İTÜ

6 Şubat 2023

04.17 Mw 7,8 Kahramanmaraş (Pazarcık, Türkoğlu), Hatay (Kırıkhan),
ve
13.24 Mw 7,7 Kahramanmaraş (Elbistan / Nurhak-Çardak)

DEPREMLERİ

Ön İnceleme Raporu



Şubat 2023


İTÜ
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
1773
250
YIL
1773 – 2023

Önsöz

6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizin doğusunda gerçekleşen ve toplam on ilimizi etkileyen deprem felaketi hepimizi derinden etkiledi. Depremlerin hemen ardından, İstanbul Teknik Üniversitesi öğretim üyeleri bölgede incelemeler yapmak üzere yola çıktılar. İnşaat mühendisliği, jeoloji mühendisliği, jeofizik mühendisliği, mimarlık gibi alanlardaki uzman isimlerden oluşan İTÜ'lü bilim insanları, gruplar halinde bölgedeki şehirlerde inceleme ve gözlemlerde bulundular.

İTÜ'lü akademisyenlerimiz çalışmalarını sahada sürdürürken, bizler de üniversite olarak öğrencilerimizle, çalışanlarımızla ve mezunlarımızla bir yardım seferberliği içerisine girdik. Yaşanan deprem felaketinin ardından yardım çalışmaları için hızlı ve etkili şekilde organize olduk. İTÜ Ailesi kısa sürede tek yürek olarak afetten etkilenen bölgelere ilk etapta on tır ayni yardım malzemesi ulaştırdı. Ayrıca, depremzedeler için ayni yardıma dönüştürülmek üzere AFAD ile ortak bir bağış kampanyası düzenlendi. Bunun yanında, Kızılay ile birlikte kampüste kan bağışı kampanyası yürüttük ve yine depremden doğrudan etkilenen İTÜ'lü öğrenciler ve ailelerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik bir bağış kampanyası başlatıldı.

Afet yaşanan bölgenin en temel problemlerinden biri de temiz su ihtiyacıydı. Yaşanan temiz su problemini azaltmak için UYG-AR merkezlerimizden MEM-TEK'te üretilen 253 adet su arıtma modülü de bölgeye gönderildi. Ayrıca, İTÜ Müzik İleri Araştırma Merkezi (MİAM) tarafından internet bağlantısına ihtiyaç duymadan çalışabilen "Enkaz Dinleme Uygulaması" geliştirildi.

Bölgeye giden çok sayıda uzman akademisyenimizin yanı sıra şoför, tekniker, aşçı, güvenlik ve diğer pek çok meslek grubu personelinden oluşan gönüllü ekipler; personel eksiği olan bölgelerde görevlendirilerek yardım çalışmalarına dahil oldular. Ayrıca akademisyenlerimiz, çeşitli haber kanalları ve gazeteler aracılığıyla halkı deprem konusunda bilgilendirdiler ve bilgilendirmeye de devam etmekteler.

Deprem bölgesindeki ilk tespit çalışmalarını süratle tamamlayan akademisyenlerimiz bir ön rapor hazırladılar. Bölgedeki depremin analizini yapan, fay hareketliliğini inceleyen bu raporumuz bir "ön tespit raporu" olma özelliğini taşımaktadır. Deprem felaketinin sonuçlarını kapsamlı biçimde ele alacak olan daha detaylı bir rapor ise önümüzdeki günlerde kamuoyuyla ayrıca paylaşılacaktır. Bu ön raporun hazırlanmasında katkısı bulunan, İnşaat Mühendisliği, Jeoloji Mühendisliği, Jeofizik Mühendisliği, Mimarlık, Çevre Mühendisliği, Geomatik Mühendisliği, Şehir ve Bölge Planlama ve İnsan ve Toplum Bilimleri Bölümleri ile Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü ve Afet Yönetimi Enstitüsü öğretim üye ve yardımcılarımıza çok teşekkür ederim. Bundan sonraki süreçte de, İTÜ olarak her türlü bilimsel ve teknik desteği vermeye devam edeceğiz.

Ayrıca, depremzede öğrencilerimiz, personelimiz ve vatandaşlarımız için yardım çalışmalarına devam edecek ve bağış faaliyetlerini de sürdüreceğiz.

Böylesi büyük felaketlerin bir daha yaşanmaması ümidiyle, depremde vefat edenlere Allah'tan rahmet, yaralı vatandaşlarımıza ise acil şifalar diliyorum.

Prof. Dr. İsmail Koyuncu
Rektör

Yönetici Özeti

1. Depreme Dair Jeolojik, Jeofizik, Jeodezi ve Jeomorfolojik Ön Tespitler

1.1. Jeolojik Değerlendirme

Türkiye saati ile 04.17'de ve 13.24'te merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan iki deprem (Mw 7,8 ve Mw 7,7) meydana gelmiştir. Bu depremlerin sonucu çok geniş bir alanda uydu görüntülerinde yüzey kırığı haritalanmıştır. Arazide fayın belirli kesimlerde yüzey kırığı gözlenmektedir. Fayın sekmeli yapısı ve izi, arazide bilinen hatlara yakın olmakla birlikte, morfolojik olarak Çardak Fayı'nda sırtlar ve yamaçlardan ilerlediği görülmektedir. Bu depremin arazi izleri ve yüzey kırık haritası yepyeni bilgiler içermektedir. Birbiri ile ilişkili segmentlerin atım dağılımı, bölgede aynı anda Amanos Segmenti'nin 2, Çardak Fayı'nın 2, Pazarcık Segmenti'nin 1, Gölbaşı Segmenti'nin 1 bağımsız depremle aynı anda kırıldığını düşündürmektedir. Diğer dikkat çekici bir unsur Türkiye aktif fay haritası ile yüzey kırıkları birbirlerini üzerlememekte ve farklı alanlardan geçmektedir.

1.2. Jeofizik Değerlendirme

Uzak ve yakın alan sismolojik (BB ve SGM) ve jeodetik (GPS) veri ve gözlemlerin ortak ters çözümü ile 6 Şubat 2023 Nurdağı-Pazarcık ve Ekinözü depremlerine ait aletsel moment büyüklükleri (Mw) sırasıyla 7,8 ve 7,7 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan aletsel büyüklükler arasında uygulanan yönteme ve analiz edilen veri setine bağlı olarak çok küçük farkların bulunması beklenebilir. Çoklu veri setine bağlı olarak geliştirilen yırtılma-kayma modelleri, oluşan her iki deprem için birden fazla fay segmenti üzerinde yaklaşık 8-10 m arasında değişen ve arazi gözlemleri ile de uyumlu yer değiştirme değerleri vermektedir. Modelleme sonuçları Mw 7,8 Nurdağı-Pazarcık ve Mw 7,7 Ekinözü depremlerinin kırılma sürelerinin sırasıyla yaklaşık olarak 100 sn ve 60 sn olduğunu da açıkça ortaya koymaktadır.

1.3. Jeodezik Değerlendirme

Depremler sürecince GNSS verisi toplamaya devam edebilen ANTE (Gaziantep), EKZ1 (Ekinözü), MLY1 (Malatya) ve ONIY (Osmaniye) isimli 4 adet TUSAGA-Aktif Sabit GNSS istasyonlarına ait gözlem verileri, ilgili depremlerin ko-sismik etkilerinin jeodezik olarak belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu istasyonların deprem gününe ait 1 saniye aralıklı uydu gözlem verileri GNSS Hassas Nokta Konumlama tekniği kullanılarak mutlak yöntemle statik ve kinematik olarak değerlendirilmiş ve istasyonlarda meydana gelen yatay yer değiştirmeler elde edilmiştir. Statik değerlendirmeye göre, her iki deprem sonrasında en büyük yatay yer değiştirme 4,7 m ile EKZ1 istasyonunda elde edilmiştir. MLY1, ANTE ve ONIY istasyonlarındaki yatay yer değiştirme değerleri ise sırasıyla 69,9 cm, 39,6 cm ve 29,2 cm olarak bulunmuştur. Kinematik değerlendirmelerden elde edilen sonuçlar ise genel olarak statik değerlendirme sonuçlarını desteklemektedir.

2. Kuvvetli Yer Hareketlerinin Değerlendirilmesi

Deprem sırasında ivme ölçerlerin ve/veya yerleştirildiği binaların hasar görmesiyle bazı istasyonlardan sağlıklı veri alınamamıştır. https://tadas.afad.gov.tr/ sitesinden 9 Şubat 2023 tarihinde indirilen ivme kayıtları kullanılarak hesaplanan spektral ivme, hız ve yer değiştirme büyüklükleri sunulmuştur. Önümüzdeki günlerde ivme kayıtlarının ayrıntılı kontrolü yapıldıkça, bazı kayıtların revize edilmesi ve sonuçların güncellenmesi gerekebilir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 de "50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan (dönüş aralığı 475 yıl) deprem" durumunda ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için tanımlanan tasarım elastik ivme spektrumları, deprem kayıtları için oluşturulan spektral ivme grafikleri ile karşılaştırılmıştır. 3129 No'lu Hatay İstasyonunda; % 5 sönüm oranı için oluşturulan elastik ivme spektrumunun, geniş periyot bandında DD2 depremi spektral eğrilerinin oldukça üzerinde kaldığı dikkat çekmektedir.

3. Yapısal Hasarların Değerlendirilmesi

Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde sırasıyla 7,8 ve 7,7 büyüklüğünde oluşan şiddetli depremlerde Doğu Anadolu Fay Hattı üzerindeki 10 ilde çok sayıda betonarme bina yıkılarak enkaz haline gelmiştir. Yıkılan binaların enkaz haline gelmesi hususunda birçok parametre etkin olmakla beraber binaların yaşı, temellerin oturduğu zeminlerin taşıma kapasitelerinin düşük olması, inşaatlarda kullanılan malzeme kalitesinin, kolonlar ve kirişlerin en kesit boyutlarının ve donatı miktarlarının yetersizliği, inşa edildiği yıllarda yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olarak taşıyıcı sistem elemanlarının inşa edilmemiş olmaları, diğer yapım kusurları ile bitişik nizamda inşa edilen binaların kat seviyelerinin farklı olmaları gibi hususlar en belirgin yıkım nedenleri olarak görülmüştür. Kahramanmaraş ve Adıyaman ilinde enkaz halindeki binaların büyük çoğunluğunun ilk katlarının ya tamamen veya kısmen kat mekanizma durumuna gelerek tüm katların üst üste sandviç şeklinde ya da yan tarafa doğru toptan veya kısmen dönerek göçme durumlarının oluştuğu görülmüştür. Hatay-Antakya ve Adıyaman-Gölbaşı gibi bölgelerde zemin sıvılaşması etkisiyle binaların temel sistemi özelliklerine bağlı zemine batarak ya binanın tamamı yana yatarak ya da kısmen sıvılaşan zemine batarak eğik vaziyette göçtüğü de görülmüştür.

Bu depremler sonucunda, betonarme binalar gibi tüm yapıların yönetmeliklere uygun olarak zemin kapasiteleri yüksek olan bölgelerde projelerine azami ölçüde uygun olarak inşa edilen hastaneler ile bazı kamu binaları, böylesine şiddetli depremler sonucunda binalarda oluşabilecek yapısal hasarların çok sınırlı ölçülerde kalabileceğini bir defa daha göstermiştir.

İlgili hasarların önemli bir kısmının, taşıyıcı sistem elemanlarıyla dolgu duvar olarak kullanılan bims beton blok tuğlalar arasındaki bağlantının deprem sırasında deformasyona izin vermeyecek şekilde inşa edilmiş olması nedeniyle meydana geldiği kanaatine varılmıştır.

4. Geleceğe Dönük Çıkarımların Kent Planlama ve Hızlı Konut İhtiyacının Karşılanması İçin Kullanılabilecek İnşaat Tekniklerinin Değerlendirilmesi

Merkezi Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesi olan Güneydoğu Anadolu Fay Hattı'nın kırılmasıyla gerçekleşen 7,7 büyüklüğündeki Kahramanmaraş-Pazarcık depremi ve 7,6 büyüklüğündeki Kahramanmaraş-Elbistan depremi Türkiye'de yaşanan en büyük ikinci ve üçüncü depremler olarak kayıtlara geçmiştir. Depremlerden etkilenen ve 13,5 milyon kişinin yaşadığı 10 il için, AFAD tarafından 2019-2021 yılları arasında hazırlanan, İl Afet Risk Azaltma Planlarında yapılan tespitler ve öngörülerde, kentlerin büyük bir kısmının gelişmeye elverişli olmayan zeminlerde olduğu ve bu alanlardaki eski ve zayıf yapı stokunun yenilenmesi gerekliliğinin altı çizilmiştir. Mevcut yerleşim alanlarının yer seçimi kararları ve özellikle son 50-60 yıllık hızlı şehirleşme sürecinin beraberinde getirdiği imar ve yapı uygulamaları, imar planlarının hazırlanması ve onaylanması süreçlerindeki yetki ve sorumluluklar, imar aflarının ve beraberindeki yüksek riskli yapı stoku ve mevcut yapı denetim problemleri olarak sıralanmaktadır.

Bölgenin şehircilik ilkeleri ve dinamikleri bakımından deprem öncesi ve sonrası durumunu dikkate alarak, kamu politikaları, mekânsal planlama, yönetim ve toplumsal katılım üzerinden irdeleyen ve sürdürülebilir, güvenli, adil ve yaşanılabilir bir yeniden yapılanma sürecini yönlendiren değerlendirme ve öneriler aşağıda özetlenmektedir.

- Bilimsel temele dayanmayan imar affı, imar barışı gibi mühendislik hizmeti almamış, sağlıksız ve güvensiz yapı stokunu yasallaştıran düzenlemelere son verilmeli; doğal eşikler yeniden yapılanma sürecinde esas alınmalı, yeni planlama sürecinde kültür varlıkları hariç bu alanlarda yapılaşmalara izin verilmemelidir.

● 6 Şubat 2023 depremlerinde etkilenen bölgelerde kentin yeniden yapılanması sürecini de içerecek şekilde "afet sonrası iyileştirme ve kalkınma planı" hayata geçirilmeli, yeniden yapılanma süreci başlatılmalıdır. Tek tip yapılar yerine depremden zarar gören illerin sosyal ve kültürel yapısının yansıması olan geleneksel kent dokusunun değerlerini referans alan çağdaş mimari tasarımlar önerilmelidir. Yeterli açık alan ve sosyal altyapı alanına sahip, evrensel tasarım normlarında, kültür varlıklarının ve tarihi dokunun depreme karşı dirençliliğini artırmayı hedefleyen, doğaya ve insana saygılı yerleşmeler olarak planlanmalı ve tasarlanmalıdır.

● Kentsel dönüşüm/yenileme çalışmaları, mevzi, parçacıl ve mevcut kentsel dokudaki riskleri artıran "salt emsal artırımına dayalı kaynak yaratma" yaklaşımı terk edilmelidir. Kentsel dönüşüm projeleri, üst ölçekli planlar ile uyumlu olarak yürütülmeli ve alternatif finansman modelleri gözetilerek kurgulanmalıdır.

● Kültür, toplumun devamlılığı, kimliğin anlamı ve ekonomik kalkınmada değeri ile, afet sonrası "daha iyi" yeniden yapılandırma sürecinde temel bir güç kabul edilmeli ve tüm toplumu kapsayıcı bir kentsel dönüşüm ve topluluk yönetişim modeli geliştirilmelidir.

Yeniden inşa edilecek konutlarda, zemin koşulları vb. birçok farklı koşul dikkate alınarak tünel kalıp ile inşa edilen taşıyıcı sistemler, prefabrike betonarme konutlar ve modüler çelik sistemler birlikte değerlendirilmelidir.

Tünel kalıp sistemlerle çok katlı bloklardan oluşan toplu konut inşaatlarının hızla inşa edilebilmesi mümkündür. Ancak, öncellikle bloklar için belirli tip mimari projeler geliştirilmesi, temel ve bodrum katların konvansiyonel kalıplarla inşa edileceği ve bu sürecin de inşaat süresini uzatacağı, üst yapıların tünel kalıp sistemlerle hızla inşa edilebileceği de dikkate alındığı zaman temel derinliği ve bodrum kat sayısının sınırlandırılması veya hafriyat, bodrum kat çevre perde duvarlar vs. inşası belirli bir döngüyle üst kat inşaatlarını olumsuz etkilemeyecek şekilde iyi bir planlama ile yapılması önerilir. Zemin kat ve normal katların her birinin 2 gün/kat hızla inşa edilebileceği tahmin edilmektedir. Örneğin, zemin kat ve 6 normal kat olmak üzere zemin kat seviyesinin üstünde toplam 7 katlı bir bloğun temel ve bodrum kat inşaat süreleri hariç olmak üzere yaklaşık 15 gün içerisinde inşa edilebileceği tahmin edilmektedir.

Prefabrike betonarme, depremler sonrasında ortaya çıkan yoğun konut ihtiyacını karşılamak üzere dünyada yaygın olarak kullanılan bir yapım tekniğidir. Tüm üretim süreci endüstriyel bir disiplinle fabrikalarda gerçekleştiğinden, kalite kontrol bakımından idealdir. Çok katlı prefabrike sistemler, tekrarlı çoklu projelerde konvansiyonel çözümlere göre daha ekonomik olmaktadır. Prefabrike betonarme sistemler, ülkemizde yaşanan önceki depremlerde uygun yapısal performans göstermişlerdir.

Yeniden inşa edilecek yapıların bir bölümünde çelik malzemenin sağladığı üstünlükleri kullanmanın çok akılcı olacağı düşünülmektedir. Kısa vadede planlanan az katlı müstakil ya da apartman türündeki konutlar için çelik sistemlerden yararlanılabilir. 1 ila 2 kat arası binalarda soğukta şekil verilmiş hafif çelik elemanlı sistemler "aile evleri" olarak tasarlanabilir. Mimari bakımdan düzgün bir şekilde tasarlanmış modüler çelik sistemler deprem güvenliği ile birlikte işlevsellik ve estetik koşulları da sağlayacağından yeniden yapılaşmada (konutlar ve sosyal binalar) rahatlıkla tercih edilebilir. Modüler tasarım hızlı ve kaliteli üretimi de sağlayacaktır. Türkiye'de bulunan gerek hafif çelik gerekse yapısal çelik ürünlerinin üreticileri modüler yapım konusunda oldukça deneyimlidirler.

5. Çevresel Altyapı ve Deprem Atıkları Yönetimi Açısından Değerlendirme

Depremler, üstyapılara olduğu kadar altyapılara da zarar vermektedir. Özellikle şebeke ve kanalizasyon boru hatlarının hasarlanması ile su temini ve atıksuların uzaklaştırılmasında akut problemler yaşanabilmektedir. Dolayısıyla deprem sonrasında su yoluyla bulaşma potansiyeli yüksek olan enfeksiyon hastalıkları riski de artmaktadır. Bu nedenle, deprem sonrasında su kaynaklı salgınların önlenebilmesi için güvenli su teminiyle ilgili teknik önlemlerin hızlıca alınması hayati önem arz eder. Süzme, kaynatma, çamaşır suyu ile dezenfekte etme yöntemlerinin birinin veya birkaçının kullanılmasıyla çadır kentler gibi geçici konaklama bölgelerinde kısa vadede güvenli su temini sağlanmalıdır. Hastanelerde güvenli su temininde sıkıntı yaşanması durumunda ivedilikle mobil arıtma sistemlerinin temin edilmesi gerekir. Güvenli su temininin yanı sıra altyapı sorunlarının yeniden işler hale gelmesi için gerekli çözümler kısa, orta ve uzun vadede olacak şekilde sınıflandırılarak planlanmalı ve uygulanmalıdır. Kısa vadede, özellikle çevre illerdeki SUKİ teknik ekiplerinin iyileştirme çalışmalarına katılması ve mevcut şebeke ve kanalizasyon altyapılarındaki hasar tespit çalışmalarının tamamlanması gerekmektedir. Orta vadeli çözüm için çadır kentler gibi geçici konaklama alanlarında, atıksuların toplanması için foseptik alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Uzun vadeli çözümlerde ise gelecekteki depremlerde en az hasar alacak dayanıklı altyapıların tasarlanıp inşa edilmesi gerekmektedir.

Deprem vb. afetlerde hasarın ve etkinin büyük olması durumunda ciddi miktarda ve hacimde afet atığı oluşmaktadır. Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremler sonrasında ÇŞİDB tarafından toplam 13 ilde yürütülen hasar tespit çalışmaları kapsamında 16 Şubat 2023 itibariyle 61.722 binada yer alan 263.800 bağımsız birimin acil yıkılması gereken, ağır hasarlı ve yıkık olduğu belirlenmiştir. Buna göre deprem atıkları miktarı ön hesaplamaları yapılarak il bazında oluşacak tahmini atık miktarı hesaplanmıştır. Toplam deprem atıkları miktarının ~50 milyon ton ile ~110 milyon ton aralığında olacağı öngörülmektedir. Deprem atığının en fazla oluşması beklenen iller depremden en çok etkilenen Hatay, Kahramanmaraş, Malatya, Gaziantep ve Adıyaman'dır. O nedenle bu illerde deprem atıkları için gerekli geçici ve nihai depolama alanı ihtiyacı en yüksek düzeydedir. Bu açıdan öncelikli olarak mevcut sahaların kalan kapasitesi belirlenmeli ve gerekmesi halinde yeni geçici ve nihai depolama alanları tespit edilmelidir. Oluşan atık miktarına göre bu illeri Osmaniye, Diyarbakır ve Elazığ takip etmektedir. Adana, Kayseri, Kilis, Niğde ve Şanlıurfa için, nispeten düşük deprem atığı miktarı nedeniyle, mevcut sahaların yeterli olabileceği düşünülmektedir. Ancak yine de mevcut saha kapasitelerinin kontrolü gerekmektedir. Binaların yıkımı, atıkların taşınması ve yönetimi sürecinde gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınmalıdır. Deprem atıklarının geçici depolama alanlarına taşınması, burada atıkların içerisindeki malzemelerin ayrılarak büyük oranda yeniden kullanım, geridönüşüm/gerikazanımının sağlanması, kalan atıkların ise tehlikelilik seviyesine göre ilgili yönetmeliklerde belirtilen hükümler çerçevesinde bertarafının yapılması gerekmektedir. Geçici ve nihai depolama alanları atık miktarını karşılayacak kapasitede olmalı, alanlara yetkisiz kişilerin girişi sınırlanmalıdır. Yangın riskinden dolayı özellikle geçici depolama alanlarında atıklar belli bir yüksekliğin üzerinde istiflenmemelidir. Yangın riski gibi durumlar için gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Bütün bu raporda ortaya konulan hususların yanı sıra depremlerin toplumlarda psikolojik ve sosyolojik anlamda büyük travmalara neden olduğu bilinmektedir. Teknik tespitlerin yanında bu mesele de son derece önemli ve hayatidir. Depremin toplumsal etkilerinin gözetilmesi ve onarılması için kısa ve orta vadede çalışmalar gerekmektedir. Kısa vadedeki çalışmalarda dünyada ve Türkiye'de yaşanan çeşitli afet sonrası yardım, iyileşme ve yeniden yapılanma deneyimlerini inceleyen çalışmalardan hareket edilerek Kahramanmaraş depremlerinin toplumsal etkilerinin onarılması hakkında öneriler yararlı olacaktır. Orta ve uzun vadedeki deprem sonrası uygulamalarda ise toplumsal değişimin gözetilmesi ve sosyo-ekolojik sorunları gidermek için hedefler koyulması ve bu doğrultuda kurumsal mekanizmaların oluşturulmasına yönelik katılımcı çalışmalar önem arz etmektedir.

1. Depreme Dair Jeolojik, Jeofizik, Jeodezik ve Jeomorfolojik Ön Tespitler

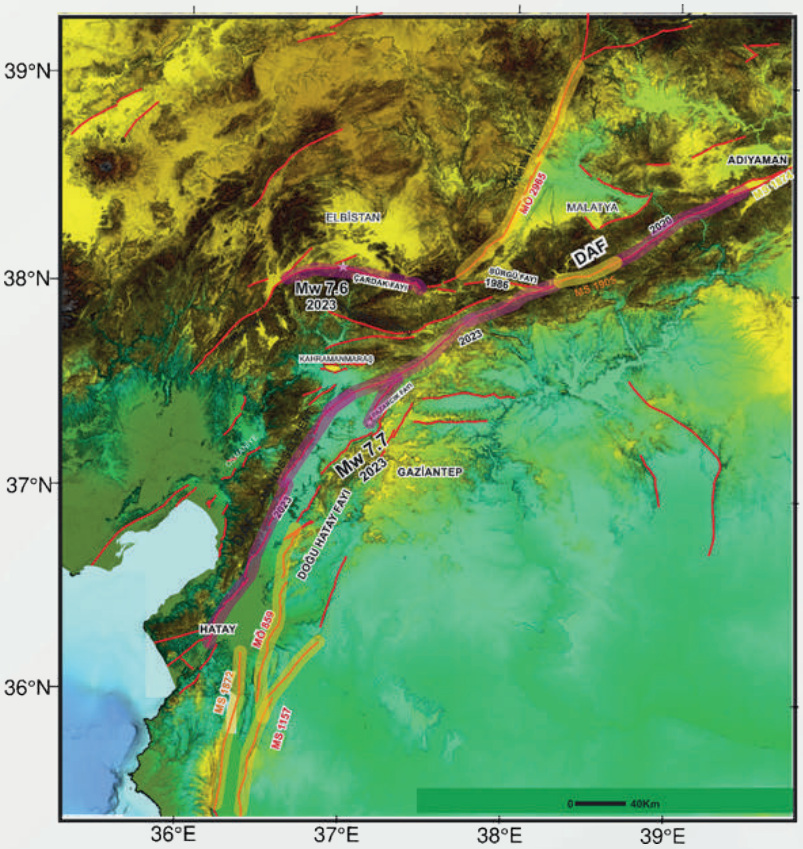
Prof. Dr. Serdar Akyüz, Prof. Dr. Cenk Yaltırak, Prof. Dr. Gürsel Sunal, Doç. Dr. Cengiz Zabcı, Dr. Ufuk Tarı, Dr. Öğretim Üyesi Gülsen Uçarkuş, Dr. Öğretim Üyesi Taylan Sancar (Munzur Üni.), Dr. Mehmet Köküm (Fırat Üni.), Dr. Nurettin Yakupoğlu, Havva Neslihan Kiray, Erdem Kırkan, Asen Sabuncu, Murat Şahin

1.1. Jeolojik Değerlendirme

1.1.1. Arazi Gözlemleri ve Uzaktan Algılama ile Yüzey Kırıklarının Dağılımı

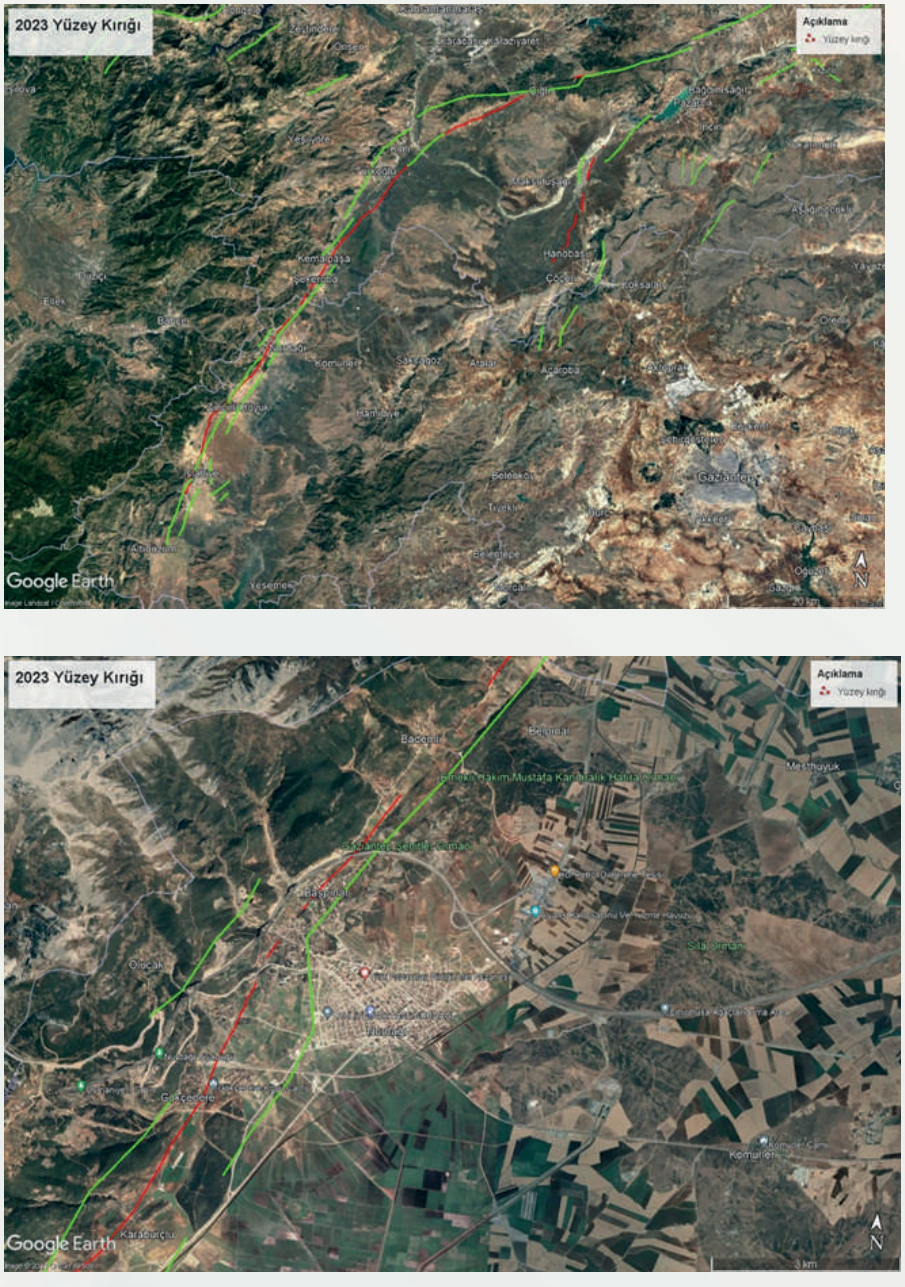
Giriş: Türkiye saati ile 04.17'de ve 13.24'te merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan iki deprem (Mw 7,8 ve Mw 7,7) meydana gelmiştir. Geniş alanda hasar veren bu depremler esnasında Karasu Grabeni içinde 9 Şubat 2023'ten 16 Şubat 2023 saat 24.00'a kadar geçen zamanda 3000'e yakın artçı deprem oluşmuştur.

İlk deprem Pazarcık Segmenti ve Amanos Segmenti üzerinde gerçekleşmiş, ikinci deprem ise Doğu Anadolu Fay Zonu dışında Elbistan'ın güneyinde Nurhak-Çardak arasındaki Çardak Fayı üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 1.1). Ayrıca Adıyaman, Gölbaşı'nın güneyinde KD-GB doğrultusunda Gölbaşı segmentinin de kırıldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 1.1. *Bölgenin aktif fayları ve sayısal yükseklik modeli ana şokların konumu.*

1.1.2. Uydu Görüntüleri Analizi: Yüksek çözünürlüklü uydu verisi üzerinden takip edilen yüzey kırığı tek bir çizgi halinde bir fayı göstermemektedir (Şekil 1.2a). Bu haritalama esnasında Amanos Segmentinin sekmeli bir yapısı olduğu ve alüvyon ana kaya sınırını da izlemediği, yer yer ana kaya üzerinde veya tamamen graben dolgusu üzerinde olduğu görülmektedir. Pazarcık Fayı yüzey kırığı 16 km'dir. Amanos Segmenti yüzey kırığı eşelon ve parçalı olup kuzey parçası 98 km, güney parçası ise 68 km kadardır. Hassa ve Islahiye arasında atım sekmekte ve en az iki farklı segment olduğu görülmektedir.



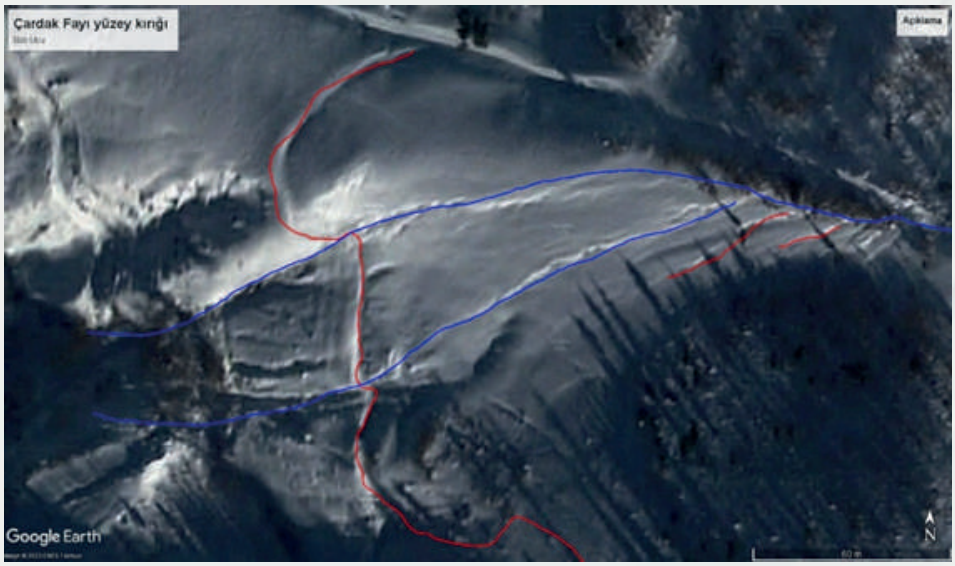
Şekil 1.2. a) *Uydu görüntüsünden yapılan aktif fay izi ve yüzey kırıkları dağılımı (üstteki) (Tarı-Yaltırak) b) MTA aktif fay haritası (yeşil) ile yüzey kırığının farklılığı (alttaki) (kırmızı çizgiler).*

Bu depremin önemli bir verisi de MTA tarafından üretilen aktif fay haritası kırığa paralel olmasına rağmen kent yerleşimlerinde önemli farklılıklar göstermektedir (Şekil 1.2b).

Çardak Fayı üzerinde ise bölge karla örtülü olmasına rağmen uydu görüntüleri ile 58 km uzunluğunda yüzey kırığı arazide haritalanabilmiştir. Bu arazi kırığı üzerinde doğuda en büyük atım 6,7 m olarak Munzur Üniversitesi'nden Dr. Taylan Sancar ve Fırat Üniversitesi'nden Dr. Mehmet Köküm tarafından Nurhak kuzeyinde saptanmıştır. Doğuda kırık Malatya, Bıçakçı; batıda Kahramanmaraş, Karaturu köyü Dağuşağı mevkisine kadar uzanmakta, güneye doğru dönerek karlar altında görünmez hale gelmektedir (Şekil 1.3.)



Şekil 1.3. *Çardak fayı uydu görüntüsünden haritalanan kırık uzanımı.*



Şekil 1.4. Çardak yüzey kırığı en batı ucunda Dağuşağı mezrasında ikiye ayrılan kırık, 3,6 m ve 4,8 m.

Deprem alanında Adıyaman, Gölbaşı güneyinde Balkar ile Söğütlü arasında 16 km izlenebilen sol yanal bileşenli zaman zaman sıçramalı kırıklara sahiptir. En büyük atım bu kesimde 3,2 metre kadardır.
Bu durumda Pazarcık Segmentinin arada yüzeyde izlememesine rağmen kırılması muhtemeldir.

1.1.3. Arazi Gözlemleri: Arazide hem uydu görüntülerinden hem de arazi çalışmasında yüzey kırığının yolları ötelediği ve arazi sınırlarında değişiklikler yaptığı görülmektedir. Depremlerin ilki Türkoğlu ile Kırıkhan arasında yaklaşık 3,5 m civarında atım yapmış (Şekil 2), ikinci depremin ise Çardak Fayı doğusunda 6,5 m maksimum atım yapmış olduğu gözlemlenmiştir. İki deprem de arazi gözlemlerinde sol yanal atımlıdır ve yanal atımın yarattığı topografik ötelenmeden kaynaklanan 80 cm kadar düşey yükselmeler gözlenmiştir.



Şekil 1.5. *Amanos Segmenti Yeşilyurt mevkii ve Türkoğlu doğusu demiryolu atımları (Foto: S. Akyüz, G. Sunal, C. Zabcı, Havva Neslihan Kiray, Erdem Kırkan, Nurettin Yakupoğlu, Asen Sabuncu).*



Şekil 1.6. *Çardak Fayı Ekinözü batısında çitler iki kademeli olarak 6,5 m ötelenmiştir (Foto: Dr. Taylan Sancar, Munzur Üniversitesi).*

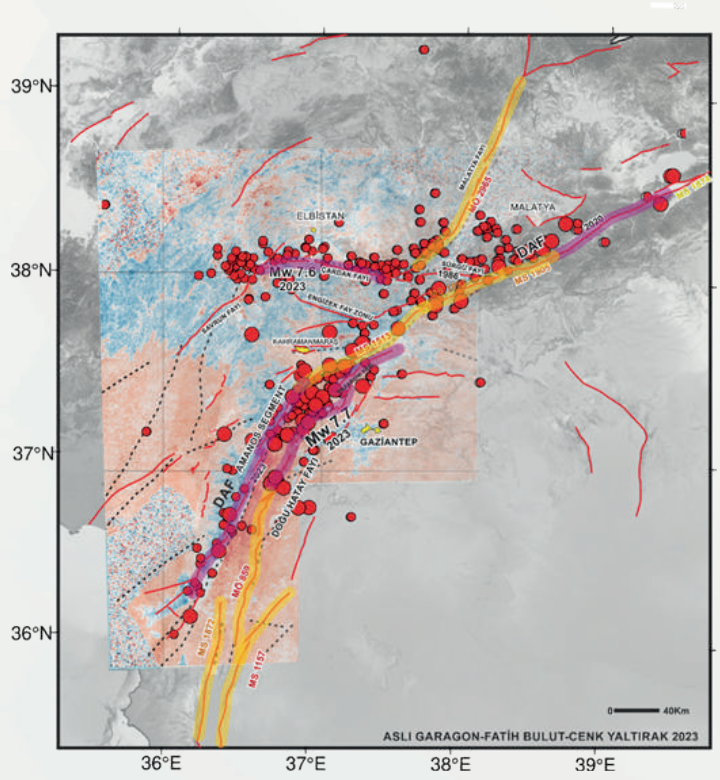


Şekil 1.7. *Çardak Fayı Doğanşehir-Nurhak yolu doğusunda yüzey kırığını güneyden görünüşü (Foto: Dr. Taylan Sancar, Munzur Üniversitesi).*



Şekil 1.8. *Çardak Fayı üzerinde Nurhak batısında tel örgülerde oluşan ötelenme (4,2 m) (Foto: Dr. Taylan Sancar, Munzur Üniversitesi).*

1.1.4. Jeolojik, Jeofizik ve Jeodezik Verilerin Karşılaştırılması: Depremin etkilediği alanda arazide yüzey kırıkları sismik aktivitenin kapsadığı alandan daha dar bir alanı kapsar. Jeofizik veriler ile InSAR verileri daha geniş bir alanda deformasyonu işaret etse de atım gözlenen yüzey kırığı ilk 24 saat verileri ile uyumlu görülmektedir. InSAR verilerinde ise uydunun geçiş zamanına bağlı olarak iki depremde oluşan toplam deformasyonu vermektedir. Buna rağmen özellikle K-G bakış ile yüzey deformasyonu ile arazi gözlemleri daha uyumlu görülmektedir.



