

**6 ŞUBAT 2023 PAZARCIK VE ELBİSTAN (KAHRAMANMARAŞ)  
DEPREMLERİ (M<sub>w</sub> 7,8- M<sub>w</sub> 7,6) SONRASI**

**ADANA İLİNDE YIKILAN BİNALARI ZEMİN VE YAPI OLARAK  
İNCELEME ÖN RAPORU**

Hazırlayanlar

İnşaat Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY, Prof. Dr. Abdulazim YILDIZ, Doç. Dr. Ahmet DEMİR,  
Doç. Dr. Baki BAĞRIAÇIK, Arş. Gör. Dr. Buse EMİRLER, Arş. Gör. Dr. Meltem  
BAYRAMTAN, Arş. Gör. Timuçin Alp ASLAN, Arş. Gör. Ahmet AKKAYA, Arş. Gör.  
Burkay SİVRİ, Arş. Gör. İlkin ÖZBAHÇECİ

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN, Prof. Dr. Hasan ÇETİN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
İNŞAAT ve JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMLERİ  
Mayıs 2023  
ADANA

## Önsöz

6 Şubat 2023 tarihinde saat 04.17’de merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve 13.24’te merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) olan iki deprem meydana gelmiştir. Büyüklükleri AFAD tarafından Mw 7,7 ve Mw 7,6 olarak belirlenen ve yüzeye oldukça yakın derinlikte meydana gelen bu iki deprem 11 ili kapsayan oldukça geniş bir alanda hasara ve can kaybına neden olmuştur. Depremlerden etkilenen 11 ilden biri olan Adana’da hasar ve can kaybı daha çok ilin kuzeyinde meydana gelmiştir. Depremler sonucunda Adana’da 11 çok katlı bina yıkılmış ve 418 can kaybı yaşanmıştır.

Depremlerden sonra ivedilikle araziye çıkılmış ve yapılan ilk tespit çalışmaları sonrasında İlimizdeki binaları zemin ve yapı olarak incelemek ve raporlamak üzere, 15.02.2023 tarihinde Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanlarından oluşan “*Adana İlindeki Binaları Zemin ve Yapı Olarak İnceleme ve Raporlama Komisyonu*” kurulmuştur. Komisyonumuz 17.02.2023 tarihinde, Adana’da yıkılan 11 adet binanın enkazlarının olduğu bölgeyi gezerek teknik incelemelerde bulunmuş, bu raporu hazırlamıştır.

Yaşadığımız bu büyük felaketin üstesinden birlik ve dayanışma içerisinde geleceğimiz inancı ve böylesi büyük felaketlerin bir daha yaşanmamasını ümidiyle, kaybettiğimiz vatandaşlarımıza Allah’tan rahmet, yaralı vatandaşlarımıza acil şifalar dilerim.

Prof. Dr. Meryem TUNCEL  
Rektör

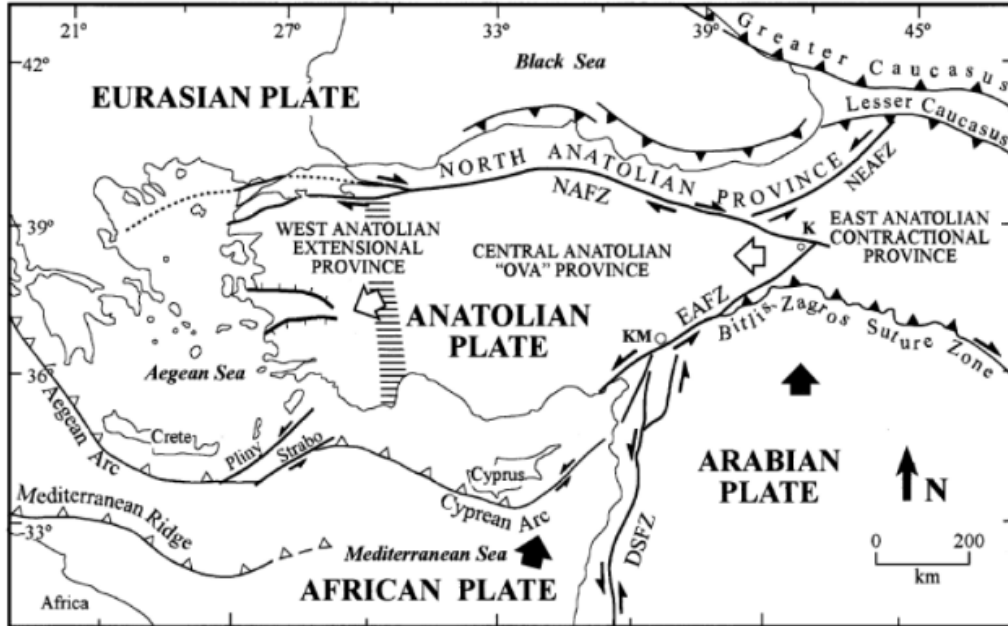
## Giriş

06.02.2023 tarihinde saat 04.17'de merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve 13.24'te merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) olan iki deprem meydana gelmiştir. Büyüklükleri AFAD tarafından Mw 7,7 ve Mw 7,6 olarak belirlenen ve yüzeye oldukça yakın derinlikte meydana gelen bu iki deprem 11 ili kapsayan oldukça geniş bir alanda hasara ve can kaybına neden olmuştur. Depremlerden etkilenen 11 ilden biri olan Adana'da, hasar ve can kaybı daha çok ilin kuzeyinde meydana gelmiştir. Depremler sonucunda Adana'da 11 çok katlı bina yıkılmış ve 418 can kaybı yaşanmıştır. İlimizi büyük şekilde etkileyen depremin ardından İlimizdeki binaları zemin ve yapı olarak incelemek ve raporlamak üzere, 15.02.2023 tarihinde Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanlarından oluşan Adana İlindeki Binaları Zemin ve Yapı Olarak İnceleme ve Raporlama Komisyonu kurulmuştur. Komisyonumuz 17.02.2023 tarihinde, Adana'da 06.02.2023 tarihinde yaşanan depremlerde yıkılan 11 adet binaların enkazlarının olduğu bölgeyi gezerek teknik incelemelerde bulunmuş, bu raporu hazırlamıştır.

## Adana'da Yıkılan Binaların Zemin ve Jeolojik Açından İncelenmesi

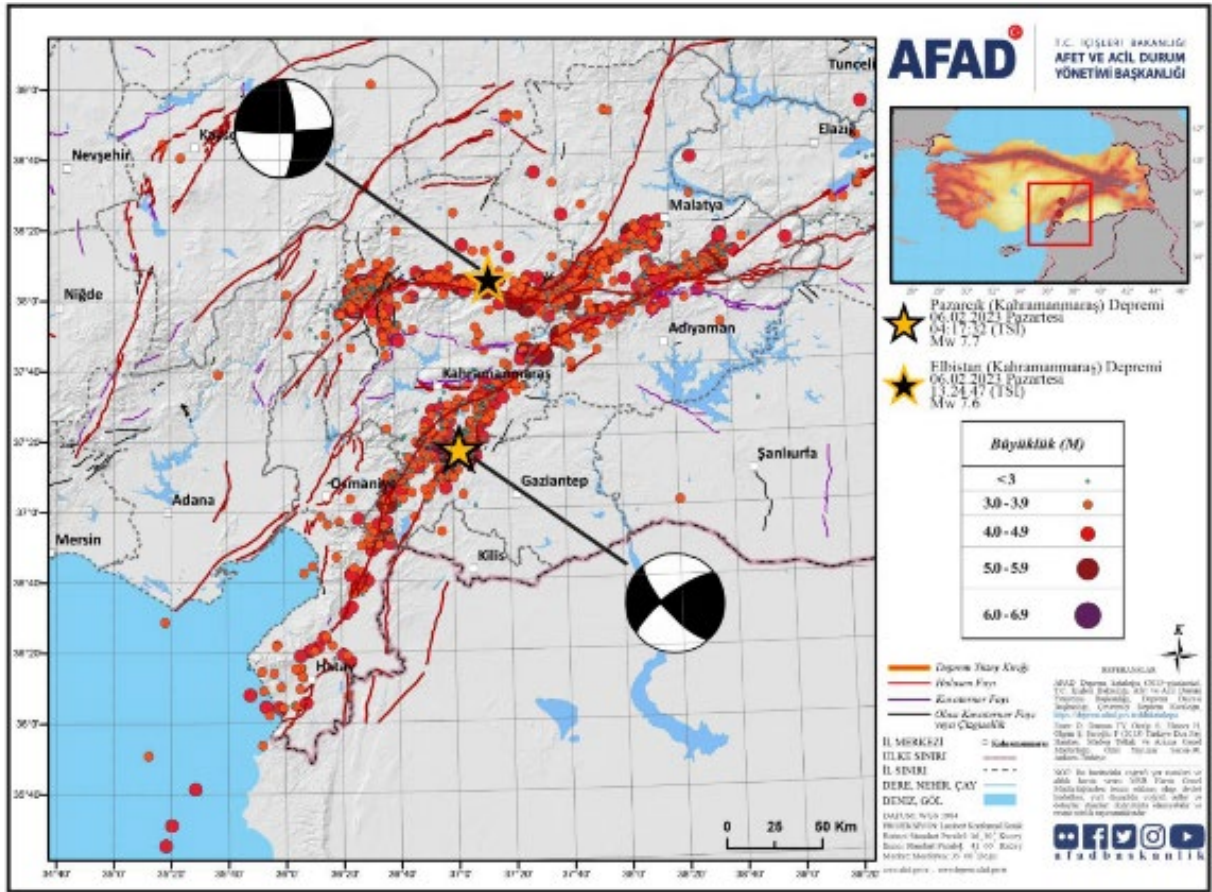
Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN, Prof. Dr. Hasan ÇETİN

