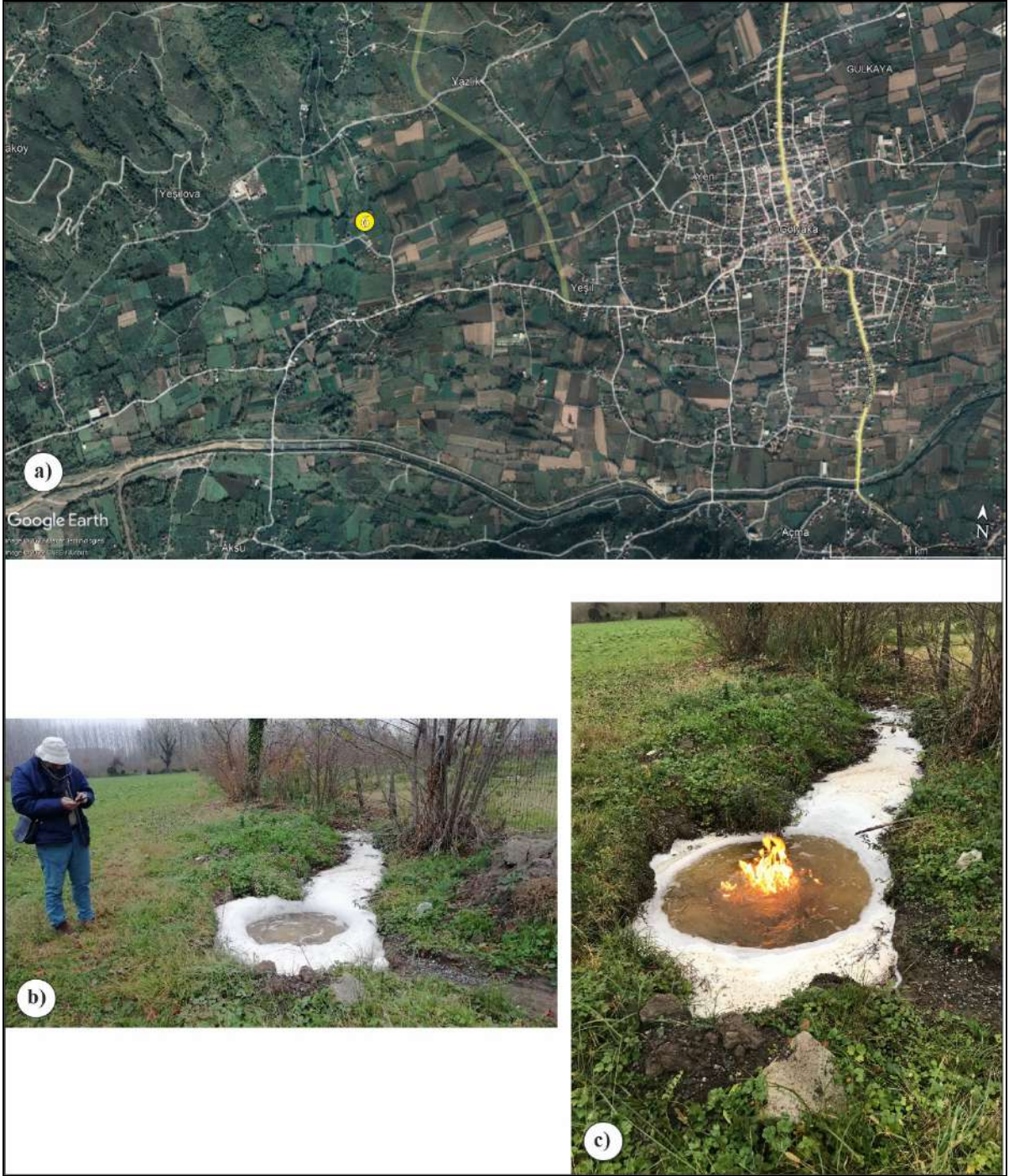
Şekil 4.8. Yakabaşı Köyü'nün 1,10 km güneydoğusunda, Büyük Melen Çayı'nın batı sahili boyunca, stabilize yol üzerinde yanal yayılmaya bağlı olarak gelişen, K08°D doğrultulu kılcal çatlakların Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c) görünümü (Bakış Kuzey'e doğrudur).



