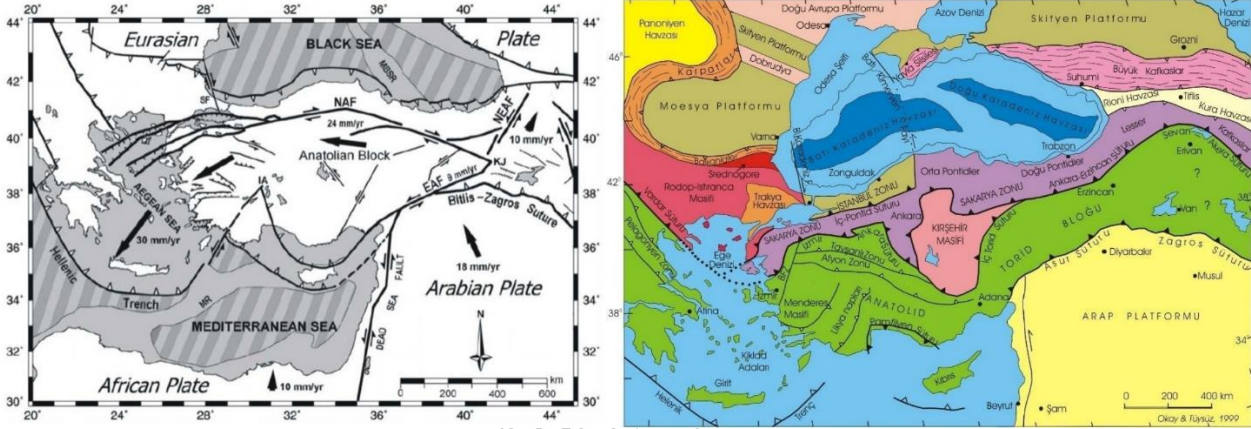


GAZİANTEP VE KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ

* 10.02.2023 16:00 itibari ile yayımlanan teknik rapordur. Güncel bilgiler/gelişmeler ışığında yinlenecektir.

Türkiye'nin Tektonik Durumu

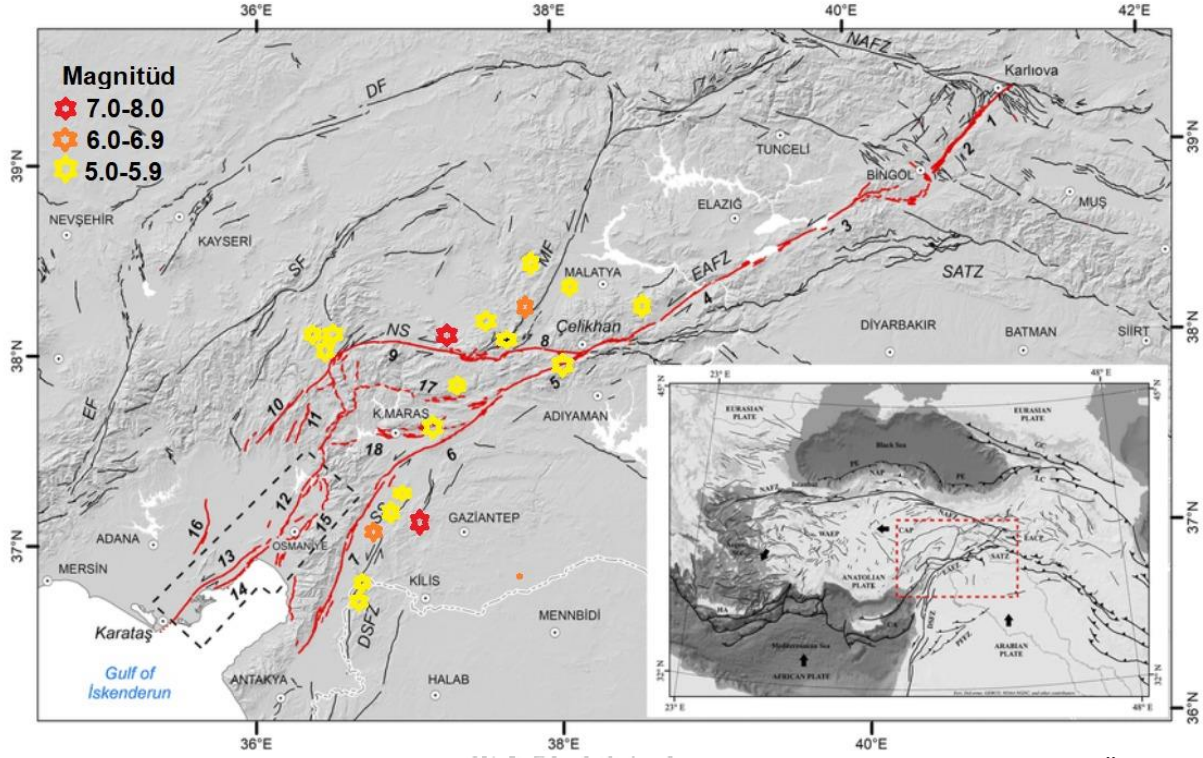
Ülkemiz, Avrasya Levhası sabit kabul edildiğinde, Anadolu Levhasının 30 mm/yıla varan batıya doğru kaçışı ile birlikte Afrika ve Arap Levhalarının sırasıyla 10 mm/yıl ve 18 mm/yıl kuzeye doğru hareketleri etkileşiminde kalmaktadır. Söz konusu levhaların göreceli olarak yıllık ortalama kayma hızlarının farklı olması ise ülkemizin tektonik karmaşıklığını kolaylıkla açıklayan en önemli parametredir. Bu kapsamda, Anadolu ve Avrasya Levhaları arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu (24 mm/yıl), Anadolu ve Arap Levhaları arasında Doğu Anadolu Fay Zonu (9 mm/yıl) ve Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı, Afrika ve Arap Levhalarının arasında ise Ölü Deniz Fayı (5 mm/yıl) tektonik oluşumları bulunmaktadır (Şekil 1).