Şekil 1.9. *Yüzey kırığı ilk 24 saat depremleri ve InSAR K-G yer değiştirme karşılaştırılması (InSAR: https://zenodo.org/record/7626844#.Y-3hCnZBxhF).*

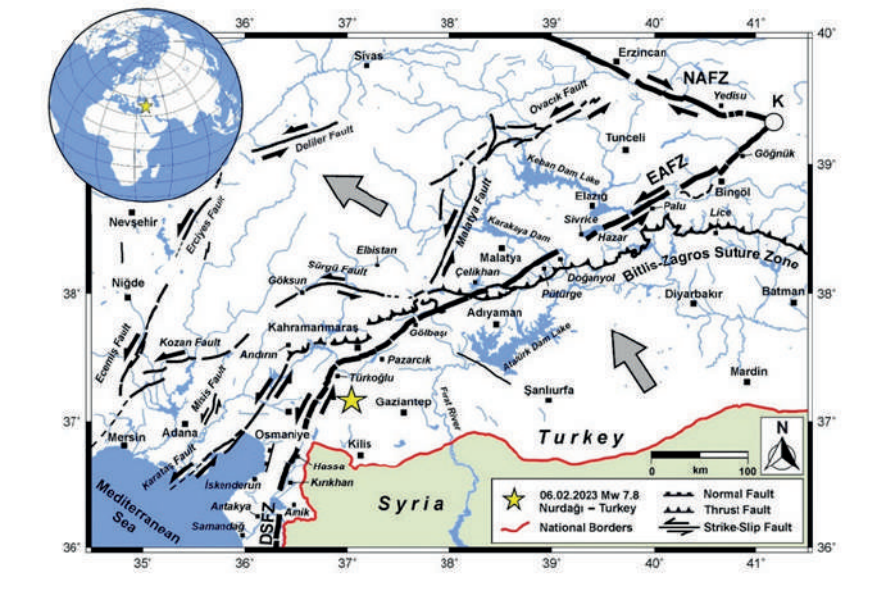
Sonuç: Saha çalışmalarında elde edilen ilksel gözlem ve görüntü değerlendirmelerine göre Amanos Segmenti üzerinde maksimum atım 4,7 m, Pazarcık Segmentinde 3,2 metre, Çardak Fayında ise toplamı 8 m'yi aşan bir yüzey kırığı bulunmaktadır. Bu durumda fayların ürettiği deprem büyüklükleri fay segmentlerinin gözlenen uzunlukları ile uyumlu görülmektedir. Arazi gözlemleri ve uydu görüntülerine HGK tarafından ortofoto ve LIDAR verilerinin de katılacağı açıklanmıştır. Böylece kış şartlarının ulaşılmasına ve bulutların çözünürlüğe etki etmesinden dolayı gözlenemeyen kesimler daha ayrıntılı incelenebilecektir. Bu depremde aktif fay haritası ile yüzey kırığı arasında 120 m ila 3 km kadar farklar bulunmaktadır. İlerde yapılacak çalışmalarda yerleşime uygunluk açısından dikkate alınması gereken en önemli konulardan birinin fay izlerinin yüksek çözünürlüklü haritalanmasıdır. Genel fikir veren aktif fay haritalarının yüksek çözünürlüklü (30 cm) sayısal arazi modeli ile yenilenmesi gerekir. Ayrıca ova alanlarda kesin izi için uydu geodezisi ve jeofizik, özellikle sismik araştırmalar gereklidir. Bunların saptanmasından sonra faylarda paleosismoloji çalışmaları daha isabetli yapılacaktır.

Prof. Dr. Tuncay Taymaz, Prof. Dr. Seda Yolsal Çevikbilen, Doç. Dr. Tuna Eken, Doç. Dr. Tahir Serkan Irmak (KOÜ), Doç. Dr. Taylan Öcalan (YTÜ), Araş. Gör. Ceyhun Erman, Araş. Gör. Berkan Özkan

1.2. Jeofizik Değerlendirme

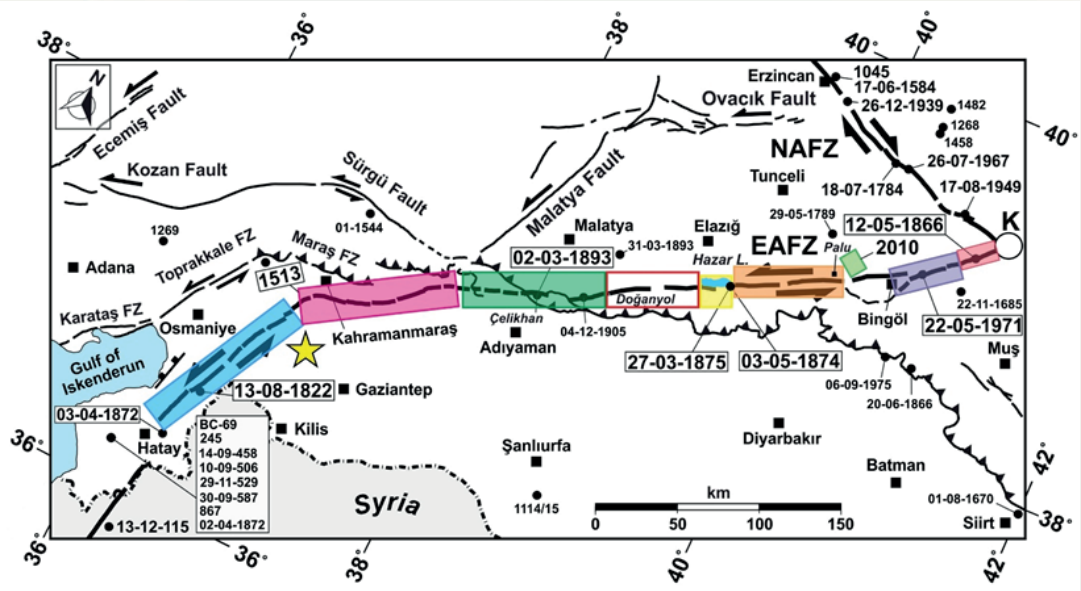
1.2.1. Jeofizik; 6 Şubat 2023 Nurdağı-Pazarcık Mw 7,83 ve Ekinözü Mw 7,72 Deprem Çiftinin Anatomisi ve Jeodinamik Değerlendirmeler

Giriş: Türkiye, Alp-Himalaya orojenik kuşağının orta kesiminde yer almaktadır. Söz konusu bu orojenik kuşak, Türkiye ve yakın çevresinde yer alan büyük ölçekli tektonik levhaların birbirine göreceli hareketleri sonucu çökmeleri ve bir veya daha fazla dağ silsilesi oluşturmak üzere yükselmeleri sonucunda oluşmaktadır. Ülkemiz, jeolojik Miyosen döneminden bu yana, Arabistan-Avrasya kıtasal çarpışması ve Afrika-Avrasya levhalarının yakınlaşma hareketleri tarafından kontrol edilen bir bölge içerisinde, sismolojik-jeodezik-jeolojik bulgularla da gözlemlenen aktif bir deformasyona maruz kalmaktadır. Söz konusu bu levha hareketleri, bölgenin Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay sistemleri (KAF ve DAF) olarak adlandırılan aktif makaslama deformasyon kuşakları boyunca batıya doğru hareket etmesine neden olmaktadır. Bu durum Anadolu ve yakın çevresi için oldukça yüksek bir sismik tehlike potansiyeli yaratmaktadır.
(Şekil 1.2.1; Taymaz ve diğ., 1991, 2021).



Şekil 1.2.1. *Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde yer alan inceleme alanının coğrafi konumu (Şaroğlu ve diğerleri, 1992a-b, Duman ve Emre, 2013). Her iki tarafında ok bulunan kalın ve ince siyah çizgiler, bölgede haritalanan aktif fay segmentlerini ve kırıkları göstermektedir. Büyük gri oklar, GPS verilerinden elde edilen Avrasya'ya göre Arap levhasının ve orta Türkiye'nin göreli hareketlerini göstermektedir (Nocquet, 2012). DSFZ: Ölü Deniz Fay Zonu; K: Karlıova Üçlü Kavşak; NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, EAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu. Taymaz ve diğ. (2021)'den yeniden derlenmiştir.*

Gözlemlenen mevcut aktif deformasyon son olarak Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde 6 Şubat 2023 tarihinde aletsel büyüklüğü moment büyüklüğü cinsinden Mw 7,8 olan ve yerel saatle sabah 04:17:32'de (saat:dakika:saniye olarak) yıkıcı bir depreme sebebiyet vermiştir. Merkez üssü Kahramanmaraş Pazarcık ilçesi olan bu ilk deprem, DAF üzerinde uzun süredir depremsellik göstermeyen (Şekil 1.2.2), Kuzeydoğu-Güneybatı yönelimli sol yanal doğrultu-atımlı bir fay parçasının hareketine bağlı olarak gelişmiştir. Bu ilk yıkıcı depremi birçok artçı sarsıntı ve ardından 9 saat sonra artçı değil, ancak ilk değerlendirmelere göre tetiklenme olasılığı yüksek ayrı bir deprem izlemiştir. Bu yeni deprem yerel saate göre 13:24:47'de ilk kırılan fay parçasının kuzeyinde yer alan Doğu-Batı uzanımlı Çardak-Sürgü fay sistemleri üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 1.2.2).



Şekil 1.2.2. *DAFZ boyunca büyük ve yıkıcı tarihsel depremler üreten aktif fay parçalarının renklendirilmiş yüzey kırılmaları (bkz. Ambraseys 1989; Ambraseys ve Jackson 1998; Taymaz ve diğ., 2004, 2007; Duman ve Emre 2013). Taymaz ve diğ. (2021)'den yeniden derlenmiştir.*

1.2.2. Sismolojik Gözlem ve Modeller

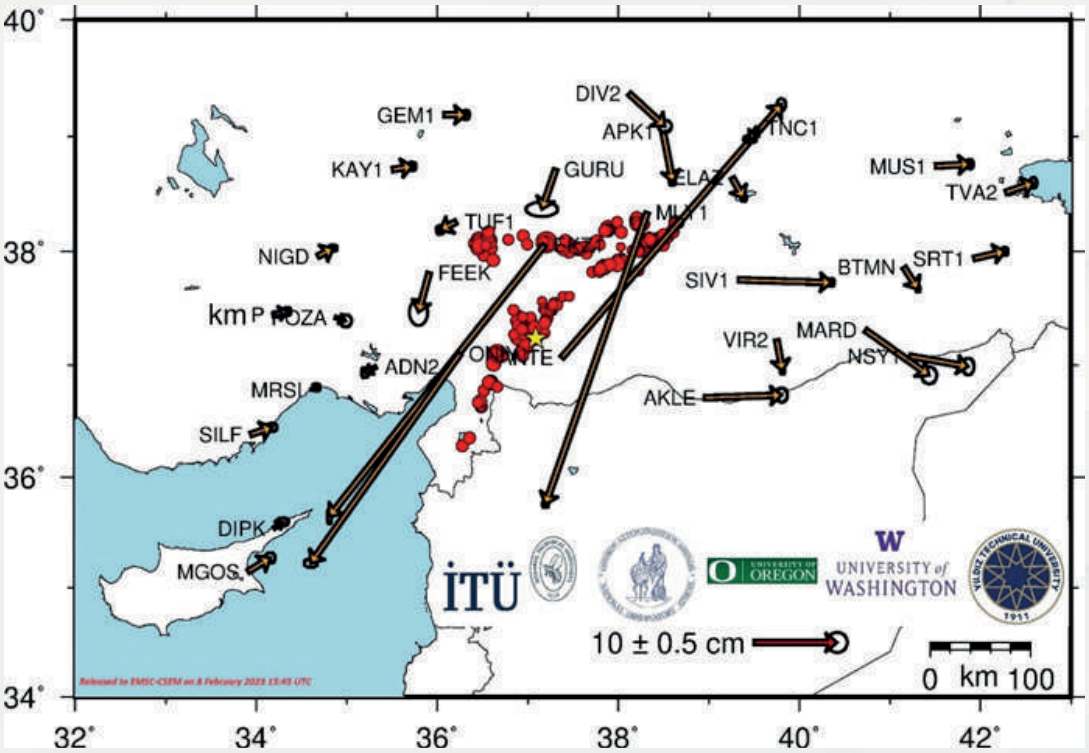
1.2.2.1. 6 Şubat 2023 Mw 7,8 Nurdağı-Pazarcık Depremi

1.2.2.1.1. Anadolu ve Arabistan levhalarının ko-sismik hareketleri

Araştırma grubumuz öncül araştırma sonuçlarını ilk olarak depremin oluşumundan 2 gün sonra ulusal ve uluslararası işbirlikleriyle tamamlayarak **8 Şubat 2023 günü saat 15.45 UTC** itibariyle Avrupa'nın saygın sismoloji merkezlerinden olan **https://www.emsc-csem.org** sayfasında aşağıdaki linkte yer alan deprem özel başlığında yayınlanmıştır.

https://www.emsc-csem.org/Earthquake/271/Earthquake-sequence-in-Turkey-February-6th-2023

Bilindiği üzere, Anadolu ve Arabistan levhalarının sismik hareketi, Türkiye'nin sürekli GNSS ağı (TUSAGA-Aktif: CORS-TR Türkiye Ulusal Daimi GNSS Ağı-Aktif) tarafından kaydedilmiştir. Jeodezik veriler, 6 Şubat 2023 depreminden önceki günlere ve Mw 7,8 deprem gününe ait 30 saniyelik GPS gözlemlerini içermektedir. Deprem merkez üssü sarı yıldızla ve artçı şok dağılımı (HypoDD ile yeniden konumlandırılmıştır) kırmızı noktalarla gösterilmiştir. Veriler, JPL hızlı yüksek oranlı yörüngeler kullanılarak Gipsy X tarafından işlenmiş, eş-sismik ofsetler, depremden **1 saat önce ve 1 saat sonra** yapılan ölçümlerden tahmin edilmiştir. Ofsetler, % 67 güven aralığını gösteren elipsler ile harita üzerinde hareket vektörleri ile gösterilir. Sonuçlar, ANTE (Gaziantep) ve ONIY (Osmaniye) istasyonları arasında **70 cm**'lik ve ANTE ile EKZ1 (Ekinözü) istasyonları arasında **80 cm**'lik kalıcı, sol-yanal bir hareketi işaret etmektedir. Deformasyon doğuya ve batıya doğru azalırken, Van Gölü'ne (merkez üssünden ENE'ye doğru 500 km) kadar cm-boyutu ofsetler tespit edilmiştir (bkz. Şekil 1.2.3 ve Tablo 1.2.1).



Şekil 1.2.3. *Anadolu ve Arabistan levhalarının ko-sismik hareketini gösteren GPS vektörleri (https://www.emsc-csem.org/Earthquake/271/Earthquake-sequence-in-Turkey-February-6th-2023).*

Tablo 1.2.1. Mw 7,8 depremindeki ko-sismik ötelenmeler.

Site	Lat	Lon	Alt	N offset	E offset	U offset	N off error	E off error	U off error
ADN2	36.9835	35.3233	69.378	-0.0068	-0.0132	0.0818	0.0025	0.0018	0.0045
AKLE	36.7100	38.9482	385.432	0.0031	0.0935	0.0676	0.0035	0.0028	0.0058
ANTE	37.0650	37.3736	887.103	0.3055	0.2648	0.0527	0.0029	0.0021	0.0049
APK1	39.0410	38.4933	1204.770	-0.0606	0.0117	0.0761	0.0017	0.0016	0.0025
BTMN	37.8636	41.1545	650.971	-0.0267	0.0172	0.0146	0.0014	0.0010	0.0021
DIPK	35.5369	34.1947	155.396	0.0077	0.0107	0.0190	0.0021	0.0029	0.0035
DIV2	39.3706	38.1177	1078.267	-0.0397	0.0433	0.0871	0.0030	0.0032	0.0040
EKZ1	38.0582	37.1873	1328.814	-0.3277	-0.2595	0.0486	0.0036	0.0012	0.0021
ELAZ	38.6447	39.2565	1027.433	-0.0248	0.0140	0.0706	0.0016	0.0014	0.0025
FEEK	37.8151	35.9123	600.511	-0.0479	-0.0130	0.1710	0.0065	0.0045	0.0068
GEM1	39.1859	36.0721	1271.421	0.0000	0.0264	0.0697	0.0023	0.0019	0.0037
GURU	38.7174	37.3079	1357.299	-0.0484	-0.0166	0.3195	0.0036	0.0078	0.0107
HALP	37.4451	34.1834	1252.620	0.0039	0.0177	0.0436	0.0020	0.0017	0.0032
KAY1	38.7137	35.5031	1117.977	0.0039	0.0243	0.0592	0.0021	0.0018	0.0023
MARD	37.3105	40.7283	1064.325	-0.0547	0.0770	0.1667	0.0042	0.0037	0.0083
MGOS	35.1458	33.9074	49.898	0.0166	0.0271	0.0312	0.0026	0.0024	0.0035
MLY1	38.3420	38.3186	1039.233	-0.3522	-0.1227	0.0975	0.0017	0.0016	0.0024
MRSI	36.7810	34.6026	40.589	0.0028	0.0066	0.0589	0.0019	0.0019	0.0026
MUS1	38.7435	41.4992	1379.629	0.0023	0.0419	0.0567	0.0023	0.0017	0.0028
NIGD	37.9588	34.6794	1252.437	0.0098	0.0186	0.0371	0.0016	0.0020	0.0028
NSY1	37.0787	41.2161	493.197	-0.0125	0.0708	0.0882	0.0041	0.0029	0.0065
ONIY	37.1022	36.2539	127.114	-0.2529	-0.1800	0.0094	0.0021	0.0033	0.0041
POZA	37.4221	34.8717	826.613	-0.0043	0.0129	0.0314	0.0030	0.0028	0.0044
SILF	36.3819	33.9364	52.847	0.0086	0.0260	0.0467	0.0021	0.0025	0.0029
SIV1	37.7529	39.3217	826.717	-0.0033	0.1126	0.0474	0.0019	0.0014	0.0031
SRT1	37.9380	41.9238	925.574	0.0087	0.0377	0.0638	0.0020	0.0016	0.0040
TNC1	39.0753	39.5349	967.632	-0.0138	-0.0088	0.0079	0.0019	0.0032	0.0053
TUF1	38.2605	36.2085	1504.829	-0.0101	-0.0192	0.0634	0.0021	0.0019	0.0033
TVA2	38.5148	42.2772	1719.230	0.0115	0.0336	0.0778	0.0026	0.0018	0.0052
VIR2	37.2255	39.7487	599.637	-0.0377	0.0069	0.1320	0.0017	0.0011	0.0033

1.2.3. Nurdağı-Pazarcık ve Ekinözü Deprem Çiftinin Sismolojik Özellikleri

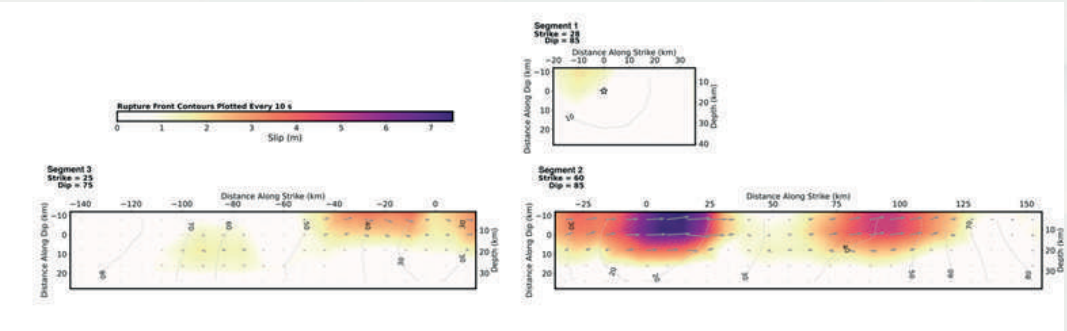
Dünya çapında önemli etkileri olan ve yarattığı hasarlarının yanında sağladığı deprem verisi kalitesiyle uluslararası ilgi ve rekabet gören bu depremin oluşum mekanizması ve kaynağına yönelik çalışmalarımız ABD'de USGS-NEIC (https://earthquake.usgs.gov) deprem sismolojisi grubuyla yaptığımız yoğun ortak hesaplamalı simülasyon ve tomografi çalışmamızın önderliğinde İTÜ sismoloji araştırma grubumuzun öncül araştırma sonuçları ilgi görmüş ve nitelikli ulusal ve uluslararası işbirlikleriyle tamamlayarak **14 Şubat 2023** itibariyle aşağıdaki USGS-NEIC sayfasından tüm dünyaya ilan ettik ve ortak makale çalışmalarımız farklı boyutlarda devam etmektedir.

https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/executive

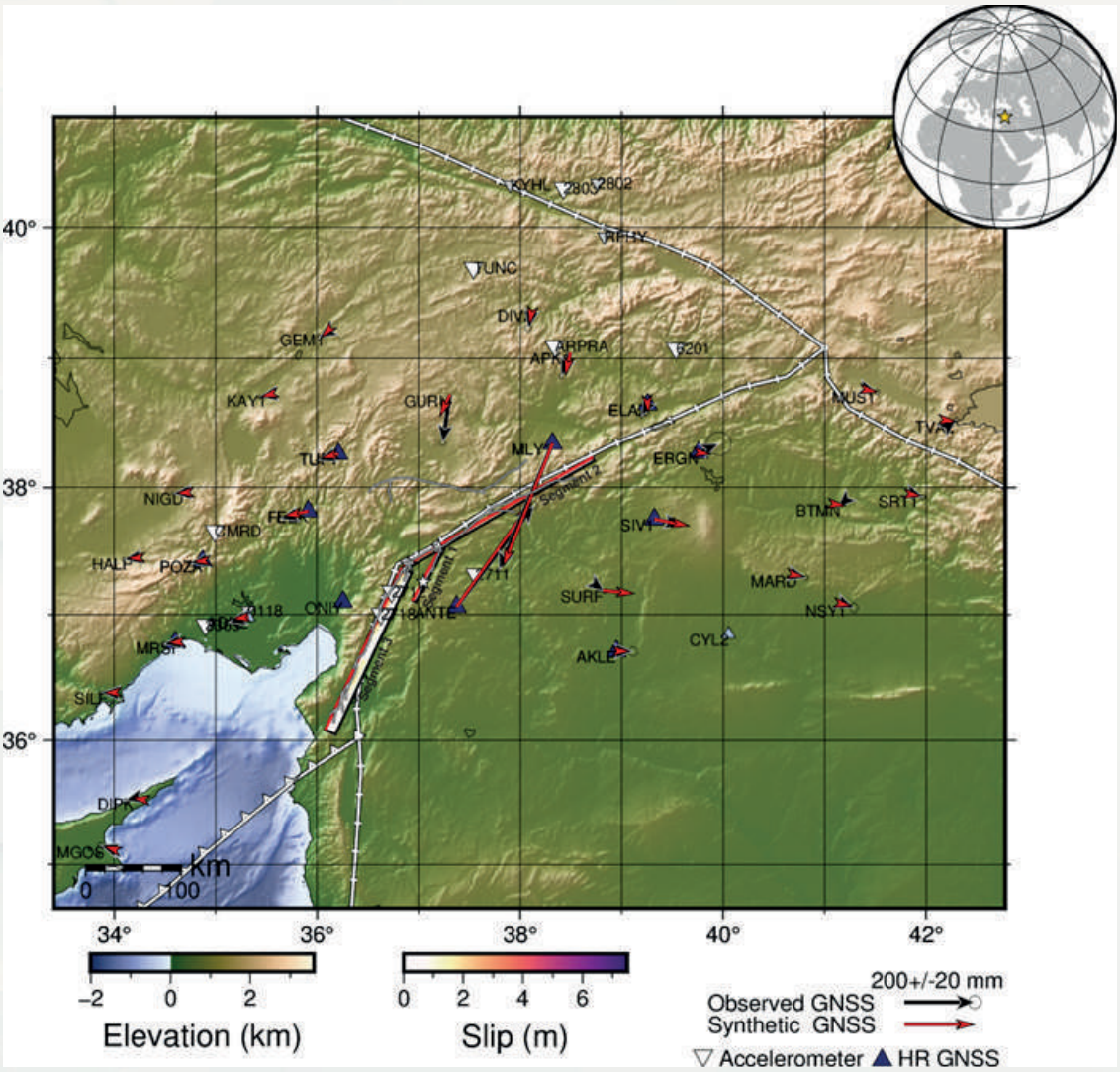
Uzak ve yakın alan sismolojik (BB ve SGM) ve jeodetik (GPS) veri ve gözlemlerin ortak ters çözümü ile bu iki depreme ait elde edilen aletsel moment büyüklükleri (Mw) sırasıyla Mw 7,8 ve Mw 7,7 olarak hesaplanmıştır. Veri kalitesi ve azimut dağılımına göre seçilen 45 adet telesismik geniş bantlı P dalga şekli, 27 adet geniş bantlı SH dalga şekli ve 72 adet uzun periyotlu yüzey dalgasını analiz ettik. Dalga şekilleri ilk önce alet tepkisi giderilerek yer değiştirmeye dönüştürüldü ve daha sonra sonlu bir ters çözüm algoritması sayesinde fay düzlemi üzerinde gerçekleşen kayma dağılımı belirlendi (Ji ve diğ., 2002; USGS-NEIC) https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/executive

Mw 7,8 depreminin kırılma özelliğini modelleyebilmek için öncelikle USGS-NEIC (Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu) tarafından rapor edilen ilk lokasyon çözümüyle (konum = 37,3°K, 37°D; derinlik = 14 km) eşleşen bir odak noktasında (hiposentır), hızlı gCMT (Global CMT), USGS-W fazı moment tensör çözümleri ile tayin edilmiş olan bir fay düzlemi kullanıldı. Elde ettiğimiz ters çözüm sonuçları, deprem bölgesi üzerinde, üç farklı doğrultu ve geometriye sahip fay segmenti boyunca yaklaşık 8 m'ye varan yer değiştirmelerin meydana geldiğini göstermiştir (Şekil 1.2.4). Bu üç segmente ait doğrultu ve dalım açıları aşağıda özetlenmiştir (Tablo 1.2.2, Şekil 1.2.5). Bu kırılmaların bir sonucu olarak açığa çıkan sismik moment boşalımı 7,0x1020 N-m (Mw = 7,83) olarak saptanmıştır (Şekil 1.2.6). 6 Şubat 2023 Mw 7,8 Nurdağı-Pazarcık Depremi'nin modellenmesi sırasında kullanılan uzak alan (telesismik P-, SH-dalgaları), yüzey dalgaları (Rayleigh ve Love dalgaları) ile yakın alan dalga formu (kuvvetli yer hareketi ivme verisi) ve jeodetik (GPS) zamansal değişimine ilişkin örnekler ilgili web sayfalarında verilmektedir.

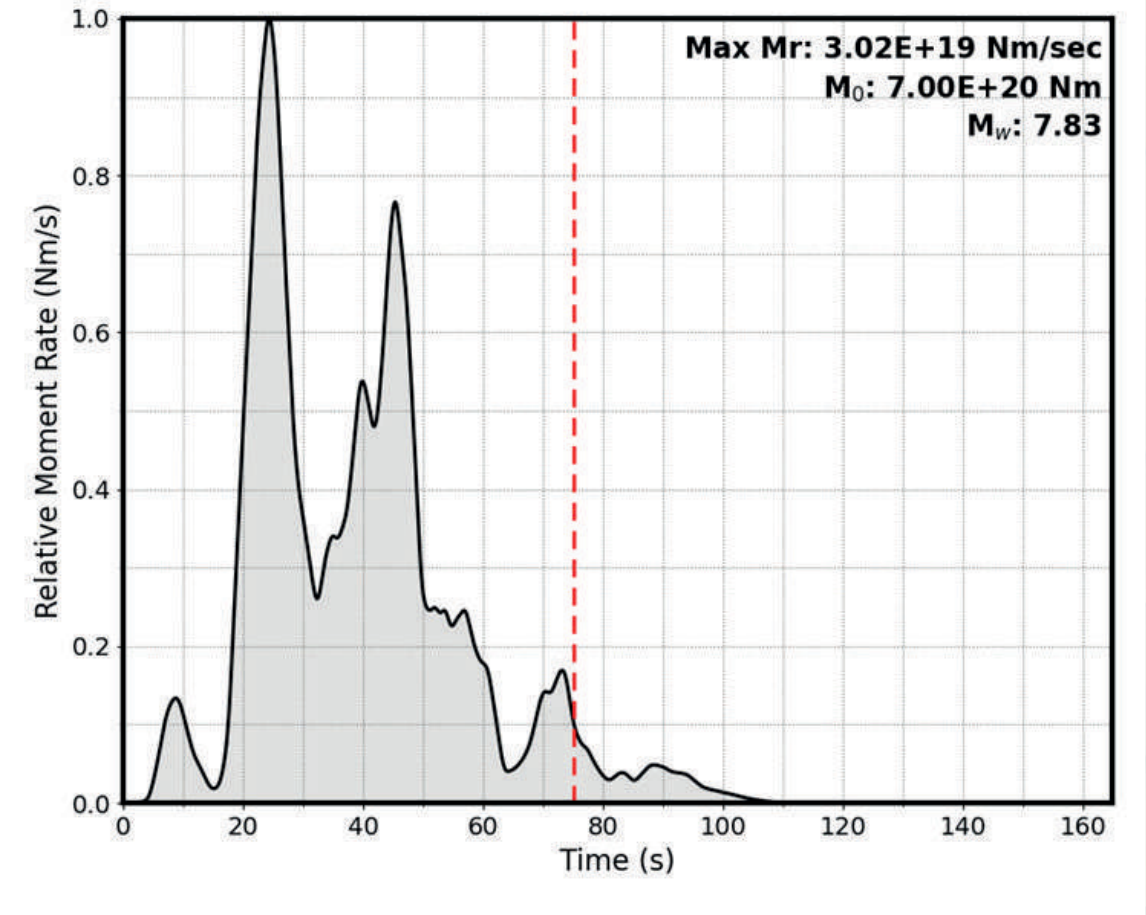
https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/finite-fault



Şekil 1.2.4. *6 Şubat Mw 7,8 depremine ait kayma dağılımının enine kesiti. Kayma miktarı renkli olarak gösterilmiştir yer değiştirme vektörleri oklarla işaret edilmektedir (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/finite-fault).*



Şekil 1.2.5. *6 Şubat Mw 7,8 depremine ait kayma dağılımının fay kolları boyunca dağılımı ve modellenen GPS vektörleri (kırmızı) (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/finite-fault).*



Şekil 1.2.6. *İlk depreme ait kaynak zaman fonksiyonu. Burada deprem başlangıcından sonraki zamanla değişen moment salınım oranı, en yüksek moment oranına göre tanımlanmıştır. Kırmızı kesikli çizgi, olayın yorumlanan sonunu temsil eder (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/finite-fault).*

Fay Segmenti	Doğrultu (°)	Dalım (°)
1	28	85
2	60	85
3	25	75

Tablo 1.2.2. *6 Şubat 2023 Mw 7,8 ana şokunu tanımlayan üç farklı fay segmentine ait doğrultu ve dalım açıları (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/finite-fault).*

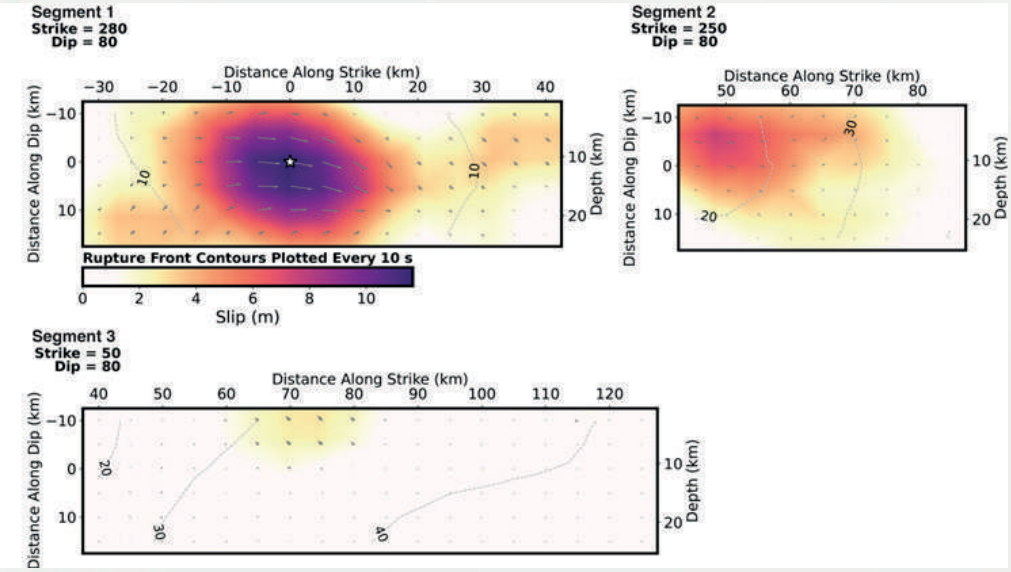
1.2.4. 6 Şubat 2023 Mw 7,7 Ekinözü Depremi

6 Şubat 2023 tarihinde Mw 7,8 büyüklüğündeki ilk depremden yaklaşık 9 saat sonra meydana gelen Mw 7,7 büyüklüğündeki depreme ait kayma dağılımı modeli, veri kalitesi ve azimut dağılımına göre seçilen 38 adet telesismik geniş bantlı P dalga şekli, 28 adet geniş bantlı SH dalga şekli ve 48 adet uzun periyotlu yüzey dalgasının modellenmesi sonucunda belirlenmiştir.

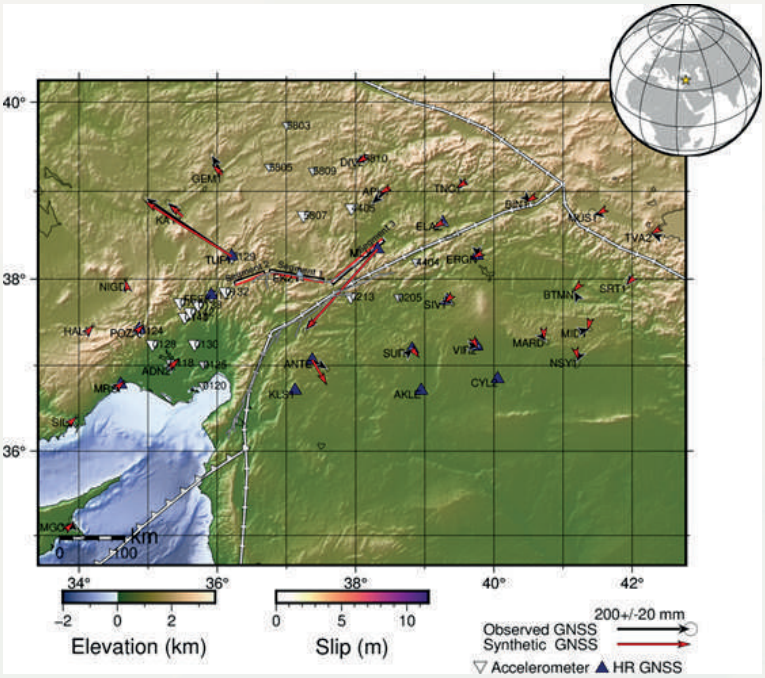
(https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/finite-fault).

Diğer depremle benzer şekilde, dalga şekilleri ilk önce alet tepkisi giderilerek yer değiştirmeye dönüştürülmüş ve daha sonra sonlu bir ters çözüm algoritmasıyla fay düzlemi üzerinde gerçekleşen kayma dağılımı belirlenmiştir (Ji ve diğ., 2002).

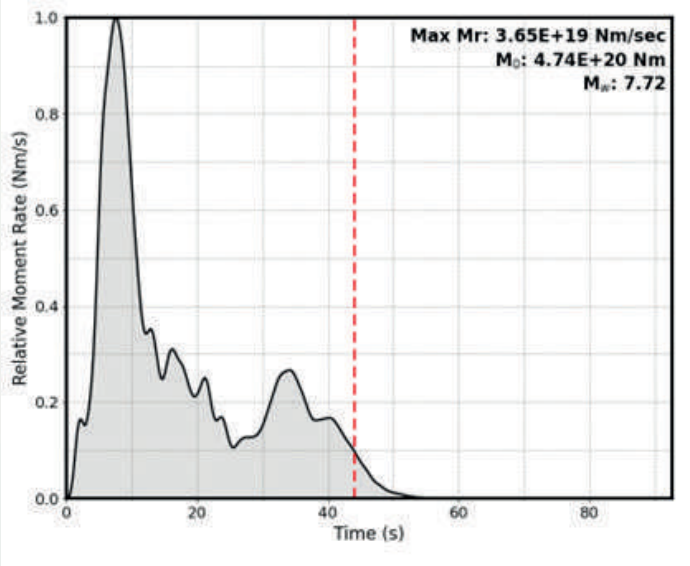
Bölgede meydana gelen ikinci büyük ve yıkıcı depremin kayma dağılımını modelleyebilmek için öncelikle USGS-NEIC (Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu) tarafından rapor edilen ilk lokasyon çözümüyle (konum = 38°K, 37,2°D; derinlik = 10,5 km) eşleşen bir odak noktasında (hiposentır), hızlı GCMT (Global CMT), USGS-W fazı moment tensör çözümleri ile tayin edilmiş olan bir fay düzlemi kullanıldı. Elde ettiğimiz ters çözüm sonucu, deprem bölgesi üzerinde, üç farklı doğrultu ve geometriye sahip fay segmenti boyunca yaklaşık 10 m'yi aşan yer değiştirmelerin meydana geldiğini göstermiştir (Şekil 1.2.7). Bu üç segmente ait doğrultu ve dalım açıları aşağıda özetlenmiştir (Tablo 1.2.3, Şekil 1.2.8). Bu kırılmaların bir sonucu olarak açığa çıkan sismik moment boşalımı 4,74x1020 N-m (Mw = 7,72) olarak saptanmıştır (Şekil 1.2.9).



Şekil 1.2.7. *6 Şubat 2023 Mw 7,7 Ekinözü Depremi'ne ait olarak belirlenen kayma dağılımı modeli. (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/finite-fault).*



Şekil 1.2.8. 6 Şubat Mw 7,7 depremine ait kayma dağılımının fay kolları boyunca gösterimi. Modellenen GPS vektörleri (kırmızı oklar) (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/finite-fault).