Şekil 4.9. Yayakbaşı Köyü'nün 550 m batısındaki göletin çevresinde görülen yanal yayılma yapılarının Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a), uzak alan (b) ve yakın plan (c ve d) görüntüleri (Bakış b ve d'de Batı'ya, c'de Doğu'ya doğrudur).



Şekil 4.10. Düzce – Gölyaka karayolunun İcmeler Köyü mevkiinde Eosen yaşlı volkanitleri kesen Karadere Segmenti'nin Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a) ve arazi görüntüsü (b) (Bakış Güneybatı'ya doğrudur).



Şekil 4.11. Yeşilova (Gölyaka -Düzce) köyünün 1 km Doğu-Güneydoğusunda yanıcı çıkan kuyunun Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki yer buldurusu (a) ve arazi görüntüleri (b) ve (c) (Bakış Doğu'ya doğrudur).

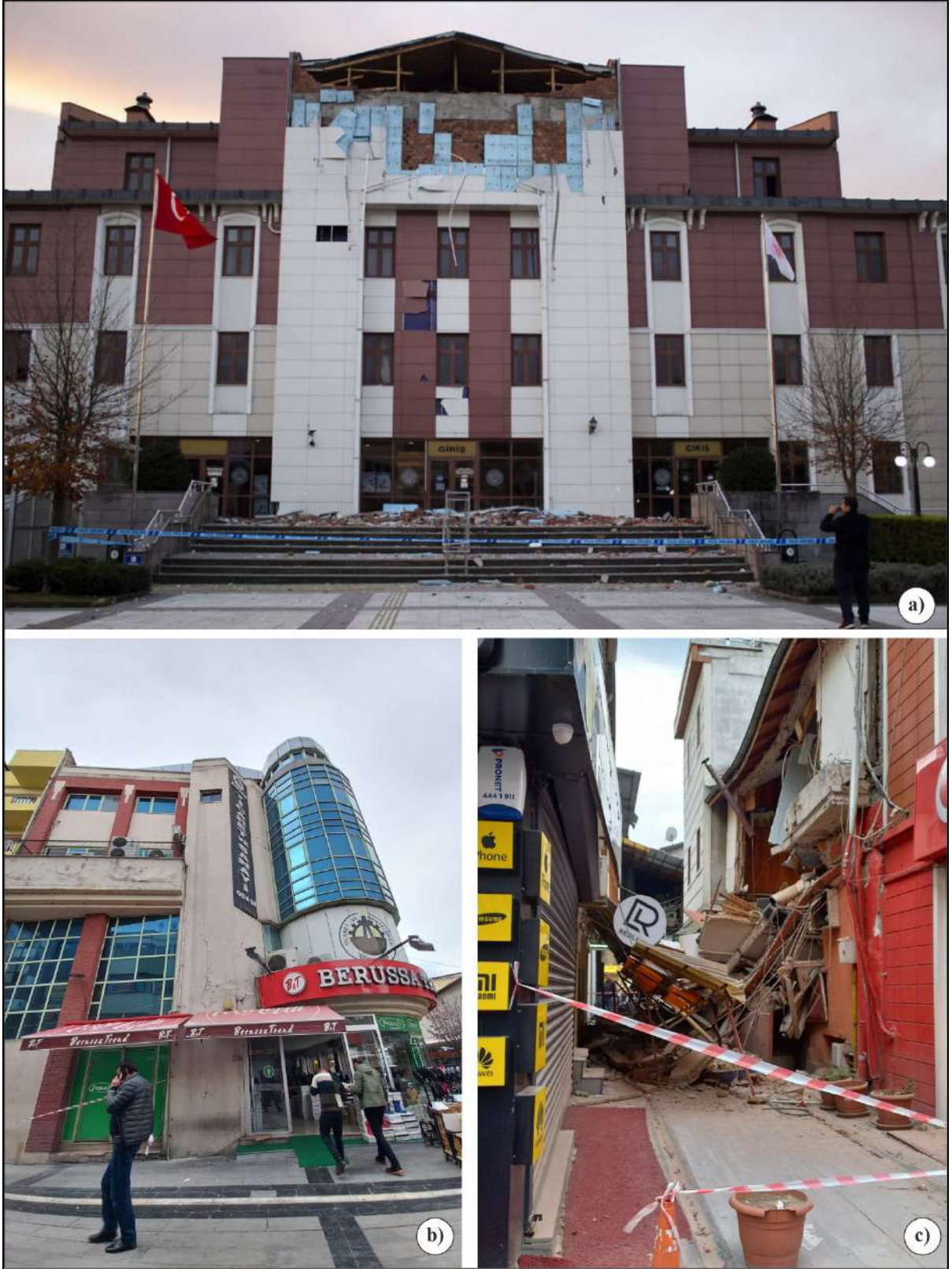
4.3. Yapısal Hasarlar

23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) depreminde (Mw 6,0), Düzce ili ve Gölyaka ilçesi Büyük ve Küçük Melen Çayları'nın taşkın düzlüğüne yerleşim olmasına rağmen beklenenden daha az yapısal hasar meydana gelmiştir. Bu durum, 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremlerini yaşayan bir kent olan Düzce'de yapı denetim kurallarına çoğunlukla uyulması ve kentsel dönüşüm mekanizmasının başarılı bir şekilde işletilmesiyle ilişkilendirilebilir. 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) depreminde (Mw 6,0), Düzce şehir merkezinde, Gölyaka ve Cumayeri ilçelerinde ve faya yakın yerlerdeki bazı köylerde hafif, orta ve yer yer ağır yapısal hasar meydana gelmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın açıklamalarına göre, Düzce il merkezi, Gölyaka, Gümüşova ve Cumayeri ilçeleri ile köylerinde toplam 181 binada ağır hasar meydana gelmiştir. Ayrıca, deprem dış merkez lokasyonuna oldukça yakın olan Sarıdere köyünde ve Karadere Segmenti'ne yakın olan Yeşilova, İçmeler, Kemeryanı, Köprübaşı ve Yayakbaşı köylerinde hafif ve orta dereceli hasar meydana gelmiştir (Şekil 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15).