06 Şubat 2023 tarihinde Pazarcık (Kahramanmaraş) dolayında yerel saat ile 04.17'de aletsel büyüklüğü (Mw) 7,7 olarak kaydedilen yıkıcı bir deprem Kahramanmaraş'ın yanı sıra Hatay, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Kilis, Diyarbakır, Adana, Osmaniye ve Şanlıurfa'da çok şiddetli hissedilmiş, 9 saat sonra saat 13:24'te Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde 7.6 büyüklüğünde ikinci bir deprem meydana gelmiştir. Maalesef her iki deprem sonucu bu illerde binlerce bina yıkılmış ve binlerce insanımız hayatını kaybetmiştir. Depremin oluştuğu fay hattı çok bilinen ve uzun yıllardır yer bilimciler tarafından işaret edilen Doğu Anadolu fay hattı olup bu bölgede birkaç kola ayrılmakta, Hatay'dan güneye doğru Ölüdeniz fay hattı ile Kızıldenize, bir kolla Kıbrıs üzerinden Akdenize kadar uzanan aktif bir fay zonudur (Şekil 1). Oluşan deprem dağılımı ve aktif fay zonları haritası Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Türkiye'nin aktif fay hatları haritası (Bozkurt, E. 2001)

Oluşan depremler göstermiştir ki depremin etkisi zayıf, alüvyon zeminlerde, ovalarda çok daha yıkıcı olmaktadır. Bu durum bilimsel olarak da bilinmesine rağmen, sürekli olarak ifade ettiğimiz ovalarda yapılaşmanın yapılmaması ovaların alüvyon ve yumuşak zayıf zemin özelliğinde olmasına rağmen başta Hatay, Kahramanmaraş ve diğer yerleşim yerleri tamamen fay hattındaki alüvyon zeminlerde, yüksek binalar inşaa edilerek yapılaşmış ve bugünkü sonuç ortaya çıkmıştır. Bu bir sürpriz değildir. Anayasa gereği ovalarda yapılaşma yasak olduğu halde, fay hattında; amik ovası ve bu hat boyunca uzanan alüvyon zeminlerde yoğun yapılaşma oluşturulmuş, yüksek bina yapımına izin verilmiştir.



Şekil 2. Oluşan deprem dağılımı ve aktif fay zonları (AFAD)

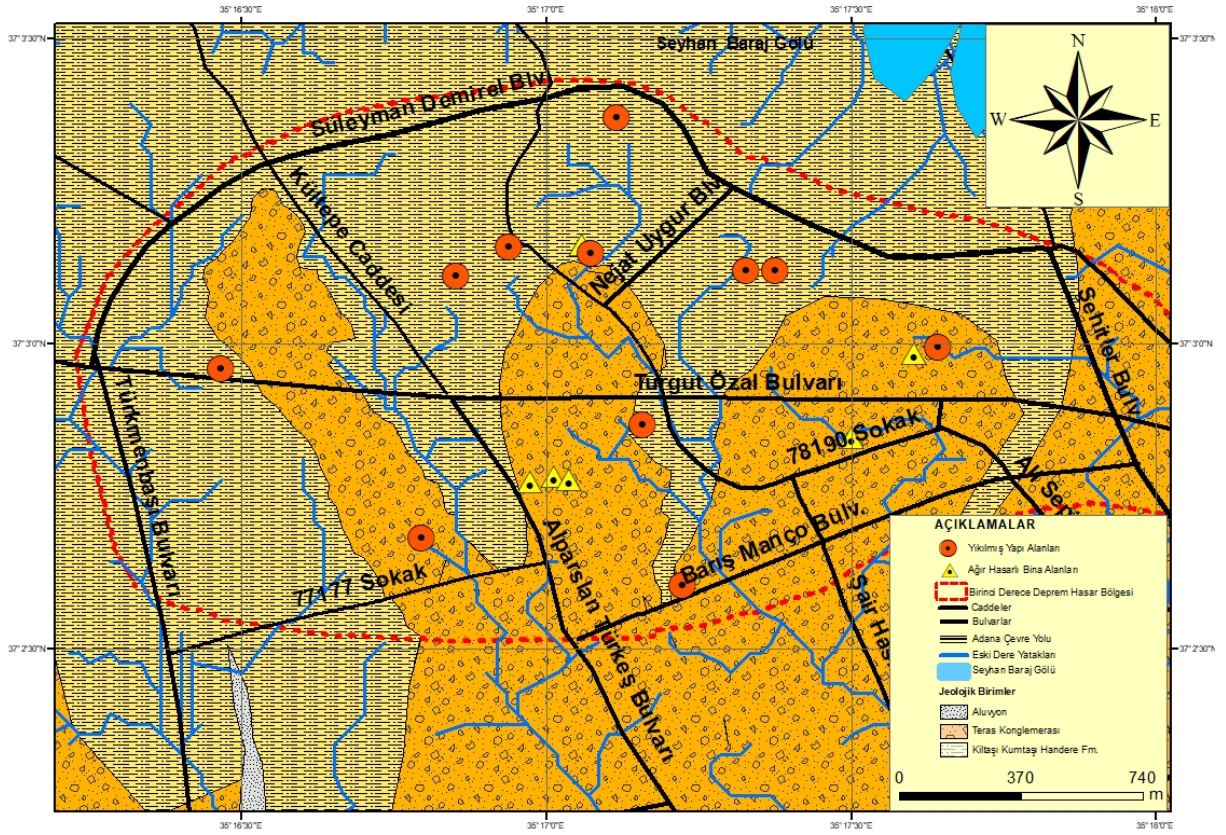
6 Şubat 2023 Tarihinde meydana gelen 7.7 büyüklüğündeki Pazarcık ve 7.6 büyüklüğündeki Elbistan depremleri yaklaşık 160 km ve 190 km uzakta olmasına rağmen Adana’ da 11

apartmanın yıkılmasına 30 binanın ağır hasar, 120 binanın da orta hasar almasına neden olmuştur. Deprem sonucu Adana'da 418 insan hayatını kaybetmiştir. Özellikle Çukurova İlçesinde belli bir kesimde bina yıkılması ve hasarlı binaların çokluğu, binaların bu bölgede niçin yıkıldığı sorusu birçok insan tarafından merak konusu olmuştur. Depremlerde yıkılan ve ağır hasarlı olarak belirlenen binaların lokasyonları incelendiğinde genelde güneyde Barış Manço Bulvarı, kuzeyde Süleyman Demirel Bulvarı, doğuda Turgut Özal-Şehitler bulvarı kavşağı ile batıda Öğretmenler Bulvarı arasında dağılım göstermektedir. Yıkılan binaların lokasyon haritası Şekil 3'de verilmiştir

Bu bölgenin doğu kesiminde Jeolojik olarak, iyi-çok iyi çimentolu çakıltaşlarından oluşan Pliyokuvaterner yaşlı Seyhan nehrinin eski nehir taraçaları ile üst seviyelerinde kaliş (ikincil kireçtaşı) ve daha çok kıltaşlarından oluşan Tersiyer yaşlı Handere formasyonuna geçmektedir. Hasarlı binaların bulunduğu alanlara ait jeoloji haritası MTA haritalarından yararlanılarak hazırlanmış ve Şekil 4'de verilmiştir. Bölgede yapılan zemin etüd çalışmalarında söz konusu birimlerde taşıma gücü ve oturma sorunu ile karşılaşılmamıştır. Sadece, Handere formasyonunun Seyhan Baraj gölüne bakan eğimli yamaçlarının bazı yerlerinde stabilite sorunları yaşanabilmektedir. AFAD tarafından iki büyük depreme ait ön değerlendirme raporunda verilen ivme değerlerini gösteren haritalarda bu bölgede ivme değerleri 50 -100 cm/s<sup>2</sup> arasında gösterilmiştir (Şekil 5 ve 6).