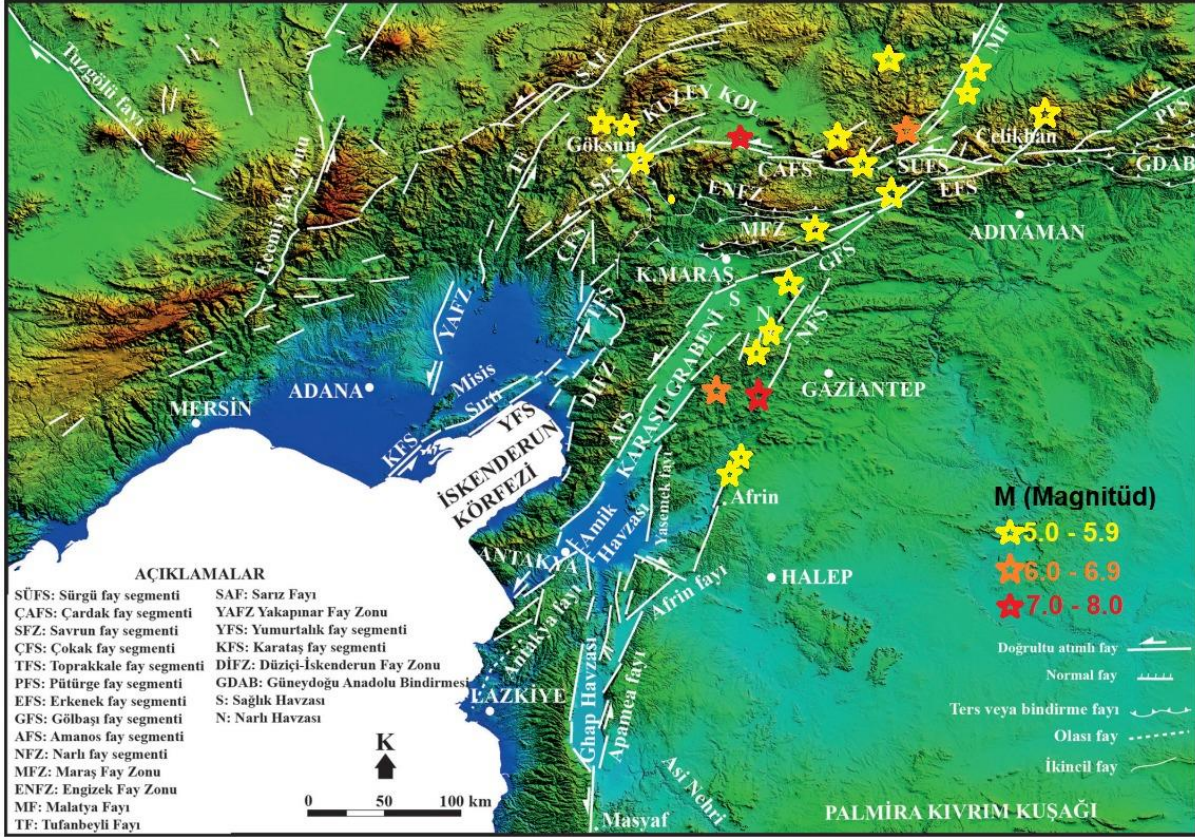
Şekil 1. Türkiye ve civarının levha tektoniği (Gülen ve diğ., 2002; Okay ve Tüysüz, 1999)

Bölgenin Tektonik Durumu

06.02.2023 tarihinde meydana gelen Mw=7.7 Gaziantep-Şehitkamil ve Mw=7.5 Kahramanmaraş-Ekinözü Depremleri; Bingöl-Karlıova'dan başlayıp Hatay'a kadar uzanan ve burada da güneyden gelen Ölü Deniz Fay Zonu ile kesişen Doğu Anadolu Fay Zonu'nda ve Ölü Deniz Fayı'nın uç kısmında meydana gelmişlerdir. Gün içerisinde meydana gelen depremlerin, birincisinin (Mw=7.7) Ölü Deniz Fayı ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kesiştiği Yasemek, Sakçagöz ve Narlı Segmentleri'ne çok yakın bir konumda, ikincisinin (Mw=7.5) ise Doğu Anadolu Fayı civarında kollanan Çardak Fayı üzerinde kırılmaya başladığı (merkez üssü) gözlenmiştir (MTA) (Şekil 2-3). Ayrıca ana şokların ve artçı sarsıntılarının dağılımı bölgedeki süreksizlikler üzerinde gözlenmiştir (Şekil 4).