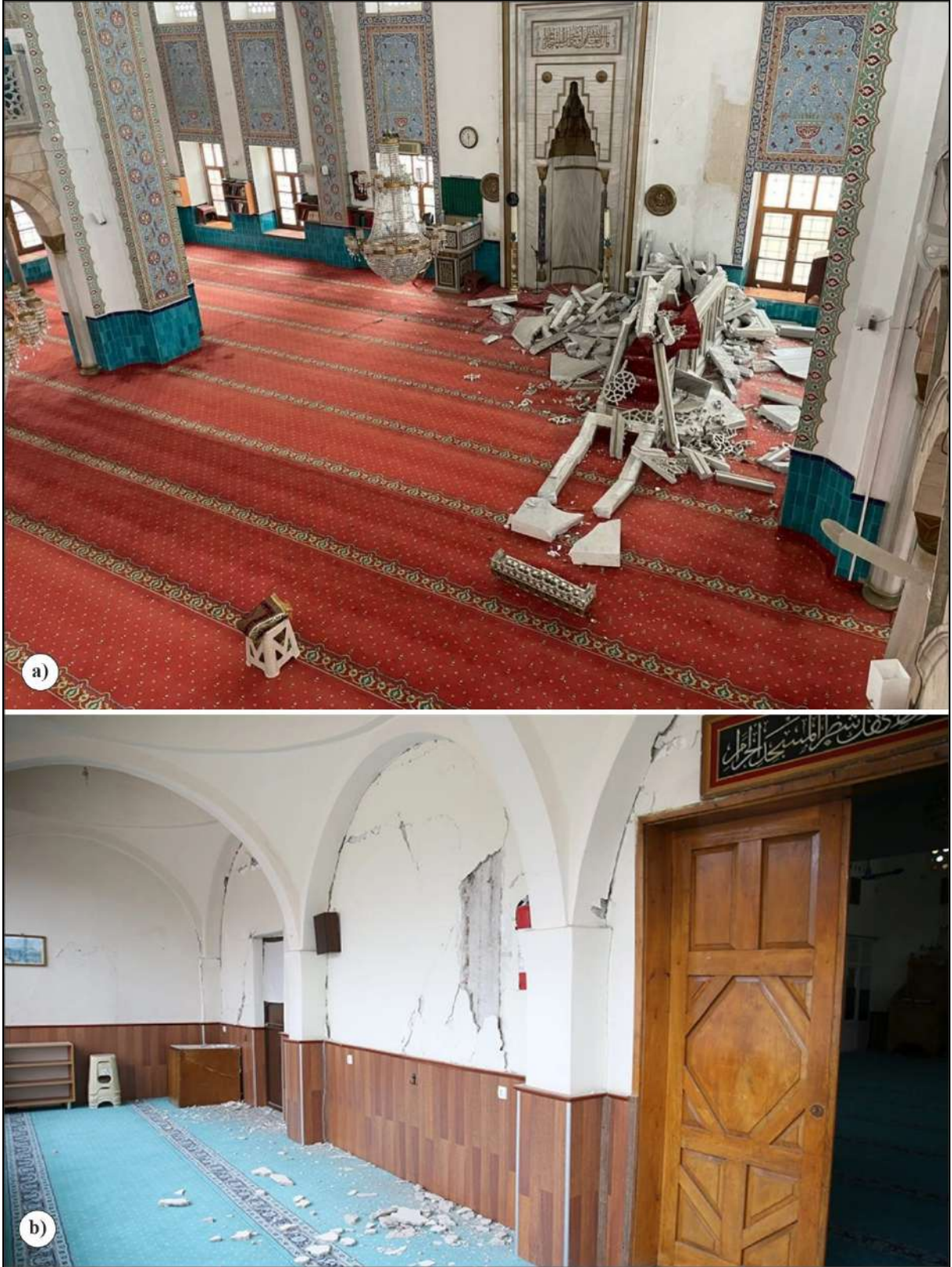
23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi'nde (Mw 6,0) meydana gelen yapısal hasarın en önemli jeolojik nedeni, Düzce şehir merkezinin, deprem dalgalarının zemin büyütme etkisine sahip olan Büyük ve Küçük Melen Çayları'nın akarsu taşkın ovası çökelleri üzerine kurulmuş olmasıdır. Gölyaka ilçesi ise 3. dönem yelpaze çökelleri üzerinde yer almaktadır. Ayrıca, Gölyaka ilçe merkezi, K71°D genel doğrultulu ve GD'ya eğimli Karadere Segmenti'nin eğim yönünde ve faya 1,5 km mesafede yer almaktadır. 3. Dönem yani en genç yelpaze çökelleri, pekişmemiş ve su içeriği yüksek birimler oldukları için deprem dalgalarının zemin büyütme etkisine sahiptir.

Karadere Segmenti'ne yakın köylerdeki yapısal hasarın nedeni ise, jeolojik koşullardan çok yapı tarzı ile ilişkilidir. Hasar alan binalar çoğunlukla yığma taş ya da kâgir türde geleneksel yapı stili ile inşa edilmiş binalardır.

Düzce, 17 Ağustos 1999 Gölcük (Mw 7,4) ve 12 Kasım 1999 Kaynaşlı (Düzce) (Mw 7,2) depremlerini yaşamış ve bu nedenle deprem hafızası taze bir kenttir. 1999 depremlerinde hasar gören ve yıkım kararı alınan binaların yerine yapılan yeni binalarda genel olarak yapı denetimi kurallarına uyulduğu anlaşılmaktadır. Düzce kent merkezinde binaların çoğunlukla 3-5 katlı ve yatay yapılaşmaya özen gösterilerek inşa edildiği gözlenmiştir.