Şekil 1.2.9. *Mw 7,7 depremine ait olarak belirlenen kaynak zaman fonksiyonu. Burada deprem başlangıcından sonraki zamanla değişen moment salınım oranı, en yüksek moment oranına göre tanımlanmıştır. Kırmızı kesikli çizgi, olayın yorumlanan sonunu temsil eder (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/finite-fault).*

Tablo 1.2.3. *6 Şubat 2023 Mw 7,7 Ekinözü Depremi'ni tanımlayan üç farklı fay segmentine ait doğrultu ve dalım açıları (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/finite-fault).*

Segment No	Doğrultu (°)	Dalım (°)
1	280	80
2	250	80
3	50	80

6 Şubat 2023 Mw 7,7 Ekinözü Depremi'nin modellenmesi sırasında kullanılan uzak alan (telesismik P-ve SH-dalgaları), yüzey dalgaları (Rayleigh ve Love dalgaları) ile yakın alan dalga formu (kuvvetli yer hareketi ivme verisi) ve jeodetik (GPS) zamansal değişimine ilişkin örnekler ilgili web sayfasında gösterilmektedir (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/finite-fault).

Kaynaklar

Ambraseys, N.N., 1989. Temporary seismic quiescence: SE Turkey. Geophys. J. Int. 96, 311–331.

Ambraseys, N.N., Jackson, J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the eastern Mediterranean region. Geophys. J. Int. 133, 390–406.

Duman, T.Y., Emre, O., 2013. The East Anatolian Fault: geometry segmentation and jog characteristics. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ. 372, 495–529. https://doi.org/10.1144/SP372.14.

Nocquet, J.-M., 2012. Present-day kinematics of the Mediterranean: a comprehensive overview of GPS results. Tectonophysics 579, 220–242. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.03.037

Saroglu, F., Emre, O., Kusçu, I., 1992a. The East Anatolian Fault Zone of Turkey. Special Issue, Annales Tectonicae 6, 99–125.

Saroglu, F., Emre, O., Kusçu, I., 1992b. Active Fault Map of Turkey, 2 Sheets, General Directorate of Mineral Research and Exploration-MTA. Ankara, Turkey.

Taymaz, T., Eyidogan, H., Jackson, J.A., 1991. Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). Geophys. J. Int. 106, 537–550.

Taymaz, T., Westaway, R., Reilinger, R., 2004. Active Faulting and Crustal Deformation in the Eastern Mediterranean Region. SI of Tectonophysics 391 (1–4). https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.07.005, 375 pp.

Taymaz, T., Yılmaz, Y., Dilek, Y., 2007. The Geodynamics of the Aegean and Anatolia: Introduction. The Geological Society of London, Special Publications Book, 291,ISBN 978-1-86239-239-7, pp. 1–16.

Taymaz, T., Ganas, A., Yolsal-Çevikbilen, S., Vera, F., Eken, T., Erman, C., Keleş, D., Kapetanidis, V., Valkaniotis, S., Karasante, I., Tsironi, V., Gaebler, P., Melgar, D., Ocalan, T., 2021. Source Mechanism and Rupture Process of the 24 January 2020 Mw 6.7 Doğanyol-Sivrice Earthquake obtained from Seismological Waveform Analysis and Space Geodetic Observations on the East Anatolian Fault Zone (Turkey), Tectonophysics, Vol. 804, TECTO14240, https://doi.org/10.1016/j.tecto.2021.228745.

Prof. Dr. Serdar Erol, Araş. Gör. Bilal Mutlu

1.3. Jeodezik Değerlendirme

1.3.1. GNSS Tekniği Kullanılarak Kahramanmaraş Depremlerinin Jeodezik Olarak İncelenmesi (Öncül Sonuçlar)

Ülkemizde, büyüklüğü 5 ve üzerinde olan herhangi bir deprem meydana geldiğinde, deprem bölgesinde bulunan TUSAGA-Aktif Sabit GNSS İstasyonlarına ait deprem öncesi ve sonrası 1 saniye aralıklı uydu gözlem verileri araştırmacıların erişimine sunulmaktadır (TUSAGA-Aktif, 2020a). Bu kapsamda,

6 Şubat 2023 tarihli (01:17:32 UTC) Mw 7,7 Pazarcık ve (10:24:47 UTC) Mw 7,6 büyüklüğündeki

Elbistan depremlerinin deprem merkez üsleri olan sırasıyla 37°17'16.28" Kuzey Enlemi, 37°25'48.00"

Doğu Boylamı ve 38°05'20.40" Kuzey Enlemi, 37°14'20.40" Doğu Boylamı çevresindeki 4 adet

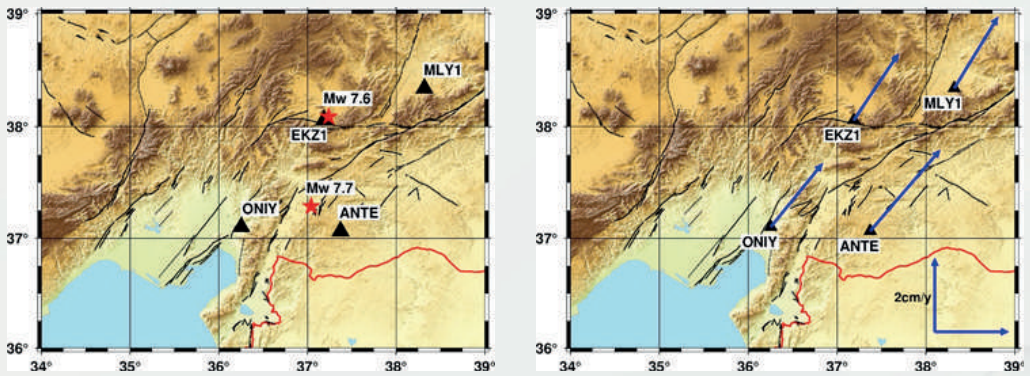
TUSAGA-Aktif GNSS istasyonunun deprem günündeki 1 saniye aralıklı uydu gözlem verileri kullanılarak depremin ko-sismik etkileri Jeodezik olarak incelenmiş ve elde edilen ilksel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Deprem bölgesi yakınında bulunan 4 adet GNSS istasyonu, ANTE (Gaziantep), EKZ1 (Ekinözü), MLY1 (Malatya) ve ONIY (Osmaniye) isimli istasyonlardır (Şekil 1.3.1a). İstasyonların deprem merkez üslerine olan uzaklıkları Tablo 1.3.1'de verilmektedir.

Tablo 1.3.1. *GNSS istasyonlarının deprem üslerine olan uzaklıkları.*

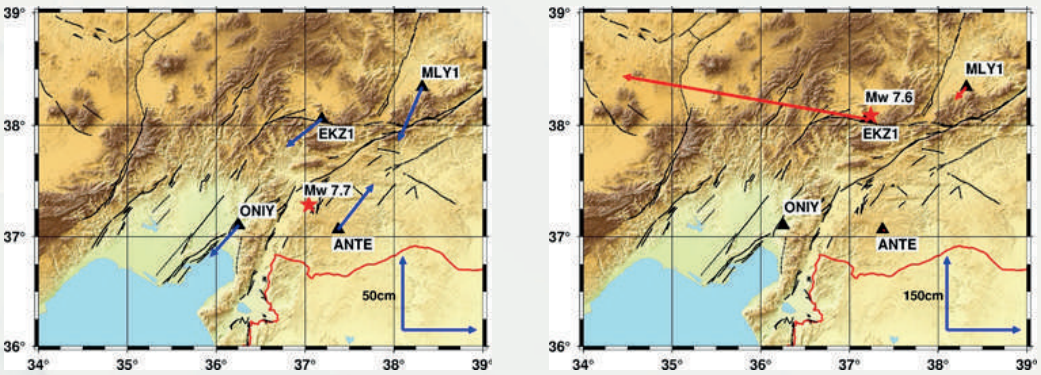
	Deprem üslerine uzaklıklar (km)	
İstasyon	Pazarcık (Mw 7.7)	Elbistan (Mw 7.6)
ANTE	25,3	114,3
EKZ1	88,1	5,7
MLY1	140,7	98,6
ONIY	106,4	139,9

İlgili 4 GNSS istasyonunun konumları ve inter-sismik ITRF yatay yıllık hız vektörleri cm/yıl olarak Şekil 1.3.1b'de verilmektedir (TUSAGA-Aktif, 2020b). Şekil 1.3.1b, herhangi bir tektonik aktivite olmaması durumunda ilgili noktalara ait yıllık olağan hareketleri göstermektedir.



Şekil 1.3.1. *(a) GNSS istasyonları ve deprem üssü konumları, (b) GNSS istasyonlarının ITRF hızları.*

Bu istasyonların deprem gününe ait 1 saniye aralıklı uydu gözlem verileri GNSS Hassas Nokta Konumlama tekniği kullanılarak mutlak yöntemle statik ve kinematik olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle, GNSS istasyonlarının deprem gününe ait gözlem verileri birinci deprem öncesi, birinci deprem sonrası ve ikinci deprem sonrası olacak şekilde üç ayrı veri setine ayrılmış ve tüm veri setleri statik Hassas Nokta Konumlama yöntemine göre değerlendirilmiştir. Öncül hesaplama sonucunda ilgili istasyonlara ait elde edilen deprem öncesi ve deprem sonrası koordinatlardan yatay deformasyon vektörleri hesaplanmıştır. Mw 7,7-7,8 büyüklüğünde geçekleşen ilk deprem sonucunda oluşan deformasyon vektörleri Şekil 1.3.2a'da, Mw 7,6-7,7 büyüklüğünde gerçekleşen ikinci deprem sonucunda oluşan ve ilk deprem sonrasındaki konumlara göre elde edilen deformasyon vektörleri ise Şekil 1.3.2b'de yer almaktadır.



Şekil 1.3.2. *(a) Sırasıyla Mw 7,7 ve (b) 7,6 büyüklüğündeki depremler sonrası GNSS istasyonlarında oluşan yatay deformasyonlar (Not: İki ayrı şeklin vektör ölçekleri farklıdır).*

GNSS verilerinin statik değerlendirmeleri sonucunda aşağıdaki öncül bulgular elde edilmiştir.

• Depremler sonucu elde edilen maksimum yatay deformasyon Mw 7,6 büyüklüğünde ikinci deprem üssüne yaklaşık 6 km uzaklıkta bulunan EKZ1 istasyonunda **4,7 metre** olarak gözlenmiştir (Şekil 1.3.2b).

• Mw 7,7-7,8 büyüklüğündeki ilk deprem sonucunda, Arap Levhası üzerinde (DAF'ın doğusunda) konumlanmış olan ANTE istasyonunda **38,8 cm kuzeydoğu** yönünde bir hareket söz konusuyken, Anadolu Levhası üzerinde (DAF'ın batısında) konumlanmış olan EKZ1, MLY1 ve ONIY GNSS istasyonlarında sırasıyla **30,5 cm**, **39,9 cm** ve **28,8 cm güneybatı** yönünde hareketler gözlenmiştir.

• Mw 7,6 büyüklüğündeki ikinci deprem sonucunda ise Doğu Anadolu Fay Hattının kuzeybatısında yer alan EKZ1 ve MLY1 istasyonlarında sırasıyla **4,5 m batı ve 31 cm güneybatı** yönünde yer değiştirme gözlenmiştir. ANTE ve ONIY GNSS istasyonlarında ise sırasıyla 5,9 cm güneydoğu yönünde ve 1,8 cm güneybatı yönünde yer değiştirmeler söz konusudur. ANTE ve ONIY istasyonları ikinci deprem üssüne en uzak istasyonlardır.

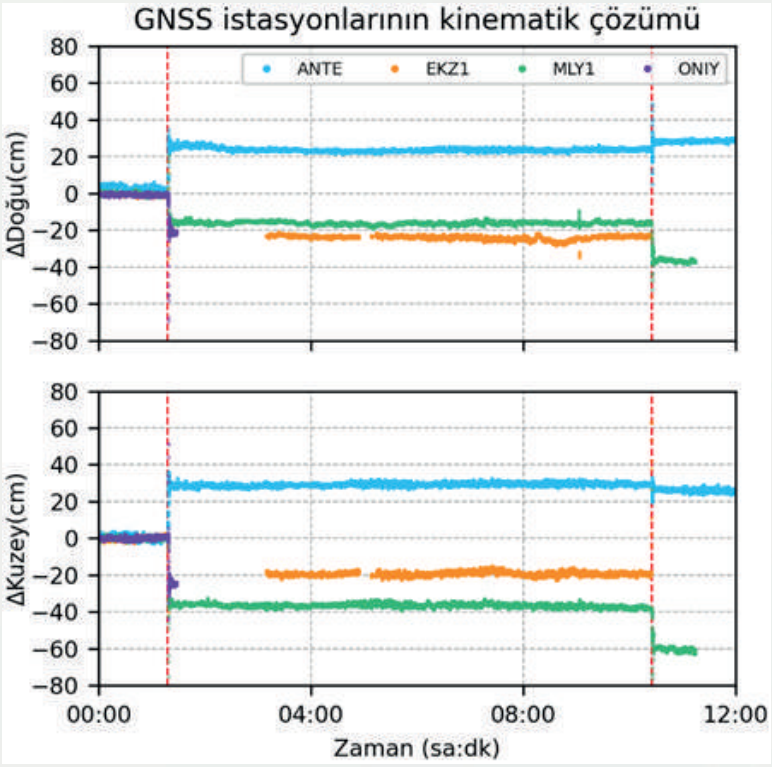
• Ayrıca, ilk deprem sonrası ONIY istasyonunda **10 cm** ve ikinci deprem sonrası ise EKZ1 istasyonunda **15 cm** çökme oluşmuştur.

Depremlerden önceki istasyon konumlarına göre, her iki deprem sonucundaki son konumlar dikkate alındığında, en büyük yatay yer değiştirme **4,7 m ile EKZ1** (Ekinözü) istasyonuna aittir. Diğer istasyonlardaki yatay yer değiştirme değerleri ise sırasıyla, **MLY1** (Malatya) **69,9 cm**, **ANTE** (Gaziantep) **39,6 cm** ve **ONIY** (Osmaniye) **29,2 cm** olarak elde edilmiştir.

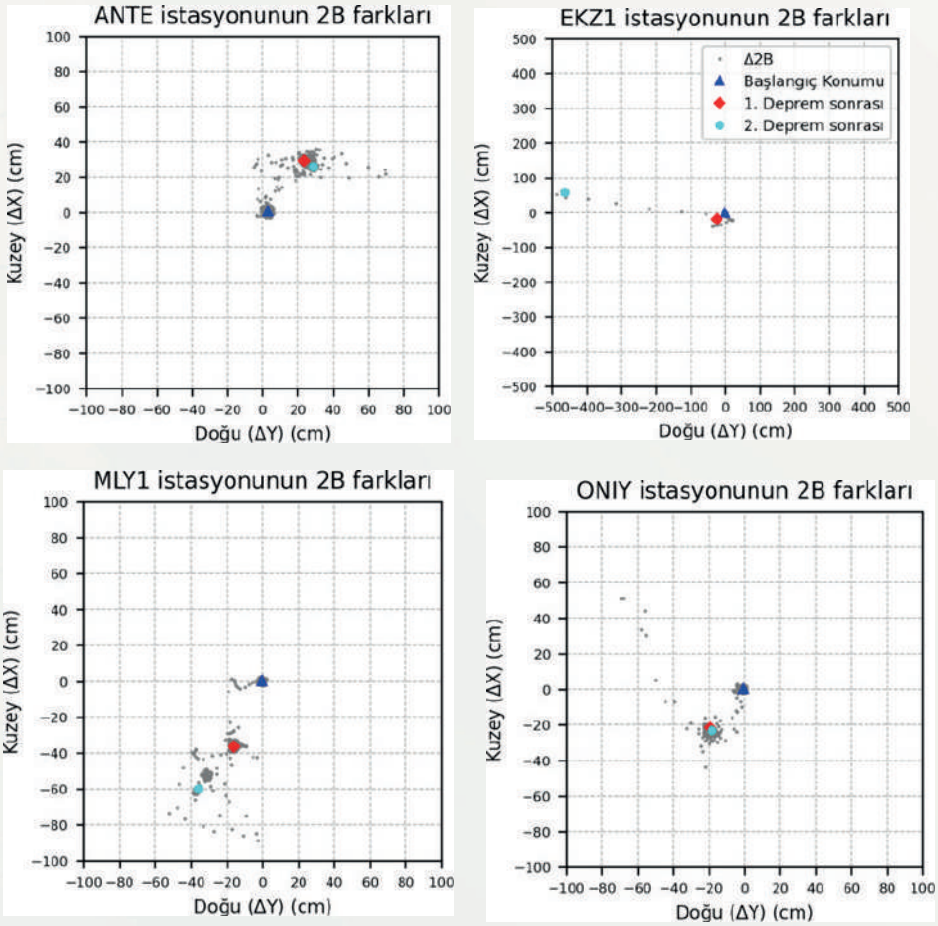
EKZ1 (Ekinözü)	**4,7 m**
MLY1 (Malatya)	**69,9 cm**
ANTE (Gaziantep)	**39,6 cm**
ONIY (Osmaniye)	**29,2 cm**

Deprem bölgesi yakınında bulunan 4 adet GNSS istasyonu, ANTE (Gaziantep), EKZ1 (Ekinözü), MLY1 (Malatya) ve ONIY (Osmaniye) isimli istasyonlardır.

İlgili istasyonlardan elde edilen gözlem verileri, statik değerlendirmeye ek olarak kinematik GNSS Hassas Nokta Konumlama yöntemi ile de değerlendirilmiştir. Böylelikle istasyonların, doğu ve kuzey bileşenlerindeki zamana bağlı olarak gerçekleşen değişimleri elde edilmiş ve Şekil 1.3.4'te verilmiştir. İstasyonlara ait zamana bağlı yatay konum (2B) değişimleri ise Şekil 1.3.5'te ayrıca verilmektedir. Şekil 1.3.5'te yer alan iki boyutlu konum değişim grafiklerindeki gri renkli küçük noktalar her bir saniyede istasyonun değişen yatay konumunu, mavi nokta istasyonun deprem öncesi ortalama konumunu, kırmızı nokta istasyonun birinci deprem sonrası konumunu ve açık-mavi rengindeki nokta ise istasyonun ikinci deprem sonrasındaki konumunu göstermektedir.



Şekil 1.3.4. *GNSS istasyonlarının doğu ve kuzey bileşenlerinin zaman serisi.*



Şekil 1. 3.5. GNSS istasyonlarının zamana bağlı yatay (2B) konum değişimleri (Not: EKZ1 istasyonu için yapılan çizimde ölçek farklıdır (çizim -500,+500 cm aralığındadır)).

GNSS verilerinin kinematik değerlendirmeleri sonucunda aşağıdaki öncül bulgular elde edilmiştir:

• Kinematik değerlendirmelerden elde edilen sonuçlar genel olarak statik değerlendirme sonuçlarını desteklemektedir.

• İkinci deprem sonrasında en fazla hareketin gözlendiği EKZ1 istasyonunda 6 saniye içerisinde maksimum deformasyon değerinin gözlendiği saptanmıştır.

• ANTE istasyonu deprem öncesi konumuna göre Batı-Doğu yönünde **-10**, **+70 cm** aralığında; Güney-Kuzey yönünde ise **0**, **+40 cm** aralığında hareket etmiştir.

• MLY1 istasyonu deprem öncesi konumuna göre Batı-Doğu yönünde **-55**, **+3 cm** aralığında; Güney-Kuzey yönünde ise **-90**, **+3 cm** aralığında hareket etmiştir.

• MLY1 istasyonu hem birinci deprem hem de ikinci deprem sonrası güneybatıya hareket etmiştir.”• ONIY istasyonunda, ana hareket güneybatı yönünde **30 cm** olmasına rağmen ilk depremin etkisiyle bu nokta kuzeybatı yönünde **80 santimetrelik** bir ilk hareket yapmıştır.

Kaynaklar

1. TUSAGA-Aktif, 2020a, https://www.tusaga-aktif.gov.tr/Web/DepremVerileri.aspx

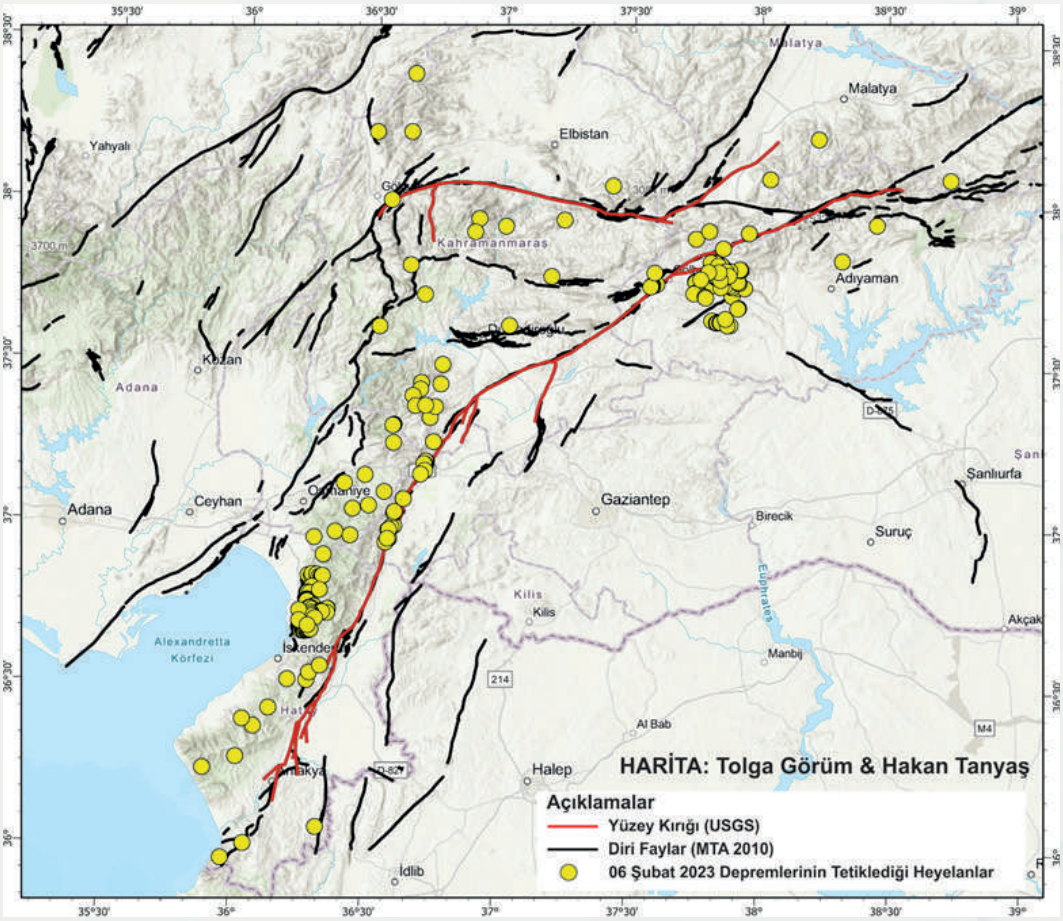
TUSAGA-Aktif, 2

Doç. Dr. Tolga Görüm ve Dr. Hakan Tanyaş

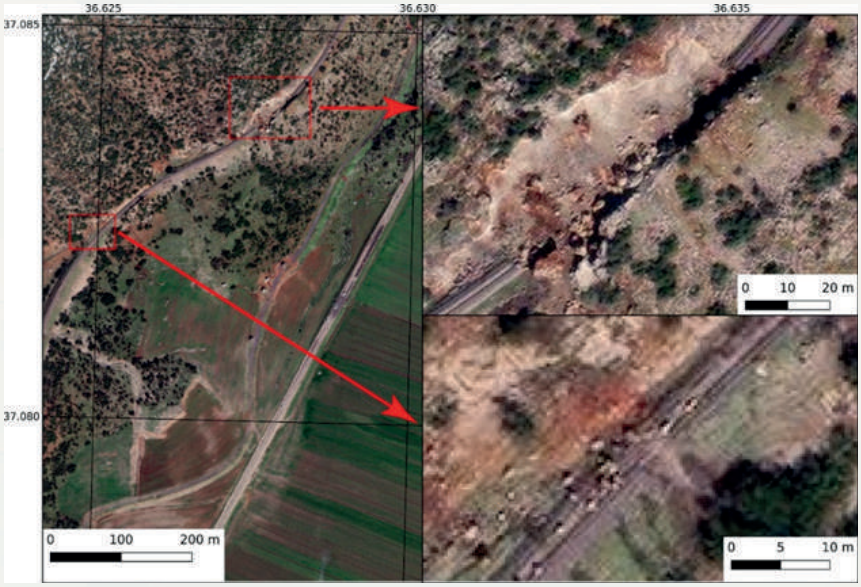
1.4. Jeomorfolojik Değerlendirme

1.4.1. Heyelanlar

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve Harita Genel Müdürlüğü'nün farklı günlerde düzenlediği uçuşlarla topladığı yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarına ilişkin incelemelerimiz sonrasında bölgede yaklaşık olarak 3000'in üzerinde kütle hareketinin geliştiği tespit edilmiştir (Şekil 1.4.1). Çok geniş bir alanda dağılım gösteren kütle hareketlerinin büyük bir yüzdesinin kaya düşmeleri tipinde geliştiği, buna karşın bazı alanlarda geniş yüzeysel alanları kaplayan yanal yayılmaların varlığı belirlenmiştir (Şekil 1.4.2).

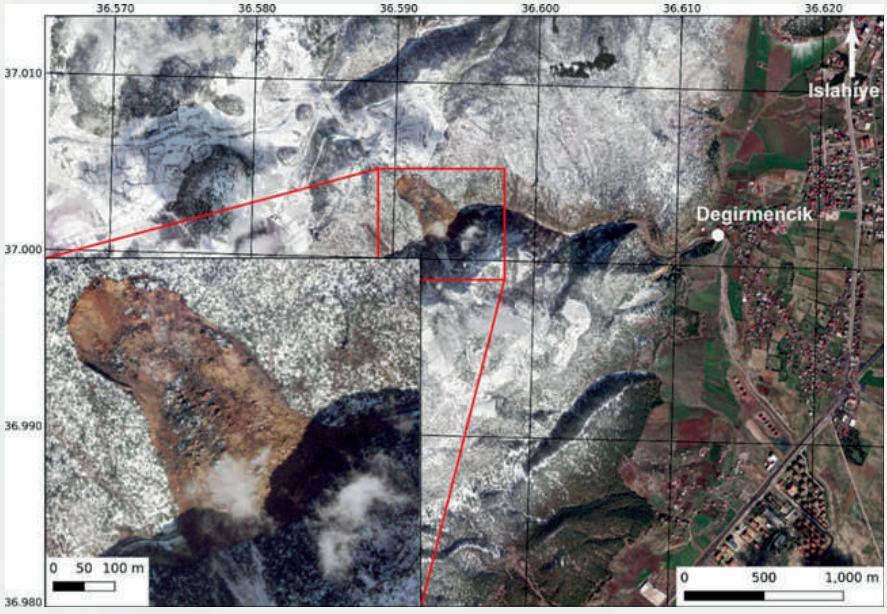


Şekil 1.4.1. *Depremin tetiklediği heyelanların dağılışı (Kaynak: Tolga Görüm ve Hakan Tanyaş).*



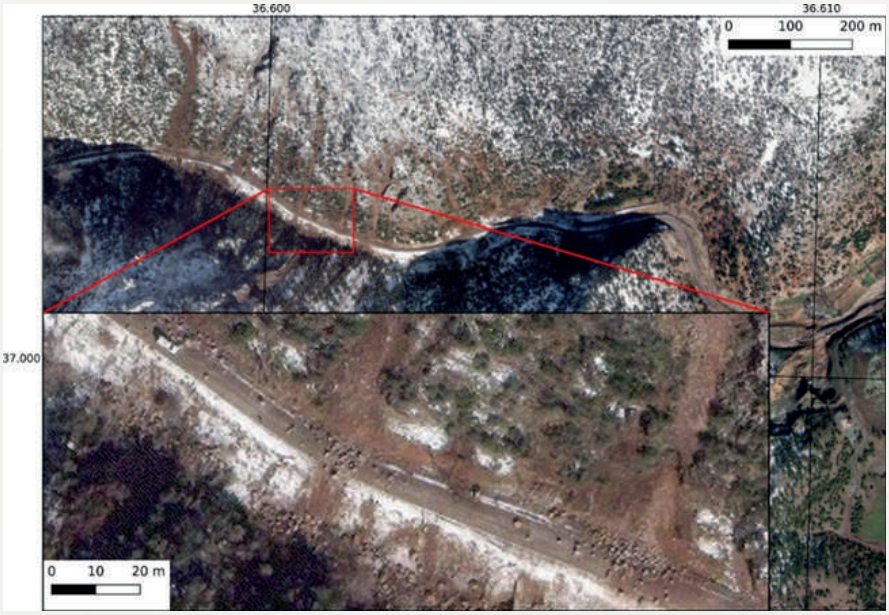
Şekil 1.4.2. *Ulaşım ağını etkileyen kaya düşmeleri ve yakından görünümleri (Kaynak görüntü: MAXAR – 2023)*

Bu kütle hareketleri içerisinde özellikle, Gaziantep, Islahiye'de Değirmencik Mahallesi ile İdilli Yolu üzerinde gelişen ve İdilli Deresini tamamen bloklayan bir alanda gerçekleşmiştir. Bu heyelan gerisinde setlediği İdilli Deresi orta çığırında bir göl oluşturmuştur (Şekil 1.4.3).



Şekil 1.4.3. *Islahiye (Gaziantep) Değirmencik dolayında İdilli Deresini setleyen heyelan (Kaynak görüntü: MAXAR – 2023).*

Ağırlıklı olarak kaya düşmelerini (Şekil 1.4.4 ve 1.4.5) tetikleyen deprem diğer benzer büyüklükteki depremlerle karşılaştırıldığında, heyelan bakımından ortalama sayısı ve toplam yüzey alanı düşük olarak gözlenmiştir.



Şekil 1.4.4. *İslahiye (Gaziantep) kuzeyindeki kaya düşmeleri (Kaynak görüntü: MAXAR – 2023).*



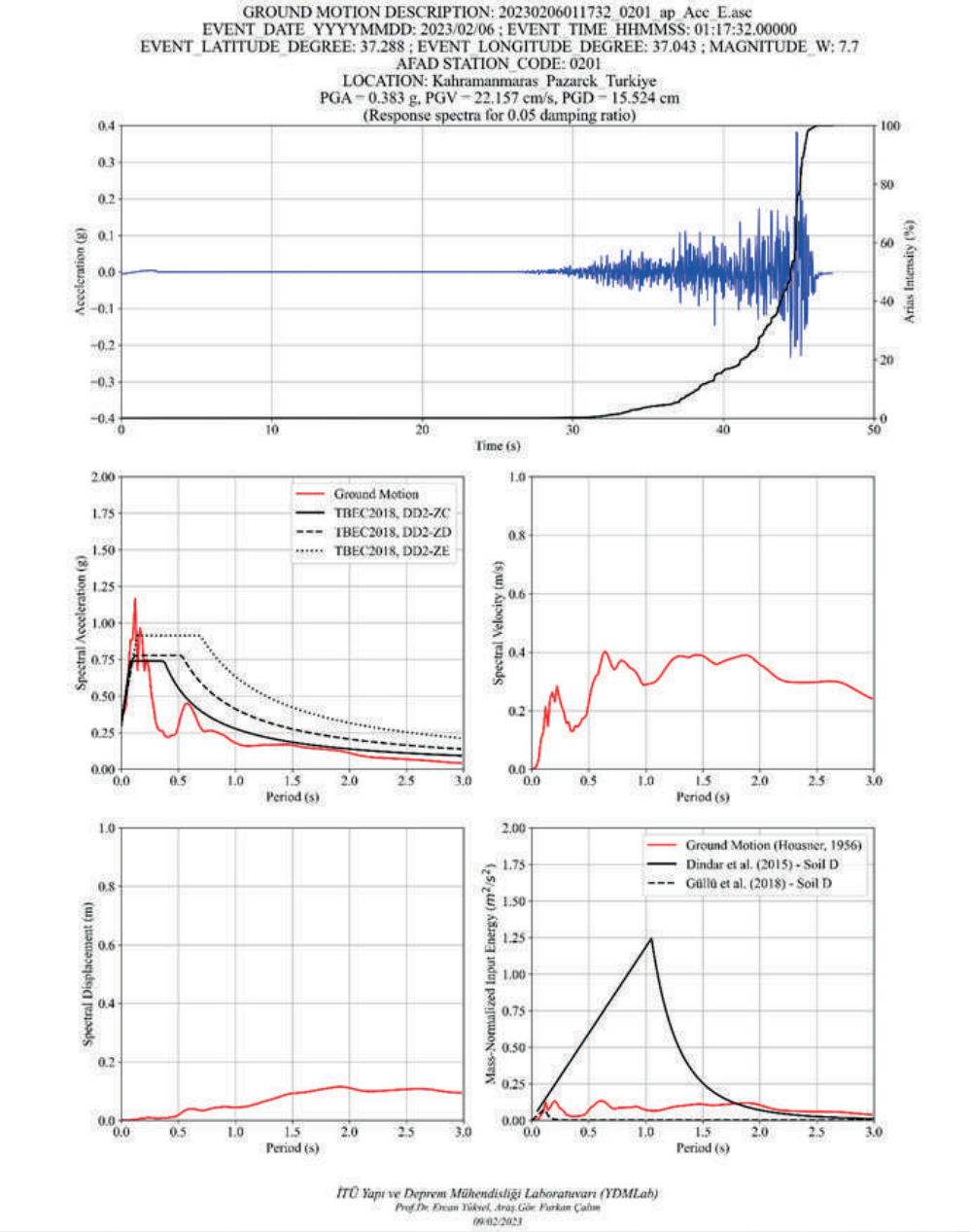
Şekil 1.4.5. *Nurdağı kuzeybatısında depremin tetiklediği kaya düşmeleri (Kaynak görüntü: MAXAR – 2023).*

2. Kuvvetli Yer Hareketlerinin Değerlendirilmesi

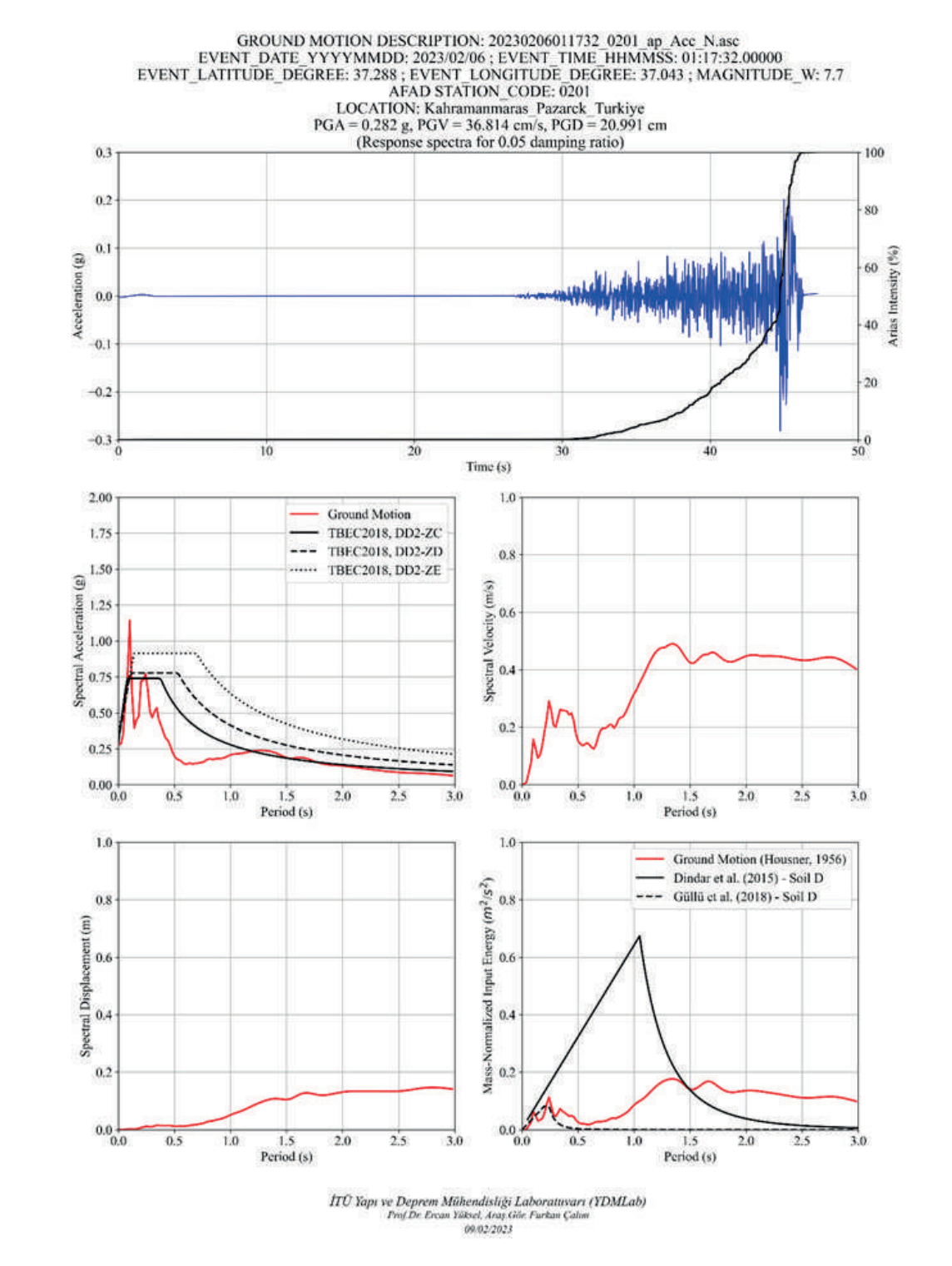
2.1. Giriş

https://tadas.afad.gov.tr/ sitesinden 9 Şubat 2023 tarihinde indirilen ivme kayıtlarının değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Deprem ivme kaydı, Arias Şiddeti, elastik spektral ivme, hız ve yerdeğiştirme büyüklükleri ile kütleye göre normalize edilmiş giriş enerjisi ve model karşılaştırmaları farklı istasyonlar için aşağıda verilmiştir.