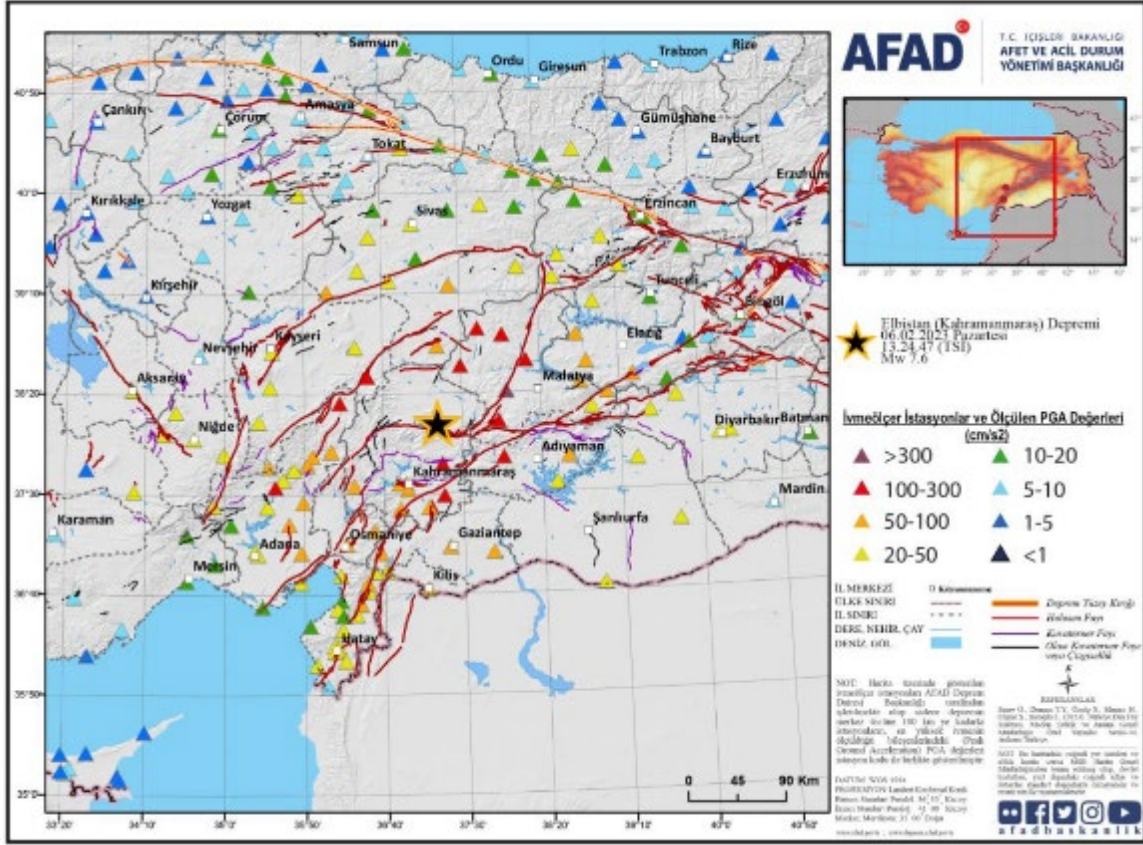
Şekil 3. Yıkılan Binaların konumları



Şekil 4. Yıkılan binaların bulunduğu alanın jeoloji haritası (MTA 1986'dan yararlanılmıştır)







Şekil 6. Mw 7.6 büyüklüğündeki depremi kaydeden en yakın ivmeölçer istasyonlarının dağılımı

Binaların yıkılma nedenleri birkaç etkene bağlı olarak sonuçlanmış olabilir. Ancak yaptığımız ilk incelemelerde ve gözlemlerde yıkılan binalarda ortak birkaç özellik saptanmıştır. Bunlar;

- 1- Tüm binalar 27 Haziran 1998 depreminden önce yapılan binalardır.
- 2- Yıkılan binalar 10 katın üzerinde 14 ve 16 katlı binalardır
- 3- 1998 öncesi hazır beton kullanılmadığı için tüm inşaatlar doğal agrega kullanılmış (Betonda kullanılan kum çakıl, dere malzemesidir), betonda kırma taş kullanılmamıştır.
- 4- Yıkılan ve hasarlı binalar özellikle Güzelyalı, Süleyman Demirel bulvarı ile Barış Manço bulvarı arasında Yurt Mahallesi ile Huzurevleri Mahallesine kadar uzanan bir alanda bulunmaktadırlar. Bu alanda jeolojik birimler (Zemin) ağırlıklı olarak tabanda kiltası (Handere formasyonu) yüzeyde kireçli toprak (kalış birimi) yer yer üst kesimde, hasarlı bölgenin güneyinde ve doğusunda kalın olmayan çakıltaşı (taraça kongloması) olarak gözlenmektedir (Şekil 4).

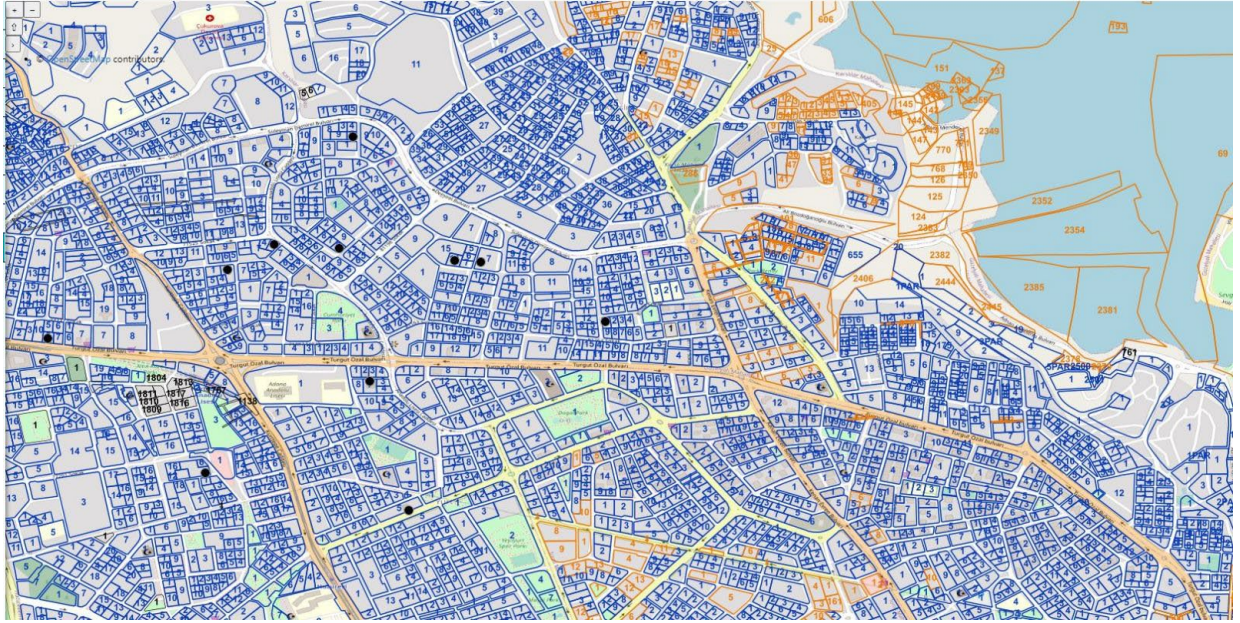
- 5- Bu bölge yapılaşma öncesi bağ bahçelik ve birçok küçük dere yatağının bulunduğu bir bölge iken yer yer dereler doldurularak yoğun bir yapılaşmaya açılmıştır. Ancak yıkılan binanın çevresinde, bitişiğinde yıkılmayan binalar olması yıkılmaların doğrudan zeminle ilişkili olmadığını göstermektedir. Ancak bu binaların yapıldığı yıllarda zemin etütlerinin yüzeysel yapıldığı, ayrıntılı sondaja dayalı etütler olmadığı bilinmektedir.
- 6- Özellikle 14 ve 16 katlı binaların yıkılmaları deprem dalgalarının etkisi ile salınımaya dayanmadığı anlaşılmaktadır. Buna neden olan faktörlerden biri zemin büyütmesi olabilir, zemin büyütmesi, deprem sırasında depremin odak noktasından anakaya kırılmasından açığa çıkan gerilme enerjinin oluşturduğu sismik dalgaların, yayılımları sırasında, içinden geçtikleri farklı kaya ortamların özelliklerinden etkilenmekte olup zaman, frekans ve genliklerinde değişimler olabilmektedir. Deprem dalgalarının yüzeye yakın zemin tabakaları içinden geçerken genliklerinde ve periyodlarında meydana gelen artış zemin büyütmesi olarak tanımlanmaktadır. Zemin büyütmesi rijit kaya derinliği, zemin tabakalarının kalınlığı, cinsi ve dinamik özellikleri, tabakaların yanal süreksizliği ve topografik özellikler gibi yerel koşullardan etkilenmektedir. Kuzey Adana kent merkezinin topografik olarak en yüksek kotunu oluşturmaktadır. Deprem dalgalarının periyodunun uzaması özellikle yüksek binalarda salınımı arttıran bir faktördür.