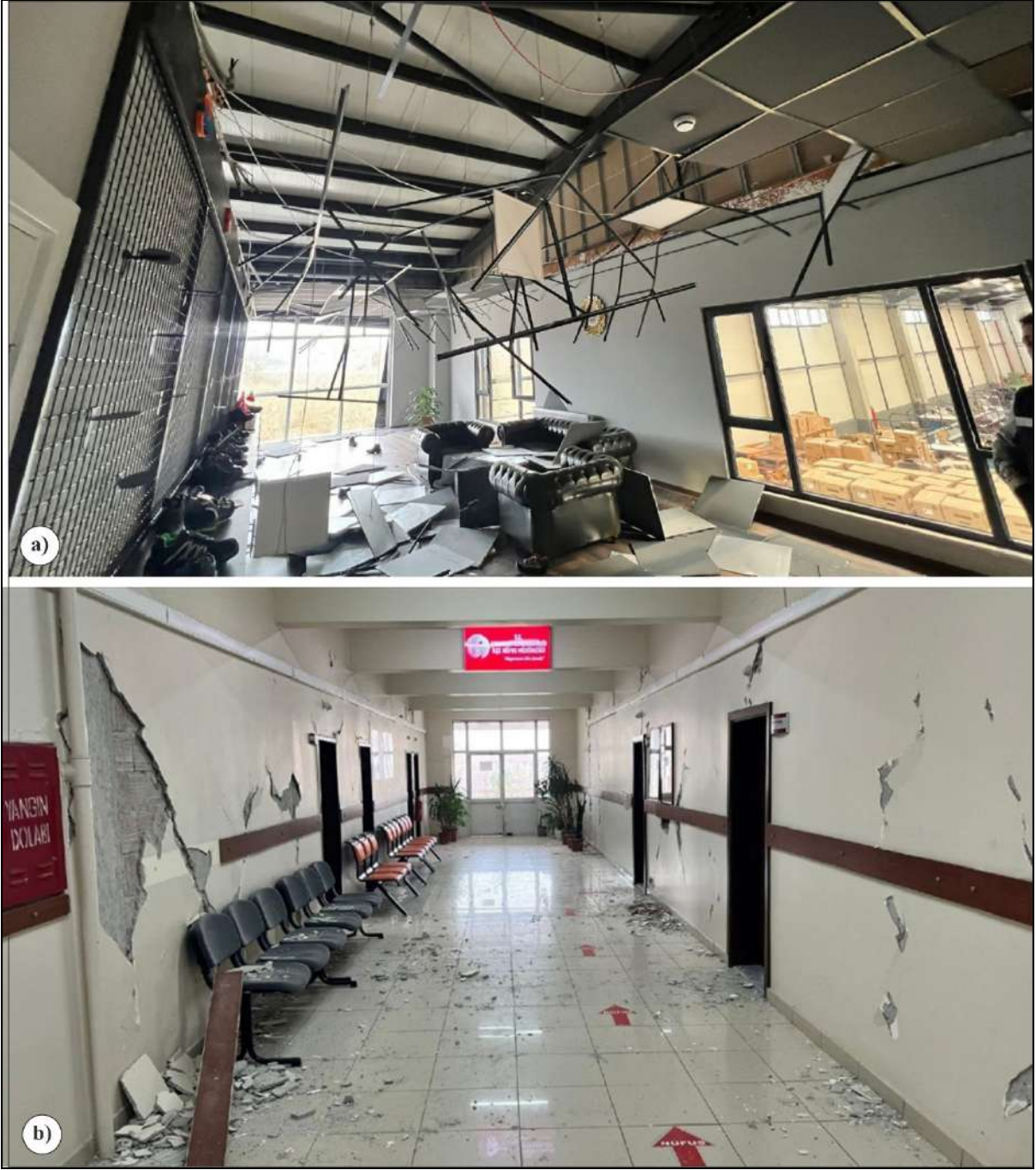
Şekil 4.12. Düzce şehir merkezinde meydana gelen yapısal hasarlı binalar. a) Düzce Adliye binası, b) Düzce Ticaret ve Sanayi Odası binası, c) Düzce şehir merkezinde ağır hasarlı bir işyeri.



Şekil 4.13. Gölyaka ilçe merkezindeki Fatih Camisi'nde meydana gelen yapısal hasar (<https://www.ensonhaber.com/gundem/duzcede-fatih-camiinde-hasar-olustu>).



Şekil 4.14. Sarıdere Köyü (Gölyaka – Düzce) Camisi’nde meydana gelen yapısal hasar.



Şekil 4.15. Cumayeri ilçesi (Düzce) Kaymakamlık (a) ve Belediye Ek Hizmet binasında (b) meydana gelen yapısal hasarlar (<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/duzcedeki-depremde-cumayeri-ilcesindeki-kamu-binalari-hasar-gordu/2746297>).