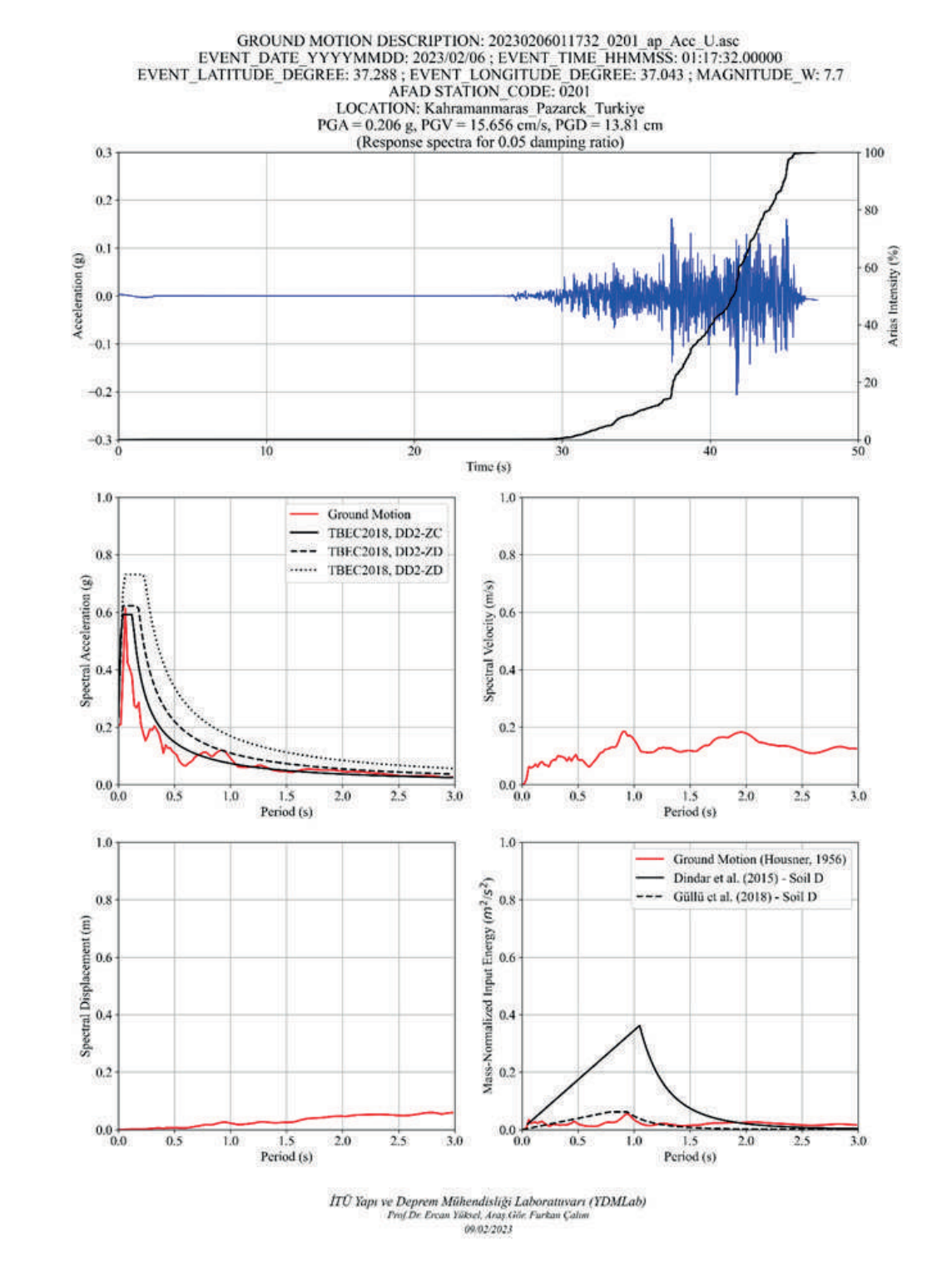
2.2. Adıyaman 0201 No'lu İstasyon



Şekil 2.1. *0201 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Doğu-Batı bileşeni.*

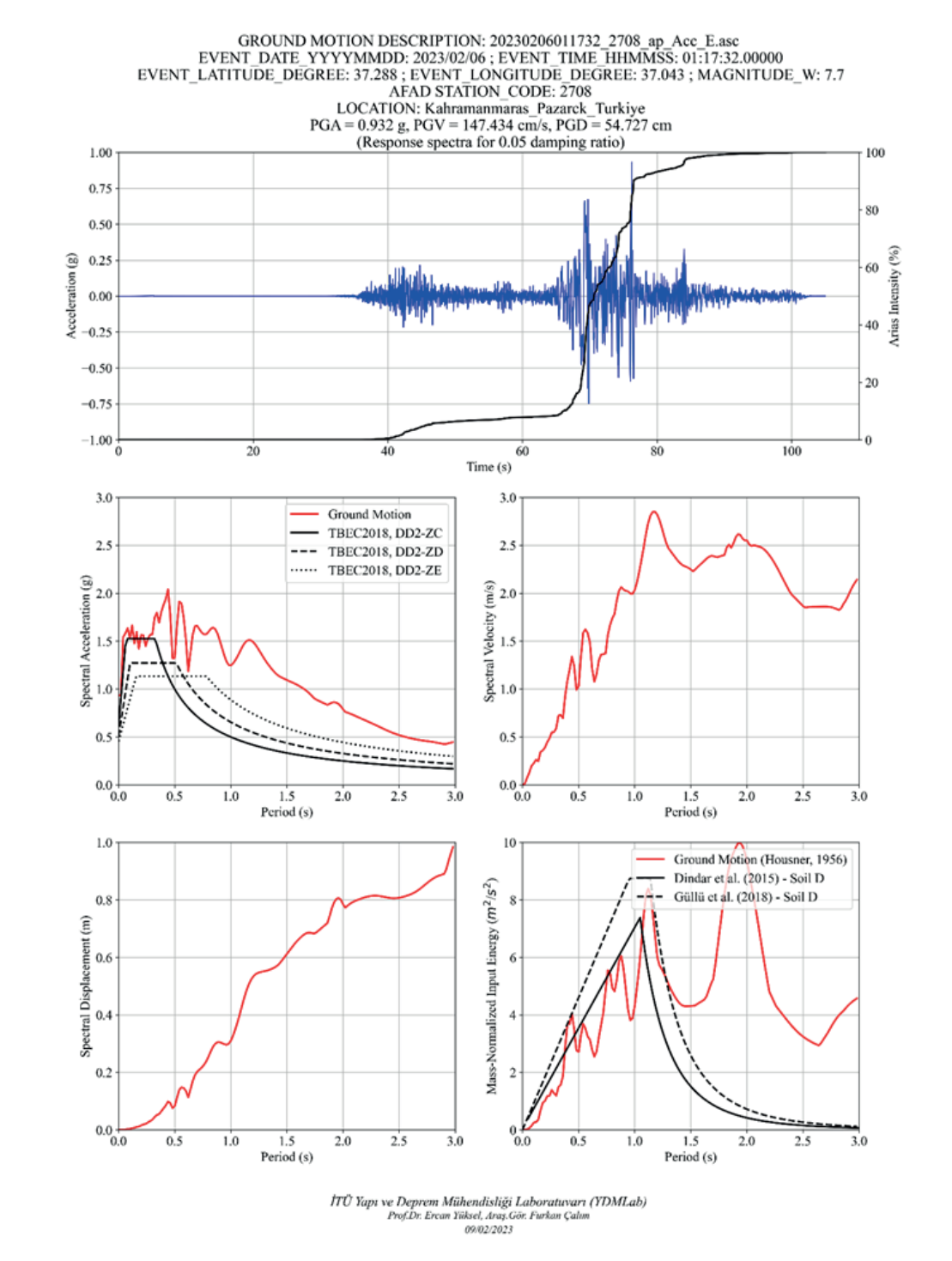


Şekil 2.2. *0201 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Kuzey-Güney bileşeni.*

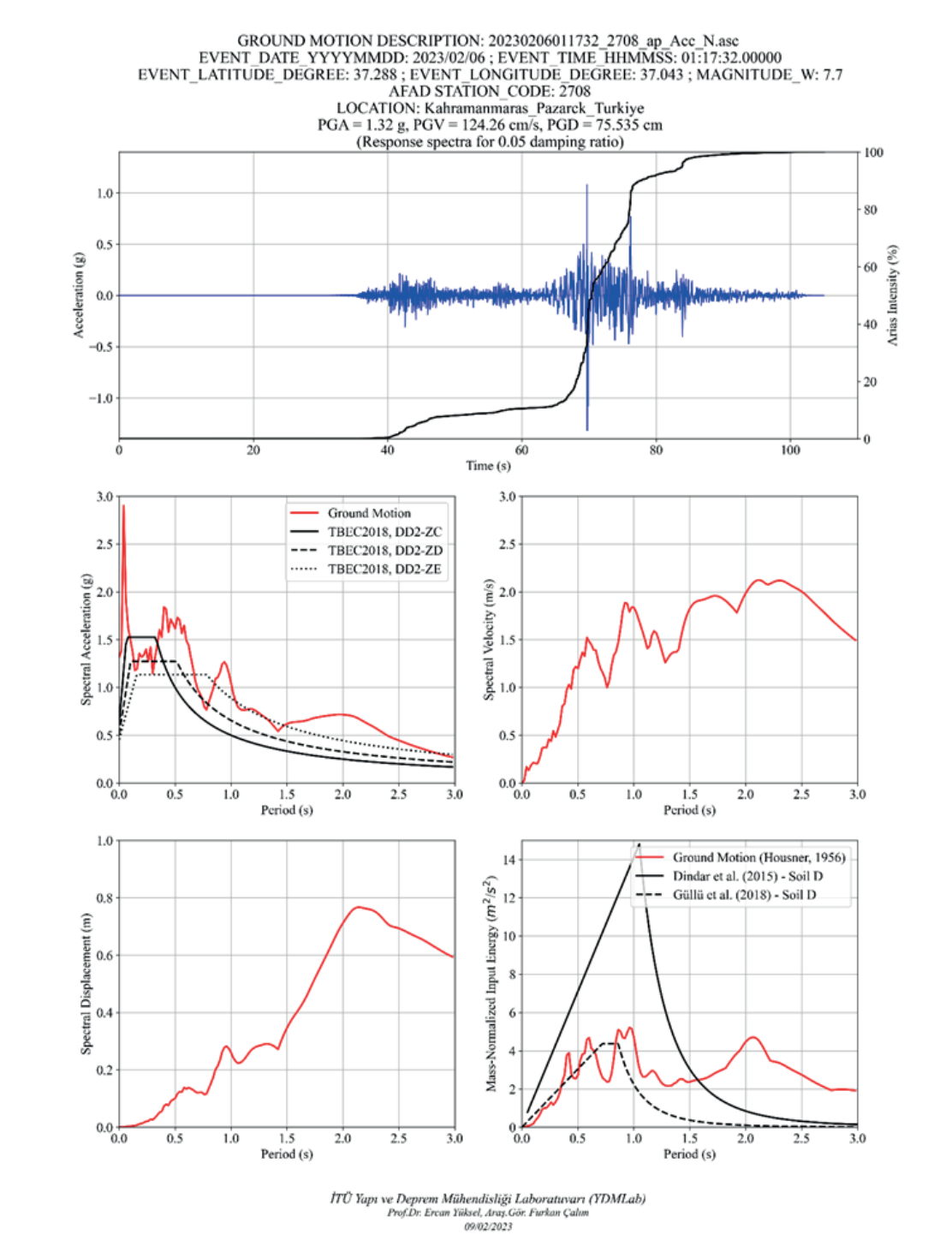


Şekil 2.3. *0201 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Düşey bileşen*

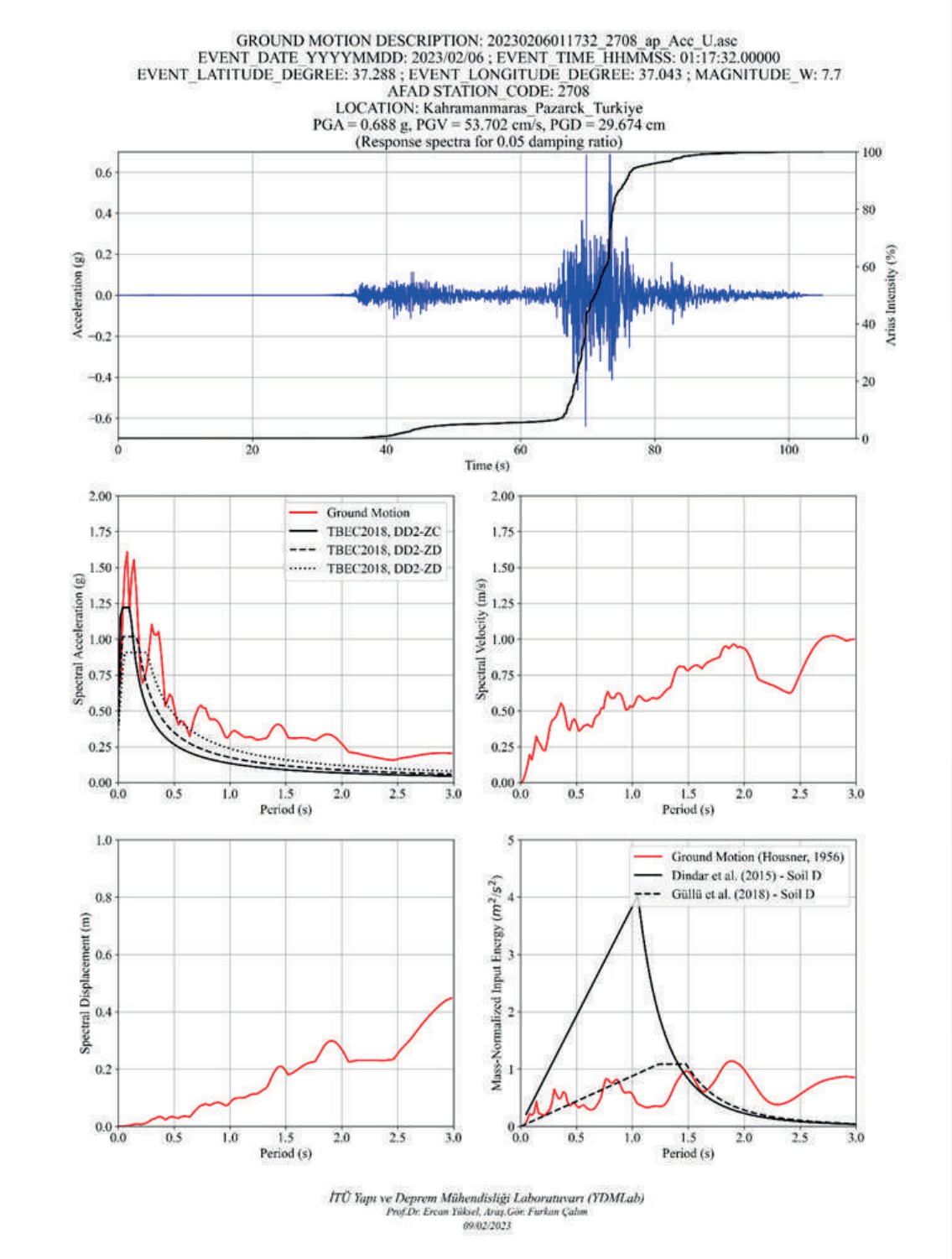
2.3. Gaziantep 2708 No'lu İstasyon



Şekil 2.4. *2708 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Doğu-Batı bileşeni.*

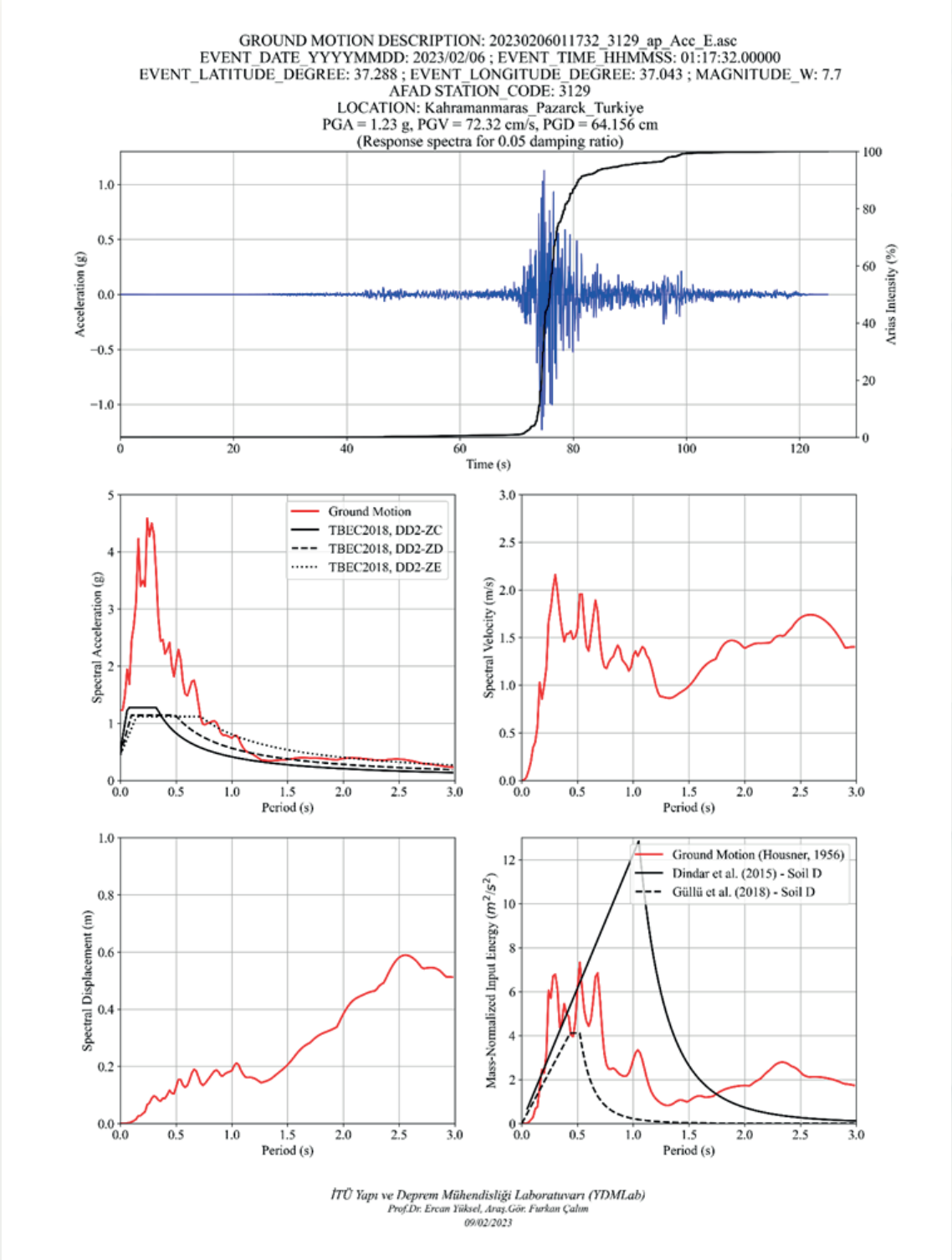


Şekil 2.5. *2708 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Kuzey-Güney bileşeni.*

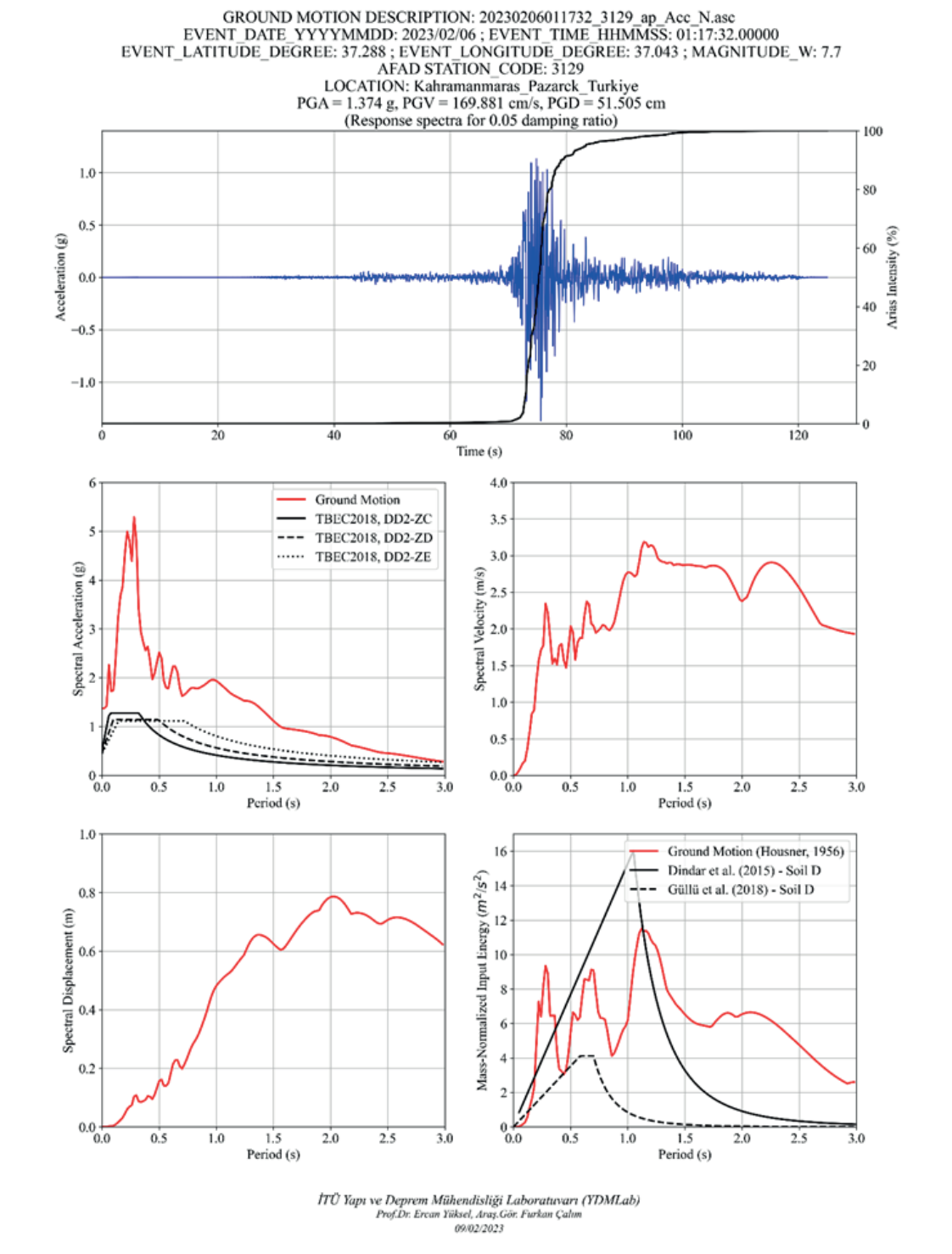


Şekil 2.6. *2708 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Düşey bileşen.*

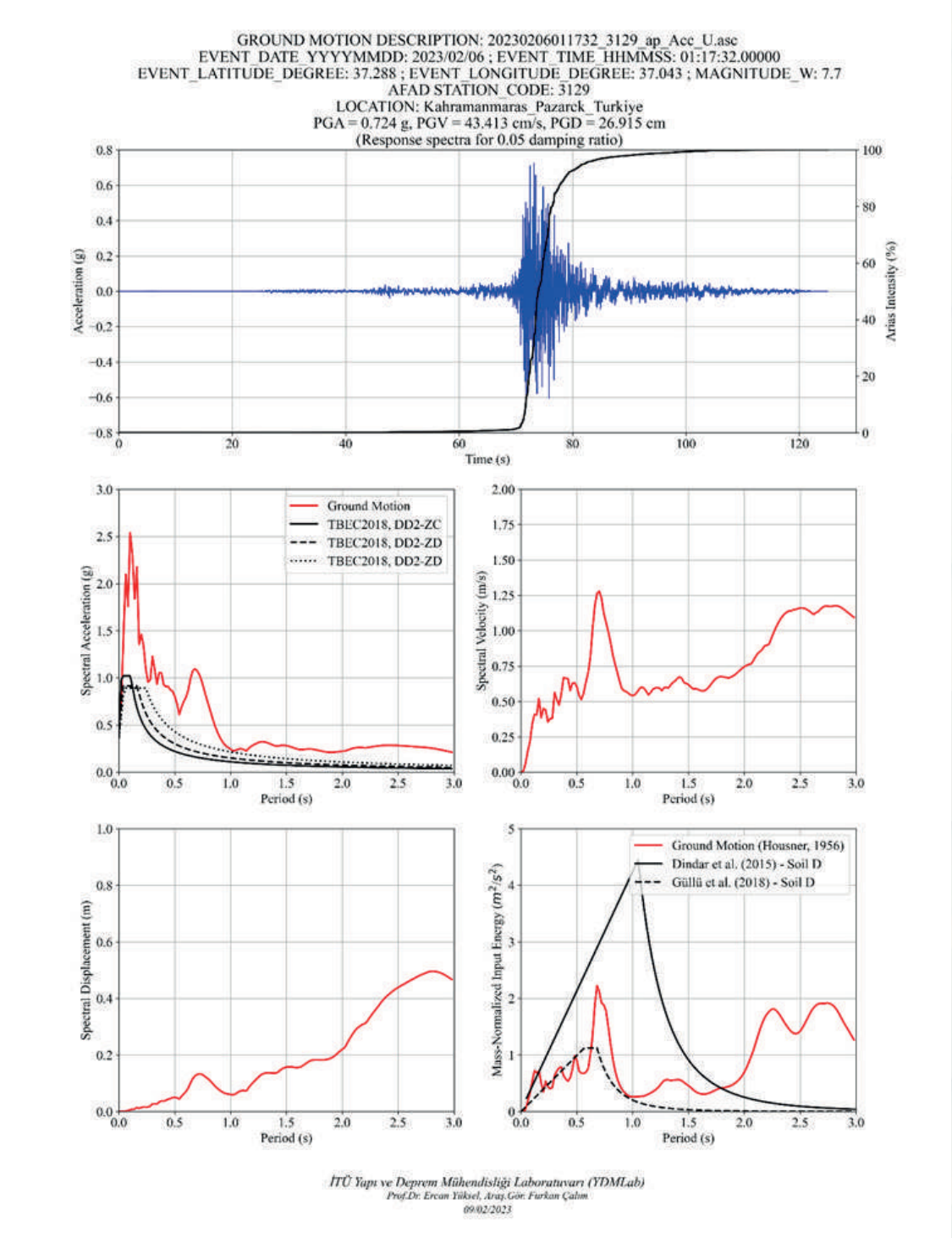
2.4. Hatay 3129 No'lu İstasyon



Şekil 2.7. *3129 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Doğu-Batı bileşeni.*

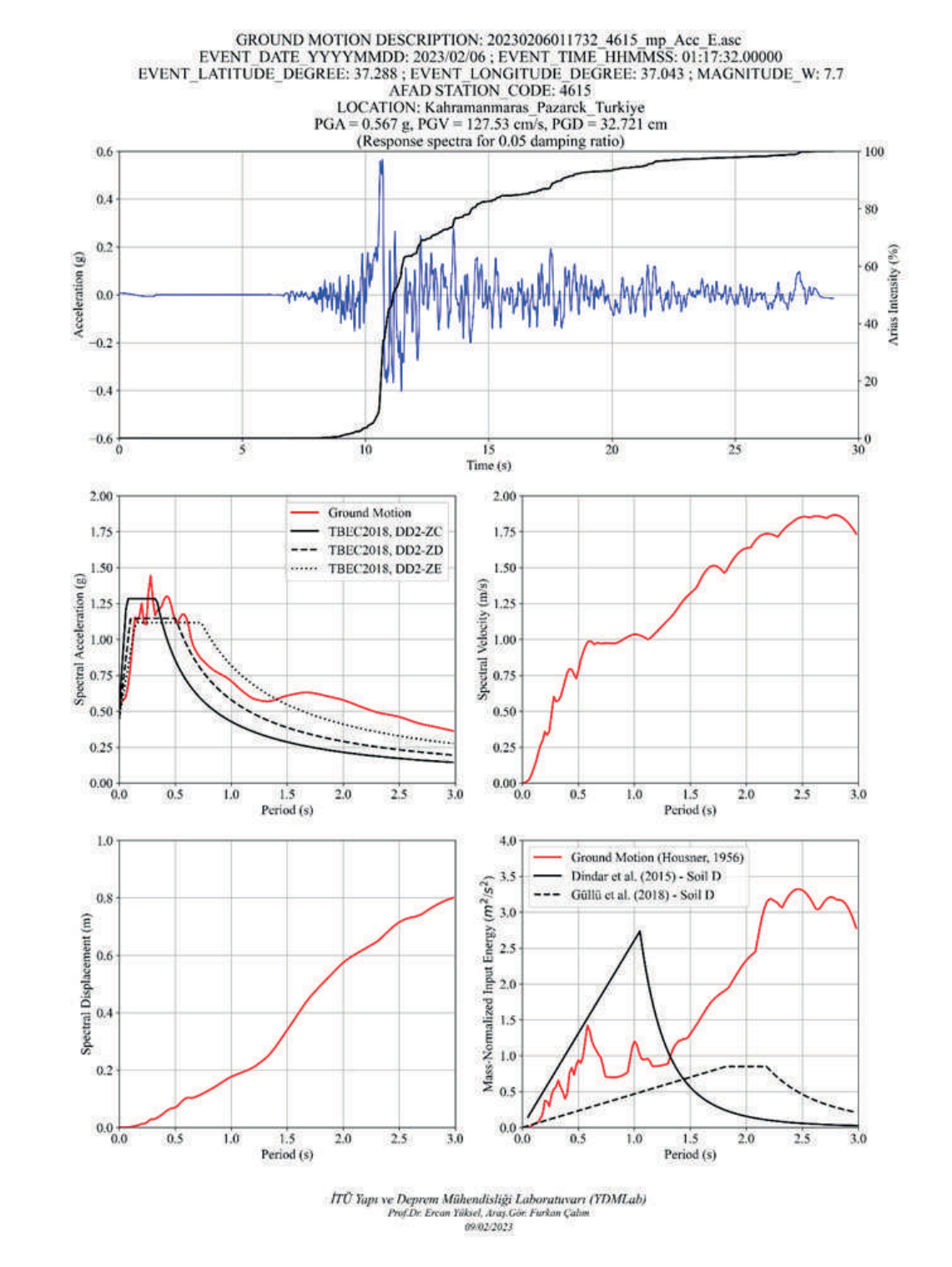


Şekil 2.8. *3129 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Kuzey-Güney bileşeni.*

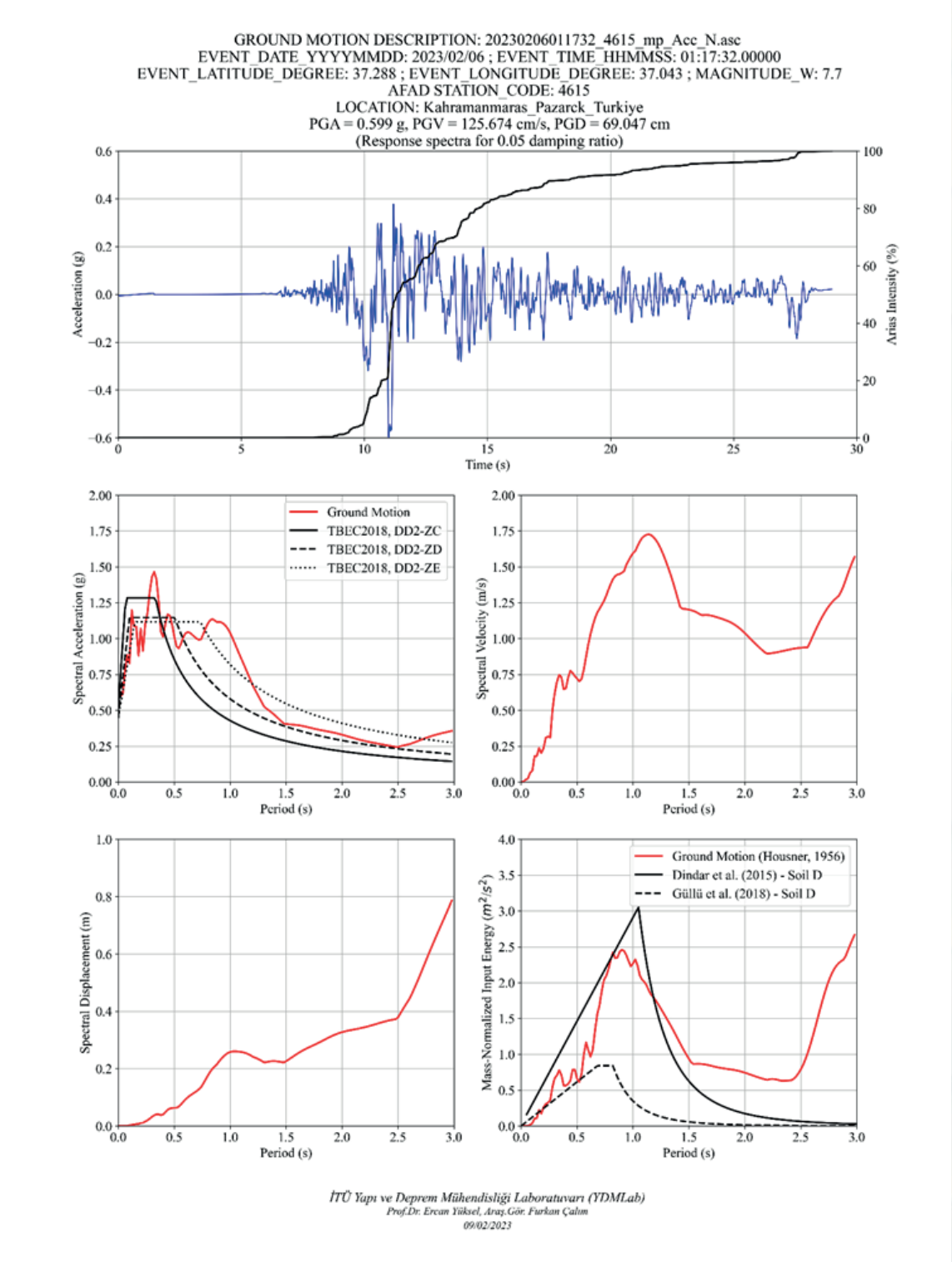


Şekil 2.9. *3129 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Düşey bileşen.*

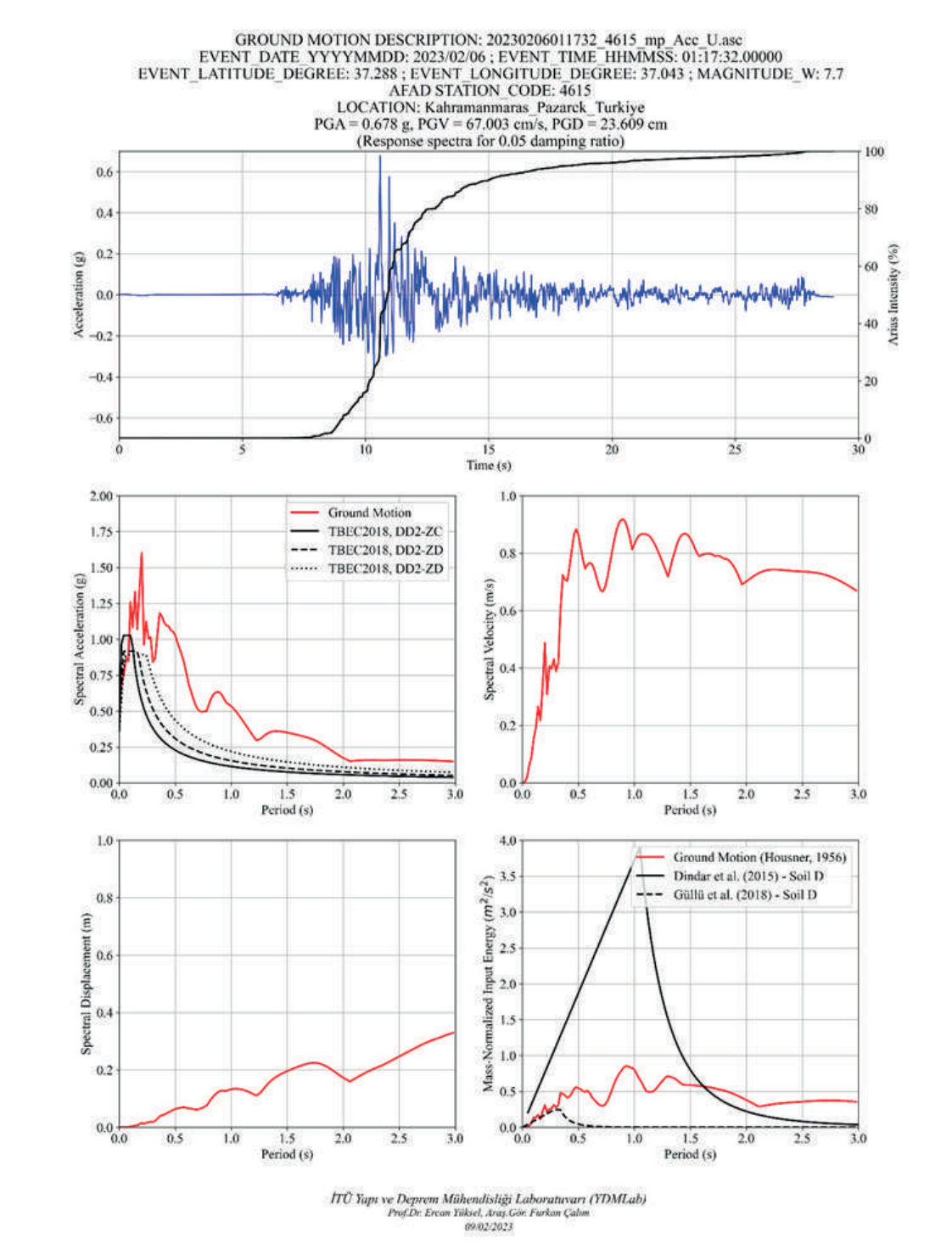
2.5. Kahramanmaraş 4615 No'lu İstasyon



Şekil 2.10. *4615 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Doğu-Batı bileşeni.*



Şekil 2.11. *4615 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Kuzey-Güney bileşeni.*



Şekil 2.12. *4615 No'lu İstasyon verilerinin incelenmesi: Düşey bileşen.*

3. Yapısal Hasarların Değerlendirilmesi

Prof. Dr. Abdul Hayır, Prof. Dr. Engin Orakdöğen, Prof. Dr. Ercan Yüksel, Prof. Dr. Kadir Güler, Prof. Dr. Mustafa Gençoğlu, Prof. Dr. Mustafa Yanalak, Prof. Dr. Nebiye Musaoğlu, Prof. Dr. Selçuk Paker, Prof. Dr. Turgut Öztürk, Doç. Dr. Ufuk Yazgan, Doç. Dr. Barlas Özden Çağlayan, Doç. Dr. Beyza Taşkın, Dr. Öğr. Üyesi Fatih Sütçü, Dr. Öğr. Üyesi Pınar Özdemir Çağlayan

Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan Depremleri sonrasında kamu yapılarının mevcut hasar durumlarının incelenmesine yönelik olarak İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üye ve yardımcılarından oluşan 21 kişilik ekiple 12 ve 13 Şubat 2023 tarihlerinde Adıyaman ilinin Merkez, Tut ve Çelikhan ilçeleri ile Pınarbaşı beldesinde tespitler yapılmıştır. İncelemelerde toptan göçmeye maruz kalmış binalar hariç tutulmuş olup, 33'ü okul binası; 10'u hastane binası; 27'si idari bina; 11'i otel, pansiyon ve lojman binası; 14'ü cami; 17'si de diğer grupta tanımlanan müze, taziye evi, halk eğitim merkezi vb. olmak kaydıyla toplam 112 adet bina değerlendirilmiştir. Her bir grupta yer alan binaların hasar durumları Tablo 3.1'de özetlenmektedir.

Tablo 3.1. *Kamu Binalarında Tespit Edilen Hasarların Dağılımı*

	Okul	Hastane	İdari	Otel-Pansiyon	Cami	Diğer
Hasarsız	11	6	7	2	3	6
Hafif Hasarlı	15	3	15	7	9	9
Orta Hasarlı	3	0	3	1	2	2
Ağır Hasarlı	4	1	2	1	0	0

Gözlemlenen hasarlara ait değerlendirmeler farklı yapı grupları için aşağıdaki paragraflarda özetlenmektedir.