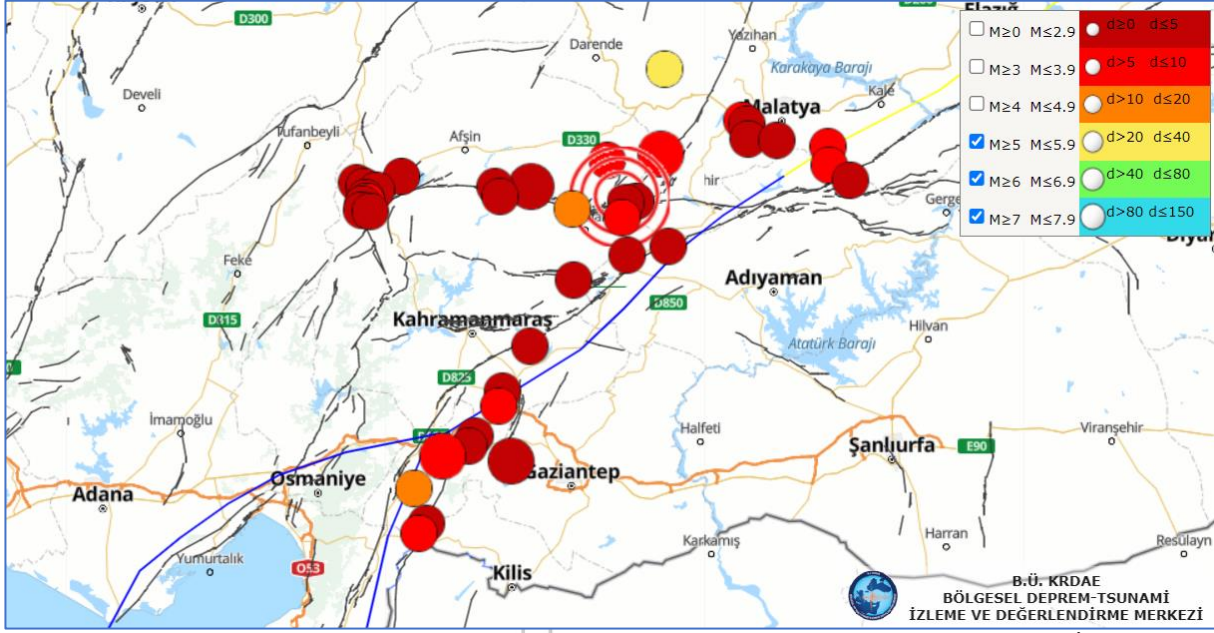
Şekil 2. Bölgede meydana gelen depremlerin dağılımı. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ve Ölü Deniz Fayı'nın tektonik elemanları. NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, EAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, NS:Kuzey kol, SS:Güney kol, PE: Pontit Dikliği, LC: Küçük Kafkaslar, GC: Büyük Kafkaslar, WAEP: Batı Anadolu Açılma Rejimi, CAP Orta Anadolu, WAEP: Doğu Anadolu Sıkışma Rejim, DSFZ: Ölü Deniz Fayı, HA: Helen Yayı, SMFS: Sürgü–Misis Fay Sistemi, MF: Malatya Fayı, SF: Sarız Fayı, EF: Ecemiş Fayı, DF: Deliler Fayı, 1: Karlıova segmenti, 2: Ilıca segmenti, 3: Palu segmenti, 4: Pütürge segmenti, 5: Erkenek segmenti, 6: Pazarcık segmenti, 7: Amanos segmenti, 8: Sürgü segmenti, 9: Çardak segmenti, 10: Savrun segmenti, 11: Çokak segmenti, 12: Toprakkale segmenti, 13: Karataş segmenti, 14: Yumurtalık segmenti, 15: Düziçi–Osmaniye Fay Zonu, 16: Misis segmenti, 17: Engizek Fay Zonu, 18: Maraş Fay Zonu (Emre ve diğ., 2018)



Şekil 3. Kahramanmaraş çevresinin tektonik haritası ve büyüklüğü $M_w > 5.0$ olan depremlerin dağılımı (Palutoğlu ve Şaşmaz, 2017; Kandilli Rast. BDTİM)