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

- 1- Ulusal ve uluslararası sismoloji merkezleri tarafından yayınlanan moment tensör çözümlerine göre deprem, KD-GB doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı bir faydan kaynaklanmıştır. Bu çözümlere göre depremin büyüklüğü (Mw) 6,0 ile 6,1, derinliği ise 10 km ile 19 km arasında değişmekte olup fay düzleminin eğim yönü bazı çözümlerde KB bazılarında ise GD yönünde verilmiştir.
- 2- Sağlık Bakanlığı tarafından yapılan açıklamaya göre 24.11.2022 tarihi saat 16.00 itibarıyla depremde 2 kişi hayatını kaybetmiş, Düzce'de 37 kişi, İstanbul'da 2 kişi, Bolu'da 14 kişi Zonguldak'ta 10 kişi, Sakarya'da 26 kişi ve Bursa'da 4 kişi olmak üzere toplam 93 kişi yaralanmıştır.
- 3- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yapılan açıklamaya göre Düzce genelinde acil yıkılacak ağır hasarlı 181 yapı tespit edilmiştir.
- 4- Artçı depremlerin dağılımı, Karadere Segmenti'nin yaklaşık 7 km uzunluğundaki bir bölümünün kırıldığına yorumlanmaktadır. 17 Ağustos 1999 depreminde, Karadere Segmenti üzerinde ölçülen yerdeğiştirme dağılımı ile son depremin büyüklüğü, artçı şokların dağılımı ve diri fay verisi birlikte değerlendirilecek olursa, 1999 depremi sırasında segment üzerinde enerjisini tamamen boşaltamayan yaklaşık 7 km uzunluğundaki kesiminin yırtıldığı yorumlanmaktadır.
- 5- Deprem sırasında en fazla hasar Düzce il merkezi, Gölyaka, Cumayeri ve Gümüşova ilçe merkezleri ile Sarıdere, Yeşilova, İçmeler, Kemeryanı, Köprübaşı ve Yayakbaşı köylerinde meydana gelmiştir. Yapısal hasar, genel anlamda jeolojik olarak zemin büyütmesine elverişli zemin üzerine yığma taş ya da kâgir türde geleneksel yapı stili ile inşa edilmiş binalarda gözlenmiştir.
- 6- 1999 depremleri sonrasında Düzce'de yapı denetim kurallarına çoğunlukla uyulması ve kentsel dönüşüm mekanizmasının başarılı bir şekilde işletilmesinin bir sonucu olarak son depremin az hasarla atlatıldığı değerlendirilmektedir.

6. DEĞİNİLEN BELGELER

- AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü), <https://deprem.afad.gov.tr/event-detail/0;eaEventId=536492>
- Aksay, A., Pehlivan, Ş., Gedik, İ., Bilginer, E., Duru, M., Akbaş, B., Altun, İ., 2002. 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Zonguldak Paftası. Türkiye 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları, No: 2, M. Şenel (Ed.), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert-Ferrari, A., Barka, A., 1999. Westward propagation of North Anatolian Fault into the Northern Aegean: timing and kinematics. *Geology*, 27, 267-270.
- Awata, Y., Yoshioka, T., Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Tsukuda, E., Okamura, M., Matsuoka, H., Kuşçu, İ., 2003. 1999 İzmit depremi yüzey kırığının genel özellikleri. In: Emre, Ö., Awata, Y. ve Duman, T.Y. (Eds.), 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi Yüzey Kırığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi: 1, 11-21, Ankara. ISBN: 975-6595-53-1
- Barka, A.A., 1992. The North Anatolian Fault. *Annales Tectonicae*, 6, 174-195.
- Barka, A.A., 1997. Neotectonics of the MARMARA Region in active tectonics of northwest Anatolia. In: C.Chindler, M. Pfister (Eds.), *The Marmara Poly-Project*, Hochschulverlag AG an der ETH, Zürich, p. 55-87.
- Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- Bulut Üstün, A., Özata, A., Özerk, O.C., Osmañelebioğlu, R., Esirtgen, T., Kazancı, N., Gürbüz, A., 2019. 1/250.000 Ölçekli Türkiye Sıvılaşmaya Yatkınlık Haritaları Adapazarı (NK 36-13) Ereğli (NK 36-9) Zonguldak (NK 36-10) Bolu (NK 36-14) Paftaları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Türkiye Sıvılaşmaya Yatkınlık Haritaları Serisi-1, Ankara.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of eastern Anatolia: a young collision zone. In: Coward, M. P. & Ries, A. C. (eds) *Collision Tectonics*. Geological Society London Special Publications, 19, 3-36.
- Duman, T.Y., Awata, Y., Yoshioka, T., Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., 2003. 1999 İzmit depremi yüzey kırığının ayrıntılı haritaları ve envanter bilgisi. In: Emre, Ö., Awata, Y. ve Duman, T.Y. (Eds.), 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi Yüzey Kırığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi: 1, 23-28, Ankara. ISBN: 975-6595-53-1
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., 2014. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi yüzey kırığı. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-31, 209s., Ankara. ISBN: 978-605-5310-66-0
- Emre, Ö., Awata, Y., 2003. Doğu Marmara bölgesinde Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin neotektonik özellikleri. In: Emre, Ö., Awata, Y. ve Duman, T.Y. (Eds.), 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi Yüzey Kırığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi: 1, 1-9, Ankara. ISBN: 975-6595-53-1