10 farklı kentte yaygın etki oluşturan depremler sonrasında bazı yerleşim bölgelerindeki toptan göçmüş yapılar ise İTÜ UHUZAM tarafından uzaktan algılama verileri ile haritalandırılmıştır.

3.1. Uzaktan Algılama Verileri ile Kahramanmaraş Depremleri Ön Değerlendirmesi (İTÜ UHUZAM)

Ülkemizde 06.02.2023 tarihinde meydana gelen depremler Şekil 3.1'de gösterilen 10 ilimizde oldukça büyük ve yıkıcı etkiler göstermiştir.



Şekil 3.1. *Depremden etkilenen iller*

Afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası yapılacak çalışmalarda kısa sürede doğru ve güncel bilgiye ulaşmak büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda uzaktan algılama verileri geniş alanlarda veriye hızlı erişim ve sürekli izleme olanağı sağlar. Afet sonrasında afetin boyutlarının ortaya konması ve koordinasyonda uzaktan algılama verileri ile durum tespiti yapmak mümkündür. Özellikle uydu görüntülerinden oluşturulan zaman serileri afet öncesi risk belirleme çalışmalarında önemli girdi oluşturmaktadır (Geib, 2013; Musaoglu vd. 2015; Murray vd. 2018; Mazzeo vd. 2022). Uygun verinin ve görüntü işleme yöntemlerinin seçilmesi ile zamansal değişimleri irdeleyerek arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimleri belirlemek, toz fırtınalarından (Alzubade vd., 2021) kuraklık analizlerine (Kocaaslan vd. 2021) ya da iklim değişikliği etkilerine kadar (Türkeş vd. 2015) farklı amaçlarla çalışmalar gerçekleştirmek, bu bilgileri coğrafi bilgi sistemi ortamında analiz etmek (Shah vd., 2019, Puttinaovarat ve Paramate, 2020; Zhan vd. 2022) mümkündür. Optik verilerden yapılan çalışmaların yanı sıra radar teknolojisi ile de deformasyonları belirleme amaçlı çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Erten ve Rossi, 2019; Ma vd. 2019; Filizzola vd. 2022; Yağmur vd. 2022). Bu bağlamda ülkeler uzaktan algılama verilerini uzun yıllardır afet yönetimi çalışmalarında operasyonel olarak kullanmaktadır. Örneğin; Amerika Birleşik Devletleri 1999 yılında afet ile ilgili çalışmalarda uzaktan algılama verilerinin kullanımı konusundaki prosedürleri yayınlamış (FEMA, 1999), Asya-Pasifik ülkeleri 2006 yılında uzay teknolojilerini afet ile ilgili çalışmalarda kullanmak üzere Sentinel Asia insiyatifini kurmuşlardır (URL-1).

Deprem meydana geldikten sonra İTÜ UHUZAM'da hemen görüntü arşivleri incelenmiş ve deprem bölgesine ait mevcut görüntüler belirlenmiştir. Uydu verisi sağlayıcıları ile iletişime geçilerek bölgeden alınan görüntülere erişim sağlanmıştır. Ancak bölgede çok geniş alanı kapsayan iklimsel bulutluluk ve hava koşullarının uygun olmaması nedeniyle ilk 24 saat süresince optik uydu görüntüleri uydu işletmecileri tarafından kullanılabilir şekilde alınamamıştır. Bulut engelinin azalması ile en erken 7.2.2023 tarihinde ve devam eden günlerde optik uydu görüntüleri temin edilmeye başlanmıştır. Görüntülerin bir kısmı UHUZAM arşivine entegre edilmiş ve tüm deprem verileri kullanıcıların erişimine açılmıştır.

Depremden etkilenen bölgede görüntü sağlanabilen alanlar farklı çözünürlük özelliklerine sahip uydu görüntülerinden incelenmiştir. Öncelikle hızlı bilgi çıkarmak amacıyla yerleşim merkezlerindeki yıkılan binalar görüntüler üzerinden belirlenmiş ve kurumlarla paylaşılmıştır. Yıkık binaların belirlenmesinde kullanılan uydu görüntülerinin teknik özellikleri Tablo 3.2'de gösterilmektedir.

Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinden algılayıcılarla kaydedilen görüntülerin bir arada değerlendirilmesiyle üretilen bilginin doğruluğu arttırılır. Şekil 3.2'de aynı bölge için farklı algılayıcılar tarafından kaydedilmiş görüntülerden yıkık binaların durumu gösterilmektedir. Doğru bilgi üretilmesi için görüntülerin algılama geometrileri ve aydınlanma koşulları uygun olmalıdır. Ancak afet durumu sebebiyle acil görüntü ihtiyacı olduğundan görüntülerin hepsi uygun algılama açılarında ve atmosfer koşullarında algılanamamıştır. Bazı bölgelerin karla kaplı olması da değerlendirmeyi zorlaştırmıştır. Şekil 3.3'te karla kaplı alana ait yapay açıklıklı radar ve optik uydu görüntüsü örneği gösterilmektedir. Deprem sonrası yüksek çözünürlüklü yapay açıklıklı radar verileri sağlanamadığı için değerlendirmeler sadece optik görüntülerden yapılmıştır.

Uzaktan algılama verilerinden üretilen sonuçların doğruluk analizlerinin yapılması gerekir. Ancak afet koşulları nedeniyle bu mümkün olmamıştır. Afet yönetimine katkıda bulunmak amacıyla hızlıca görüntülerden tamamıyla yıkılmış ve büyük oranda hasar almış binalar tespit edilmiştir. Bazı yerlerde birbirine yakın binaların tamamen yıkılması nedeniyle bina sınırı belirlenememiş ve enkaz alanının etrafında poligon oluşturulmuştur. Bu raporda verilen sonuçların değerlendirilmesinde sözü edilen konular göz önünde bulundurulmalıdır. Önümüzdeki günlerde uydu görüntülerinin kapsamlı analizleriyle daha detaylı ve doğruluğu yüksek sonuçlar üretileceği açıktır.

Tablo 3.2. *Yıkık binaların tespitinde kullanılan uydu görüntüleri*

Uydu Adı	Mekânsal Çözünürlük	Spektral Çözünürlük	Şerit genişliği
SPOT 6/7	PAN 1,5 m, MS 6 m	Pankromatik: 0.450-0.745 µm Mavi: 0.450-0.520 µm Yeşil: 0.530-0.590 µm Kırmızı: 0.625-0.695 µm Yakın Kızılötesi 0.760-0.890 µm	60 km
Pleiades	PAN 50 cm MS 2 m	Pankromatik: 0.480-0.830 µm Mavi: 0.430-0.550 µm Yeşil: 0.490-0.610 µm Kırmızı: 0.600-0.720 µm Yakın Kızılötesi 0.750-0.950 µm	20 km
Pleiades Neo	PAN 30 cm MS 1.2 m	Pankromatik: 0.450-0.800 µm Derin Mavi: 0.400-0.450 µm Mavi: 0.450-0.520 µm Yeşil: 0.530 – 0.590 µm Kırmızı: 0.620 – 0.690 µm Kırmızı kenar: 0.700 – 0.750 µm Yakın Kızılötesi: 0.770 – 0.880 µm	14 km
Worldview 2	PAN 46 cm MS 1,84 m	Pankromatik: 0.450-0.800 µm 8 Multispektral: (kırmızı, yakın kırmızı, kıyısal, mavi, yeşil, sarı, yakın-KÖ1 ve yakın-KÖ2) 0.400 - 1.040 µm	13 km
Worldview 3	PAN 31 cm MS 1,24 m		
GeoEye-1	PAN 41 cm, MS 1,64 m	Pankromatik: 0.450 – 0.900 µm Mavi: 0.450 – 0.510 µm Yeşil: 0.520 – 0.580 µm Kırmızı: 0.655 – 0.690 µm Yakın Kızılötesi: 0.780 – 0.920 µm	15 km

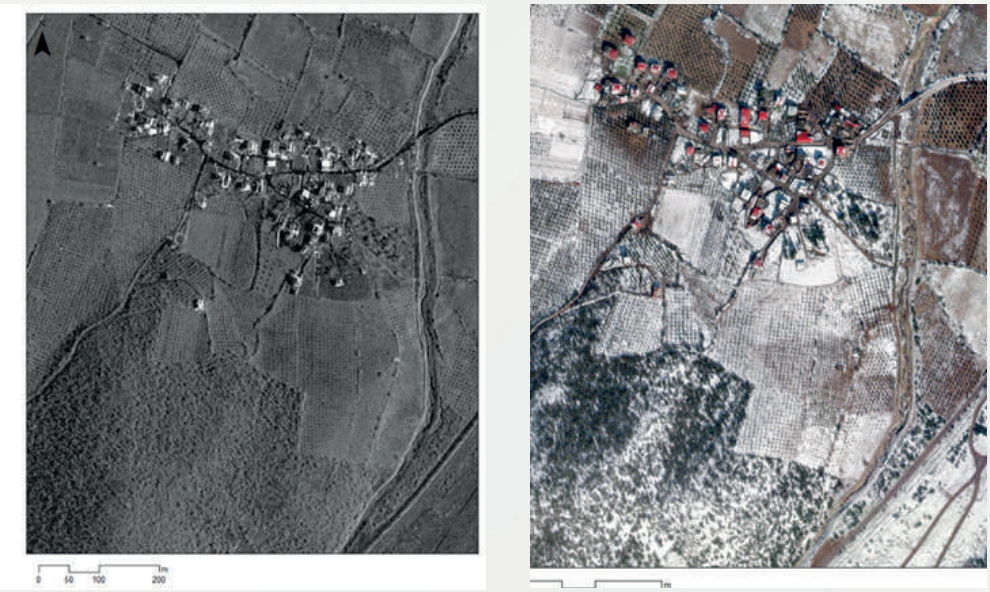


(a) *(b)*



(c)

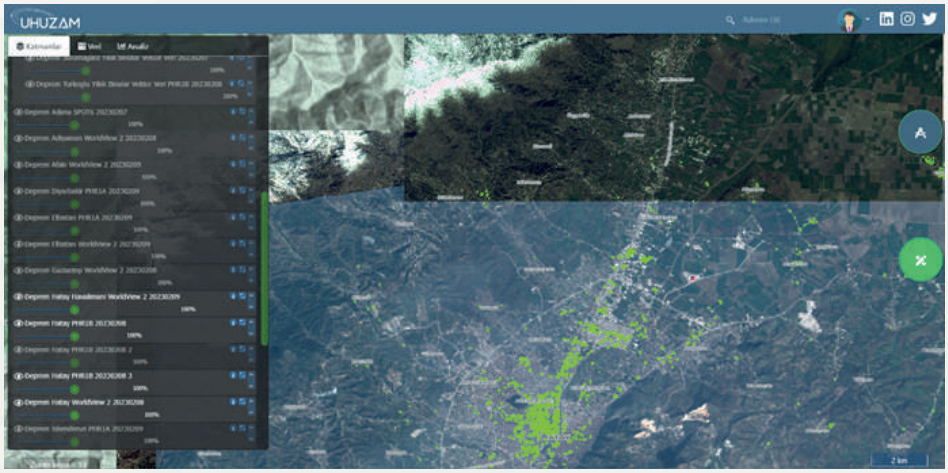
Şekil 3.2. *07.02.2023 Islahiye yıkık bina örneği a) GeoEye-1 Pan Keskinleştirilmiş Görüntü b) World-View-3 Pan Keskinleştirilmiş Görüntü c) WorldView-3 Pankromatik Görüntü*



(a) *(b)*

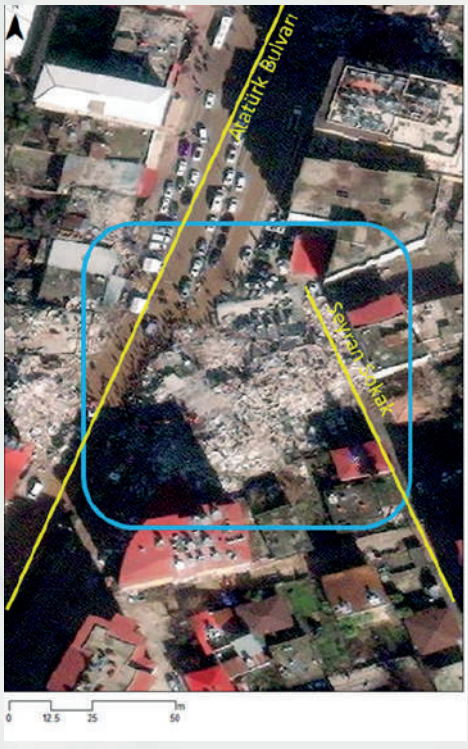
Şekil 3.3. *a) 09.02.2023 Telli-Islahiye Capella Uydu Görüntüsü (URL-2) b) 07.02.2023 Worldview-3 uydu görüntüsü*

UHUZAM tarafından sağlanan veya açık erişimde olan görüntüler kısa sürede UHUZAM web servisi üzerinden https://maps.cscrs.itu.edu.tr/WebGIS-V3/index.xhtml adresinden erişime açılmıştır. Ayrıca arazide yapılan çalışmalara destek olmak amacıyla görüntüler yüksek çözünürlüklü olarak hazırlanarak talep eden kişilerle paylaşılmıştır. Uydu görüntüleri temin edildikçe UHUZAM tarafından yıkık binalar tespit edilerek web harita servisi üzerinden yayınlanmış ve kurumlarla vektör formatta paylaşılmıştır (Şekil 3.4). Kullanıcılara verilen erişim yetkilendirmesiyle sisteme erişim sağlanmaktayken, hem görüntüler hem de yıkılan binaların dağılımı incelenebilmektedir.

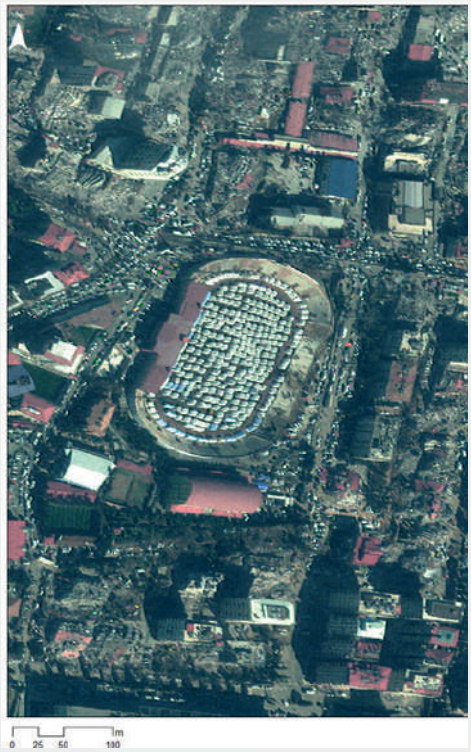


Şekil 3.4. *İTÜ UHUZAM web servisi*

Uydu görüntülerinden hasarlı binaların yanı sıra hasar nedeniyle kapanan yollar (Şekil 3.5a), deprem sonrası çadır kurulumu (Şekil 3.5b), yüzeyde oluşan kırıklar (Şekil 3.6) belirlenmiştir. İnterferometrik SAR verilerinden yükseklik deformasyonlarının belirlenebilmesi de mümkün olacaktır. Afet öncesi tarihlere ait görüntülerin mevcut olması durumunda değişim analizlerinin gerçekleştirilmesi de mümkündür. Şekil 3.7'de deprem öncesi ve sonrası Kahramanmaraş merkez görüntü örneği verilmiştir.



Şekil 3.5a. *Gaziantep- Islahiye uydu görüntüsünden kapanan yol örneği*



Şekil 3.5b. *Kahramanmaraş merkezde kurulan çadır alanlarının uydu görüntüsü*



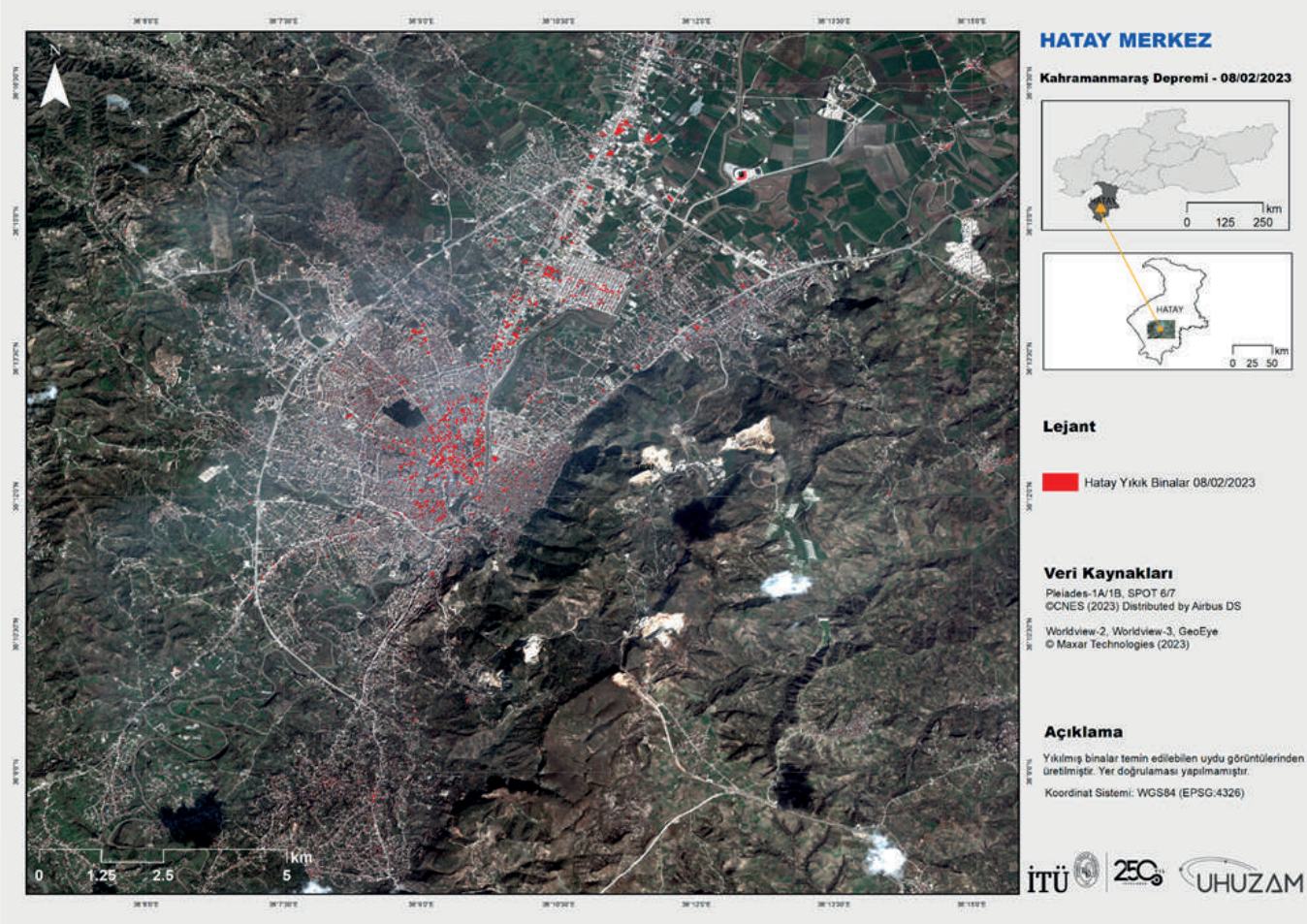
(a) (b)

Şekil 3.6a. *Hatay Havalimanı'nda meydana gelen değişimler - 09.02.2023*
Şekil 3.6b. *Hatay yüzey deformasyonu*

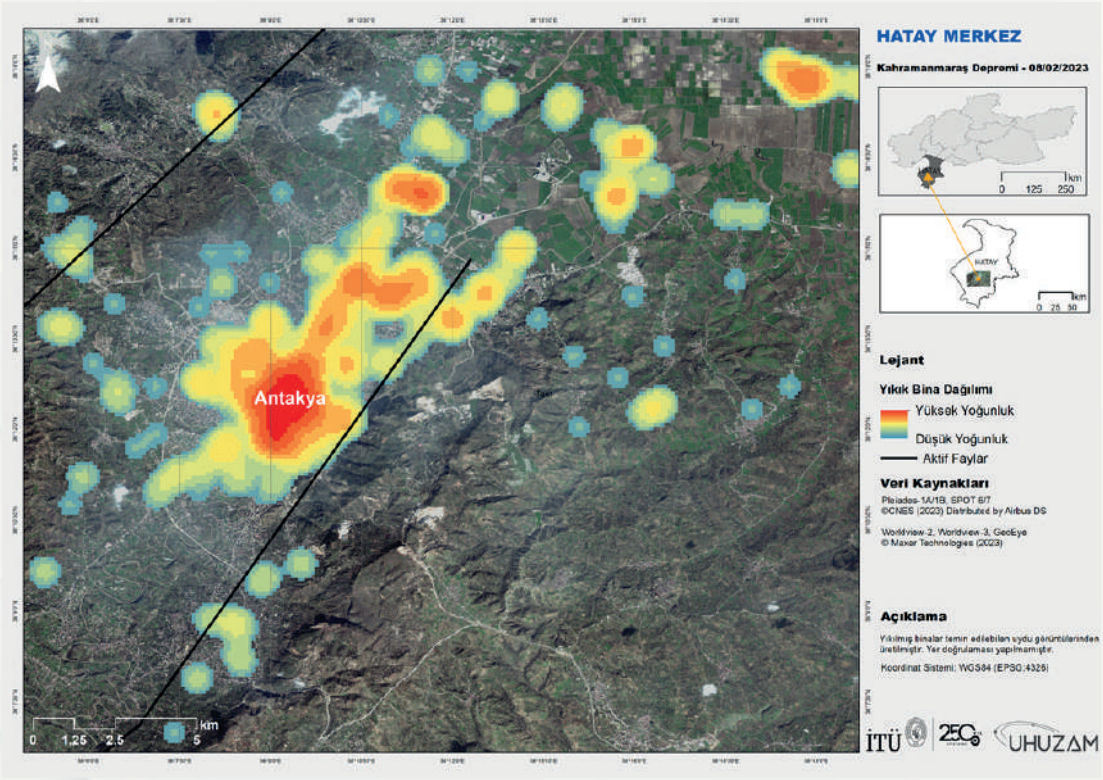


Şekil 3.7. *Kahramanmaraş merkez deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri*

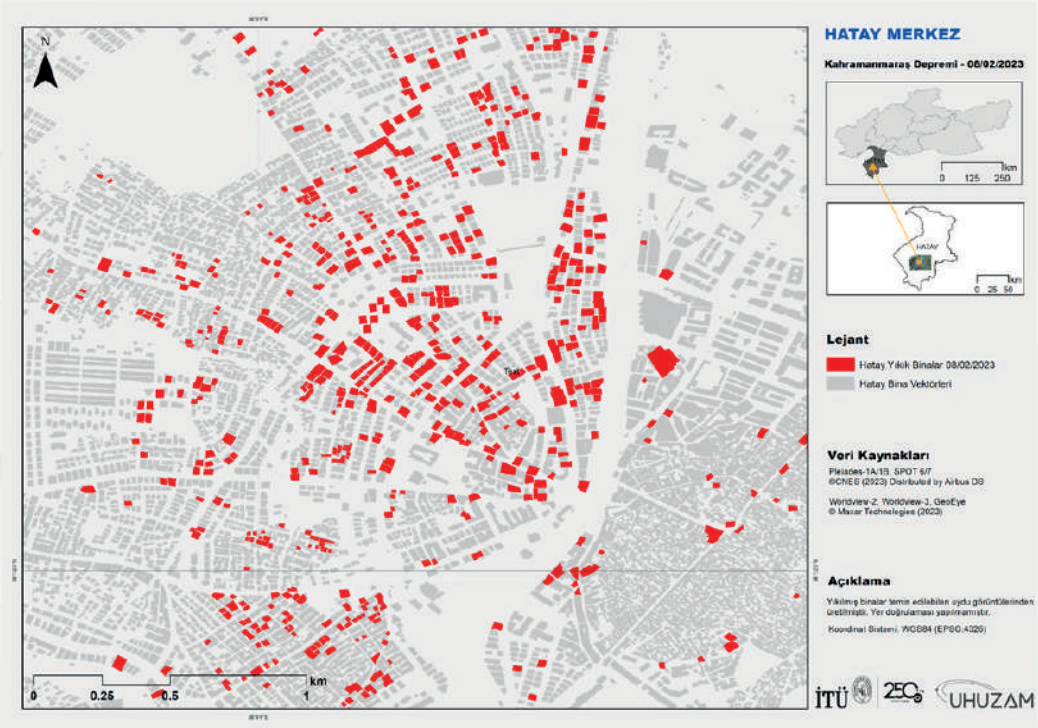
Uydu görüntülerinden toptan göçmeye maruz kalan binaları gösterir haritalar Şekil 3.8-Şekil 3.20'de verilmektedir.



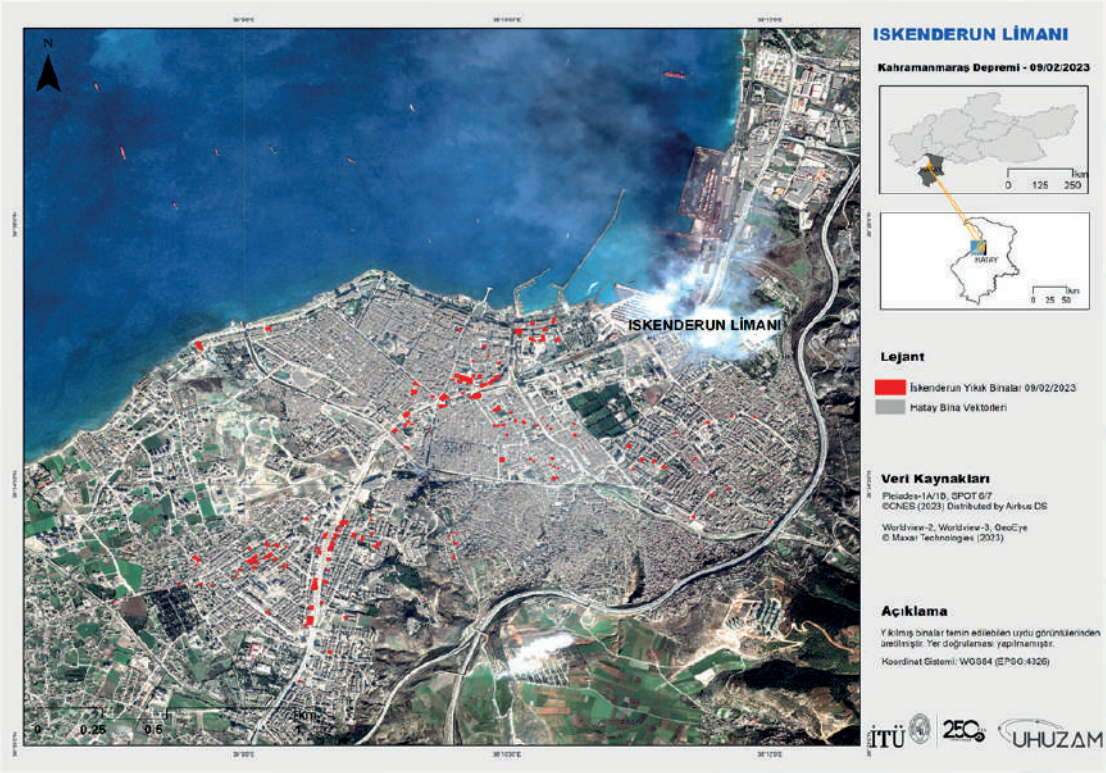
Şekil 3.8. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Hatay merkez ve çevresindeki yıkık binalar*



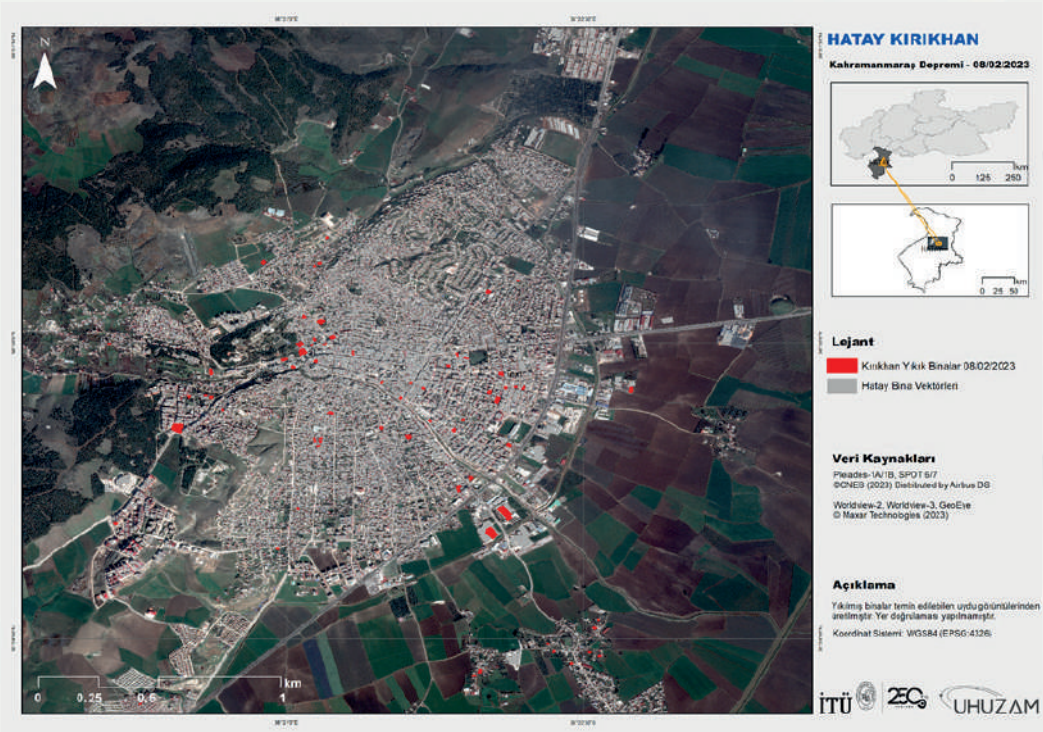
Şekil 3.9. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Hatay merkez ve çevresindeki yıkık binaların yoğunluğu*



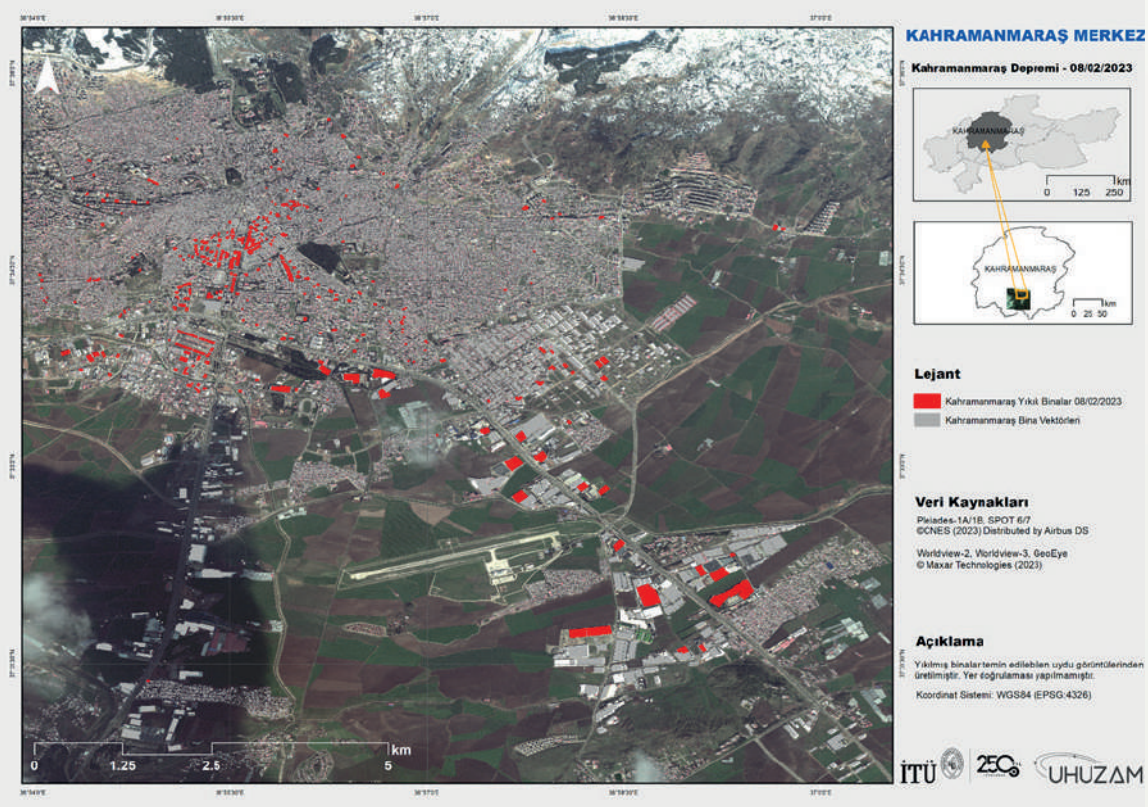
Şekil 3.10. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Hatay merkezdeki yıkık binalar*



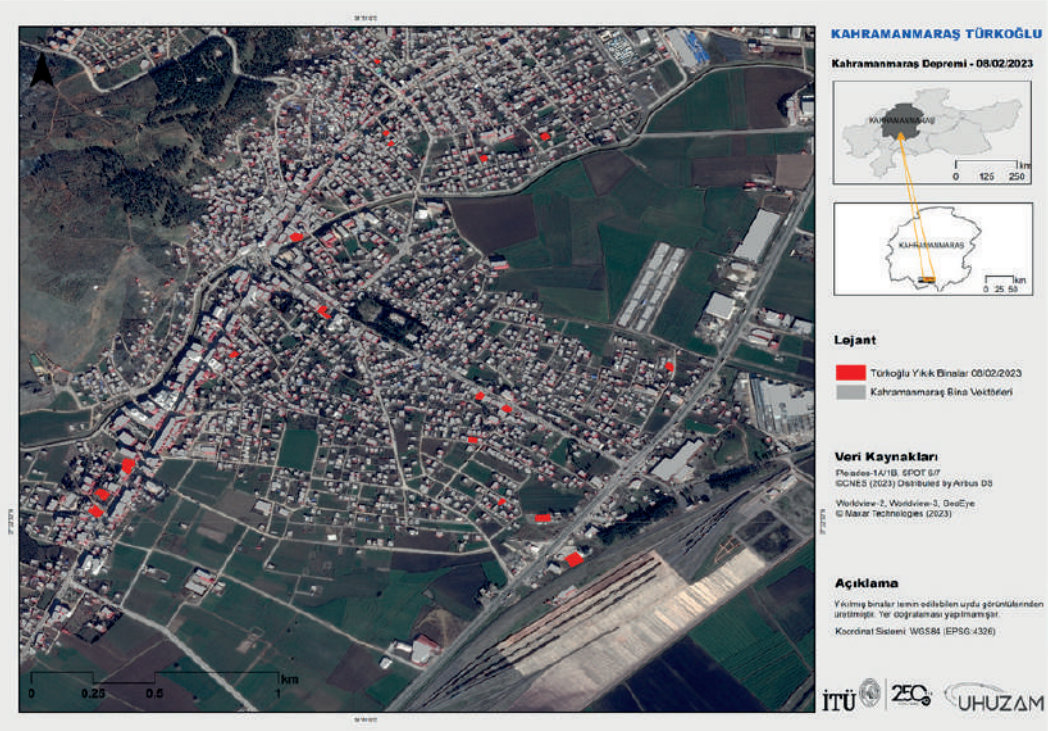
Şekil 3.11. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Hatay-İskenderun'daki yıkık binalar*



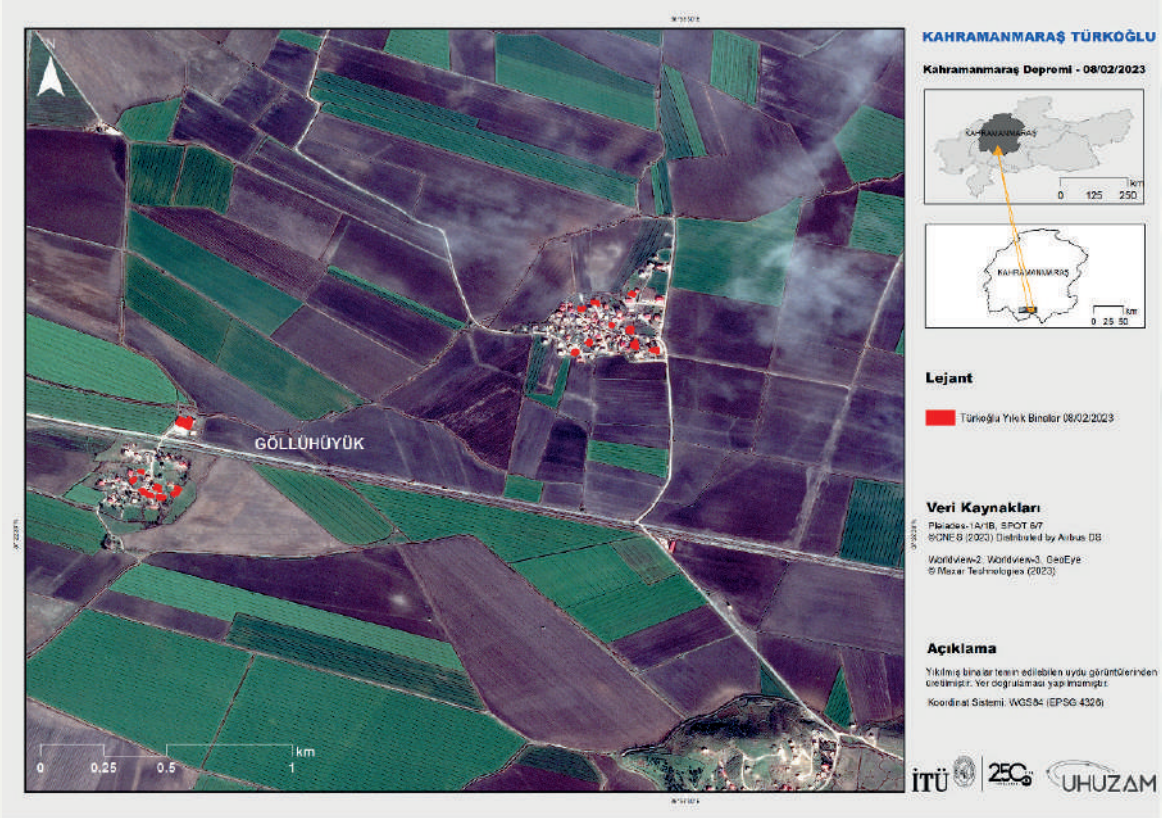
Şekil 3.12. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Hatay-Kırıkhan'daki yıkık binalar*