Bölgenin Güncel Deprem Aktivitesi

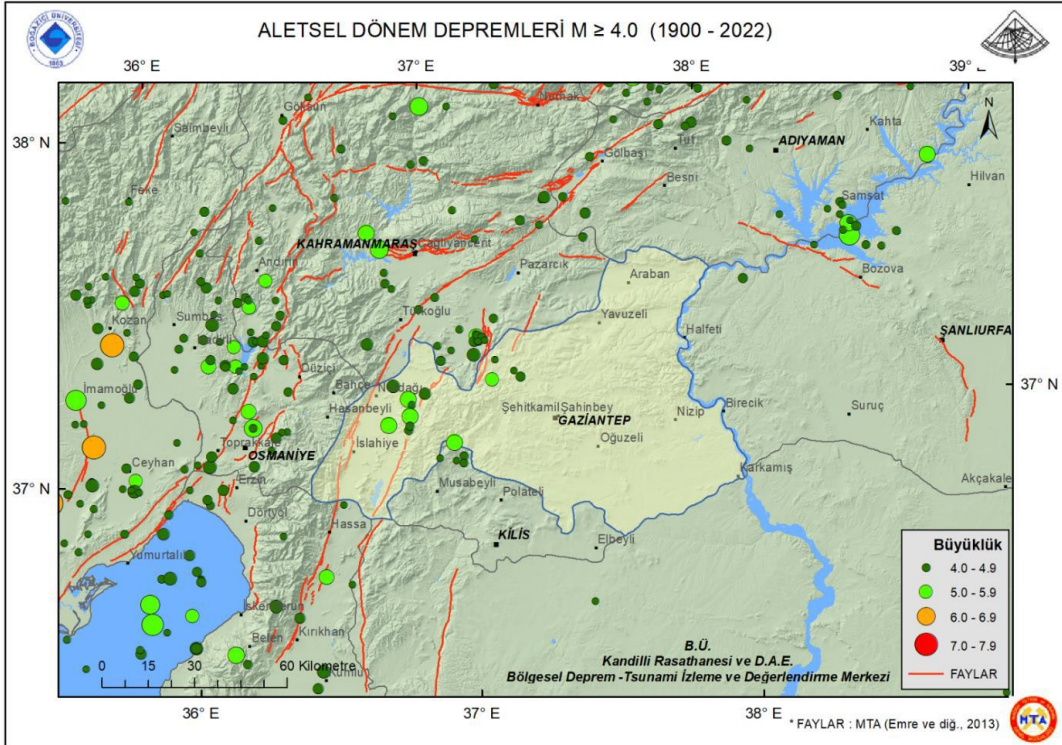
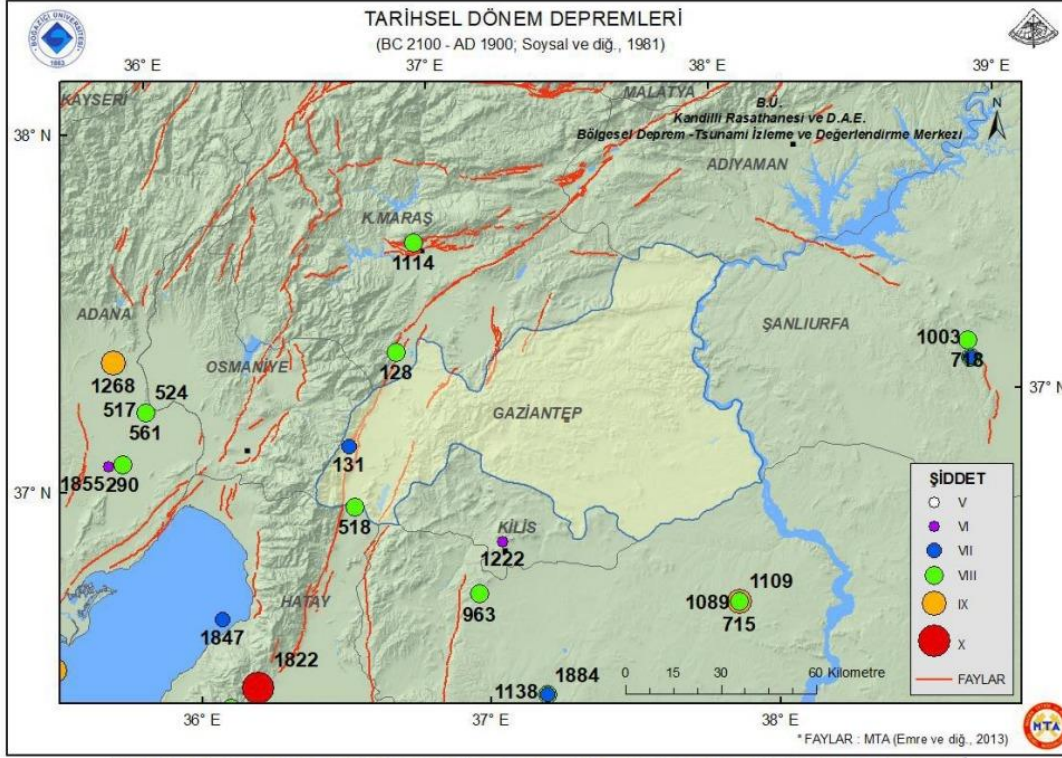
06.02.2023 tarihinde, Türkiye saati ile 04:17:31'de Gaziantep Şehitkamil'de büyüklüğü moment $M_w=7.7$ ve 13:24:46'da Kahramanmaraş Ekinözü'nde moment büyüklüğü $M_w=7.5$ olan iki adet deprem meydana gelmiştir. Söz konusu iki deprem de, 1900'dan günümüze aletsel dönem içerisinde kayıtlara geçmiş, 1939 Erzincan Depremi'nden ($M_s=7.9$) sonra ikinci ve üçüncü büyük deprem unvanlarını kazanmışlardır. İlk depremin olduğu saatten bu yana 2000'den fazla artçı sarsıntı kayıtlara geçmiştir. Özellikle $M_w=6.6$ ve $M_w=6.0$ büyüklüğünde 2 adet büyük ölçekte, $5.0 < M_w < 6.0$ büyüklükleri arasında ise 30'dan fazla orta büyüklükte artçı sarsıntı bölgede yer yer yeni hasarlara yol açmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Büyüklüğü $M_w > 5.0$ olan depremlerin dağılımı (Kandilli Rast. BDTİM)

Bölgenin Geçmiş Depremselliği

Doğu Anadolu Fay Zonu, tarihsel dönemde birçok $M > 7$ büyüklüğünde depremlere maruz kalmış olup, depremlerin ardından Amanos, Yesenek, Gölbaşı ve Erkenek Segmentleri'nin kırıldığı kayıtlara geçmiştir (Şekil 6). Bölgenin tarihsel depremselliğine bakıldığında, 131, 128, 518 ve 1114 yıllarında şiddeti VII-VIII arasında değişen depremlerin olduğu gözlenmektedir (Kandilli Rast. BDTİM) (Şekil 5). Literatür çalışmalarına göre ise 859, 1513, 1822 ve 1872 yıllarında ise civar fayların kırıldığı da belirtilmektedir (R. Demirtaş, AFAD). Son 120 yıllık aletsel dönem aktivitesine bakıldığında ise, bölge ve yakın civarında büyüklüğü $M < 6$ 'ya varan depremlerin varlığı gözlenmektedir (Kandilli Rast. BDTİM) (Şekil 6). Bu da bölgenin sismik olarak aktif, özellikle de bugüne kadar büyük deprem üretmesi açısından potansiyeli yüksek olduğunu göstermektedir.



Bölgedeki Nüfus ve Bina Envanteri

İl	Nüfus (2022)	Yüzölçümü (km ²)	Nüfus Yoğunluğu (kişi/km ²)
Adana	2.263.373	1.945	139,8
Adıyaman	632.148	1.679	463,1
Gaziantep	2.130.434	5.403	202,9
Diyarbakır	1.799.000	15.058	114,9
Hatay	1.685.331	5.403	249,7
Şanlıurfa	2.180.523	19.451	103,8
Osmaniye	557.160	3.767	401,6
Kahramanmaraş	1.178.619	3.017	72,9
Kilis	147.831	1.521	725,5
Malatya	810.714	12.313	63,5
Toplam (10 il)	13.385.133	69.557	

* Bina sayısı ile ilgili resmi bilgiye ulaşılamamıştır (Nüfus yoğunluğu, Endeksa'dan alınmıştır.)
* Nüfusa kayıtlı olmayan vatandaşlar dahil edilmemiştir.