Sonuç olarak değerlendirildiğinde, zeminin taşıma gücü açısından bir sorun gözlenmediği, binaların yıkılmalarında birinci etkenin inşaat kalitesi, olduğu söylenebilir.

## Geoteknik Faktörlere Bağlı Yapısal Hasarların İncelenmesi

(Prof. Dr. Abdulazim YILDIZ, Doç. Dr. Ahmet DEMİR, Doç. Dr. Baki BAĞRIACIK, Arş. Gör. Dr. Buse EMİRLER, Arş. Gör. İlkin ÖZBAHÇECİ)

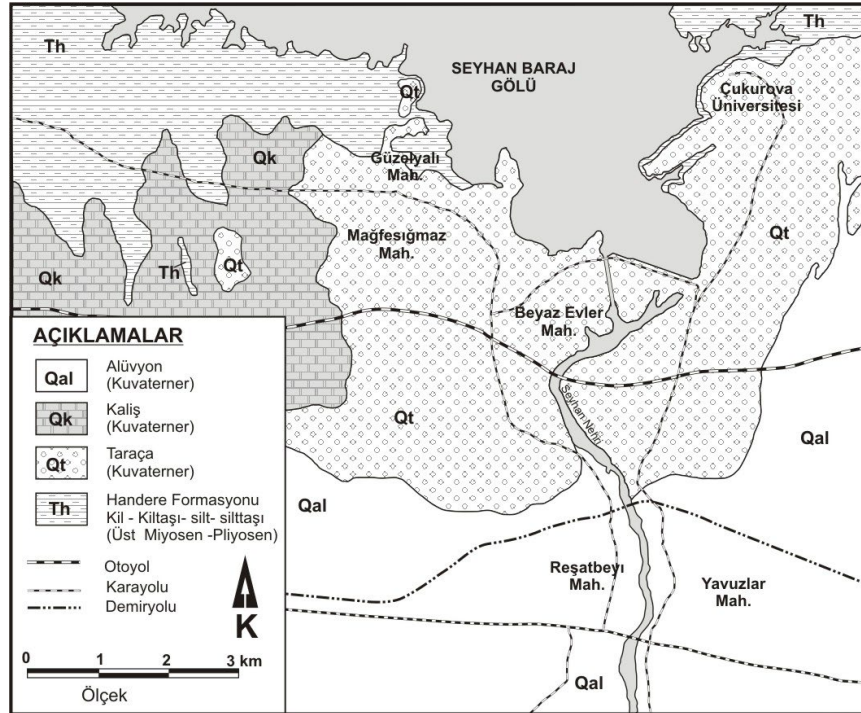
Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD) kayıtlarına göre, 06.02.2023'te yerel saat ile 04.17'de yerin 8,6 km derinliğinde merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) olan  $M_w=7.7$  büyüklüğünde ve aynı tarihte yerel saat ile 13.24'te yerin 7,0 km derinliğinde merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) olan  $M_w=7.6$  büyüklüğünde oldukça yıkıcı iki adet deprem yaşanmıştır. Meydana gelen depremler sonucu Hatay, Kahramanmaraş, Adıyaman, Malatya, Gaziantep, Elazığ, Osmaniye, Şanlıurfa, Diyarbakır, Kilis ve Adana olmak üzere toplam 11 ilde önemli hasar ve yıkımlar meydana gelmiştir. Adana kent merkezinin 7.7 ( $M_w$ ) ve 7.6 ( $M_w$ ) büyüklüğündeki depremlerin merkez üslerine uzaklığı sırasıyla 160 km ve 190 km olmasına rağmen il genelinde 13 bina yıkılmış, bunlardan 11 tanesi Çukurova ilçesinde bulunan Güzelyalı, Huzurevleri ve Yurt mahallelerinde yer almaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Adana il merkezi kuzey bölgesinde yıkılan binaların konumları

Özellikle Adana'nın kuzeyinde bulunan Çukurova ilçesinde 11 binanın yıkılması sonucu 418 vatandaşımızın hayatını kaybetmiş olması, neden yıkımların ve can kayıplarının bu bölgede gerçekleştiği sorusunu akla getirmiştir. Bu nedenle yıkılan ve can kaybı yaşanan 11 binanın incelenmesi için Çukurova Üniversitesi İnşaat ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri öğretim elemanlarından oluşan bir komisyon kurulmuştur. Deprem sonrasında bölgeye giden komisyondaki geoteknik mühendisliği ekibi, yıkımların gerçekleştiği sahada yerel zemin koşullarından kaynaklı hasarlar olup olmadığı konusunda ön incelemeler yapmış sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Bölgenin yerel zemin koşulları ağırlıklı olarak taraça, handere formasyonu ve kaliçilemiş zeminlerden oluşmaktadır. Kaliçilerin sahip olduğu jeolojik özellikler düşünüldüğünde düşey yönde zemin profili oldukça değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle yıkılan binaların bulunduğu sahada kesin olarak zemin profilinin belirlenmesi için sondaj verilerine ihtiyaç vardır (Şekil 8).



Şekil 8. Adana ili yerleşim alanına ait genel jeoloji haritası (Çobanoğlu, 2005)

Sahada yapılan incelemelerde yıkılan binaların temellerinde aşırı oturmalar işaret eden izlere veya zeminden kaynaklı göçmelere rastlanmamıştır. Depremlerde zeminden kaynaklı hasarlara

neden olan bir diğerkonu ise sıvılaşmadır. Deprem nedeniyle yer altı suyunun zemin yüzeyine yakın olduğu özellikle kum ve siltli zeminlerde boşluk suyu basınçlarındaki ani artışlar sıvılaşmaya neden olur. Sıvılaşmanın olduğunun tipik bir göstergesi binaların zemin içine gömülerek aşırı oturmaya maruz kalması veya yan yatmasıdır. Ayrıca, sıvılaşma nedeniyle bölgede kum kaynamaları meydana gelir ve yakın çevrede genelde çatlak veya yarıklar oluşabilir. Sıvılaşma sonrası aşırı boşluk suyu basıncı sönmümlenirken zemin yüzeyinde su çıkışları görülebilir. Şekil 9’da son depremlerde Gölbaşı/Adıyaman ve İskenderun/Hatay’da sıvılaşmaya bağlı gerçekleşen tipik hasarlar görülmektedir. Ancak, Adana’da yıkılan binaların bulunduğu sahalarda yukarıda bahsedilen sıvılaşma kaynaklı hasarların ve olayların yaşandığına dair bir kanıt rastlanmamıştır. Bölgede yer altı su seviyesinin derinlerde olması, sahadaki zemin özelliklerinin sıvılaşabilir nitelikte olmaması, yapılarda zemine gömülme veya yan yatma gibi aşırı oturma davranışı gözlenmemiş olması nedeniyle sıvılaşma kaynaklı hasar belirlenmemiştir.



(a) Gölbaşı/Adıyaman (Bilgin, 2023)



(b) İskenderun/Hatay

#### Şekil 9. Zemin sıvılaşmasına bağlı yıkımlar ve kum kaynamaları

Depremi merkez üssüne çok uzakta olan Adana’da yıkımların yaşanması bölgede yerel zemin koşullarından kaynaklı zemin büyütmesi yaşanmış olma ihtimalini akla getirmektedir. Zemin büyütmesi deprem dalgalarının yüzeye yakın zemin tabakalarından geçerken ivme genliklerinde meydana gelen artış olarak tanımlanabilir. Deprem nedeniyle, zemin tabakaları bir filtre gibi davranıp ana kayadan yukarı doğru çıkan deprem dalgalarının özelliklerini değiştirebilir. Dolayısıyla ana kayada ölçülen veya kaydedilen kayıtlar ile zemin yüzeyinde kaydedilen kayıtlar, zemin cinslerine bağlı olarak farklılaşabilir. Bazı yerde büyütme, bazı yerde ise küçülme olabilir. Yakın geçmişte ülkemizde ve dünyada yaşanan büyük depremlerde oluşan yapısal hasarlar ve aletsel ölçümlerle yüzeyde alınmış ivme kayıtları, yerel zemin koşullarının kuvvetli yer hareketi özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Zemin büyütmesi nedeniyle sismik dalgalar yayılımları sırasında içinden geçtikleri ortamların özelliklerinden etkilenmekte; yüzeye yakın zemin tabakaları içinden geçerken süre, frekans ve genliklerinde değişimlere neden olabilmektedir. Bu olay sadece ana kaya derinliği, zemin tabakalarının kalınlığı, cinsi ve dinamik özelliklerine bağlı olmayıp, tabakaların yanal süreksizliği ve topoğrafik özellikler gibi yerel koşullardan da etkilenmektedir. Bir diğer önemli konu ise deprem