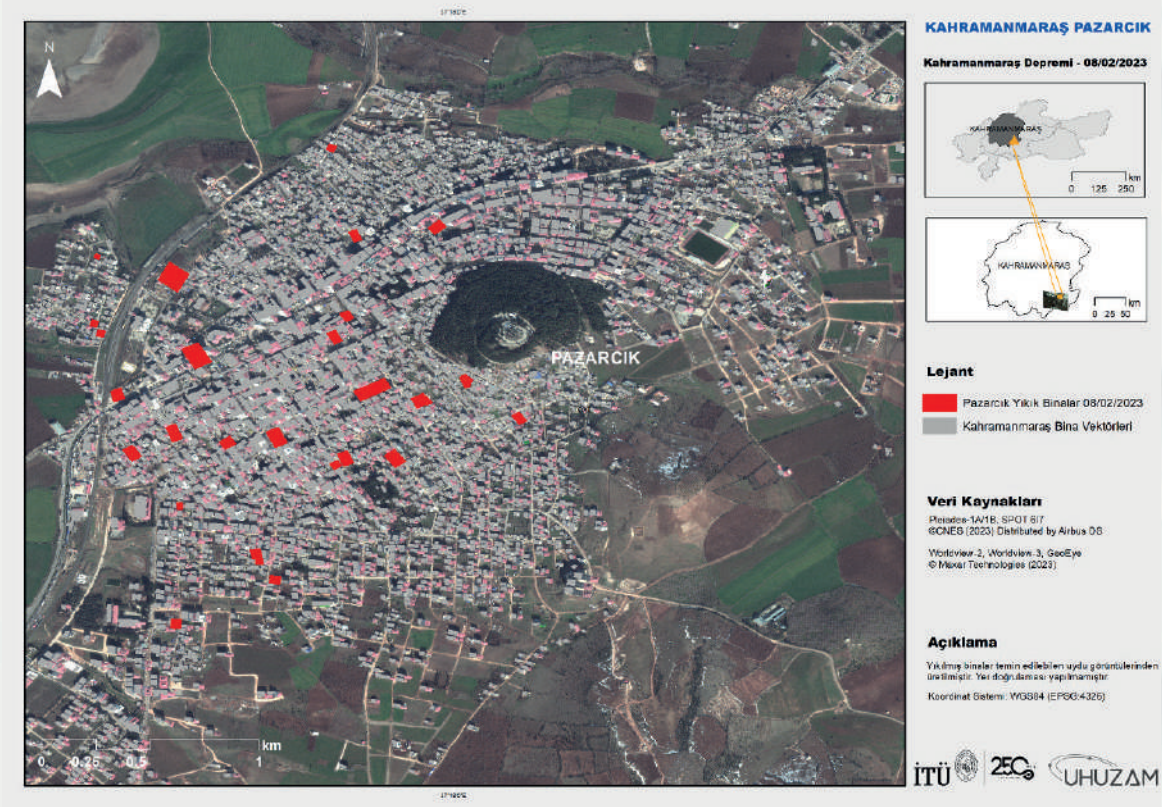
***Şekil 3.13**. Uydu görüntülerinden tespit edilen Kahramanmaraş'taki yıkık binalar*



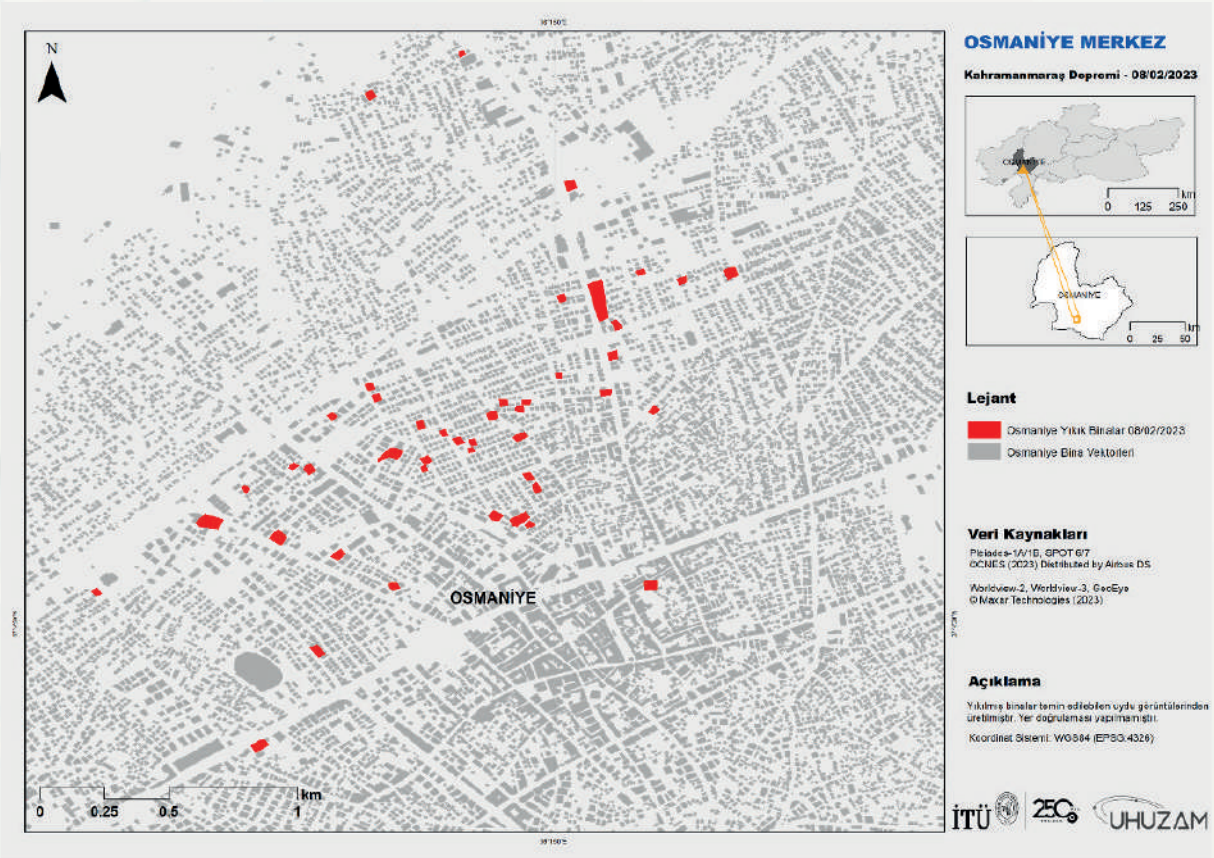
***Şekil 3.14.** Uydu görüntülerinden tespit edilen Kahramanmaraş-Türkoğlu'ndaki yıkık binalar*



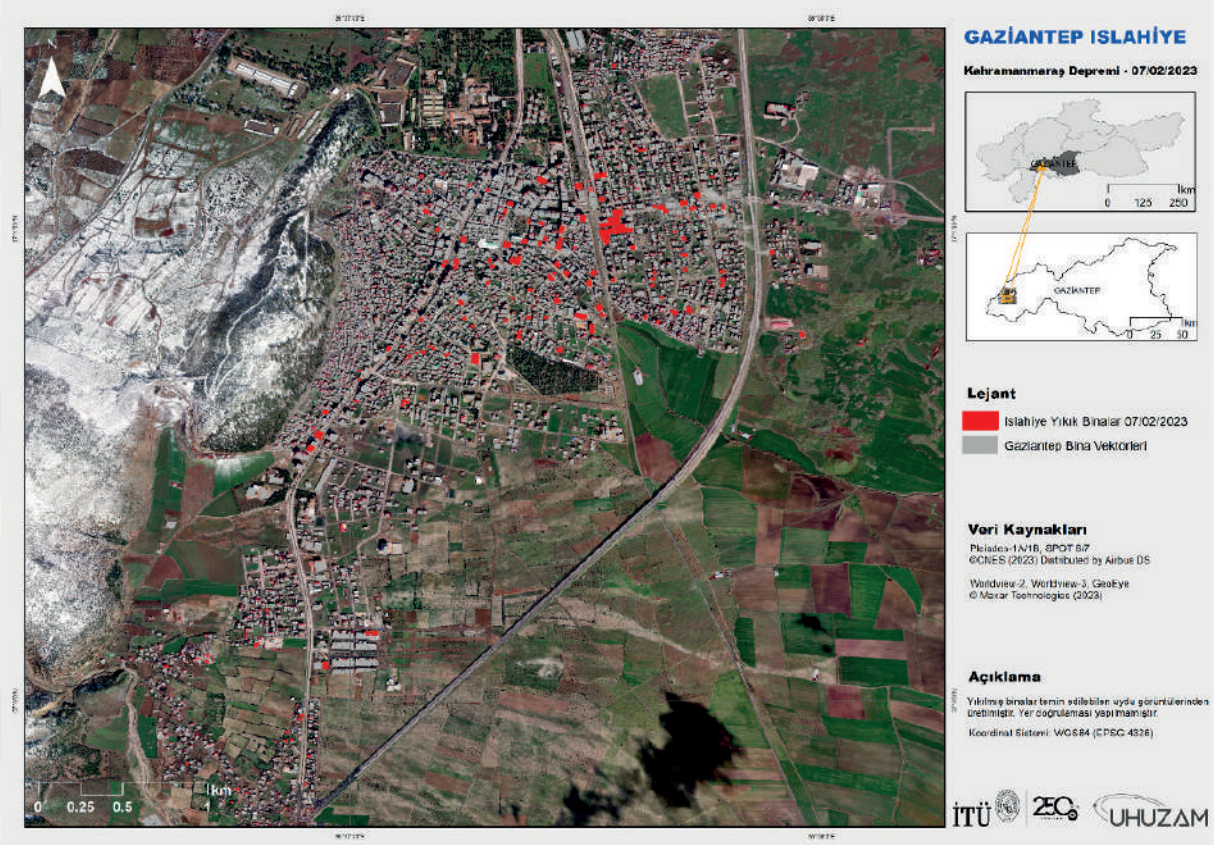
Şekil 3.15. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Kahramanmaraş-Türkoğlu Göllühüyük Köyü'ndeki yıkık binalar*



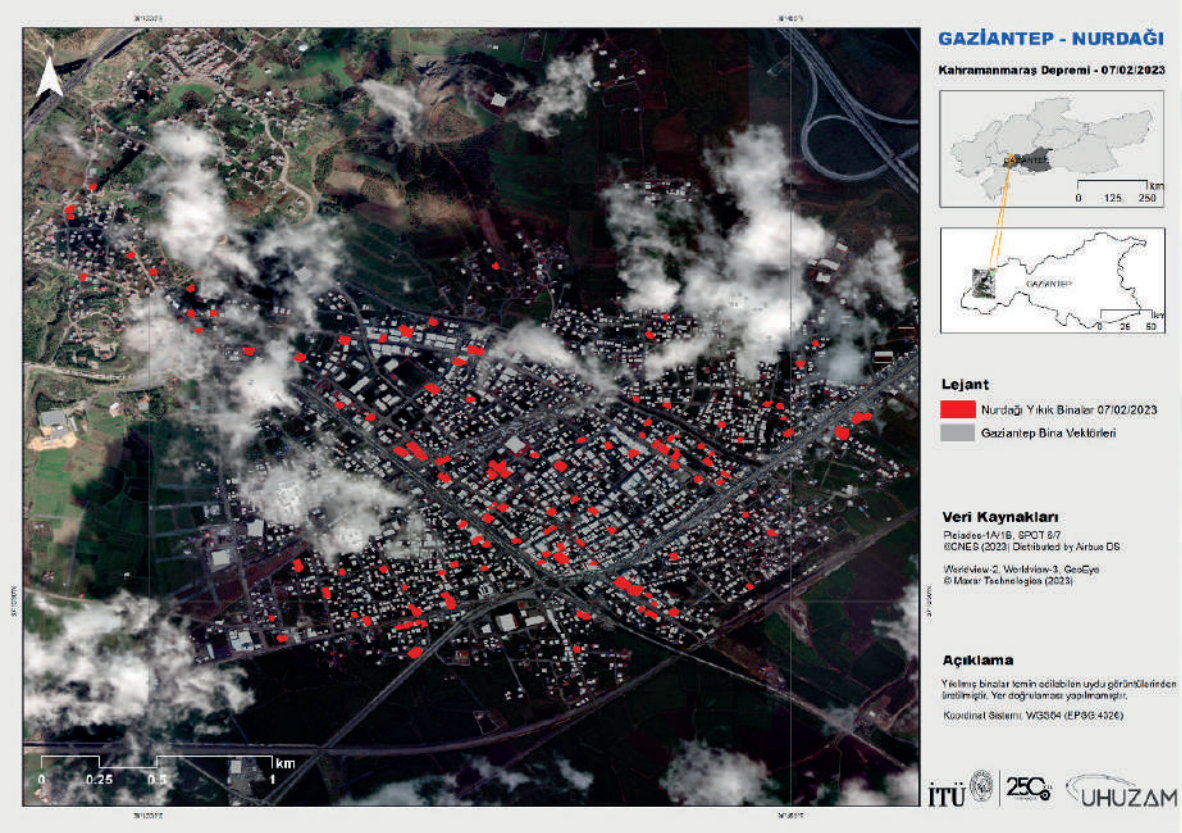
Şekil 3.16. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Kahramanmaraş-Pazarcık'taki yıkık binalar*



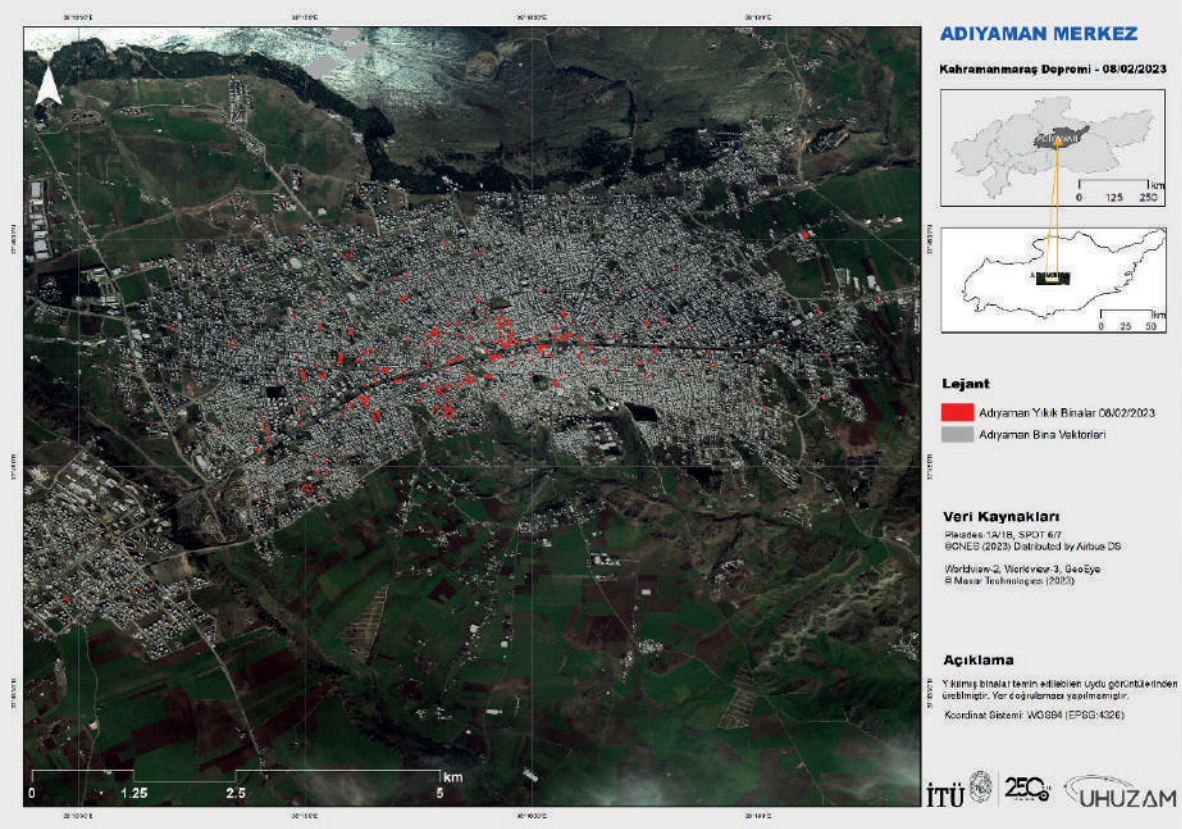
Şekil 3.17. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Osmaniye'deki yıkık binalar*



Şekil 3.18. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Gaziantep-Islahiye'deki yıkık binalar*



Şekil 3.19. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Gaziantep-Nurdağı'ndaki yıkık binalar*



Şekil 3.20. *Uydu görüntülerinden tespit edilen Adıyaman'daki yıkık binalar*

16.02.2023 tarihi itibariyle mevcut uydu görüntülerinden belirlenen yıkık bina sayıları özet olarak Tablo 3.3'te verilmektedir.

Tablo 3.3. *Mevcut Uydu Görüntülerinden Belirlenen Yıkık Bina Sayıları*

İl	İlçe	Yıkık Bina Sayısı
Hatay	Merkez ve Çevresi (Defne, Altınözü, Samandağ, Belen, İskenderun)	1760
Adıyaman	Merkez	456
Kahramanmaraş	Oniki Şubat, Dulkadiroğlu, Türkoğlu, Pazarcık	806
Gaziantep	İslahiye, Nurdağı	362
Osmaniye	Merkez	64
Malatya	Merkez	510
	Toplam Yıkık Bina Sayısı	**3958**

Afetler tarih boyunca tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaşanmıştır ve gelecekte de yaşanma olasılığı bulunmaktadır. Ülkemiz coğrafi konumu ve yaşanmakta olan iklim değişikliği nedeniyle birçok doğal afetin oluşma riskini taşımaktadır. Afet yönetimi, farklı disiplinlerden birçok bilgiye ihtiyaç duyan, bütünleşik bir yaklaşımla ele alınması gereken oldukça kapsamlı bir konudur. Afet yönetiminin tüm bileşenleri için yapılacak çalışmalarda doğru ve güncel bilgiye kısa sürede ulaşma, değişiklikleri ve etkilerini sürekli izleme gereksinimi bulunmaktadır. Günümüzde uydu görüntülerinin zamansal, mekânsal ve spektral çözünürlük özelliklerindeki artış farklı ölçeklerde detaylı bilgi çıkartılmasına olanak sağlamaktadır.

Doğal afetlerden sonra uydu görüntülerinin koordineli bir şekilde sağlanması için oluşturulmuş "The International Charter Space and Major Disasters" Kahramanmaraş Depremi sonrasında da birçok uydu görüntüsünü sunmuş ve çalışmalar için önemli bir veri kaynağı oluşmuştur (URL-3). Bu veriler kullanılarak farklı kurumlar tarafından bilgi de üretilmiştir (URL 4-7). AFAD (URL-8), Harita Genel Müdürlüğü (URL-9), Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (URL-10) ve UHUZAM (URL-11) gibi kurumlarca hem bu kurumdan hem de kendi olanaklarıyla sağlanan veriler erişime açılmıştır. Ancak afetin hemen sonrasında hızlı bilgiye ihtiyaç duyulduğu süreçte bu verilerden aynı bilgiyi üretmek için birçok kurum kuruluş veya araştırmacının çalışıyor olması işgücü ve zaman kaybına neden olmuştur. Özellikle afetler sırasında hızlı bilgi sağlamak amacıyla kurumların önceden görev paylaşımı yapması, üretilecek verilerin standartlarının ve nasıl paylaşılacağının belirlenmesi bu verilerin hızlıca işlenerek ilgili birimlerle paylaşılması önem taşımaktadır.

Afet sonrası bilgiye kısa sürede ulaşmak büyük önem taşır. Afet öncesi de zamansal-mekânsal değerlendirmelerin yapılması için sistematik olarak uydu görüntülerinin arşivlenmesi ve bir coğrafi bilgi sistemine entegre edilmesi zorunluluktur. Uydu görüntüleri afetlerden sonra kısa sürede temin edilebilir. Bu verilerden hızlıca bilgi üretilerek örneğin yıkık binalar, kapalı yollar, meydana gelen yangın vb. olayların yerleri, nereleri etkilediği, toplanma vb. için gerekli açık alanlar belirlenebilir. Bu verilerle afet sonrası müdahalenin planlanmasına önemli destek sağlanabilir. Uydu görüntüsünden yapılan bu çalışmalar daha sonra detaylandırılarak doğruluk analizleri yapılır. Burada uydu görüntüsüne hızlı erişim, verinin kısa sürede doğru şekilde işlenmesi önem taşır. Uydu görüntülerinden bilgi çıkartılmasında görüntü üzerinden sayısallaştırmadan makine öğrenmesi ya da derin öğrenmeye kadar birçok yöntem kullanılabilir. Ülkemizde bu çalışmaları yapacak bilgi birikimine sahip araştırmacılar bulunmaktadır. Yapılacak bir koordinasyon ile afetlere hazırlık, afete müdahale ve afet yönetimi için uzaktan algılama verileriyle bilgi üretilip coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonunda karar destek sistemleri oluşturulmalıdır.

3.2. Okul Binalarında Gözlemlenen Hasarlar

6 Şubat 2023 Pazartesi günü Kahramanmaraş-Pazarcık ve Kahramanmaraş-Elbistan'da meydana gelen ve büyüklüğü sırasıyla Mw 7,7 ve Mw 7,6 olan yıkıcı depremlerden, Adıyaman ilindeki yapılar farklı düzeyde hasar görerek etkilenmiştir. Adıyaman'daki bazı kamu binaları ile Çelikhan ve Tut ilçelerinde tüm kamu binalarında ön hasar tespitleri yapılmıştır. Bu çerçevede Adıyaman'da bazı okul binalarında, Tut ve Çelikhan ilçelerinde ve Çelikhan-Pınarbaşı beldesinde okul binalarında inceleme yapılmıştır. Bazı okullarda bulunan yurt (pansiyon) binaları da incelenmiştir.

İncelenen okul ve pansiyon binaları, genel olarak betonarme perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip, döşemeleri kirişli plak sistem olan yapılardır. Sınırlı sayıda (bir adet) yığma okul binası da söz konusudur. Betonarme binaların çoğunun 2000'li yıllarda 1997 ya da 2007 Deprem Yönetmeliklerine göre projelendirildiği, ancak az sayıda okul binasının 1975 Deprem Yönetmeliği'nin geçerli olduğu yıllarda inşa edildiği söylenebilir. Yeni inşa edilen binalarda nervürlü donatı ve hazır beton kullanıldığı belirtilebilir.

2000'li yıllarda inşa edilen ve hizmete açılan betonarme okul binalarında oluşan başlıca hasarlar aşağıdaki gibi verilebilir:

• Betonarme binaların perde-çerçeve taşıyıcı sistem elemanları olan perde, kolon ve kirişlerde yapısal hasar tespit edilmemiştir.

• Okul binalarında yatay delikli tuğla bölme duvarlarında (bazı okullarda briket) oluşan hasarlar, genellikle diyagonal ve X çatlakları şeklinde olup, yaygın sıva dökülmeleri mevcuttur. Ayrıca, perde ve kolon ile kirişlerin duvar birleşimlerinde sırasıyla düşey ve yatay ayrılma çatlakları da söz konusudur.

• Bazı okul binalarında merdiven sisteminde hasarlar meydana gelmiştir. Onarım ve güçlendirme gereken bu hasarlar, merdiven kolu ile sahanlık plağı birleşimlerinde oluşmuştur. Merdiven kaplamalarında kırılma ve yerinden ayrılmalar da gözlenmiştir.

• Bazı okul ve pansiyon binalarında, sınırlı da olsa fayans dökülmesi gözlenmiştir.

• Bazı okullarda, subasman kotuna kadar olan granit vb. taş görünümlü dış cephe kaplamalarında dökülmeler meydana gelmiştir.

• Bazı okullarda, bina giriş kotunun yüksekte kalması nedeniyle, dışta giriş kotuna kadar yükseltilerek merdivenlerle oluşturulan platformların, binaya giriş bölgesinden ayrıldığı görülmüş, ayrıca, bu platformların kaplamalarında kabarmalar oluşmuş, okul bahçelerinde kilit taş kaplamalarda zemin oturmasına bağlı hasarlar da tespit edilmiştir.

• Gerek okul ve gerekse pansiyon binalarında asma tavan teşkilinin yaygın olduğu gözlenmiştir. Ancak, bu asma tavanlarda yer yer hasarlar oluştuğu, kaplamaların döküldüğü görülmüştür. Bu türden asma tavan uygulamalarının gözden geçirilmesi yanında, kullanılmaması daha uygun olabilir, zira gerek dersliklerde ve gerekse öğrenci yatakhaneleri ve diğer mekanlarda, öğrenci başına düşen hava hacmi azaltıldığından, konfor koşulunun da zayıflatılmış olduğu ifade edilebilir.



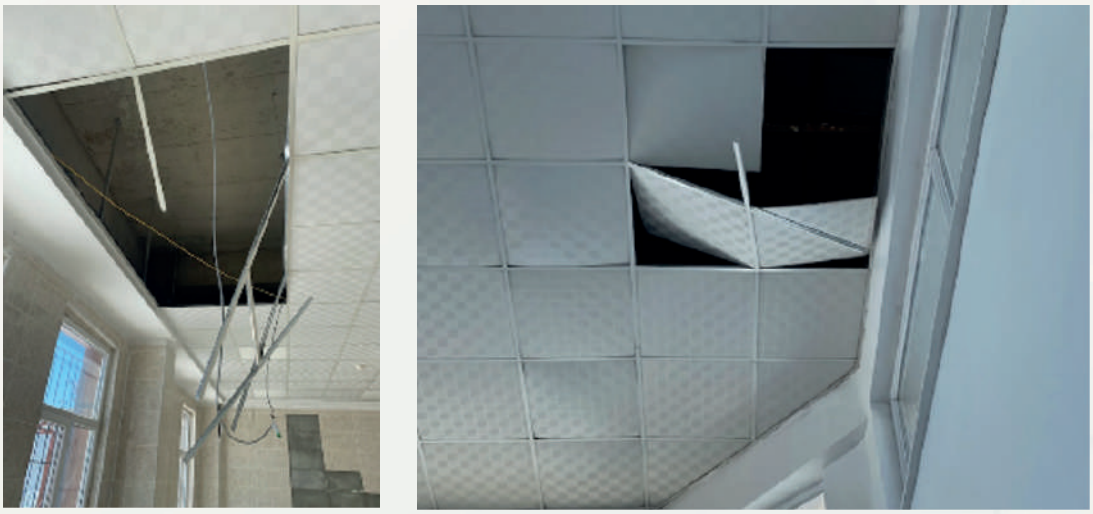
Şekil 3.21. *Çelikhan Ortaokulu binası, dış cephe kaplamalarında oluşan dökülmeler*



Şekil 3.22. *Çelikhan Ortaokulu binası bölme duvarlarında oluşan çatlaklar ve sıva dökülmeleri*



Şekil 3.23. *Çelikhan Ortaokulu binası merdiven sisteminde oluşan yapısal hasarlar ve merdiven kaplamalarındaki hasarlar*



Şekil 3.24. *Okul ve pansiyon binalarında oluşan yaygın asma tavan hasarlarına iki örnek*



Şekil 3.25. *Şehit Mesut Çelik İlkokulu ve Ortaokulu*



Şekil 3.26. *Şehit Mesut Çelik İlkokulu ve Ortaokulu, dış cephe duvarlarında oluşan hasarlar*

Yukarıda verilen hasarlardan, bazı okullardaki merdiven hasarları için gerekli onarım ve güçlendirmenin yapılması koşulu ile, sadece bölme duvarı hasarı bulunan, taşıyıcı sistem hasarı bulunmayan bu okul binaları hafif hasarlı olarak değerlendirilmiştir. Ancak, inşa tarihi 2000'li yıllar öncesinde olan bazı betonarme okul binalarında taşıyıcı sistem hasarları meydana gelmiş olup, bu türden kiriş, kolon ve birleşim bölgelerinde çatlak oluşmuş ve beton yüzeyleri düzgün olmayan okul binaları, aşağıda verildiği gibi, orta hasarlı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3.27. *Orta hasarlı Çelikhan Şehit Seyho Şişman Anadolu Lisesi betonarme binası, ahşap çatıda kalkan duvarı hasarı*



Şekil 3.28. *Çelikhan Şehit Seyho Anadolu Lisesi betonarme binasında kiriş ve kolon mesnet bölgesi civarında görülen diyagonal kayma çatlakları*

Çelikhan-Pınarbaşı beldesinde bulunan Çok Programlı Anadolu Lisesi binasında, bölme duvarlarında oluşan diyagonal ve X çatlakları yanında, bazı kiriş uçlarında belirgin çatlaklar oluşmuştur. Adı geçen okul binasının kısa kenarı bitişiğinde spor salonu mevcut olup, okul binasının diğer ucunda (kısa kenar cephesinde) temel zemininde meydana gelen oturma nedeniyle, spor salonu ile okul binası arasında ayrılma meydana gelmiştir. Kirişlerde oluşan yapısal hasarlar nedeniyle orta hasarlı kabul edilebilecek olan okul binası, temel zemininde meydana gelen oturmaya bağlı olarak şakulünden ayrılması nedeniyle, ağır hasarlı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3.28. *Pınarbaşı Çok Programlı Anadolu Lisesi binası ve kısa kenarlı cephesinde meydana gelen oturma nedeniyle, spor salonu ile arasında ayrılma meydana gelmesi*

İnceleme kapsamında Tut ilçesinde Atatürk Ortaokulu binası iki katlı yığma bir binadır. Bu okul binasının yığma duvarlarında hasar bulunmamakla birlikte, zemin kat tavanı ve çatı seviyesinde rijit diyafram oluşmaması, zemin kat tavan döşemesinde oluşan hasarlar ve çatı (normal kat tavanı) seviyesinde, duvarları bütünleştiren hatıl bulunmaması nedenleriyle, hasar potansiyelinin yüksek olduğu ve servis ömrünü de tamamladığı da kabul edilerek, ağır hasarlı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.29. *Tut ilçesinde iki katlı yığma okul binası*

3.3. Hastane Binalarında Gözlemlenen Hasarlar

Kahramanmaraş merkezli, 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşmiş olan Mw 7,7 Pazarcık ve Mw 7,6 Elbistan depremleri sonrasında Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinde bulunan devlet hastanelerinin hasar durumlarının ön incelemesinin yapılması amacıyla hastane yetkililerinin talebi üzerine bir değerlendirme çalışması yürütülmüştür. Bu çalışmanın amacı, deprem sonrasında çok kritik işlevselliğe sahip bu hastanelerin kullanımının kısıtlanmasını gerektirecek yüksek risk oluşturan ve net şekilde gözlenebilen herhangi bir hasarın bulunup bulunmadığının kontrolünün yapılmasıdır. İlgili değerlendirmenin sonuçlarının ileride yapılacak kapsamlı bir hasar tespit çalışmasıyla daha güvenilir şekilde kontrollünün yapılması önem taşımaktadır. Deprem bölgesinde deprem sonrasında hızlı hasar ön inceleme çalışması yapılmış hastaneler şunlardır:

- Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi
- Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Ana Hizmet Binası
- Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Kadın Doğum ve Çocuk Ek Hizmet Binası
- Adıyaman Özel Gözde Tıp Merkezi

Hastanelerde deprem sonrasında yapılmış olan gözlemler aşağıda sunulmaktadır.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi

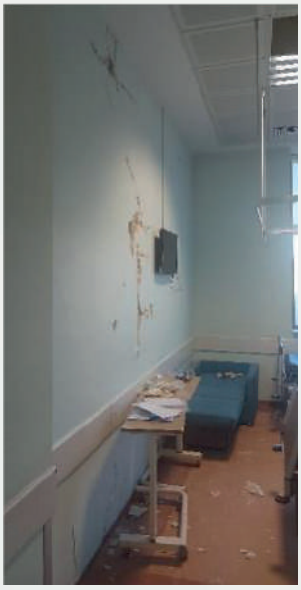
Hastane, şehrin batısında yer alan Onikişubat ilçesi, Avşar Mahallesi'nde yer almaktadır. Hastane yapısı 5 adet poliklinik, 9 adet yatakhane bloğu, konferans salonu ve idari binadan oluşmaktadır ve toplam 99 bin m2 kapalı alana sahiptir. Hastanenin inşası 2014 yılında tamamlanmıştır. Bina taşıyıcı sistemi betonarme perde duvarlıdır. Buna ek olarak hastanenin giriş bölümünde binaya ek olarak inşa edilmiş çelik bir cephe ve çatı yapısı bulunmaktadır (Şekil 3.30a).



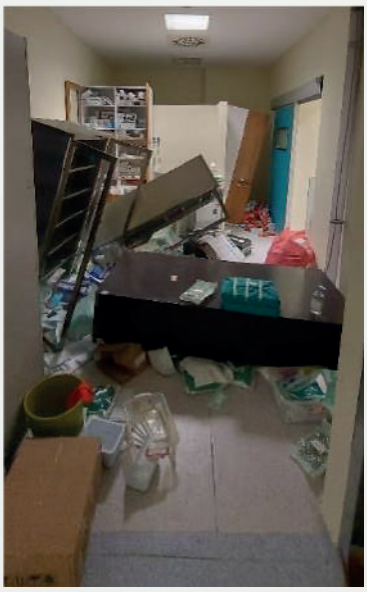
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.30. *Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Ana Hizmet Binası: (a) Giriş, (b) Makine ve teçhizatın durumu, (c) Dolgu duvar hasaları (d) Muhteviyat hasarı*

Deprem sonrasında, 7 Şubat tarihinde yapılmış ön hasar inceleme çalışmasında hastane binasının taşıyıcı sisteminde deprem nedeniyle meydana gelmiş herhangi bir kritik hasar gözlenmemiştir. Bununla birlikte, ileride bina taşıyıcı sisteminin tasarım dokümanları ve binanın tüm taşıyıcı sistem elemanlarının detaylı kontrolünün yapıldığı bir teknik çalışma yapılarak nihai hasar tespitin yapılması önem taşımaktadır.

Hastanenin çeşitli bloklarında ve katlarında taşıyıcı olmayan elemanlarda, yapısal risk oluşturmayan ancak kullanılmasını zorlaştıracak düzeyde hasarların meydana geldiği görülmüştür (c). Yapısal olmayan bu dolgu duvar hasarların büyük bölümü 6 katlı olan ana blokta meydana gelmiştir. Üç katlı klinik bloklarındaysa daha az olmakla beraber yine benzer dolgu duvar hasarları meydana gelmiştir. İlgili hasarların önemli bir kısmının, taşıyıcı sistem elemanlarıyla dolgu duvar olarak kullanılan bims beton blok tuğlalar arasındaki bağlantının deprem sırasında deformasyona izin vermeyecek şekilde inşa edilmiş olması nedeniyle meydana geldiği kanaatine varılmıştır. Benzer şekilde, dış cephede meydana gelmiş deformasyonlar nedeniyle hastane binasıyla dış cephesi arasında boşluklar açılmıştır. Bu boşluklardan hava geçişi meydana gelmesi nedeniyle hastanenin bazı odalarının ısıtılması mümkün olamamaktadır. Hastane binasında bir dış cephe elemanının sarsıntı sırasında kopup düştüğü gözlenmiştir (a). Benzer şekilde, binada asansör girişlerinde bulunan duvar kaplama elemanlarında da hasarlar meydana geldiği gözlenmiştir.

Hastane çalışanları, bina içerisindeki kritik teçhizatın deprem sırasında önemli bir hasar almadığını bildirmiştir (c). Özellikle ameliyatlar ve diğer kritik sağlık ekipmanlarının hasar almadan atlatmış olduğu söylenmiştir. Bu sistemlerinin tavana mesnetlendiği noktalardaki zorlamalar nedeniyle herhangi bir hasarın meydana gelip gelmediğinin ileride daha detaylı bir incelemeyle tespit edilmesi faydalı olacaktır.

Deprem sırasında binadaki muhteviyatın önemli bir bölümünün devrilen dolaplar nedeniyle etrafa saçılmış olduğu gözlenmiştir (d). Hastane çalışanları yanıcı, patlayıcı herhangi bir kimyasal nedeniyle bir sorun yaşanmadığını bildirmiştir.

Deprem sonrasında hastalar ve hastane çalışanlarının üst katlarda gözlenen yapısal olmayan hasarlar nedeniyle üst katlara çıkmaktan korktuğu ve yalnızca hastanenin giriş katında kalmayı tercih ettiği öğrenilmiştir. İnceleme heyetinde yer alan hocalarımız, hastanenin durumu ve bölgede beklenen olası deprem aktivitesi konusunda açıklama yapmış ve hastanenin durumuyla ilgili hastaları bilgilendirmiştir (b).

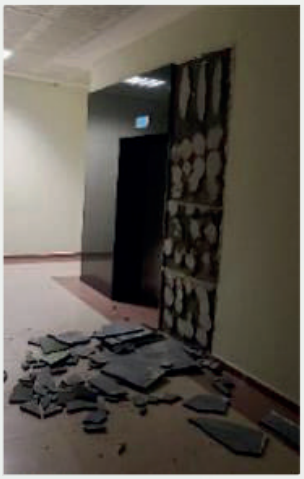
Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Ana Hizmet Binası

Hastane, şehrin doğusunda yer alan Dulkadiroğlu ilçesi, Karacasu Kırım Mahallesi'nde yer almaktadır. Hastane 400 yatak kapasitesine sahiptir ve 2012 yılında hizmete açılmış bulunmaktadır. Bina taşıyıcı sistemi betonarme perde duvarlıdır (Şekil 3.31).

Deprem sonrasında, 8 Şubat tarihinde yapılmış ön hasar inceleme çalışmasında hastane binasının taşıyıcı sisteminde deprem nedeniyle meydana gelmiş herhangi bir kritik hasar gözlenmemiştir. İleride binanın mühendislik tasarım dokümanlarının da incelenmesiyle tüm taşıyıcı sistem elemanlarının detaylı kontrolümün yapılacağı teknik bir inceleme yürütülmesiyle kesin hasar tespitin yapılması faydalı olacaktır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.31. *Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Ana Hizmet Binası: (a) Dış cephe hasarları, (b) Duvar kaplama elemanı hasarları ve (c) Hastane yetkililerine ve hastalara durumla ilgili açıklama*

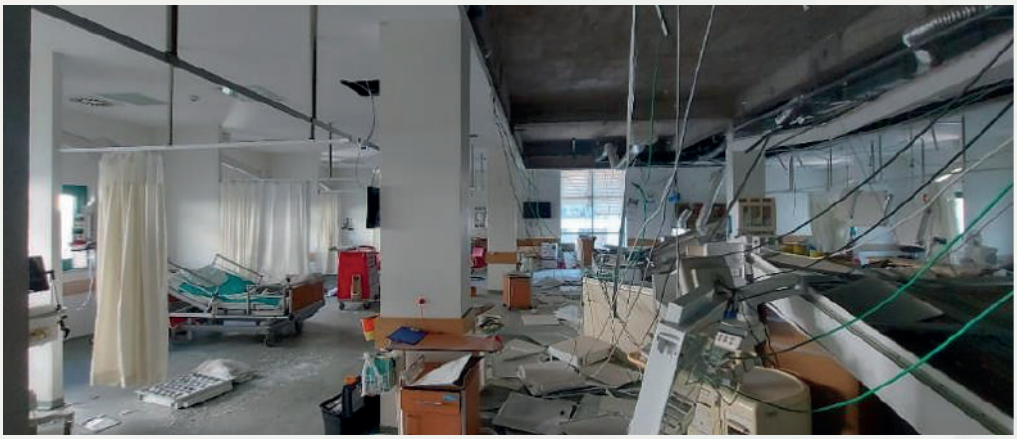




Şekil 3.32. *Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Ana Hizmet Binası: (a) dış cephesi, (b) koridorlardaki asma tavan kopmaları*

Binada çok sayıda katta ve blokta taşıyıcı olmayan elemanlarda yaygın hasar. Düşen asma tavan elemanlarının hastanede bulunan çalışan ve hastalarda yaralanmalara sebebiyet vermiş olma ihtimali çok yüksektir. Bu elemanların kritik teçhizata önemli hasar vermiş olduğu gözlenmiştir (a). Deprem sırasında binanın su tesisatında meydana gelmiş zorlamaların sonucunda çeşitli yerlerde su sızıntıları meydana gelmiş ve binada yer yer su sızıntıları meydana gelmiştir (b).