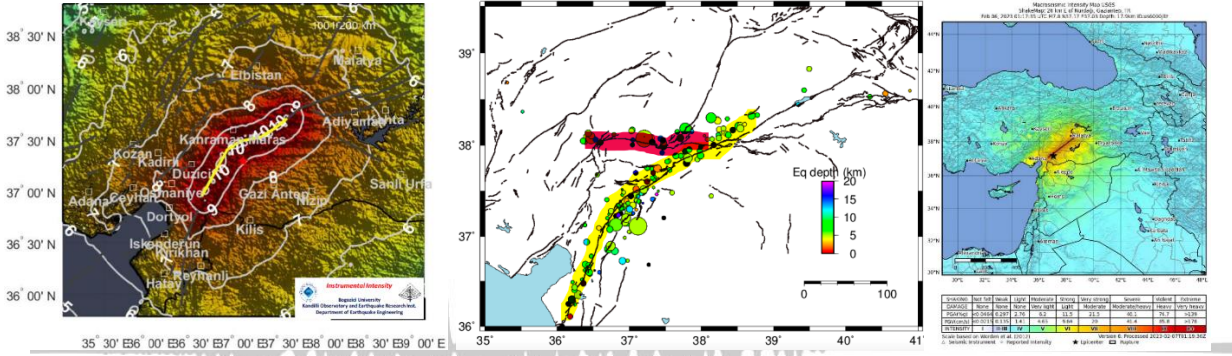
6 Şubat 2023'teki büyük depremlerden ve artçılarından etkilenen bina sayıları ve depremden etkilenen 10 ildeki toplam bina sayıları ile ilgili ilişki kurabilmek adına bu 10 ildeki toplam bina sayıları hakkında hiçbir resmi kurumdan bilgi alınamamıştır. Bu yüzden de, bölgedeki toplam nüfus verisi olan 13.385.133 üzerinden, ampirik bir yaklaşım ile bina verisine erişen USGS'in yaklaşımı benimsenmiştir. Bu ampirik yaklaşım ile bölgede birkaç milyon bina olduğu kestirimi yapılabilir. Depremden en çok etkilenen şehirlerdeki binaların inşa yılına göre oranları Şekil 7'de verilmiştir. Ayrıca, kayıtdışı yani mülteci vb. nüfus verisi ise resmi bir rakam olmamakla beraber, 1.94 milyon kişi civarındadır (mülteciler.org.tr). Hali hazırda, bölgede 10 ilimizi etkileyen deprem sonrasında, yetkili kurum AFAD tarafından, 18.991 can kaybı, ve 74.242 yaralının olduğu kamuoyu ile paylaşılmıştır.



Şekil 7. Deprem'in yıkıma yol açtığı iller ve illere göre bina inşa yılları (TÜİK)

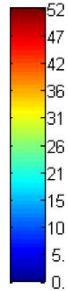
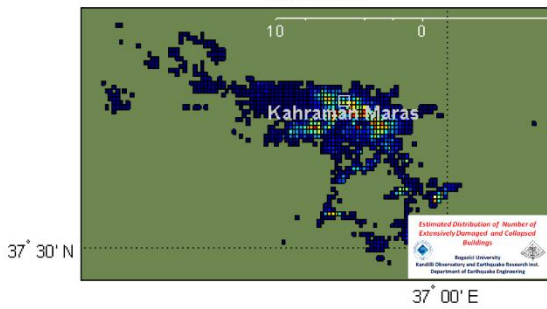
Bölgedeki Deprem Hasarı ve Kayıplar

Bölgede 10 ilimizi etkileyen deprem sonrasında, yetkili kurum AFAD tarafından, 18.991 can kaybı, ve 74.242 yaralının olduğu kamuoyu ile paylaşılmıştır. Hali hazırda, bölgenin tamamında 12.000'den fazla binanın ve 66.000'den fazla bağımsız bölümün yıkıldığı resmi sayı olarak açıklanmıştır. Ayrıca 76.000'den fazla afetzedenin başka illere nakledildiği bildirilmiştir. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Müh. ABD'nin yapmış olduğu çalışmaya göre, bölgenin 2014 yılındaki bina envanteri verileri üzerinden yapılan hasar tahmin öngörülerinde, bölge için ağır hasarlı ve yıkılan bina sayısının 3.385 olduğu, Kahramanmaraş ilçesinde ise ağır hasarlı ve yıkılan bina sayısının 6.649 olduğu depremin şiddet haritası üzerinden hesaplanmıştır (Şekil 8-9). Suriye Sağlık Bakanlığı; Halep, Hama, Lazkiye ve Tartus'ta deprem nedeniyle en az 3.300'den fazla kişinin yaşamını yitirdiğini, 5.000'den fazla kişinin de yaralandığını açıkladı (Habertürk).