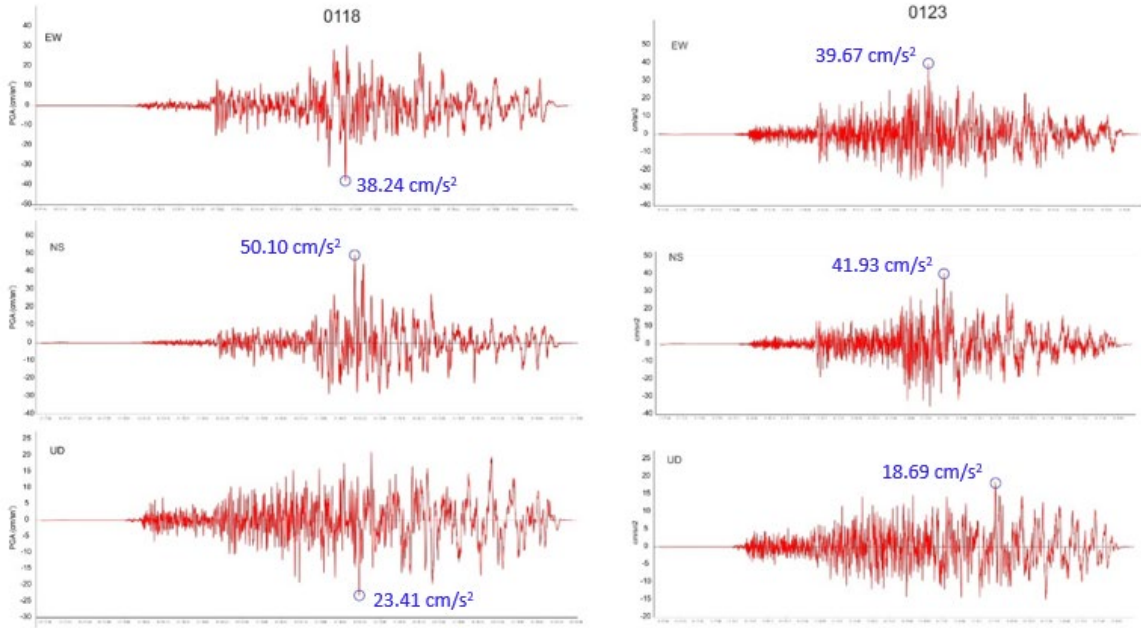
dalgalarının içinden geçtiği zemin tabakalarının dayanım ve şekil değiştirme davranışını değiştirmesidir. Yıkılan binaların 1998 yılı öncesinde yapılmış olması nedeniyle o tarihlerde zemin etütleri zorunlu olmadığı düşünüldüğünde bu binaların bulunduğu sahalarda zemin etütlerinin yapılmamış olma ihtimali yüksektir. Dolayısıyla, taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi gibi statik veya deprem etkisi göz önüne alınmadan hesaplanmış bu değerler deprem sırasında değişebilir ve azalabilir.

Yıkılan binaların ortak özelliği, yüksek katlı olmaları ve ağırlıklı olarak kat sayısının 12 ile 16 kat arasında değişmesidir. Bu durum deprem sırasında bu binaların rezonansa girmiş olma ihtimalini akla getirmektedir. Rezonans, deprem titreşim periyodunun bina titreşiminin doğal periyoduna yakın veya eşit olmasıdır. Rezonans nedeniyle bu yapılar deprem etkilerine maksimum düzeyde maruz kalabilir. Binaların yapım yıllarının 1998 öncesi olması nedeniyle yapı kalitesinin düşük olduğu düşünüldüğünde buna bağlı yıkılmalar yaşanmış olabilir.

Zemin büyütmesi ve rezonans gibi depremde yerel zemin koşullarından kaynaklı olayların yaşanıp yaşanmadığını söyleyebilmek için bölgede ayrıntılı sismik mikrobölgeleme çalışmaları yapılmalıdır. Bu kapsamda inceleme bölgesinin depremselliği, sahanın jeolojik ve geoteknik koşulları ve bunların bölge içinde değişimi arazi deneyleri ve çalışmaları ile belirlenmelidir. Ancak böyle bir araştırma sonucunda zemin yüzeyinde oluşabilecek deprem özellikleri ve zemin davranışı tanımlanabilir ve yıkımların gerçekleştiği bölgede zemin büyütmesi ve rezonans gibi olayların binalar üzerindeki etkileri anlaşılabilir.

AFAD tarafından Adana il merkezinde yer alan 2 istasyona (0118 ve 0123 nolu) ait ivme kayıtları Şekil 10'da görülmektedir. AFAD-Türkiye İvme Veri Tabanı ve Analiz Sistemi (TADAS)'ın web sitesinden Adana'nın Çukurova ilçesinde yer alan 0118 nolu istasyon için maksimum yatay yer ivmesi (PGA)  $50,10 \text{ cm/s}^2$  (0,05g) N-S bileşeninde elde edilirken, Yüreğir ilçesinde yer alan 0123 nolu istasyon için ise maksimum yatay yer ivmesi (PGA)  $41,93 \text{ cm/s}^2$  (0,04g) olarak N-S bileşeninde elde edilmiştir. Örneğin Antakya/Hatay'daki 3126 nolu istasyonda (zemin sınıfı ZD ve merkez üssüne olan uzaklığı 143,54 km) kaydedilen maksimum ivme değeri kuzey-güney yatay (N-S) bileşen için  $1178,12 \text{ cm/s}^2$  (1,18g)'dir. Adana'daki her iki istasyon için elde edilen ivme değerlerinin Hatay'da kaydedilen ivme değerlerinin çok altında kaldığı görülmektedir. Bu

kayıtlara göre, 0,1g'nin altında maksimum yer ivmesinin olduğu bir depremde hafif düzeyde yapısal hasar olması beklenir. Bu nedenle yıkımların ve ağır hasarlı binaların çok fazla olduğu Adana için bu iki istasyondaki kayıtların ne derece sağlıklı olduğunun doğrulanması gerekmektedir. Yıkımların gerçekleştiği bölgede gerek zemin büyütmesi gerekse de binaların rezonansa girme ihtimalinin değerlendirilebilmesi için sağlıklı deprem kayıtlarına ve kapsamlı saha çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır.



Şekil 10. Adana kent merkezinde bulunan istasyonlarda Mw 7.7 büyüklüğündeki deprem için elde edilen ivme-zaman grafikleri (AFAD-TADAS)

Sonuç olarak sahadaki gözlem ve değerlendirmeler neticesinde yıkımların yerel zemin koşullarından kaynaklandığına dair kesin bir bulguya rastlanmamıştır. Bu bağlamda yerel zemin koşullarının yıkımlar üzerinde ne derece etkili olduğunun anlaşılabilmesi için sahada detaylı sismik mikrobölgeleme çalışmalarının yapılması gereklidir. Yaptığımız incelemelerde yıkılan tüm binaların göçmesinde üst yapıdaki yapısal yetersizliğin önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Şekil 11). Bir sonraki bölümde yapı mühendisliği heyeti bu konuda daha ayrıntılı bilgiler sunacaktır.





(a)



(b)

Şekil 11. Yıkılan binalara ait kalıntılar (a) Tutar Yapı Sitesi (b) Kubilay Apartmanı

## **Kaynakça**

- AFAD-TADAS (2023) T. C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Türkiye İvme Veri Tabanı ve Analiz Sistemi. <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17966>
- Bilgin, Ö. (2023, 11 Şubat) Adıyaman'da bir apartman depremin etkisiyle tek parça halinde yan yattı. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/adiyamanda-bir-apartman-depremin-etkisiyle-tek-parca-halinde-yan-yatti/2815764> (Erişim tarihi: 19.04.2023)
- Çobanoğlu, İ. (2005) Adana ili ve yakın çevresinin jeoteknik koşullarının statik ve sismik durumlar için coğrafi bilgi sistemi ile değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- HGM-ATLAS. (2023) <https://atlas.harita.gov.tr/#14.95/37.05043/35.28202>