Ana binanın hemen arkasında yer alan bağımsız iki katlı ek binada deprem sırasında zemin kotunun bir köşede yükselmiş olduğu gözlenmiştir (c).



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.33. *Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Ana Hizmet Binası: (a, b) taşıyıcı olmayan eleman ve kritik teçhizat hasaları, ve (c) su tesisatındaki sızıntılar nedeniyle meydana gelmiş hasarlar*



(a) (b)

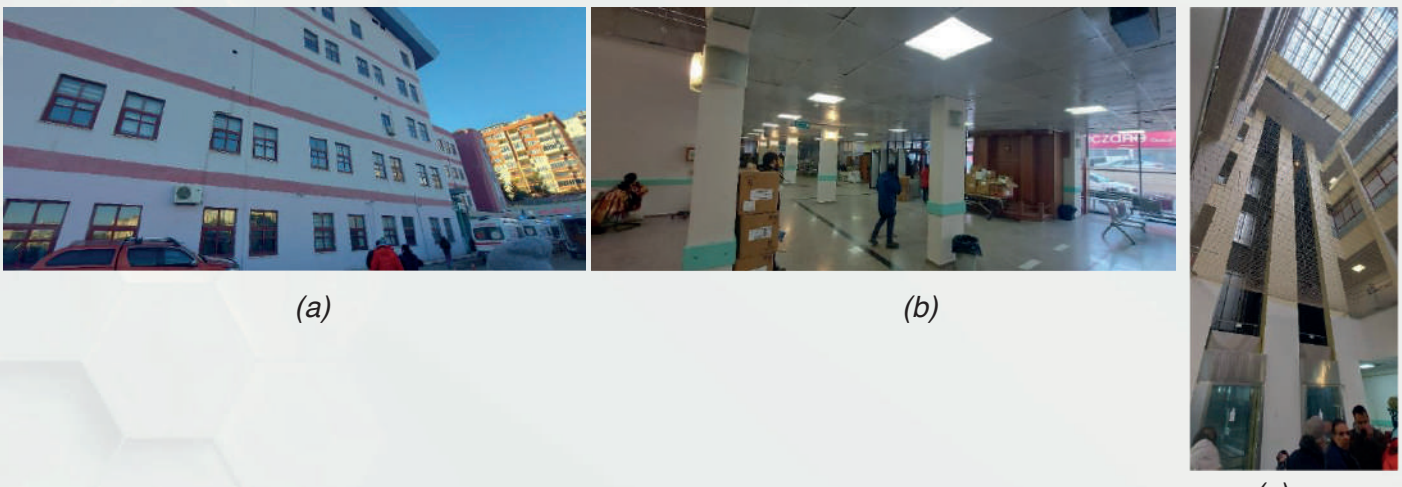
Şekil 3.44. *Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi: (a) ek binanın zemin kotunda gözlenmiş yükselme ve (b) komşu alanda inşası devam eden deprem yalıtımlı hastane binası*

Hastanenin hemen yanında sürtünmeli sarkaç türü deprem yalıtımına sahip yeni bir hastane binasının inşaatının devam etmekte olduğu gözlenmiştir. Deprem öncesindeki programa göre bu binanın Nisan 2024'te tamamlanmasının hedeflenmiş olduğu öğrenilmiştir.

Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Kadın Doğum ve Çocuk Ek Hizmet Binası

Hastane, şehrin kuzeyindeki Onikişubat ilçesi, Mimarsinan Mahallesi'nde yer almaktadır. Deprem sonrasında binada sınırlı bir hasar değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan ön değerlendirmede taşıyıcı sistemde kritik bir hasar gözlenmemiştir. Bununla birlikte binanın taşıyıcı sisteminin tasarımında önemli miktarda döşemede süreksizlik olduğu ve kolonların kesit boyutlarının beklenen boyutlara kıyasla daha küçük olduğu gözlenmiştir. İleride binanın mühendislik tasarım dokümanlarının da incelenmesiyle tüm taşıyıcı sistem elemanlarının detaylı kontrolümün yapılacağı teknik bir inceleme yürütülmesiyle kesin hasar tespitin yapılması faydalı olacaktır.

Hastane binasında, taşıyıcı olmayan eleman hasarı olarak dolgu duvar hasarı, fayanslarda yer yer kırılmalar gözlenmiştir. Binada herhangi bir makine teçhizat veya muhteviyat hasarı gözlenmemiştir.



(a) (b) (c)

Şekil 3.45. *Kahramanmaraş Necip Fazıl Şehir Hastanesi Kadın Doğum ve Çocuk Ek Hizmet Binası: (a) Dış görünüm, (b) zemin kat kolonlarına örnekler, ve (c) döşeme açıklıklarına örnek*

Adıyaman Özel Gözde Tıp Merkezi

Hastane Adıyaman Merkez, Eskisaray Mahallesi'nde yer almaktadır. Bodrum, zemin ve 5 normal katı bulunan hastane binasının taşıyıcı sistemi perdeli betonarme çerçeve sistemi ile oluşturulmuştur.

Yerinde yapılan incelemede hastane binasının batı cephesinde bulunan bir betonarme perdenin zemin kat üst seviyesinde ağır hasar tespit edilmiştir.



(a) *(b)*

Şekil 3.46. *Adıyaman Özel Gözde Tıp Merkezi (a) dış görünüm, (b) perde hasarı*

Bodrum katta yapılan incelemede, tesisat veya havalandırma borusu geçirmek amacıyla betonarme perde duvarların kesildiği veya delindiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.47. *Adıyaman Özel Gözde Tıp Merkezi kesilen betonarme perde duvar*

Hastanelerle İlgili Görüş ve Öneriler

• Hastanelerde gözlenmiş olan dolgu duvar hasarlarının gelecek depremlerde önlenmesi için bu tür binalardaki dolgu duvarların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) Ek 4C'de sunulan esnek bağlantı detayına uygun şekilde inşa edilmesi faydalı olacaktır.

• Hastanelerde bulunan asma tavan sistemlerinin deprem sırasında yoğun şekilde hasar görebildiği ve tesisin kullanılmasını önleyecek seviyede sorun teşkil ettiği gözlenmiştir. Gelecekte benzer hasarların önlenmesi için hastane türü yapılarda asma tavan bağlantılarının kontrolünün dikkatle yapılması ve bu bağlantıların montaj sonrası test edilmesi çok faydalı olacaktır.

• Hastane binalarındaki kritik teknik aksamın (elektrik bağlantıları, ısıtma sistemi, asansörler, su tesisatı vb.) yıkıcı depremlerin hemen sonrasında onarılabilmesi binanın işlevselliği açısından kritiktir. Bu nedenle, gelecekteki olası depremlerde bölgeye giden yardım ekiplerinde (UMKE vb.) bu tür sistemleri onarabilecek teknik personelin de bulunması faydalı olacaktır.

• Zarar verici depremlerin hemen ardından hastane türü büyük kapalı alana sahip yapılarda taşıyıcı sistemin hasarının güvenilir şekilde değerlendirilebilmesi için sistemi oluşturan elemanların konumlarının ve başlıca yapısal özelliklerinin hızlıca tespit edilmesi önemlidir. Gelecekte bu tür binalar için taşıyıcı sistem mühendislik çizimlerinin teknik personelinin deprem sonrasında hızlıca ulaşabileceği bir yerde depolanması hasar inceleme işleminin çok daha hızlı ve doğru yapılmasına olanak verecektir.

3.4. İdari Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremler sonrası Adıyaman ili, Merkez, Tut ve Çelikhan ilçelerinde tüm kamu binalarında ön hasar tespitleri yapılmıştır. Burada bahsedilen yapılar, sağlık, eğitim ve ibadet kurumları dışında kalan kamuya ait idari yapılardır.

Merkez İlçesi

Adıyaman merkez de bulunan ve incelenmesi istenen kamu binalarına ait yapılan hasar tespit çalışmaları izleyen bölümde verilmiştir. İncelenen yapılar arasında bir adet yıkılmış bina, bir adet ağır hasarlı, bir adet orta hasarlı ve geri kalan incelenmiş 10 adet yapıda hafif hasar veya hasarsız durum belirlenmiştir. Bu binalara ait konumlar Şekil 3.48'de verilmektedir.



Şekil 3.48. *Adıyaman Merkez ilçesinde bulunan bazı kamu binalarının konumları*

Adıyaman Valilik Binası / İl Özel İdare Binası / Hükümet Konağı Binası

12 Şubat 2023 tarihinde dört kişiden oluşan İTÜ ekibi binaların tüm katlarına girerek, betonarme taşıyıcı sistem ve yapısal olmayan elemanlar hakkında gözleme dayalı inceleme yapmıştır. Binaların tümünde gaz beton ve boşluklu tuğla duvarlarda farklı düzeylerde hasar gözlenmiştir. Dış cephe kaplamaları ve asma tavan sistemlerinde de hasarlar bulunmaktadır.

Betonarme taşıyıcısı sistemin görülebilen perde kolon kiriş elemanlarında yapısal hasara rastlanmamıştır, dolayısıyla betonarme taşıyıcı sistemin yaşanan depremleri yaklaşık olarak elastik sınırlar içerisinde kalarak atlattığı sonucuna ulaşılmıştır.

Binanın taşıyıcı sisteminin deprem öncesi güvenlik düzeyini koruduğu tehlike teşkil eden bölme duvarları dış cephe kaplamaları ve asma tavan sistemleri uzaklaştırılmalıdır veya kaldırılmalıdır.

AFAD İl Müdürlüğü 112 Acil Çağrı Merkezi Müdürlüğü

12 Şubat 2023 tarihinde dört kişiden oluşan İTÜ ekibi binaların tüm katlarına girerek, betonarme taşıyıcı sistem ve yapısal olmayan elemanlar hakkında gözleme dayalı inceleme yapmıştır.

Betonarme taşıyıcısı sistemin görülebilen perde kolon kiriş elemanlarında yapısal hasara rastlanmamıştır. Ancak merdiven kovalarında yer alan bazı bağ kirişlerinde genişliği 0,1 mm civarında olan eğilme ve kayma çatlakları tespit edilmiştir. Ayrıca bodrum kat çerçeve perde duvarlarında ve bazı döşemelerde rötre kaynakları olduğu değerlendirilen yaklaşık 0,2 mm genişliğinde çatlaklar gözlemlenmiştir.

Bodrum katta asansör perdesi yanında açılmış olan kuyuda yapılan incelemelerde temel sisteminin su altında olduğu belirlenmiştir. Bu durum temel sisteminde ve bodrum kat taşıyıcı elemanlarında korozyon hasarına sebep olacaktır. Bu nedenle temel ve temel zeminine her türlü suyun girmesinin engellenmesi gerekmektedir.

Binanın taşıyıcı sisteminin deprem öncesindeki güvenlik düzeyini koruduğu, tehlike teşkil eden dış cephe kaplamaları bölme duvarları ve asma tavan sistemleri uzaklaştırılmalıdır.

SGK İl Müdürlüğü

Ön değerlendirilmesi yapılan binanın betonarme perde çerçeve sisteme sahip olup deprem öncesinde taşıyıcı sistemin güçlendirilmiş olduğu ifade edilmiştir. Binanın bodrum katında güçlendirilmemiş 1 adet kolonda donatı burkulması görülmüş olup diğer bir kolonda da düğüm bölgesinde kılcal düzeyli kayma çatlağı görülmüştür. Birkaç adet betonarme kirişte kılcal düzeyde çatlaklar bulunmaktadır. Bunlar dışında herhangi bir yapısal hasar bulunmamaktadır. Binanın kullanılmaya devam edildiği görülmüştür.

Binanın yapısal olmayan bölge duvarlarında yer yer diyagonal kayma çatlakları tespit edilmiştir.

Binanın mutlaka kullanılmaya devam edilmesinin gerekli olması durumunda, bahsi geçen donatısı burkulmuş kolonunun teleskopik dikmelerle askıya alınması ve binanın sınırlı sürelerde kullanılması, sonrasında ise bu kolonun mühendislik kuralları çerçevesinde güçlendirilmesi gerekmektedir.

Adıyaman Türk Telekom Binası

Ön değerlendirilmesi yapılan üç binadan birisi toptan göçmeye maruz kalmıştır.

Ortadaki sekiz katlı bina betonarme çerçeve türü taşıyıcı sisteme sahiptir. Bu sekiz katlı binada (PTT eski saray lojmanı) dışarıdan yapılan incelemelerde cephe duvarlarında çatlakların bulunduğu, ancak göçen binanın bu binaya çarparak kolonlarına bölgesel olarak ağır hasar verdiği tespit edilmiştir.

Üçüncü olarak incelenen iki katlı bağımsız bir bina da Telekom binaları grubundadır. İki katlı binanın dış cephesinden yapılan gözlemler sonucunda herhangi bir yapısal ve yapısal olmayan hasara rastlanmamıştır.

Adıyaman Müze Müdürlüğü

Ön değerlendirmesi yapılan bina çerçeve sisteme sahiptir. Yapısal olmayan cephe duvarlarında kılcal çatlaklar ile ofis hacimlerindeki bölme duvarlarında yer yer çatlaklar görülmüştür. Betonarme elemanlarda herhangi bir hasar görülmemiştir.

Adıyaman Şehit Aileleri ve Gaziler Evi

Ön değerlendirilmesi yapılan bina, betonarme perde çerçeve sisteme sahip olup zemin + üç normal kattan oluşmaktadır. Binanın iç ve dış bölme duvarlarında bir tür taş kaplama mevcut olup bina ağırlığı arttırılmıştır. Yıkılan dış cephe duvarları vardır. Islak hacimlerdeki fayans düşmesi mevcuttur. Kaplamaların yer yer düştüğü görülmüştür. Taşıyıcı sistemin kaplamalarının dökülüp açığa çıktığı bölgelerde yapısal hasar gözlenmemiştir. Kolon bölme duvar birleşimlerinde düşey çatlak oluşmuştur. Binanın ağır cephe ve iç bölme duvar kaplamalarının kaldırılması ile olası kaplama düşmelerinin önüne geçilebilir ve binanın hafifletilmiş olmasıyla taşıyıcı sistem güvenliği arttırılabilir.

Binanın kaplamalarının kaldırılması, yıkılan bölme duvarlarının yeniden örülmesi ve dökülen fayansların onarılması gerekmektedir.

Aile ve Sosyal Hizmetler İl Müdürlüğü

Bodrum, zemin ve üç normal kattan oluşan, yapım derzi ile ayrılmış iki bloklu yapıda deprem sonrası bölme duvar hasarları gözlemlenmiştir. Tehlike teşkil eden duvar hasarları için gerekli onarım ve/veya yenileme çalışmaları mutlaka yapılmalıdır. Yapıda derzle ayrılmış bölümde bulunan konferans salonunun üstü çelik elemanlarla oluşturulmuş çatı sistemine sahiptir. Çatı sistemi asma tavanda hasar görmüş bölgelerden gözlemlenmiştir. Asma tavanda ve duvarlarda yapısal olmayan hasarlara rastlanmıştır.

Merdiven kulesi, sağ ve sol yapı bölgesi incelenmiş ve çatı kotunun farklı yükseklikliere sahip olduğu, özellikle asansör makine dairesi için orta bölümün daha yüksek yapıldığı ve bu bölümde yapısal olmayan hasarların daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Betonarme taşıyıcısı sistemin görülebilen kolon kiriş elemanlarında yapısal hasara rastlanmamıştır, dolayısıyla betonarme taşıyıcı sistemin yaşanan depremleri yaklaşık olarak elastik sınırlar içerisinde kalarak atlattığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yapısal olmayan (bölme duvar ve asma tavan gibi) hasarların onarılması gerekmektedir.



Şekil 3.49. *Aile ve Sosyal Hizmetler İl Müdürlüğü*







Şekil 3.50. *Asma tavan ve bölme duvar hasarları*

Şehit Akif Güleş Taziye Evi

Betonarme çerçeveler ile oluşturulan yapı zemin ve bir normal kattır. Yapılan incelemelerde mutlaka onarılması gereken merdiven evi hasarı dışında, 15 adet düşey taşıyıcı elemanda hasar gözlemlenmemiştir. Merdiven ve yapının dış cephesindeki sıva hasarlarının uygun şekilde onarılması gerekecektir.



Şekil 3.51. *Merdiven hasarı ve duvar hasarı*

Adıyaman Belediyesi Sağlıklı Yaşam ve Spor Kompleksi

Çelik çatılı, tek açıklıklı olarak inşa edilmiş olan yüzme havuzu spor salonu cephe (kalkan) duvarlarında devrilme tehlikesi olan duvar hasarları mevcuttur. Çelik çatı birçok imalat hatası içermektedir. Duvar hasarlarının uygun şekilde tamir edilmesinin yanında, imalat sırasında yapılan hatalı üretim ve montajın da düzeltilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.52. *Kalkan duvar hasarı*



Şekil 3.53. *İmalat kusurları*

Adıyaman Belediyesi Ek Binası

Kapalı garaj olarak kullanılan bodrum+ zemin ve dört normal kattan oluşan binanın uzun doğrultusu doğu-batı yönündedir. Bina çevresinde dolgu üzerine teşkil edilmiş kaldırımda oturma kaynaklı bozulmalar bulunmaktadır. Batı kanadının arka cephesinden binaya girilebilmiştir. Bina bir bütün olarak incelenememiştir. İncelenen kısımda herhangi bir taşıyıcı eleman hasarı gözlemlenmemesine karşın ağır hasarlı bölme duvar ve merdiven hasarları mevcuttur. Doğu kanadı içine girilip inceleme yapılamamıştır.



Şekil 3.54. *Ek Bina ve zeminde oturma, merdiven hasarı*

Tut İlçesi

Tut ilçesinde yer alan ve incelenmesi istenen kamu binaları için yapılan hasar tespit çalışmaları izleyen bölümde özetlenmiştir. İncelenen yapı stoğu, 1985-2017 yılları arasında inşa edilmiş yapıları içermektedir. Genel olarak duvar hasarları mevcuttur. 11 kamu kuruluşuna ait 19 adet yapının 2 adetinin yıkık, 2 adetinin ağır hasarlı olduğu için yıkılması gerektiği belirlenmiştir. Bununla beraber, 2 adeti orta hasarlı, geri kalanları az hasarlı veya hasarsız olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.55. *Adıyaman Tut ilçesinde bulunan bazı kamu binalarının konumları*

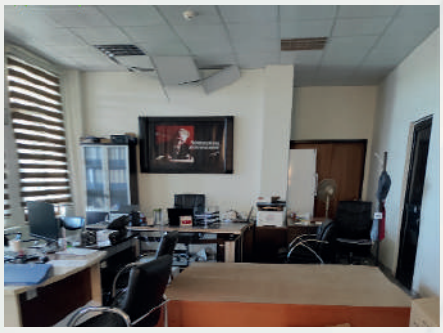
İlçe Emniyet Müdürlüğü ve Kaymakamlık Binası

Bina, perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip, döşemeleri kirişli plak sistem olan ve bodrum + zemin ve iki normal kattan oluşan yapıdır. Pek çok bölme duvarda sıva çatlağı halinde diyagonal ve çerçeveden ayrılma çatlakları mevcuttur. Taşıyıcı sistemde hasar görülmemiştir. Yapının deprem öncesi sahip olduğu servis güvenliği ile kullanımına devam edilebileceği görüş ve kanaatine varılmıştır.

Ancak binanın ikinci normal katından çatı terasına çıkan merdiven evindeki kalkan duvar düşeyde her iki kenarından da çatlamıştır, devrilme tehlikesi bulunan duvar nedeniyle bu hacmin kullanılması önerilmemektedir.







Şekil 3.56. *Kalkan duvar düşme tehlikesi ve asma tavan hasarı*

İlçe Müftülüğü

2010 yılında inşa edildiği öğrenilen üç katlı yapı betonarme çerçevelerden oluşturulmuştur. Çatı katı terası gezildiğinde yapıda kullanılan donatı tipinin nervürlü donatı olduğu anlaşılmıştır. Taşıyıcı sistem hasarına rastlanmamıştır.





Şekil 3.57. *Tut İlçe Müftülüğü binası*

İlçe Belediye Başkanlığı Binası

1992 ve 1998 yıllarında inşa edilen iki bina birbirinden yapım derzi ile ayrılmaktadır. Betonarme çerçeve taşıyıcı sistemin yaşanan depremleri yaklaşık olarak elastik sınırlar içerisinde kalarak atlattığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bölme duvar hasarlarının uygun şekilde onarılması gerekmektedir.

Ziraat Bankası Binası

Zemin ve iki normal kattan oluşan binada, taşıyıcı sistem üzerinde yapılan incelemeler zemin katta kullanılmış kaplama ve alçı paneller nedeniyle kısıtlı, birinci normal katta bütün olarak gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı sistemde hasara rastlanmamıştır.

Halk Eğitim Merkezi Müdürlüğü

2000 öncesi inşa edilmiş zemin + bir normal katı olan betonarme çerce tipli bağımsız iki binadan oluşmaktadır. Bölme duvarlarında yerel çatlaklar ve ayrılmalar tespit edilmiştir yapısal hasar görülmemiştir. Binanın ön cephesindeki dolgu zemini tutan bir istinat duvarı bulunmaktadır. Zeminde ve duvarda olumsuzluk tespit edilmemiştir.

Tut Spor Salonu (salon binası + yönetim ve tesis binası)

Spor salonu taşıyıcı sistemi betonarme kolonlar ve çelik çatı makaslardan oluşmaktadır. Kolonlar binanın uzun doğrultusunda iki seviyede betonarme kirişlerle bağlanmıştır. Salon 2020 yapımı olup temel tipinin radye olduğu öğrenilmiştir. Spor salonunda yaygın bölme duvarı hasarları görülmüştür. Çelik çatı makasların kolon üzerindeki meslek bölgelerinde kenar kopması tespit edilmiştir. Ayrıca binanın planda uzun doğrultusundaki ekseni etrafında farklı oturmaya bağlı az miktarda dönme gözlenmiştir. Spor salonundan dilatasyonla ayrılan yönetim ve tesis binasında bölme duvarları hasarları yaygındır. Yapısal elemanlarında hasar görülmemiştir.

Tut İlçe Eğitim Müdürlüğü

Yol kotundan yüksekte zemin + bir normal kat betonarme çerçeve tipi binadır. Binaya bitişik tek katlı trafo yapısı bulunmaktadır. Yapılan incelemede herhangi bir hasar tespit edilmemiştir.

Tut Gençlik Merkezi İnşaatı

Tek katlı betonarme çerçeve tipli yapı olup, kaba yapı inşaatı tamamlanmıştır. Hasar gözlenmemiştir.

Tut İlçe Jandarma Komutanlığı Binaları

- *1 No'lu Kule (Nizamiye) Binası* — Hasarsız
- *2 No'lu Nöbetçi Kulübesi* — Acilen yıkılması gerekmektedir
- *3 No'lu Nöbetçi Kulübesi* — Yıkık durumda
- *4 No'lu Nöbetçi Kulübesi* — Yıkık durumda
- *5 No'lu Nöbetçi Kulübesi* — Acilen yıkılması gerekme
- *Garaj ve Kömürlük Binası* — Orta hasar

Jandarma Komutanlığı Hizmet Binası

Bina bahçesindeki doğal zemin ve kaplanmış alanda çöküntüler ve yarıklar bulunmaktadır. Bina bodrum + zemin + üç normal kattan oluşmaktadır. Bina çerçeve duvarlarında zeminden ayrılmalar vardır. Zemin katta binanın her iki cephesinde dış kolon-kiriş birleşimlerinde 0,1 mm civarı eğilme çatlağı görülmüştür. Bina hafif hasarlı durumdadır.

Jandarma Komutanlığı Şehit Onur Boztemir Lojman Binası

Bina bodrum + zemin + 4 normal kattan oluşmaktadır. Tespit edilen kirişlerdeki eğilme çatlağı, bazı kiriş-kolon birleşim bölgelerinde düşey ve çapraz eğilme çatlakları görülmüştür. Bodrum katta korozyon tespit edilmiştir. Binanın güçlendirilmesi gerekmektedir.

Tut Aile Destek Merkezi (ADEM)

Bina bodrum + zemin + 2 normal kattan oluşmaktadır. Zemin kat yüksekliği diğer katlardan daha fazladır. Taşıyıcı sistem elemanlarında hasar tespit edilmemiştir. Duvar hasarı mevcuttur.

Binanın yanında yer alan diğer binanın ağır hasarlı olması nedeniyle enkazı kaldırılana kadar incelenen bina üzerine devrilme riski bulunmaktadır.

Genel Değerlendirme

İncelenen kamu binaları, genel olarak betonarme perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip, döşemeleri kirişli plak sistem olan yapılardır. İncelen yapıların 1985-2017 yılları arasında imal edildiği, bu nedenle bazıların 1975, bazıların 1997, bazılarının 2007 yönetmeliğine tabi olduğu görülmektedir. 2007 sonrası yapılan binalarda genellikle kaplama ve asma tavan bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu bölümde incelenen az sayıdaki kamu binasının 1975 Deprem Yönetmeliği'nin geçerli olduğu yıllarda inşa edildiği söylenebilir. Yeni inşa edilen binalarda nervürlü donatı ve hazır beton kullanıldığı belirtilebilir.

2000'li yıllarda inşa edilen ve hizmete açılan betonarme kamu binalarında oluşan başlıca hasarlar aşağıdaki gibi verilebilir:

• Betonarme binaların perde-çerçeve taşıyıcı sistem elemanları olan perde, kolon ve kirişlerde yapısal hasar tespit edilmemiştir.

• Kamu binalarında yatay delikli tuğla kullanımı yaygındır. Bölme duvarlar hasarları çoğunlukla düşey ve yatay ayrılma çatlakları, diyagonal ve X çatlakları şeklinde olup, yaygın sıva dökülmeleri mevcuttur.

• Bazı kamu binalarında merdiven sisteminde hasarlar meydana gelmiştir. Onarım ve güçlendirme gereken bu hasarlar, merdiven kolu ile sahanlık plağı birleşimlerinde oluşmuştur. Merdiven kaplamalarında kırılma ve yerinden ayrılmalar da gözlenmiştir.

• Asansör kapısı çevresinde kullanılan ağır mermer veya taş kaplamalar, ıslak zeminlerde fayans dökülmesi gözlenmiştir.

• Bazı kamu binalarında, dış cephe kaplamalarında (granit vb. taş görünümlü) dökülmeler meydana gelmiştir.

• Bazı kamu binaları çevresinde zeminde yer yer oturma ve kabarmalara rastlanmıştır. Bu durum kaldırımlarda ve kilitli taş döşemelerde farklı kotların oluşmasına neden olmuştur.

3.5. Otel-Pansiyon-Lojman Binalarında Gözlemlenen Hasarlar

Perre Turizm Lisesi Pansiyonu

Bodrum + zemin + üç normal kattan oluşan pansiyon binasının Perre uygulama otelinin hemen yukarısında yer almaktadır. Bina perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir.

Yerinde yapılan incelemelerde gerek bodrum kat bant pencere kenarlarındaki yapısal olmayan elemanlarda gerekse üst yapı taşıyıcı sisteminde herhangi bir hasar görülmemiştir.

Binanın bölme duvarlarının bir kısmında taşıyıcı sistem elemanlarından hafif düzeyli yatay ve düşey ayrılma türü çatlaklar ile yer yer kılcal düzeyli kayma çatlakları görülmüştür. Bina çevresinde dolgu üzerine teşkil edilmiş kaldırım ve merdivenlerde oturma kaynaklı bozulmalar bulunmaktadır.



Şekil 3.58. *Perre Lise Pansiyon binası*

Perre Uygulama Oteli

Bodrum + zemin + 5 normal kattan oluşan bina birbiriyle diletasyon ile ayrılmış A, B, C ve D bloklarından oluşmaktadır. Her bir bloğun taşıyıcı sistemi betonarme perde-çerçeveler ile teşkil edilmiştir.

Yerinde yapılan incelemelerde hiçbir blokta taşıyıcı sistem hasarı görülmemiş olup, bölme duvarlarında yer yer diyagonal kayma çatlakları bulunmaktadır.

Binanın girişindeki lobinin hemen sol tarafında yer alan oturma alanı binanın tüm yüksekliğini kapsayan kat yüksekliğine ve cam cepheye sahip olup, bu bölgenin yan cephelerindeki cephe duvarlarında kayma çatlakları bulunmaktadır.

Otel binasında taşıyıcı sistemin herhangi bir hasara maruz kalmamış olması dolayısıyla kullanılmasında sakınca olmadığı görüş ve kanaatine varılmıştır. Yukarıda bahsedilen lobi kenarı oturma alanında devrilme tehlikesi bulunan duvar nedeniyle bu hacmin kullanılması önerilmemektedir.



Şekil 3.59. *Perre Turizm Uygulama Oteli*

Tut İlçesi Kaymakamlık Lojmanı

Bodrum, zemin ve bir normal kattan oluşan betonarme çerçeve sistemli yapıda bölme duvar sıva çatlakları dışında herhangi bir yapısal hasara rastlanmamıştır.



Şekil 4.60. *Kaymakamlık Lojmanı binasının genel görünüşü*

3.6. Cami Yapılarında Gözlemlenen Hasarlar

Adıyaman'ın Çelikhan ilçesinde bulunan sekiz adet camii, iki adet Kuran kursu, bir adet Müftü Lojmanı ve İlçe Jandarma Komutanlığı binası incelenmiş ve hasar durumları tespit edilmiştir. Camiler genelde kadınlar mahfili ve cemaat alanından oluşmakta olup, bazılarının alt katları bodrum ve zemin kat olarak farklı amaçlarla kullanılmaktadır.

Bu camilerden Ali Can Camii hariç diğerleri betonarme çerçeve olarak inşa edilmiş olup, yedi tanesinin çoğunda kılcal duvar hasarları mevcut olup taşıyıcı sistemlerinde yapısal hasarlar görülmemiştir. Taşıyıcı sisteminde yapısal hasar tespit edilmemiş olan camiler; Ulu Cami-Çelikhan Müftülüğü (Şekil 3.61), Ali Can Camii, Başpınar Camii (sadece minaresi yıkılmış) Yunus Emre Camii-Kuran Kursu, 15 Temmuz Camii, TOKİ Camii ve Pınarbaşı Camileridir. Bu yapılar taşıyıcı olmayan sistemlerinde yapılacak onarım ve bakımından sonra kullanılabilecek durumdadır.



Şekil 3.61. *Ulu Cami ve Çelikhan Müftülüğü Camiinin dıştan ve içten görüntüsü*

Merkez Camii (Şekil 3.62) zemin kat ve camii katından (yapı sistemi olarak kadınlar mahfili ve cemaat alanı) oluşmaktadır. İki şerefeli minarenin uç bölgesi yıkılmış olup, birinci şerefenin alt kısmında, gövdede taşıyıcı sistem hasarları mevcut olup diğer kısımlarda yapısal hasarlar bulunmamaktadır.



Şekil 3.62. *Merkez Cami ve hasarlı minaresi*

Kuran kurslarından Mehmet Akif Ersoy Yatılı Kız Kuran Kursu binasının duvarlarında büyük hasarlar oluşmuş, taşıyıcı sisteminde de çatlaklar tespit edilmiştir (Şekil 3.63). Bu çatlakların çoğu X, yatay ve düşey çatlak tipindedir. Bina orta hasar düzeyinde olup, güçlendirilerek kullanılabilecek durumdadır.



Şekil 3.63. *Mermet Akif Ersoy Yatılı Kız Kuran Kursu*

Müftü Lojmanı ve Kuran Kursu'nda büyük hasarlar oluşmuş olup, kısmi bodrum katları göçmüş, bina devrilme konumuna gelmiştir (Şekil 3.64). Bina ağır hasarlı olup acilen yıkılması gerekir. Bu binanın alt katı Kuran kursu olarak kullanılmaktadır. Eğimli bir arazide inşa edilmiş olan bu yapının düşük kottaki kolonlarının daha çok hasar aldığı belirlenmiştir. Ayrıca Çelikhan Müftüsü'nün deprem esnasında en üst katında ikamet ettiği, yapının ilk depremde asıl hasarı aldığı ve bu esnada ailesiyle birlikte yaralanmadan yapıyı terk ettiği, ikinci depremde yapının durumunun çok değişmediği ifade edilmiştir. Bu olay, bu bölgedeki esas yıkımın ilk depremde meydana geldiğinin bir göstergesidir.



Şekil 3.64. *Müftü Lojmanı ve Kuran Kursu*

3.7. Hasar Görmemiş Binalar

12 ve 13 Şubat tarihlerinde Adıyaman'ın Merkez, Tut ve Çelikhan ilçeleri ile Pınarbaşı beldesinde yapılan gözlemlerde bazı kamu yapıları ile özel yapıların her iki depremi de hasarsız atlatmış oldukları tespit edilmiştir. Hasarsız binalar arasından inşa tarihi eski olanların genellikle az katlı yapılar, 1998 tarihli Deprem Yönetmeliğine uygun olarak 2000 yılı ve sonrasında inşa edilmiş yapılar arasından iyi bir mühendislik hizmeti almış olduğu görülen ve mevcut yapı malzemelerine ait kalitelerin gözle görülür düzeyde iyi olduğu anlaşılan binalar olduğu ifade edilebilir.

Hasar görmemiş bazı kamu yapılarına ait örnekler aşağıda verilmektedir.

Çelikhan Aile Sağlığı Merkezi

Zemin kat + 1 normal kattan oluşan iki katlı bina betonarme perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir. Yapılan incelemede hasar tespit edilmemiştir.



Şekil 3.65. *Çelikhan İlçesi ASM binası*

Tut İlçesi Devlet Hastanesi Lojmanı

2015 senesinde imal edilmiş, bodrum + zemin + 2 normal katlı betonarme perde + çerçeve sistemlidir. Yapılan incelemede çatlak/hasar tespit edilmemiştir..



Şekil 3.66. *Tut İlçesi Devlet Hastanesi Lojmanı*

Boyundere Hatice Yıldırım Ortaokulu

Zemin + 1 normal katlı betonarme perde + çerçeve tipi yapıdır. Taşıyıcı sistemi düzenli ve simetriktir. Hasar tespit edilmemiştir.



Şekil 3.67. *Boyundere Hatice Yıldırım Ortaokul binası*

Adıyaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Ek Hizmet Binası

Yapı sismik izolasyonlu olup kaba inşaat ve tefrişatın büyük bölümü tamamlanmış, ancak henüz hizmete açılmamıştır. Yapılan incelemede yapısal veya yapısal olmayan bir hasar tespit edilmemiştir. İzolatör katında yapılan incelemede sürtünmeli sarkaç tipi izolatörlerde bir miktar kalıcı deformasyon tespit edilmiştir.



Şekil 3.68. *Sismik izolasyonlu Adıyaman EAH binası*

3.8. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Genel Tespitleri (16.02.2023)

16 Şubat 2023 tarihi itibariyle Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca depremden etkilenen bölgelerde yürütülen hasar tespit çalışmaları kapsamında 481 bin 865 binada ön hasar tespitlerinin tamamlandığı bildirilmiştir. Bunlardan 61.722 adedi halihazırda toptan göçmüş; ağır hasarlı ya da stabilite sorunu olan ve acilen kontrollü yıkımı gerektiren binalardır. Diğer bir deyişle incelenen binaların yaklaşık % 13'ü depremlerin hemen ardından kullanılamaz duruma gelmiştir. Bu orana orta hasarlı olduğu tespit edilen 13.917 adet bina eklendiğinde, depremler sonrasında kullanılması mümkün olmayan bina oranı yaklaşık olarak % 16'ya ulaşmaktadır. Bu binaların toplamı 350.473 adet bağımsız birime karşı gelmektedir.

İnceleme kapsamındaki binalardan 121.515 adedi hafif hasarlı; 229.023 adedi ise hasarsız olup, toplamda 1.665.377 adet bağımsız ünitenin her iki depremi en çok yapısal olmayan hafif hasarlar ile atlatmış olduğu anlaşılmaktadır.

Hasar tespitlerine ait il bazında dağılım Tablo 3.4'te verilmektedir.

Tablo 3.4. *ÇŞİDB Hasar Tespit Bulguları (16.02.2023 itibariyle)*

	Hasarsız	Hafif	Orta	Ağır+	Toplam
Adana	5.313	1.688	304	59	**7.724**
Adıyaman	9.310	11.694	2.613	6.990	**34.578**
Diyarbakır	18.039	6.725	718	643	**27.969**
Elazığ	723	1.460	138	664	**3.114**
Gaziantep	89.092	29.471	4.361	12.964	**156.482**
Hatay	29.188	17.212	2.827	15.248	**68.116**
Kahramanmaraş	25.420	20.556	1.058	12.980	**69.577**
Kilis	2.849	2.208	137	812	**6.608**
Malatya	7.463	8.960	945	8.365	**32.344**
Osmaniye	22.041	8.034	266	2.531	**34.797**
Şanlıurfa	19.585	13.507	550	466	**39.557**

4. Geleceğe Dönük Çıkarımlarin Kent Planlama ve Hızlı Konut İhtiyacının Karşılanması İçin Kullanılabilecek İnşaat Tekniklerinin Değerlendirilmesi

Prof. Dr. Fatih Terzi, Doç. Dr. Seda Kundak, Prof. Dr. Hatice Ayataç, Prof. Dr. Aliye Ahu Akgün,
Doç. Dr. Başak Demireş Özkul

4.1. Depremlerinin Neden Olduğu Sonuçların ve Geleceğe Dönük Çıkarımların Kent Planlama Disiplini Yönünden Değerlendirilmesi

4.1.1. Giriş

Ülkemizin sahip olduğu jeolojik ve coğrafi yapı nedeniyle sel, çığ ve toprak kayması ve yıkıcı depremler sıklıkla yaşanmaktadır. Türkiye'de son 70 yıldır doğal afetler nedeniyle hayatını kaybeden insan sayısı 100.000; hasar gören konut sayısı 600.000 ve çeşitli şekillerde depremden etkilenen konut sayısı 500.000 civarındadır. Türkiye'de diğer doğal afetlere göre en sık meydana gelen ve etkileri itibariyle en yıkıcı olan ise depremlerdir. Son yıllarda ülkemizde meydana gelen doğal afetlerin yol açtığı yapı hasarları istatistikleri dikkate alındığında hasarın % 62'sinin depremler nedeniyle meydana geldiği görülmektedir (TBMM, 2010).