Şekil 8. Mw=7.7 Depreminin (ilk deprem) şiddet ve yırtılma tahmin haritaları (Kandilli Rast. Deprem Müh. Jeofizik Müh. ABD, USGS)

Distribution of Damaged Buildings [TOTAL] (Ext + Com)
Total of: 6649



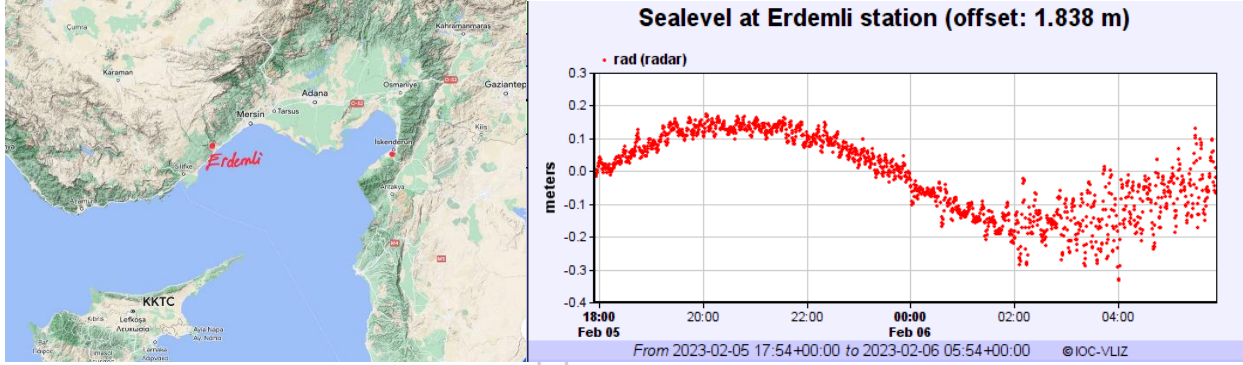
Damage State	Ground Motion Input			Average	% of total number of buildings
	CY2008	ASB2014	CY2014		
Complete	725	652	1415	931	2%
Extensive	3396	3069	5234	3900	9%
Moderate	11780	11330	14018	12376	27%
Slight	13387	13374	12943	13235	29%
None	16511	17373	12189	15358	34%

Şekil 9. Deprem sonrası 2014 bina envanterine göre hasar tahmin öngörülerini haritası (Kandilli Rast. Deprem Müh. ABD).

Tsunami / Su Baskını

Mw=7.7 depreminin hemen ardından, akredite kurum olan Kandilli Rast. DAE BDTİM tarafından tsunami olasılığı bilgisi kurumumuz ile paylaşılmıştır. Mersin, İskenderun ve Gazimağusa'da 11-17 cm arasında değişen tsunami dalga yüksekliklerinin, deniz seviyesi ölçerler tarafından kayıtlara geçtiği bildirilmiştir. Mersin-Erdemli istasyonunda benzer deniz suyu seviyesi değişimi ölçüldüğü

bildirilmiştir (Şekil 10). İskenderun Körfezi'nin muhtelif yerlerinde gerçekleşen su baskını hadisesinin, mini bir tsunami olma olasılığı yanında, deprem sonrası kıyıya yakın yerlerdeki zemin deformasyonlarına dair henüz elimizde bilimsel bir veri (deprem öncesi ve sonrası PSInSAR verisi vb.) olmadığı için bu olasılık özelinde yorum yapmanın şimdilik sağlıklı olmayacağı düşünülmektedir. Bu alanda çalışan ulusal/uluslararası yetkin ve uzman akademisyenlerden gelecek verilere/yorumlara göre gelişmeler paylaşılacaktır.



Şekil 10. Mersin-Erdemli deniz suyu seviyesi ölçer istasyon verisi (IOC)