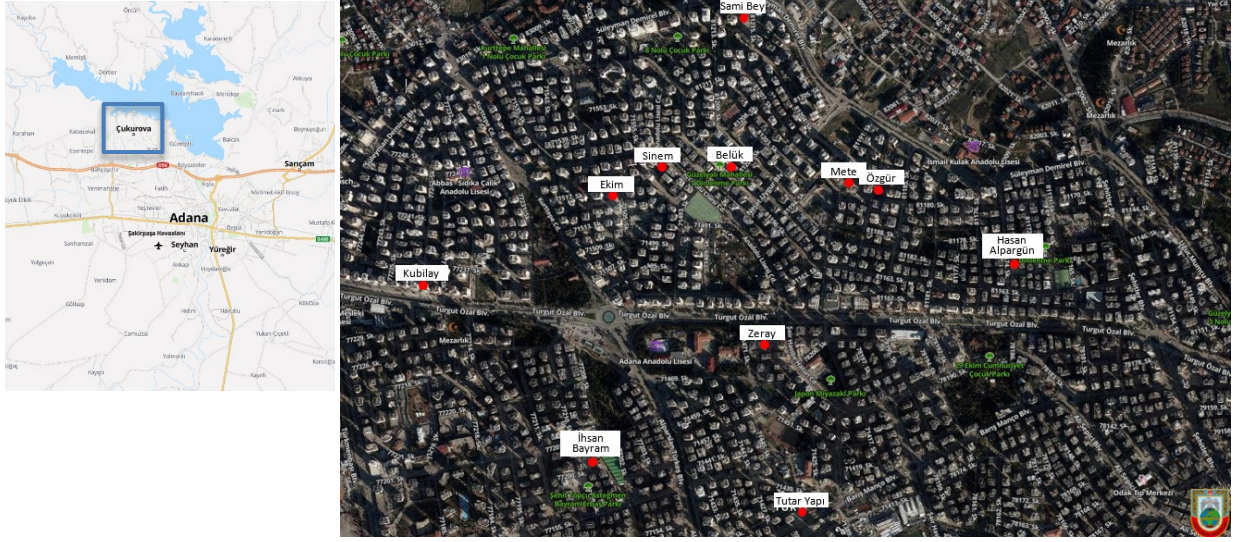
## Yapı Mühendisliği Açısından İnceleme

(Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY, Arş. Gör. Dr. Meltem BAYRAMTAN, Arş. Gör. Timuçin Alp ASLAN, Arş. Gör. Ahmet AKKAYA, Arş. Gör. Burkay SİVRİ)

06.02.2023 tarihinde saat 04.17'de merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve 13.24'te merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) olan iki deprem meydana gelmiştir. Büyüklükleri AFAD tarafından Mw 7,7 ve Mw 7,6 olarak belirlenen ve yüzeye oldukça yakın derinlikte meydana gelen bu iki deprem 11 ili kapsayan oldukça geniş bir alanda hasara ve can kaybına neden olmuştur. 7.7 büyüklüğündeki deprem yerin 8.6 km derinliğinde meydana gelirken 7.6 büyüklüğündeki deprem yerin 7 km derinliğinde meydana gelmiştir.

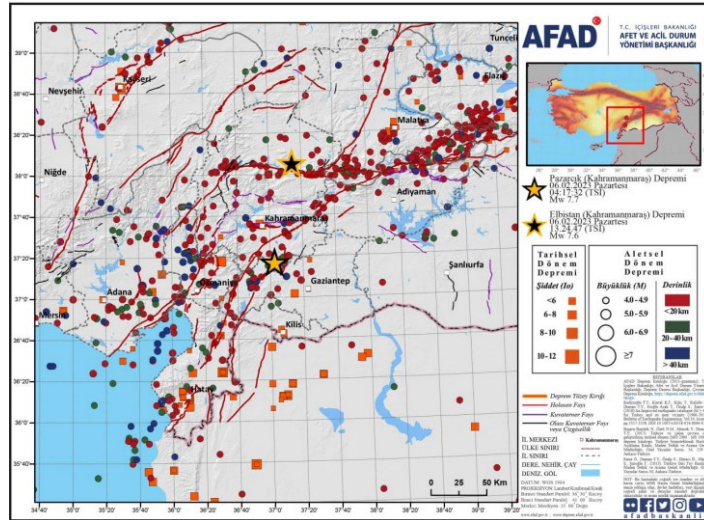
Depremlerden etkilenen 11 ilden biri olan Adana'da, hasar ve can kaybı daha çok ilin kuzeyinde meydana gelmiştir. Depremler sonucunda Adana'da 11 çok katlı bina yıkılmış ve 418 can kaybı yaşanmıştır. İlimizi büyük şekilde etkileyen depremin ardından İlimizdeki binaları zemin ve yapı olarak incelemek ve raporlamak üzere, 15.02.2023 tarihinde Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanlarından oluşan Adana İlindeki Binaları Zemin ve Yapı Olarak İnceleme ve Raporlama Komisyonu kurulmuştur. Komisyonumuz 17.02.2023 tarihinde, Adana'da 06.02.2023 tarihinde yaşanan depremlerde yıkılan 11 adet binaların enkazlarının olduğu bölgeyi gezerek teknik incelemelerde bulunmuştur.

06.02.2023 tarihinde Kahramanmaraş İlinin Pazarcık ve Elbistan İlçelerinde oluşan depremlerde Adana da depremlerden etkilenmiş ve 11 adet çok katlı binalar yıkılmıştır. Yıkılan binaların haritadaki konumları Şekil 12'de gösterilmiştir.

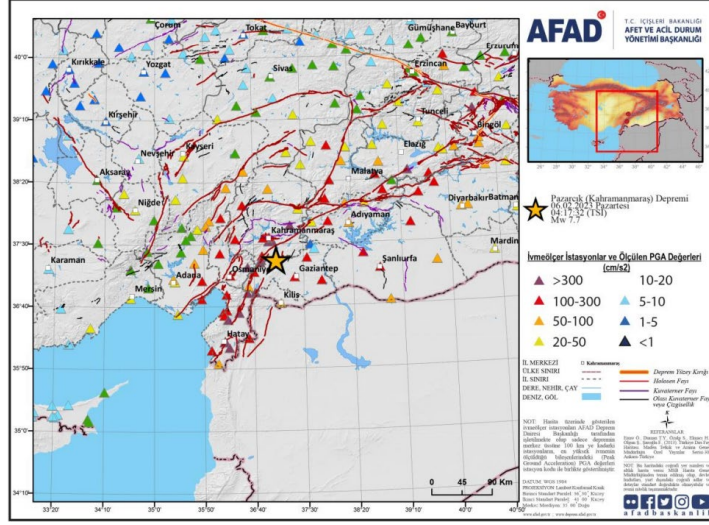


Şekil 12. Yıkılan binaların bulunduğu bölge, Adana, Çukurova İlçesi

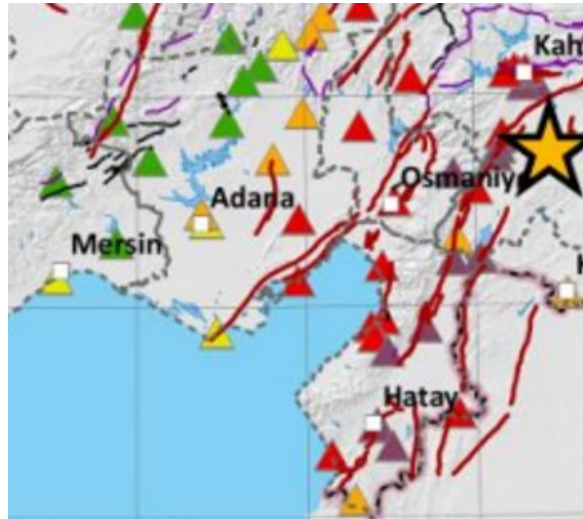
Bölgenin tarihsel deprem aktivitesi Şekil 13'te verilmiştir. 7.7 büyüklüğündeki depremi kaydeden en yakın ivmeölçer istasyonlarının dağılımı Şekil 14'te, 7.6 büyüklüğündeki depremi kaydeden en yakın ivmeölçer istasyonlarının dağılımı Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 13. Bölgenin tarihsel deprem aktivitesi, AFAD 2023.



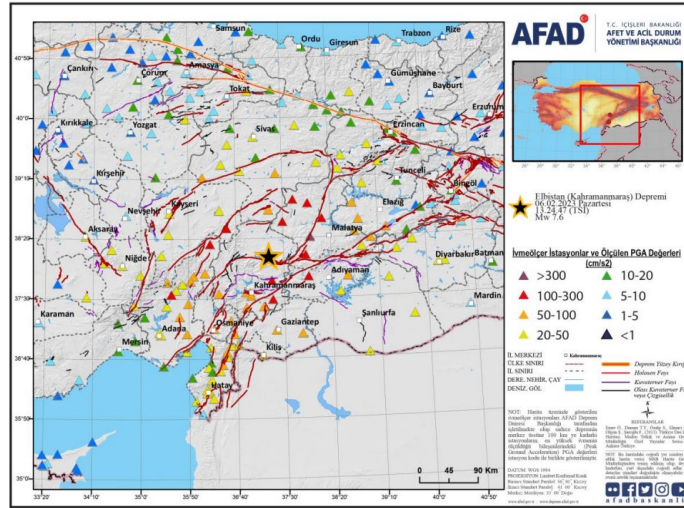
(a)



(b)

Şekil 14. a. Mw 7.7 büyüklüğündeki depremi kaydeden en yakın ivmeölçer istasyonlarının dağılımı, b. Adana bölgesi, AFAD 2023.