- Emre, Ö., Ateş, Ş., Duman, T.Y., Keçer, M., Erkal, T., Doğan, A., Durmaz, S., Osmañcelebioğlu, R., Karakaya, F., Özalp, S., Koçyiğit, A., Göncüoğlu, C., Toprak, V., Bozkurt, E., Dirik, K., Rojay, B., Yılmaz, Ö., Teksöz, B., Cihan, M., Özacar, A., 1999. 17 Ağustos 1999 Gölcük-Arifiye (KD Marmara) Depremleri Sonrası Sakarya İli ve Ona Bağlı Yerleşkeler İçin Yeni Yerleşim Alanları Araştırma Raporu. TÜBİTAK-ODTÜ-MTA, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Awata, Y., Doğan, A., Özalp, S., 2000. Surface Ruptures of November 12 1999 Düzce Earthquake, NW Turkey. XXVII General Assembly of the European Seismological Commission (ESC-2000), Book of Abstracts and Papers, 10-15 September 2000, 247-252, Lisbon, Portugal.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., 2011. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Adapazarı (NK 36-13) Paftası. Seri No: 14, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye. ISBN: 978-605-5310-00-4
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T., 2018. Active fault database of Turkey. Bulletin of Earthquake Engineering, 16 (8), 3229-3275, doi: 10.1007/s10518-016-0041-2
- EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre), <https://static2.emsc.eu/Images/EVID/119/1191/1191966/1191966.MT.jpg>
- Jackson, J., McKenzie, D., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 77, 185-264.
- KRDAE (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü), http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/wp-content/uploads/2022/11/20221123_0108_GOLYAKA_DUZCE_V5.pdf
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N., Veis, G., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. Journal of Geophysical Research, 105, B3, 5695–5719.
- McKenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 30, 109-185.
- McKenzie D.P., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. Geophys. J. Royal Astron. Soc., 55, 217-254.
- MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü), <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>
- Okay, A.İ., 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. In: A.M.C. Şengör (Ed.), Tectonic evolution of the Tetyhan Region, Dordrecht/Boston/London, Kluwer Academic Publishers, 109-116.

- Reilinger, R.E., Ergintav, S., Bürgman, R., McClusky, S., Lenk, O., Barka, A., Gürkan, O., Hearn, L., Feigl, K.L., Çakmak, R., Aktuğ B., Özener, H., Toksöz, M.N., 2000. Coseismic and postseismic fault slip for the 17 August 1999, M = 7.4 İzmit, Turkey earthquake. *Science*, 289, 1519-1524.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.
- Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. TJK Konferans Serisi: 2.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: *Tectonophysics*, v. 75, p. 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. in: Biddle K.T., Christie-Blick N. (Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub., 37, 227-264.
- Yılmaz, Y., Gözübol, A.M., Tüysüz, O., 1982. Geology of an area around the Northern Anatolian Transform Fault Zone between Bolu and Akyazı. In: A.M. Işıkara, A.Vogel (Eds), *Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction*, Proceedings of International Symposium On Earthquake Prediction in the North Anatolian Fault Zone, Wieweg, Braunschweig, 45-67.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M., Yılmaz, K., 1995. Geological evolution of the Late Mesozoic continental margin of the northwestern Anatolia. *Tectonophysics*, 243, 155-171.