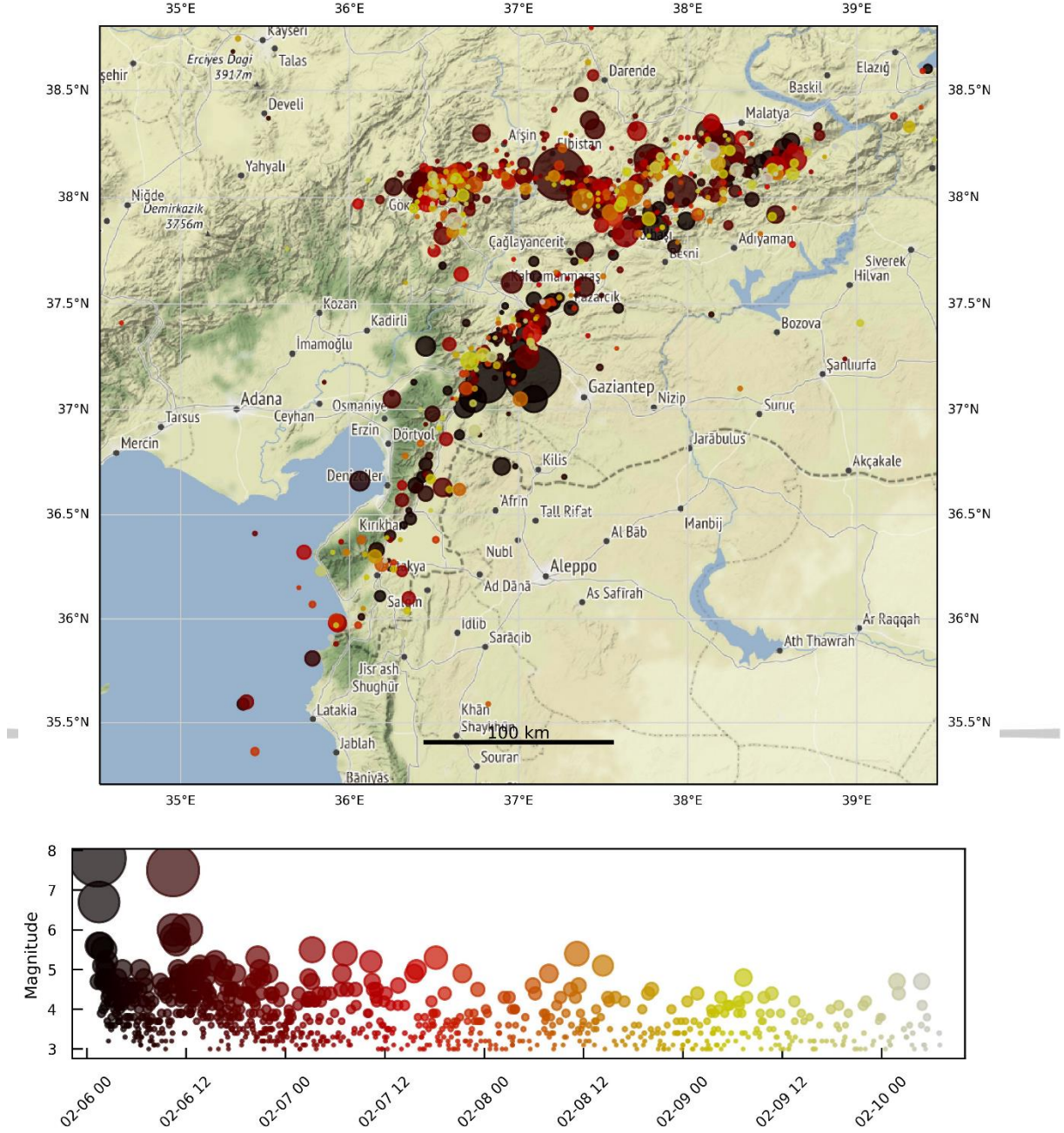
Geleceğe Dair Sismik Aktivite Olasılığı

Bölgede, $M_w=7.7$, 7.5 depremlerinden sonra en büyüğü $M_w=6.6$ olmak üzere 1200'den fazla artçı sarsıntı meydana gelmiştir. Bu veriler dahi çok geniş bir alana yayılmış olan Doğu Anadolu Fay Zonu ve segmentlerindeki sismik hareketliliğin ne kadar kaotik olduğunu göstermektedir (Şekil 11-12).

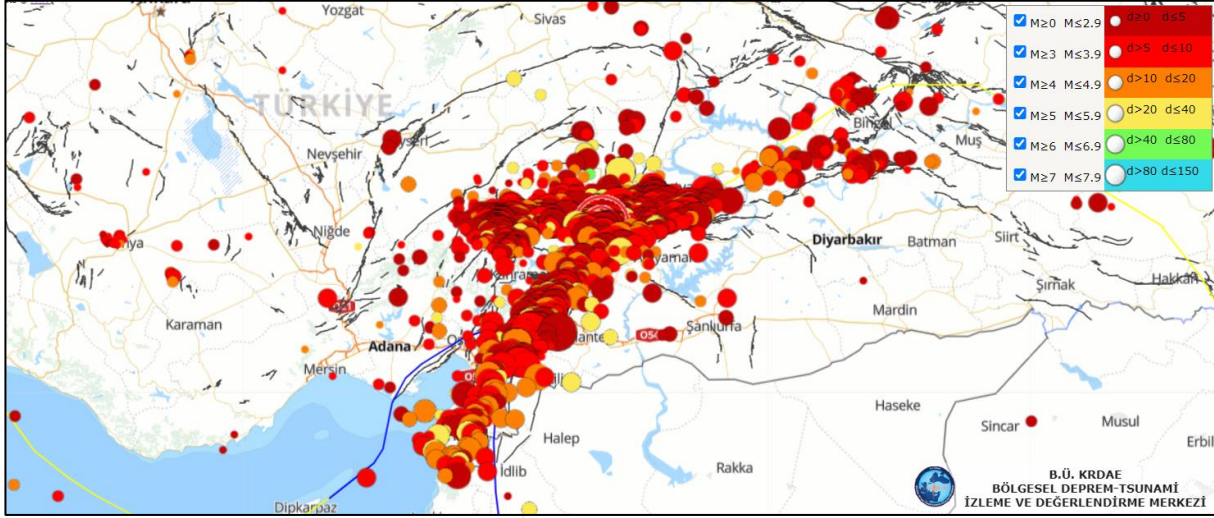
Tembler Grubu'nun, 2020 Elazığ Depremi ($M_w=6.8$) ile $M_w=7.7$ ve 7.5 depremlerinin hemen ardından yapmış olduğu Coulomb gerilme analizine (deprem sonrası gerilme aktarımı analizi) göre ilk deprem sonrası, bölgedeki gerilmenin, bir çok yöne aktarıldığı öngörülmektedir (Şekil 13). Özellikle $M_w=7.7$ depremi ile $M_w=6.8$ 2020 Elazığ depremi arasında yaklaşık 50 km'lik bir sismik boşluk olduğunu, bu kısmın dikkate alınması gerektiğini de ifade etmişlerdir. Özellikle kuzeybatı yönünde, $M_w=7.5$ Ekinözü Kahramanmaraş Depremi meydana gelmiş olup, gelecek sismik aktiviteye dair diğer öngörüler ile ilgili belirsizliğin sürdüğü söylenebilir. Ancak, kaydedilen sismik hareketliliğin bir süre daha devam edeceği düşünülmektedir.

Depremin hemen ardından USGS tarafından üretilmiş sonlu fay modelleri kullanılarak InSAR senaryosu modellenmiş olup ilgili harita Şekil 14'te gösterilmektedir. Söz konusu senaryoda gerçek uydu verisi kullanılmadığından yalnızca senaryo model üzerinden InSAR verisi üretilmiş ve herhangi bir yorum yapabilmek için oldukça karışık ve zor bir verinin olduğu görülmektedir. Önümüzdeki günlerde uydudan alınacak gerçek veriler ışığında detaylı analizler yapılabilecektir.