Şekil 14. B' den Adana merkezli ivmeölçer istasyonlarında 118 nolu ivmeölçer istasyonunda maksimum PGA değerleri Kuzey-Güney bileşeni  $50.1 \text{ cm/s}^2$  (0.05 g), Doğu-Batı bileşeni  $38.2 \text{ cm/s}^2$  (0.038 g), Düşey bileşeni  $23.4 \text{ cm/s}^2$  (0.023 g), 123 nolu ivmeölçer istasyonunda maksimum PGA değerleri Kuzey-Güney bileşeni  $41.9 \text{ cm/s}^2$  (0.041 g), Doğu-Batı bileşeni  $39.6 \text{ cm/s}^2$  (0.039 g), Düşey bileşeni  $18.6 \text{ cm/s}^2$  (0.018 g), olduğu anlaşılmaktadır. Oysaki Hatay'daki 3129 nolu ivmeölçer istasyonu kaydedilen maksimum ivme değeri kuzey-güney bileşeni  $1351.5 \text{ cm/s}^2$ , (1.35 g), doğu-batı bileşeni  $1198.7 \text{ cm/s}^2$ , (1.19 g) dir.



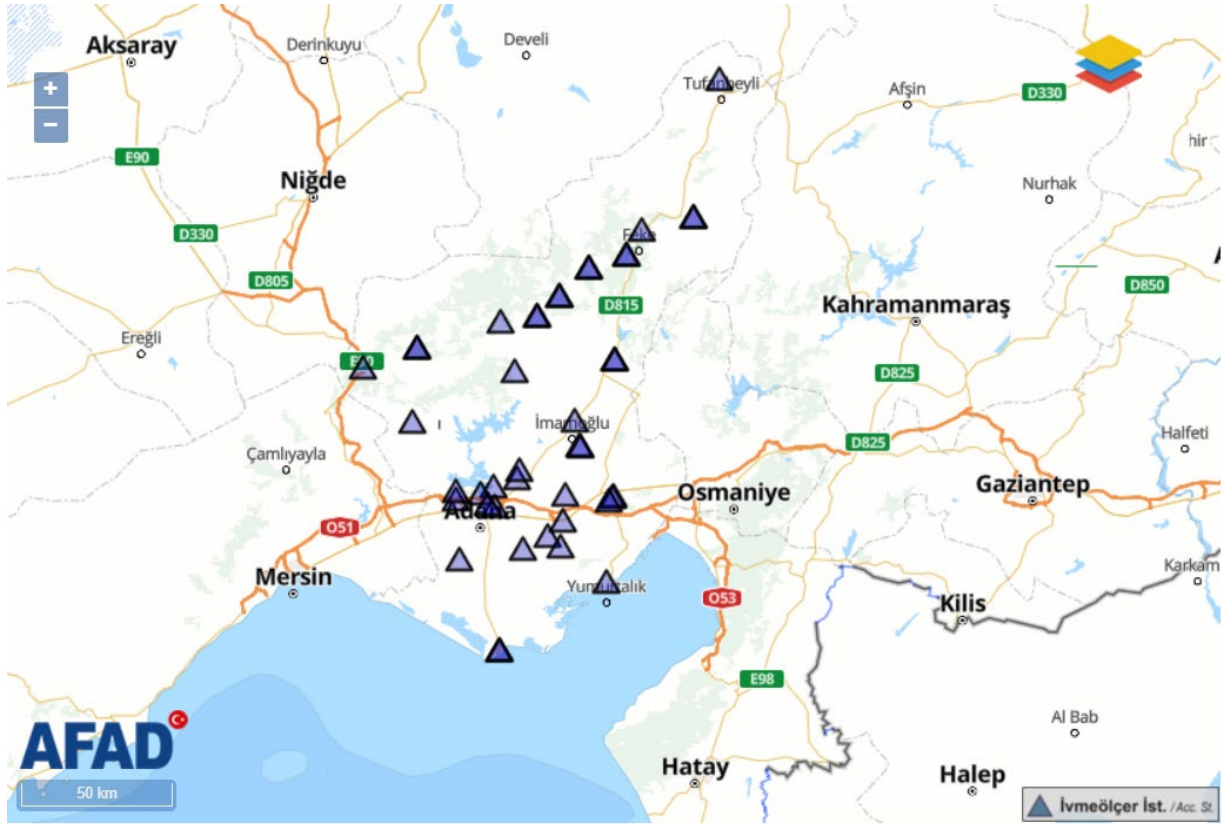
(a)



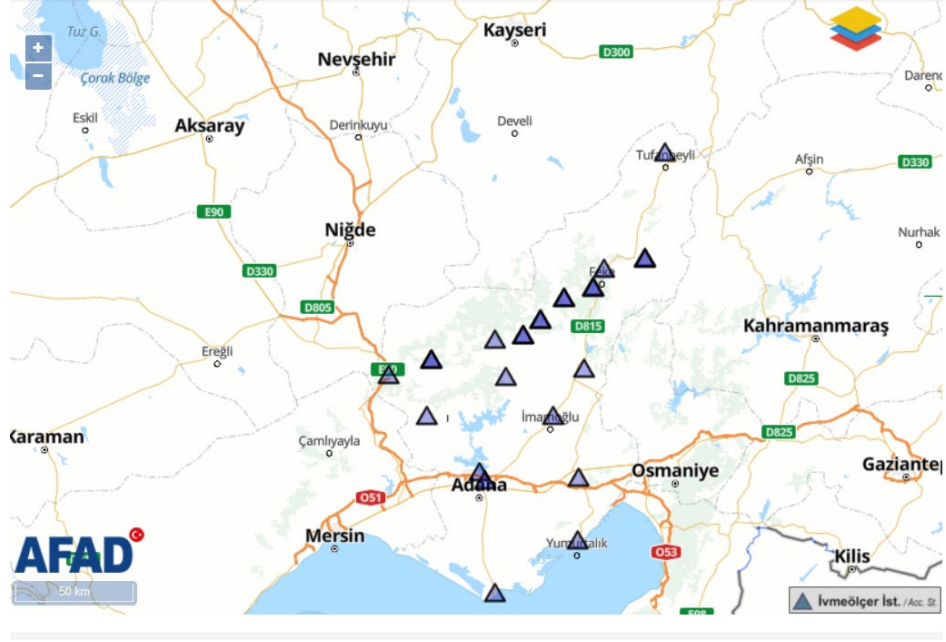
(b)

Şekil 15. a. Mw 7.6 büyüklüğündeki depremi kaydeden en yakın ivmeölçer istasyonlarının dağılımı, b. Adana bölgesi, AFAD 2023.

Adana il ve ilçelerinde toplam 43 adet ivmeölçer bulunmaktadır, Şekil 16. Bunlardan 25 adedi aktiftir, Şekil 17. Adana merkezinde 6 Şubat Maraş depreminde iki adet 118 ve 123 nolu ivmeölçer istasyonlarında kayıt alınabilmektedir, Şekil 18.



Şekil 16. Adana ivmeölçer istasyonları



Şekil 17. Adana aktif ivmeölçer istasyonları



Şekil 18. Adana merkezi aktif ivmeölçer istasyonları



Yapıların yıkılmadan önceki görselleri Google Earth Street View uygulamasından alınmıştır,  
Şekil 19-Şekil 22.



Belük Apt.



Ekim Apt.

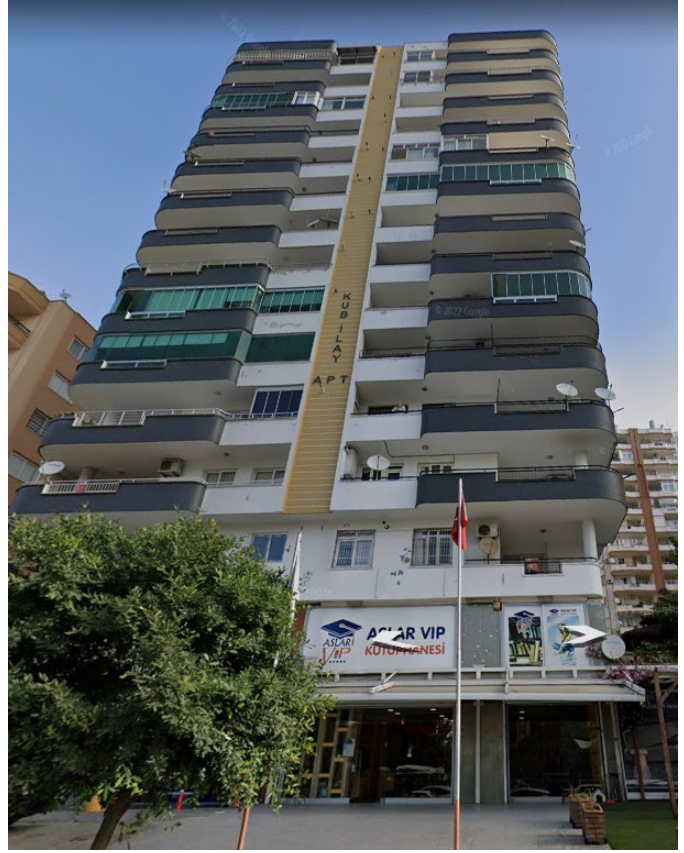
Şekil 19. Yıkılan binaların yıkılmadan önceki görselleri



Alpargun Apt.



İhsan Bayram Sitesi



Kubilay Apt.

Şekil 20. Yıkılan binaların yıkılmadan önceki görselleri



Mete Apt.



Özgür Apt.



Sami Bey Apt.

Şekil 21. Yıkılan binaların yıkılmadan önceki görselleri



Sinem Apt.



Tutar Apt.

Şekil 22. Yıkılan binaların yıkılmadan önceki görselleri

Şekil 23' de yıkılan Kubilay Apt. enkazı görülmektedir. Bu enkazların genel olarak değerlendirilmesinden yıkımların daha önceki depremlerde görülen yıkımlara benzediği anlaşılmıştır. Beton kalitesinin oldukça yetersiz olduğu ve betonarme elemanların ezildiği ve parçalandığı görülmektedir. Beton kalitesinin iyi olduğu durumlarda binaların yıkılsa bile betonarme elemanlar bir bütün olarak bulunabilmektedir.



Şekil 23. Kubilay Apt. enkazı

Binaların yeri ve kaç katlı oldukları ilgili edinilen bilgilere göre Çukurova ilçesi Yurt Mahallesi, Güzelyalı Mahallesi ve Huzurevleri Mahallesi'nde yıkılan binaların 12, 13 ve 14 katlı yapılar olduğu anlaşılmıştır.

Adana'da yıkılan binalar kuzeyde Çukurova ilçesindedir. Depremlerde 418 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. AFAD verilerine göre Adana il merkezinde ölçülen ivme değerleri düşüktür. Ancak depremde 11 bina yıkılmıştır. Yıkılan binanın enkazdan sonraki genel görünümü Şekil 24-26' da verilmektedir. Bazı binaların yıkılırken komşu binalara da hasar verdikleri belirlenmiştir (Şekil 27). Yapıların birbirine çok yakın, bitişik olmaları uygun değildir.

Depremin merkez üssüne uzak olan bölgede yıkılan binaların bu bölgede toplanmış olması ilgi çekicidir. Adana'nın kuzeyi genel olarak zemin açısından iyi olarak bilinmektedir. Bu bölgede daha eskiden yaşayan yerel halktan bu bölgede daha önceleri dere yataklarının bulunduğu bildirilmiştir. Ancak yoğun yapılaşma nedeniyle bu bölgede mevcut durumda dere yatağı kalmamıştır.

Yıkılan binaların hemen yanındaki binalarda hasarların az olması binaların yıkılma nedenlerinin direkt olarak zemin ile bağlantılı olamayabileceği söylenebilir. Ancak yıkılan binaların hemen hemen 14 kat civarında olması bu bölgede yapıların titreşim frekansları ile zemin titreşim frekanslarının yaklaşık benzer değerlerde olması durumunda yapıda rezonans ihtimali düşünülebilir. Yine yıkılan binaların hemen yakınındaki benzer katlı yapılarda hasarların az olması nedeniyle yıkım nedenlerinin başka parametrelere göre değerlendirilmesi uygundur. Bu nedenle Adana merkezine daha çok ivme kayıt istasyonları yerleştirilmeli, zeminin durumu daha detaylı araştırılmalıdır.

Yıkılan binalar betonarme olarak yapılmıştır. Betonarme binalar deprem yönetmelikleri ve standartlara uygun olarak tasarlanıp yapıldığında depremlerde yıkılmaları kolay değildir. Depreme dayanıklı olabilirler. Ancak, projelendirmede, tasarımda ve uygulamada hatalar depremlerde yapıların yıkılmalarına neden olabilmektedir.

Betonarme yapılarda beton kalitesi çok önemlidir. Betonarme yapılar beton ve çelik ile oluşturulur. Beton ve çelik eğer iyi kalitede olmazsa betonarmenin çalışmasını sağlayan aderans yeterli değere ulaşamaz. Beton kalitesinin düşük olması yapıların depremde yıkılmalarının nedenlerinden en önemlilerindendir. Yıkılan binaların genel olarak projeleri elde edilememiştir. Bu nedenle projelerinin değerlendirilmesi yapılamamıştır. Binaların enkazları taşındığından ancak mevcut durum enkaz sonrası kalan elemanların incelenmesi olarak değerlendirilmiştir. Bazı yapıların enkaz sonrası kalan parçaların incelenmesinden beton içerisinde çok iri agregaların kullanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 28). Bu ise betonun kalitesiz olarak üretilmesine neden olmuştur. İyi bir beton üretebilmek agrega dağılımının uygun olması ile mümkündür. Tane dağılımı iyi olmayan agregalarla beton üretildiğinde betonda kalite uygun olmaz, betonda boşluklar oluşur ve beton geçirimsiz olmaz. Betonun uygun olmaması durumunda beton dayanımı istenen değerlerde olamaz ve betonarmenin davranışı deprem açısından yetersiz olur.

Yıkılan binaların genel olarak zemin katları işyeridir. Bu durumda ise genel olarak zemin katlarda daha az duvar elemanlar olmakta ve yapısal olumsuzluklara neden olabilmektedir. Diğer bir önemli durum ise yapılarda zemin kat üstü çıkma olarak planlanabilmektedir. Bu durumda da planda süreksizlikler oluşmakta ve yapının deprem davranışı olumsuz olabilmektedir.

Yıkılan bazı binaların kolon gibi betonarme elemanlarda yetersiz etriye aralığı tespit edilmiştir. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında sargı bölgelerinde etriye aralıklarının standart ve yönetmeliklerde belirtilen değerden fazla olmaması önemlidir. Etriyelerin sayısının az olması, etriyeler arasındaki mesafenin fazla olması kesmeye karşı güvenliğin azalmasına neden olur. Etriyelerin kancalanmasının uygun yapılmadığı belirlenmiştir (Şekil 29). Etriyelerin taşıyıcı sistem elemanlarındaki çeliklere uygun bağlanmaması nedeniyle yapılarda kesme güvenliği sağlanmayabilir ve yapıların hasarına, yıkılmasına neden olabilir.



Şekil 24. Yıkılan binanın enkazdan sonraki genel görünümü, Hasan Alparğün Apartmanı



Şekil 25. Yıkılan binanın enkazdan sonraki genel görünümü, Mete Apartmanı





Şekil 26. Yıkılan binanın enkazdan sonraki genel görünümü, Kubilay Apt.



Şekil 27. Yıkılan bir binanın komşu binada hasara neden olması



Şekil 28. Betonda çok iri agrega kullanımı



Şekil 29. Etriyelerin uygun olmaması, kancalamanın yetersiz olması

## Değerlendirmeler ve Sonuçlar

Depremlerden etkilenen 11 ilden biri olan Adana'da, hasar ve can kaybı daha çok ilin kuzeyinde meydana gelmiştir. Depremler sonucunda Adana'da 11 çok katlı bina yıkılmıştır.

Yapıların ağır hasarlı olarak yıkılmalarında genel olarak beton kalitesinin yetersiz olmasının ve donatı sayısının ve donatı bağlantılarının özellikle etriyelerin uygun olmamasının da etkili olduğu, betonarme kolonlar ve kirişlerde yeterli kesme kapasitesinin bulunmadığı, taşıyıcı sistemde yeterli betonarme perdelerin olmadığı, düzensizliklerin bulunması nedeniyle olduğu kanaatine varılmıştır. Betonarme taşıyıcı elemanlarda yeterli kesme kapasitesinin sağlanması, etriyelerin miktarının sargı bölgelerinde hesapla belirlenerek sık atılması, etriye kancalamasının mutlaka 45° olması gerekmektedir. Etriye kancalamasının 45 derece kenetlenmediği durumda depremlerde yeterli kesme güvenliği sağlanamayacaktır.

Yapıların beton kalitesinin mutlaka projede öngörülen değerlerde olması gerekmektedir. Beton karışımında agrega dağılımının standart değerlerde olması sağlanmalıdır. Bu nedenle agrega gradasyonu standart limitlerde olmalıdır. Gereğinden fazla tane çapı olan agregalar betonda kullanılmamalıdır. Karışım suyu gereğinden fazla kullanılmamalıdır.

Yapılarda zemin kattan sonra çıkmaların bulunması yapının planda süreksizliklere neden olmasına yol açmaktadır. Perdelerin çıkmalı yapılarda bina dışında etkin olarak kullanımı mümkün değildir.

Kuzey bölgesindeki zeminler daha detaylı araştırılmalıdır.

Adana merkezinde yeterli sayıda ivmeölçer yoktur. Bu nedenle özellikle kuzey bölgeleri ve şehir merkezinde yeterli sayıda ivmeölçer istasyonu bulunmalıdır. İvmeölçer istasyonlarının sağlıklı olarak çalıştığı denetlenmelidir.

## Kaynaklar

AFAD, 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu.

HGM-ATLAS. (2023) <https://atlas.harita.gov.tr/#14.95/37.05043/35.28202>