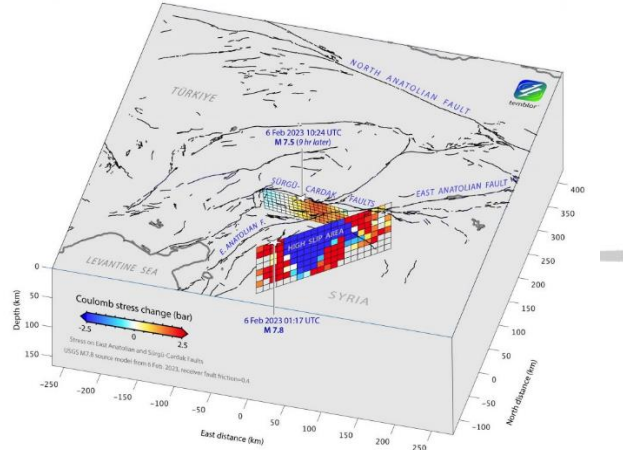
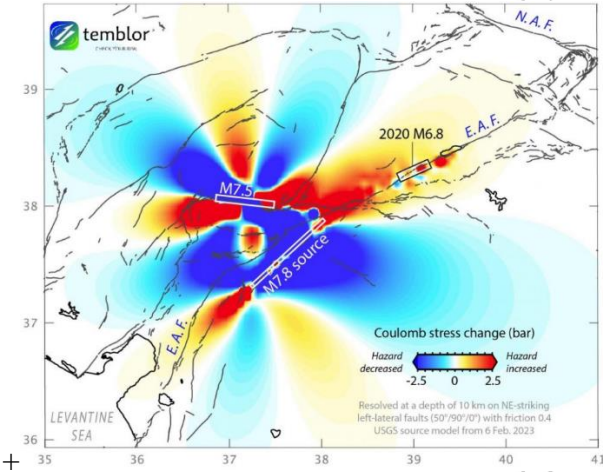
Depremin ardından elde edilen uydu görüntülerinden, Hatay ve Osmaniye civarında fay ötelenmesinin 4 metreye kadar vardığı elde edilmiştir. Arazi gözlemlerinden elde edilen sonuçların da bu bilgiyi doğruladığı düşünülmektedir (Şekil 15).



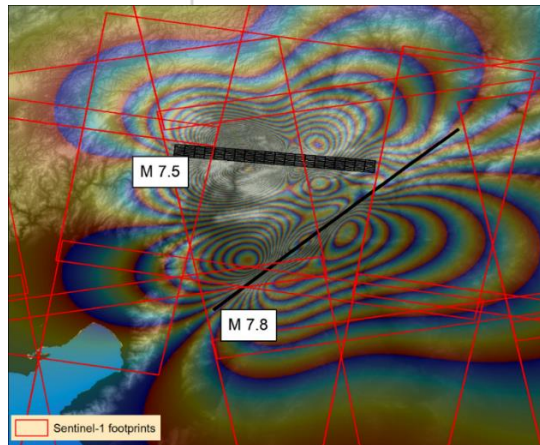
Şekil 11. Bölgenin 4 günlük saatlik deprem aktivitesi (G. Mazet-Roux)



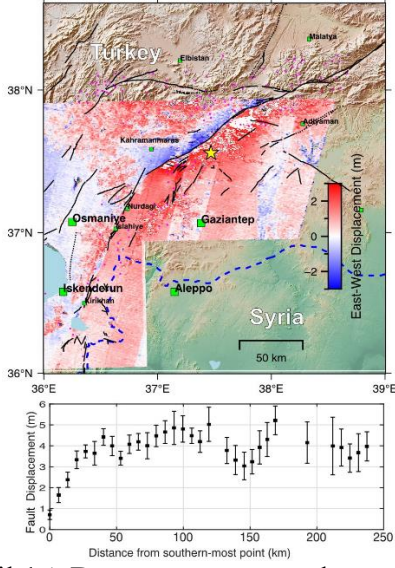
Şekil 12. Bölgenin son yedi günlük deprem aktivitesi (Kandilli Rast. BDTİM)



Şekil 13. 2020 Elazığ (Mw:6.8), Mw=7.7, 7.5 depremlerine ait Coulomb gerilme analizi(Temblor)



Şekil 14. Mw=7.7 ve Mw=7.5 depremlerinin InSAR simülasyonu (S. Atzori, 07/02/2023; gerçek uydu verisi üzerinden değil modellerden hesaplanmıştır)



Şekil 15. Deprem sonrası uydu verilerinden gözlemlenen kayma miktarı (Dr. Chris Milliner, Prof. Dr. Cengiz Zabcı ve ekibi).

Hazırlayanlar

Yasin Yaşar YILDIRIM Jeofizik Yüksek Mühendisi)

Erdost ARZUMAN (Jeofizik Mühendisi)

Esra KALKAN ERTAN (Jeofizik Yüksek Mühendisi)

Dr. Evrim YAVUZ (Jeofizik Yüksek Mühendisi / Koordinatör)

Hakan MEHMETOĞLU (Jeofizik Yüksek Mühendisi / Müdür Yardımcısı)

Kemal DURAN (Jeofizik&Geoteknik Yüksek Mühendisi / Müdür)

Özlem TUT (Mimar / Daire Başkanı)

Katkı Belirtme

Son depremler meydana geldiğinden bu yana gece ve gündüz bilimsel desteğini bizlerden esirgemeyen;

- Prof. Dr. Haluk ÖZENER'e
 - Prof. Dr. Semih ERGİNTAV'a
 - Prof. Dr. Ahmet Cevdet YALÇINER'e
 - Prof. Dr. Hayrullah KARABULUT'a
 - Prof. Dr. Cengiz ZABCI ve ekibine
 - Prof. Dr. Eser ÇAKTI'ya
 - Doç. Dr. Ali Özgün KONCA'ya
 - Doç. Dr. Ufuk HANCILAR'a
 - Doç. Dr. Onur TAN'a
 - Doç. Dr. Doğan KALAFAT'a
 - Dr. Emin Yahya MENTEŞE'ye
 - Kandili Rast. DAE BDTİM'e
 - Kandilli Rast. DAE Deprem-Jeofizik-Jeodezi Müh. ABD'ye
 - yurtdışından araştırmacılara,
- değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.**