1996 yılında yayınlanan deprem bölge haritasına göre, ülkemizin büyük bölümü deprem kuşağı üzerinde

yer almaktadır. Ülke topraklarının yaklaşık yarısı (% 42'si) birinci derece deprem bölgesinde, % 24'ü de ikinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Buna göre Türkiye nüfusunun % 43-45'i birinci derece deprem bölgesinde, % 22,9-27,9'u da ikinci derece deprem bölgesinde yaşamaktadır. 2019 yılında yürürlüğe giren Deprem Tehlike Haritası'na göre ise birinci ve ikinci derece deprem bölgesi ifadeleri ortadan kaldırılmış ve mahalle, parsel bazında deprem tehlike raporu alınabilir olmuştur. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na (AFAD) göre, yeni deprem tehlike haritası dikkate alındığında Türkiye yüzölçümünün % 18'i birinci derece deprem bölgesinde bulunmakta ve nüfusun % 27'si de bu bölgede yaşamaktadır.

20. yüzyılda ülkemizde meydana gelen büyük depremler; 1939 Erzincan, 1941 Van-Erciş, 1946 Varto, 1967 Adapazarı, 1971 Bingöl, 1976 Denizli, 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Ceyhan ve 1999 Marmara ve Düzce, 2003 Bingöl, 2011 Van, 2020 Elazığ ve 2021 İzmir depremleridir. Kentleşme hızı ve dolayısıyla kent nüfusundaki artış ile bağlantılı olarak son yıllarda depremlerin daha çok kent merkezlerinde hasarlar meydana getirdiğini söylemek mümkündür. Son 99 yıl içinde kayıtlara geçen, hasar yapan 146 deprem olmuş ve bu depremler nedeniyle 65.882 kişi hayatını kaybetmiştir (TBMM, 2010).

Türkiye kentlerinin depreme bağlı olarak yüksek riske sahip olmasının başlıca nedenleri arasında; mevcut yerleşim alanlarının yer seçimi kararları ve özellikle son 50-60 yıllık hızlı şehirleşme sürecinin beraberinde getirdiği imar ve yapı uygulamaları, imar planlarının hazırlanması ve onaylanması süreçlerindeki yetki ve sorumluluklar, imar aflarının ve beraberindeki yüksek riskli yapı stoğu ve mevcut yapı denetim problemleri olarak sıralanmaktadır.

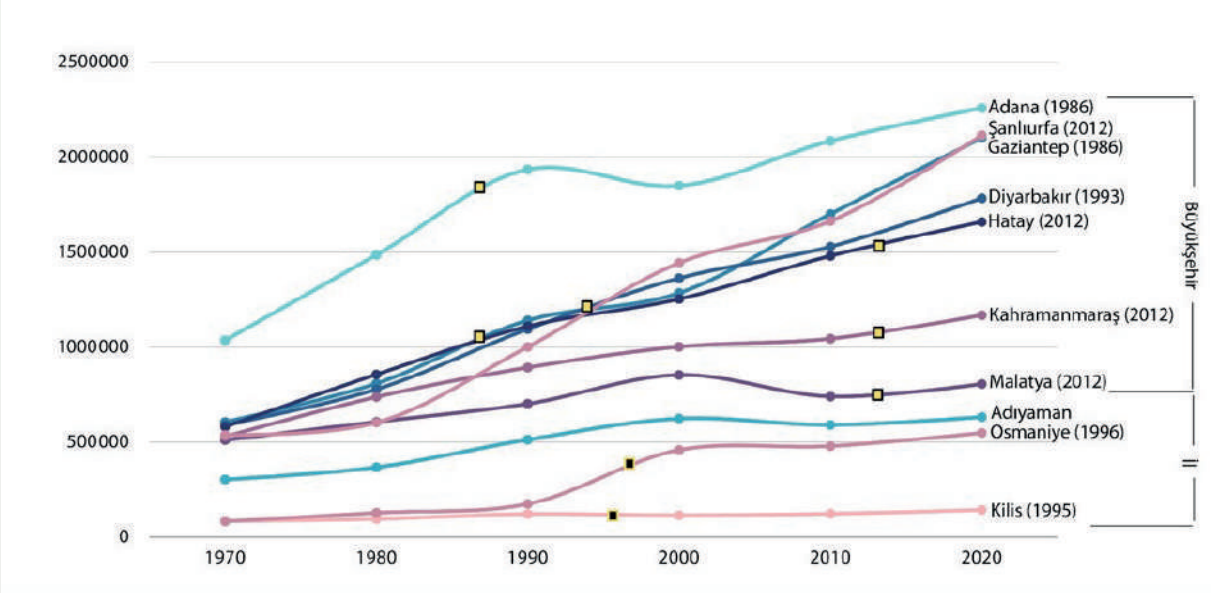
6 Şubat 2023'te ülkemizin 10 kentini etkileyen, merkezi Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesi olan Güneydoğu Anadolu Fay Hattı'nın kırılmasıyla gerçekleşen 7,7 büyüklüğündeki Kahramanmaraş, Pazarcık depremi ve 7,6 büyüklüğündeki Kahramanmaraş, Elbistan depremi Türkiye'de yaşanan en büyük ikinci ve üçüncü depremler olarak kayıtlara geçmiştir. 14 Şubat 2023 tarihli Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tespitlerine göre, 2.500'ün üzerindeki artçı sarsıntı ile birlikte, bugüne kadar 190.000'in üzerinde konut ve işyeri yıkılmış ve ağır hasar almış ve 30.000 üzerinde can kaybı yaşanmıştır.

Bu arka planda İTÜ Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü öğretim üyeleri tarafından hazırlanan bu rapor, bölgenin şehircilik ilkeleri ve dinamikleri bakımından deprem öncesi ve sonrası durumunu; kamu politikaları, mekânsal planlama, yönetim ve toplum üzerinden irdeleyen ve sürdürülebilir, güvenli, adil ve yaşanılabilir bir yeniden yapılanma sürecini yönlendiren ön değerlendirmeleri sunmaktadır.

4.1.2. İller Bazında Saptamalar

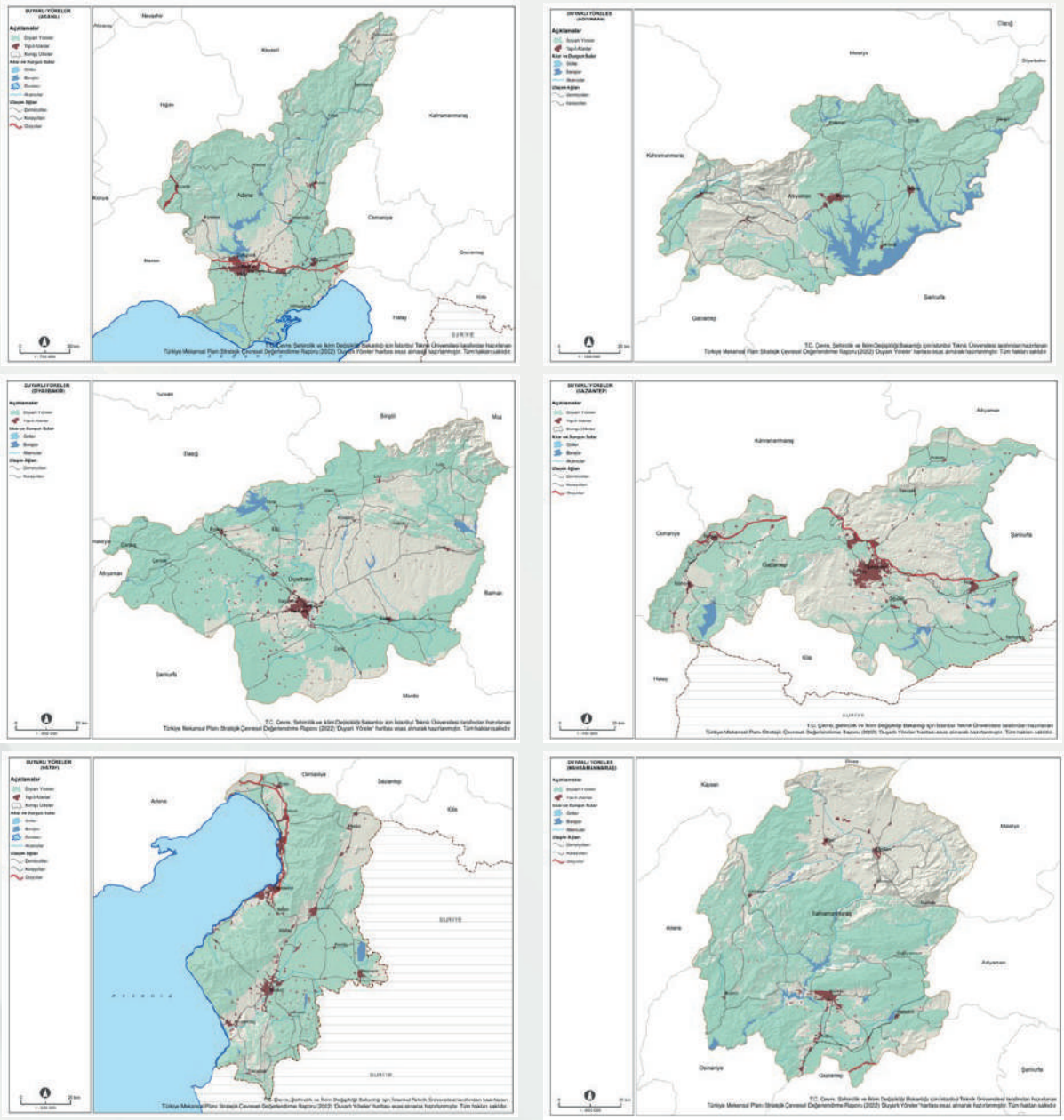
6 Şubat 2023 Depremlerinden etkilenen 10 ilin kentsel büyüme eğilimleri ve dinamikleri incelendiğinde, tarımsal üretim potansiyeli yüksek olan alanlarda yer almaları nedeniyle, tarım sektörünün kentlerin gelişiminde önemli bir rol oynadığı görülmektedir. 1970'lerle birlikte, ülkedeki sanayi yatırımların teşvik edilmesi ve bu bölgelerdeki imalat sanayi kollarının gelişmesi nedeniyle başta Adana olmak üzere, Gaziantep, Diyarbakır, Hatay ve Şanlıurfa'da kırsaldan kentsel alanlara hızlı bir göç süreci yaşanmıştır. 1986'da Adana ve Gaziantep'in Büyükşehir statüsü almalarının ardından, 1993 Diyarbakır ve 2012 yılında ise Şanlıurfa, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illeri de büyükşehir olmuşlardır. Öte yandan, 1995'te Kilis Gaziantep'ten ve 1996'da Osmaniye Adana'dan ayrılarak il olmuşlardır (Şekil 4.1). 1990'lı yıllarda hızlı artış gösteren bu süreç içerisinde, şehirler organize sanayi bölgelerinin geliştiği ana ulaşım arterleri üzerinden birbirine daha da güçlü bağlanan bir kentsel sistem oluşmuştur.

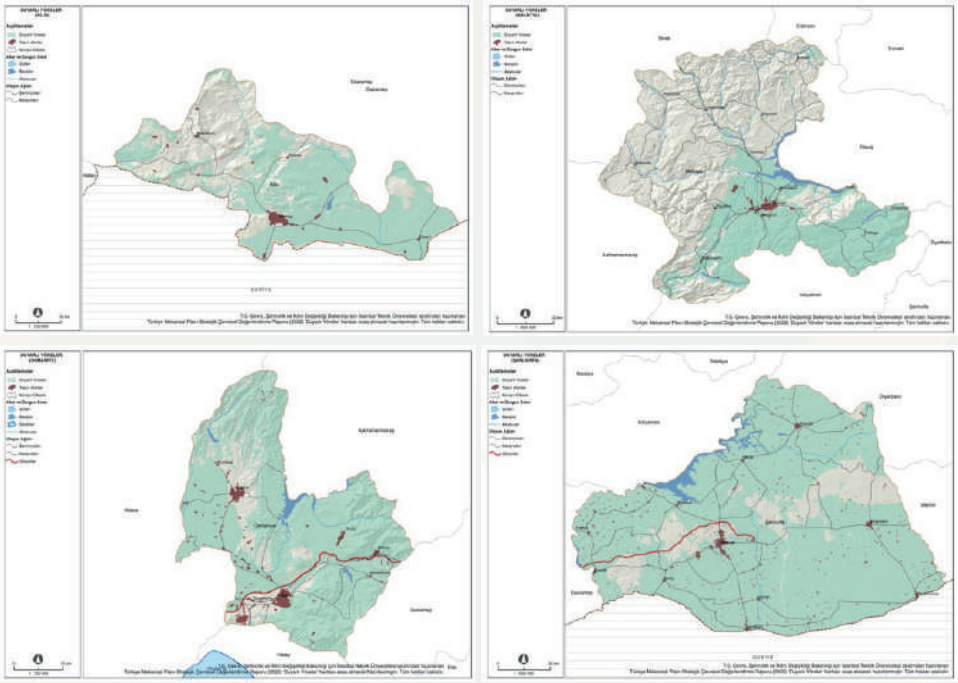
Geleneksel kent dokusu, tarihi çekirdek ve etrafında zamanla gelişen az katlı yapılardan oluşan bu şehirler, ilk başlarda tarım, mera ve orman alanlarına doğru yayılım göstermiştir (örn. Adana & Gaziantep). Son 20-30 yıllık süreçte ise, göçle gelen nüfusun konut taleplerini karşılamak, çöküntü ve kaçak yapılaşma alanların rehabilitasyonu, hizmet sektörünün ve donatı alanlarının gelişmesi amacıyla bir yandan iyileştirme, yenileme ve kentsel dönüşüm süreçlerine, bir yandan da kentsel yayılma süreçlerine girmişlerdir. Bu dönem, kent merkezlerinde yüksek katlı yapıların yapıldığı döneme de karşılık gelmektedir.



Şekil 4.1. *İllerin nüfus gelişimi*

Bu bölge içerisinde çok sayıda tabiat parkları, milli parklar, tabiat anıtı, yaban hayatı koruma sahaları, tabiat koruma alanları, ormanlar, büyük ovalar ve meralar bulunmaktadır. Bu alanlar uluslararası anlaşmalar ve ulusal mevzuat gereğince koruma altındadır ve Stratejik Çevresel Değerlendirme Yönetmeliği kapsamında tanımlanmaktadır (Şekil 4.2). Bu illerimizde göçün de etkisiyle enerji, imar ve tarımsal amaçlı yapılar nedeniyle tarım arazileri tarım dışı kullanıma açılmaktadır. Engebeli alanlardaki mutlak tarım arazileri hem toprak yapısı (meyilli arazi, erozyon vb.) hem de iklim koşulları dolayısı kısıtlıdır, bu nedenle kıt kaynak olarak değerlendirilmelidir. Bitki üretiminin olmadığı araziler mera olarak etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bitkisel üretime alternatif olarak gelişen hayvancılığın değişen iklim koşullarında devam etmesi ulusal gıda güvenliğinde önemli pay sahibi olması beklenmektedir. Değişen iklim koşulları altında bölge nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için, diğer sektörler ile birlikte bütünleşik arazi kullanım planlama çalışmaları yapılması ve kıt kaynak konumundaki büyük ova topraklarının korunması sağlanmalıdır. Bölgedeki orman örtüsü hem iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında hem de iklim değişikliğine karşı mücadele edilmesinde çok önemli rol oynamaktadır.





Şekil 4.2. *Duyarlı yöreler*

AFAD tarafından 2019-2021 yılları arasında, tüm illerde İl Afet Risk Azaltma Planları hazırlanmıştır. Bu planlarda, 6 Şubat Depremlerinden etkilenen 10 il için yapılan tespitler ve öngörülerde, kentlerin büyük bir kısmının gelişmeye elverişli olmayan zeminlerde olduğu ve bu alanlardaki eski ve zayıf yapı stoğunun yenilenmesi gerekliliğinin altı çizilmiştir.

Depremden etkilenen 10 ilin gelişim süreçlerine paralel olarak, üretim ve sektörel yapı anlamında da birbirini destekleyen bütünleşik bir kurgu üzerinden gelişme yaşandığı bilinmektedir. Bölgenin tarım potansiyeli, Diyarbakır'daki Ar-Ge yatırımları ve Gaziantep'teki lojistik altyapısıyla yenilikçi yaklaşımları benimseyen, rekabet gücünü artırıcı ve bölgenin bütününde kalkınmayı destekleyici şekilde planlanmıştır. Öte yandan, yine bu bölgede, imalat ve yüksek teknoloji sektörlerinin de hızla geliştiği görülmektedir.

Depremden etkilenen 10 ilin GSYİH'dan aldığı toplam pay % 9,3 oranındadır. İlk sırada % 31,2 ile sanayi sektörü, % 14,3 ile tarım sektörü ve % 11,5 ile hizmet sektörü yer almaktadır (TÜİK, 2021). Türkiye'de Eurostat imalat sektörleri teknolojideki uzmanlaşmalarına göre incelendiğinde orta-yüksek teknolojili sektörlerdeki firma sayısının baskın olduğu ilçe sayısı 15'tir. Az sayıdaki bu ilçeler arasında afet bölgesinde yer alan Kayapınar (Diyarbakır) bulunmaktadır. Orta-düşük teknolojili sektörlerdeki firmaların bulunduğu ilçeler arasında Pozantı (Adana) afet bölgesinde yer almaktadır. Yüksek teknolojili sektörlerdeki 1.300 firmanın dağılımı incelendiğinde, afet bölgesinde yer alan bütün illerde bu sektörlerde firmaların bulunduğu görülmektedir. Bu sektörden firmaların yer aldığı ilçeler: Antakya (Hatay), Osmaniye Merkez, Islahiye, Şahinbey, Şehitkamil (Gaziantep), Onikişubat, Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş), Adıyaman Merkez, Eyyübiye (Şanlıurfa), Yeşilyurt, Battalgazi (Malatya), Yenişehir, Bağlar'dır (Diyarbakır). Özellikle Adana'nın Seyhan ilçesinde bu sektörde bulunan firma sayısı öne çıkmaktadır. Orta-yüksek teknolojili sektörlerdeki 21.212 firmanın illere dağılımı incelendiğinde, afet bölgesi genelinde bu sektörden firmaların varlığı dikkat çekmektedir. Afet bölgesinde yer alan Adana ilinde Seyhan ve Sarıçam ilçeleri ile Gaziantep ilinde Şehitkamil ilçesi bu sektörde ön plana çıkmaktadır.

Gıda sektöründe faaliyet gösteren firma sayısının en fazla olduğu ilçeler incelendiğinde, 369 firma ile Şehitkamil (Gaziantep) ve 299 firma ile Seyhan (Adana) ilçelerinin afet bölgesinde konumlandığı görülmektedir. Benzer şekilde, Yüreğir, Tarsus, Sarıçam (Adana), Antakya (Hatay), Onikişubat, Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş), Kilis Merkez, Şahinbey, Nizip (Gaziantep), Adıyaman Merkez, Eyyübiye (Şanlıurfa), Yeşilyurt, Battalgazi (Malatya) ilçeleri de gıda sektöründe önde gelen ilçeler arasında sayılabilir.

Tekstil sektörü gruplamasında yer alan firmaların illere dağılımı incelendiğinde, afet bölgesinde yer alan Gaziantep'te 1.249 firma olduğu saptanmıştır. Gaziantep bu sektörde ulusal ölçekte en fazla firmaya sahip iller arasındadır. 962 firma ile Şehitkamil (Gaziantep) afet bölgesinde yer alan ve ulusal ölçekte en fazla firma sayısına sahip olan ilçedir. Bu ilçeyi Antakya (Hatay), Seyhan (Adana), Şahinbey (Gaziantep), Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş) ve Eyyübiye (Şanlıurfa) takip etmektedir. Birçok ilçede söz konusu sektörde firmalar bulunmaktadır.

Bilgisayar programlama sektöründe sırasıyla Seyhan, Çukurova, Sarıçam (Adana), Antakya (Hatay), Şahinbey (Gaziantep), Onikişubat, Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş) ilçeleri hem ulusal hem de bölge ölçeğinde önemli merkezler olarak öne çıkmaktadır.

6 Şubat 2023 depremlerinin etkilediği 10 ilde 13,5 milyon kişi yaşamaktadır. Nüfusun yaklaşık % 30'u 14 yaşın altındadır. 65 yaş ve üzeri nüfus oranı ise % 3 dolaylarındadır. Depremin etkilediği 10 ilde ve 113 ilçede ortalama hane halkı büyüklüğü 3,96'dır. İlçelerde en küçük hanehalkı büyüklükleri (3 ve altı) Malatya'nın Hekimhan, Arguvan, Arapgir, Kale, Kuluncak, Doğanyol, Pütürge ve Adana'nın da Feke, Pozantı ilçelerindedir. Buna karşın Şanlıurfa'da (Harran ve Akçakale) 7 ve üstü haneler bulunmaktadır. 5 ve üstü kişilerden oluşan haneler Şanlıurfa'nın Ceylanpınar, Viranşehir, Siverek, Suruç, Eyyübiye ilçeleri ve Diyarbakır'ın Hani, Kocaköy ilçeleridir.

2020 yılında bölgedeki toplam yaş bağımlılık oranı % 60'dır. Türkiye ortalaması % 47,7 iken bu oranın yüksek olması deprem bölgesinin işgücü açısından oldukça zayıf ve kırılgan olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle, bölgede 0-14 yaş ile 65 yaş ve üzeri nüfus, 15-64 yaş arasındaki nüfusa göre çok yüksektir. Şanlıurfa'nın Harran ve Akçakale ilçelerinde toplam yaş bağımlılık oranları çok yüksektir (% 109 ve % 102). Bölgede sadece 7 ilçede (Hatay Defne ve Arsuz, Malatya Battalgazi, Adana Yumurtalık, Sarıçam ve Çukurova, Osmaniye Toprakkale) toplam yaş bağımlılık oranı Türkiye ortalamasında ve biraz altındadır.

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerde çok sayıda can ve mal kaybı yaşayan 10 ilimizin yoksulluk, dezavantajlılık ve konut göstergeleri istatistiksel olarak incelenmekte, deprem öncesi durumları ortaya konulmakta ve haritalanmaktadır (2019G000370 Proje Numaralı "Konut Araştırma Projesi, 2019-2020). Toplumsal dezavantajlılık, kişinin gelirinin kabul edilebilir bir yaşam standardına sahip olmasını engelleyecek kadar yetersiz olması, kaynaklarının yetersiz oluşu, yaşamsal öneme sahip mal ve hizmetlere ulaşamaması, toplumdaki temel etkinliklere katılamaması gibi çok boyutludur. Depremden etkilenen 10 ilimiz en dezavantajlı 1. ve 2. dilimde yer almaktadır. En dezavantajlı iller; Diyarbakır, Osmaniye, Şanlıurfa, Kilis, Malatya (25) ve Adıyaman'dır. Dezavantajlı iller ise; Adana, Hatay, Gaziantep ve Kahramanmaraş'tır.

Konut indeksi altındaki değişkenler; konut satışları, yapı kullanma izin belgesine göre bina, daire sayısı ve yüzölçümü, yapı ruhsatına göre daire sayısı, yüzölçümü ve bina sayısı şeklinde sıralanmaktadır. Bu indekse ilişkin puanlamalara göre, büyükşehirlerin konut üretimi yönüyle daha avantajlı olduğu görülmektedir. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli deprem felaketinden önce 2021 yılı verilerine göre yapılan değerlendirmede; depremden etkilenen 10 ilimiz konut indeksi sıralamasında en avantajlı 4. dilimde kümelenmektedir. Avantajlı iller; Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır, Kahramanmaraş, Malatya, Adana ve Hatay'dır. En dezavantajlı il Kilis olurken, en avantajlı il ise Gaziantep'tir.

Bölgenin, Türkiye'nin olduğu kadar dünyanın da önemli miras alanlarına sahip olması, jeopolitik önemi kadar kültürel ve tarihi önemini de ortaya koymaktadır. Malatya, Adıyaman, Diyarbakır ve Şanlıurfa'da yer alan UNESCO Dünya Miras Listesi'nde yer alan Arslantepe Höyüğü, Nemrut Dağı, Diyarbakır Surları ve Hevsel Bahçeleri ile Göbeklitepe çok kültürlü ve çok dinli bölgenin tarihini bugün de yaşatmaktadır; tarihle ve geçmişle olan bağ kadar bölge turizmine katkısı da çok önemlidir. Dünya Mirası ve anıtlar dışında bölgede bulunan Türkiye'nin önemli sivil mimari örneklerinin yer aldığı tarihi kentler, Antakya gibi, bölgenin kültürel, toplumsal ve ekonomik geçmişine ışık tutar; sahip olduğu kolektif bellek ile yere anlam verir.

4.1.3. Değerlendirme

4.1.3.1. Kamu Politikaları ve Mevzuat Boyutuna İlişkin Değerlendirmeler

● Bilimsel temele dayanmayan imar affı, imar barışı gibi mühendislik hizmeti almamış, sağlıksız ve güvensiz yapı stoğunu yasallaştıran düzenlemelere son verilmelidir. Geleceğin kentlerinin afetlere karşı dirençli olabilmesi için imar affı bir daha kamuoyu gündemine getirilmemelidir.

● Ülkemiz planlama ve imar mevzuatında 30'dan fazla kanun ve yönetmelik; çokça kurumun plan yapma ve onaylama yetkisi bulunmaktadır. Bu durum bütüncül kent ve bölge planlama süreçlerini zedelemektedir. Planlamada artan merkezileşme eğiliminin aksine, kent ve bölge planlamasında yerel yönetimleri etkin kullanan, yalın, mevzi ve parçacıl uygulamalara son veren çağdaş bir imar mevzuatı düzenlenmelidir.

● Bilimsel temeli olmayan, Merkezi Yönetim Organlarınca ya da Yerel Yönetim Meclislerince imar planlarına yapılan müdahaleler kısıtlanmalı, plan müellifinin görüşü olmadan plan değişikliklerine izin verilmemelidir.

● Etkin bir imar yasası kadar yapılaşma süreçlerinde etkin denetim mekanizmaları yaşama geçirilmelidir.

● Kentlerin imar planları bilimsel temellere dayanan, yerel yönetimleri, üniversiteleri ve STK'ları dahil eden, katılımcı ve şeffaf süreçler içinde yeniden ele alınmalıdır.

● Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde yaşanan deprem felaketi ile dezavantajlı kişilerin sayısı geçmiş yıllara göre hızla artmış, konut ve donatı alanlarının zarar görmesi ile dezavantajlı grupların toplumdaki diğer bireylere göre konuta erişim konusunda ekonomik durumları (yoksulluk) daha da hassaslaşmıştır. Toplumsal bir gerçek olan dezavantajlılık ile ilgili yerel ve ulusal düzeyde kamu politikaları geliştirilmelidir.

4.1.3.2. Mekânsal Planlama Boyutuna İlişkin Değerlendirmeler

● 6 Şubat 2023 depremlerinde etkilenen bölgelerde kentin yeniden yapılanması sürecini de içerecek şekilde "afet sonrası iyileştirme ve kalkınma planı" hayata geçirilmeli, yeniden yapılanma süreci başlatılmalıdır.

● Doğal tehlikeler karşısında yaşanan büyük yıkımların temel nedenlerinden birisi kentlerin doğal eşikleri aşmış olmasından kaynaklanmaktadır. Jeolojik açıdan sakıncalı alanlar, verimli tarım alanları, su kaynakları, ekolojik hassas alanlar, dere yatakları, taşkın ve heyelan alanları gibi doğal eşikler yeniden yapılanma sürecinde esas alınmalı, yeni planlama sürecinde kültür varlıkları hariç bu alanlarda yapılaşmalara izin verilmemelidir.

● Sosyal, ekolojik ve ekonomik bakımdan yüksek maliyetli kentsel büyüme süreçlerine neden olan, kentsel ihtiyaçların ötesinde ve kentin taşıma kapasitesini aşan mekânsal yayılmayı destekleyen planlama yaklaşımından kaçınılmalıdır.

● Kentleri, sadece yeni ve depreme dayanıklı geçici ve kalıcı deprem konutlarının inşasından öte düşünmeli, altyapı ve tüm işlev alanları ile birlikte sürdürülebilir ve dayanıklı yaşam alanları planlanmalıdır.

● Yeni yerleşim alanları yer seçimi ve inşa sürecinde mevcut makroform ile sosyo-kültürel, mekânsal ve ekonomik ilişkisi göz ardı edilmemeli, doğal eşikler hassasiyetle dikkate alınmalıdır. Yeniden yapılanma sürecinde, tek tip yapılar yerine depremden zarar gören illerin sosyal ve kültürel yapısının yansıması olan geleneksel kent dokusunun değerlerini referans alan çağdaş mimari tasarımlar önerilmelidir. Yeterli açık alan ve sosyal altyapı alanına sahip, evrensel tasarım normlarında, doğaya ve insana saygılı yerleşmeler olarak planlanmalı ve tasarlanmalıdır.

● Depremden etkilenen bölgelerde, kültür varlıklarının ve tarihi dokunun depreme karşı dirençliliğini artırmaya dönük müdahaleler hızla hayata geçirilmelidir.

● Yerin anlamını ve toplumun yerle bağını korumaya yönelik olarak kısa vadede kültürel mirasın bölgede devamlılığını sağlayacak politikalar uygulamaya konulmalıdır; bu yapı ve insan önceliği arasında seçim değildir.

● Mevcut uygulamalardaki yaklaşım yerine afet risklerin azaltılmasını amaçlayan ve "çoklu tehlike" (jeolojik, hidro-meteorolojik, biyolojik, sosyal ve teknolojik tehlikeler) verilerine dayanan "bütüncül risk değerlendirme" yöntemini dikkate alan "afete duyarlı planlama" yaklaşımı benimsenmelidir.

● Mevcut kentsel dönüşüm/yenileme uygulamaları düşünüldüğünde, artık kentsel dönüşüm proje ve uygulamalarında temel motivasyonun, sadece ekonomik değer üretmek üzerine değil, toplumsal, çevresel ve ekolojik faydaları da kapsayan toplam değer üretmek üzerine olmalıdır.

● Kentsel dönüşüm/yenileme çalışmaları, mevzi, parçacıl ve mevcut kentsel dokudaki riskleri artıran "salt emsal artırımına dayalı kaynak yaratma" yaklaşımı terk edilmelidir. Kentsel dönüşüm projeleri, üst ölçekli planlar ile uyumlu olarak yürütülmeli ve alternatif finansman modelleri gözetilerek kurgulanmalıdır.

● Deprem bölgesindeki illerde yeniden yapılanma sürecinde iklime duyarlı tasarım ve enerji verimliliği gibi kriterler gözetilmelidir.

● Yeniden yapılanma sürecinde iklim değişikliği ve doğal afetlerin olası etkilerinin üstyapı ve altyapı üzerindeki olası zararları en aza indirgemek hedeflenmelidir.

● Gerek deprem bölgesindeki illerde gerekse ülke genelinde riskli alanlarda, yapıların yenilenmesi yanında, güçlendirme çalışmalarına da kaynak sağlanmalıdır.

● Kritik tesislerin (hastane, okul, emniyet yapıları, itfaiye, resmi kurum yapıları vb.) ivedilikle deprem güvenliği sağlanmalıdır. Bu bilgilerin şeffaf bir şekilde kamuoyu ile paylaşımının sağlanması, sağlıklı bir sürecin yürütülmesi açısından önemlidir.

● Ülkenin önemli üretim ve ihracat merkezlerinin yer aldığı bölgede, depremden etkilenmeyen diğer yakın illerle işbirliği artırılmalıdır. Bölgedeki çalışan kayıpları ile iş alanlarının durumlarının değerlendirilmesi orta vadede bölgenin iyileşme aşaması için kritik öneme sahiptir.

● Afetle mücadelede AFAD'ın lojistik sistemiyle uyumlu ve imar planlarında "afet lojistik alt-merkezi" lejantıyla tanımlanacak alanların, yerleşim hiyerarşileri dikkate alınarak belirlenmelidir.

● Kentsel yenilemeyi ve kentsel yeniden yapılandırmayı bir proje olarak değil, ihtiyacı salt mekânsal, mimari ve estetik bir çözüme indirgemeden dönüştürücü ve duyarlı bir süreç olarak meşrulaştırmak büyük önem taşımaktadır. Süreç, neyin, nasıl, kiminle ve kimin için başarılacağına bağlı olarak yerel nedensellikler, gerekçeler, ihtiyaçlar ve somut olmayan değerler açısından bilimsel olarak bağlamsallaştırılmalı ve gerekçelendirilmelidir.

4.1.3.3. Yönetişim ve Katılım Boyutuna İlişkin Değerlendirmeler

● Sürdürülebilir ve dayanıklı yaşam alanlarının planlanması kapsayıcı ve katılımcı süreçlerle düşünülmelidir. Bu konuda, mevcut bilgi birikiminden ve farklı disiplinlerin katkısından yararlanmak üzere etkin bir yönetişim süreci yürütülmelidir.

● Afet sonrası yardım ve iyileşme süreçleri geniş çaplı aktör ve pratikleri içermekle birlikte, bu süreçlerin yönetişimi güçlü şekilde tesis edilmelidir. Aktörler arasında bilgi ve veri akışının ve koordinasyonun sağlanması, afet sonrası toparlanmanın hızlı gerçekleşmesi için önemlidir. Bu doğrultuda merkezi yönetimlerin taşra teşkilatları, yerel yönetimler, AFAD, Kızılay, afet yardım kuruluşları ve STK'lar arasında da sıkı bir işbirliği kurulmalıdır.

● Afet sonrası yardım ve toparlanma süreçlerinde çok aktörlü işbirliğinin diğer önemli boyutları ise şeffaflık, hesap/cevap verebilirlik, etkinlik, risk azaltımı, projelerin sürdürülebilirliği, ölçme ve değerlendirme, hızlı ve doğru veri paylaşımı ve iletişimi, aktörlerin karar alma ve uygulama süreçlerine dengeli katılımı, güven tesisi ve halk katılımı olarak benimsenmelidir.

● Hem dezavantajlı grupların hem de yerel toplulukların tamamının tesis edilecek katılımcı ve kapsayıcı planlama süreçlerine doğrudan katılımı sağlanmalıdır. Ayrıca dünyada başarılı örnekleri bulunan yerel toplum öncülüğünde yeniden yapılanma programları (community-led reconstruction program) gibi modeller afet bölgesindeki 10 ile uyarlanmalıdır.

● Yıkım ve yeniden yapılanma temelli kentsel dönüşüm, deprem riskinin azaltılması gibi doğallaştırılmış kentsel sorunların tek olası çözümü değildir. Yıkım yerine yeniden yatırımı ve iyileştirmeyi teşvik eden kentsel politika çerçevelerine ihtiyaç vardır. Afetlerin neden olduğu ciddi hasarlarla ilgili olarak, iyileştirmelerde, tarihi kentsel peyzajın özgünlüğünü ve bütünlüğünü dikkate almalıdır. Değişimi yönetmek için yönetim planlarının etkili bir şekilde kullanılması gerekir.

● Afet sonrası iyileştirme sürecinde tarihi kentsel peyzaj, bu peyzajın bir parçası haline gelen topluluktan ayrı tutulmamalıdır. Kentsel yenilemenin mevcut uygulama ve finansman modelleri, tarihi çevre ve savunmasız dezavantajlı yerleşimler söz konusu olduğunda, aşırı ekonomikleştirme, metalaştırma, emlak piyasasından kaçınmalıdır. Bir insan hakkı olarak barınma fikri üzerine inşa edilen alternatif finansman mekanizmaları, güven fonları, bağışçı katılımı, mikro finansman ve kendi kendine yardım mekanizmalarını kolaylaştırarak tahsis edilmelidir.

4.1.3.4. Sosyo-Demografik Yapı ve Kültürel Boyuta İlişkin Değerlendirmeler

● Yaşanan deprem sonrası bölgenin nüfus kaybı en kritik konulardan biridir. Can kayıpları, şimdiden bölgeyi terk edenler ve kısa, orta ve uzun vadede bölgede yaşamaya devam edeceklerin bilgisi sahadan güncellenmeli ve gelecek yerleşim planlaması açısından dikkate alınmalıdır.

● Bölgenin özgün ve çok katmanlı demografik, toplumsal ve kültürel yapısının korunabilmesinin yolları deprem sonrası yeniden yapılanma sürecinde dikkate alınmalıdır.

● Bölgedeki 10 il ve 113 ilçenin her birinin özel kültürel, toplumsal, demografik ve iktisadi özellikleri dikkate alındığında, afet sonrası yeniden yapılanma çalışmalarında afetten etkilenen bölgenin yerel özelliklerinin göz önüne alınarak yerel aktörler ve grupların mümkün olan en geniş katılımı ile yeniden yapılanma sürecinde zarar gören somut ve somut olmayan kültürel mirasın yeniden canlandırılması için hassas bir çalışma yürütülmelidir.

● Deprem ve yıkımla birlikte en büyük tehlikenin kültürel silinme ve ortadan yok olma şeklinde olmaması için kamu konut sunumunda katılımcı ve kapsayıcı işbirlikleri kurulmalıdır.

● Kültür, toplumun devamlılığı, kimliğin anlamı ve ekonomik kalkınmada değeri ile, afet sonrası “daha iyi” yeniden yapılandırma sürecinde temel güçtür. Ekonomik güvencesizlikler, yoksulluk, eşitsizlikler ve dışlanma gibi olumsuzlardan etkilenen toplum için sosyal uyum ve kimliğin (yeniden) inşası ve toplumun kendine inanması ve gurur duyması için yardımcıdır. Toplumun yeniden birbirine ve yere bağlanmasına yardımcı olur, diyalog ve uzlaşı sağlar. Bu yönüyle UNESCO ve ICOMOS gibi uluslararası aktörlerin yanı sıra Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi de kültüre ve kültürel mirasa vurgu yapmaktadır.

● Depremler toplum içinde kendine özgü kırılganlık hallerini doğurur. Bu kırılganlıklar genel dezavantajlı gruplara ek olarak deprem koşullarına ve deprem bölgesine özgü tanımlanabilecek afete bağlı psikolojik ve toplumsal travmalar, eksilmiş/dağılmış aileler, kimsesiz ve refakatsiz çocuklar, akut ve kronik rahatsızlığı olanlar, deprem nedeniyle engelli olanlar, mülksüzler, uzak illere yerleştirilenler, geçici barınma sorunu yaşayanlar, iş ve okul düzenini kaybedenler, gençler, güvenlik endişesi yaşayanlar gibi kırılgan birey ve grupları içerir. Başarılı bir afet sonrası yardım ve iyileştirme programı için toplumun genel ve yerele/koşula özgü kırılgan grupları tespit edilerek, bu gruplara ve onların beklenti ve ihtiyaçlarına cevap verecek sosyal altyapı alanlarına ve kullanımlara planlama çalışmalarında özel bir yer verilmelidir.

● Kentsel dönüşüm ve kentsel yeniden yapılandırma kapsayıcı yaklaşımlarla bütünleştirilmediğinde bölücü bir süreçtir. Sosyal dışlanmadan sosyal olarak kapsayıcı kentsel dönüşüm müdahalelerine geçiş olarak topluluk yönetişim modelleri geliştirerek, topluluk çıkarlarını ve kolektif hafızalarını kapsamlı bir şekilde temsil eden kent hakkını vurgulamaya acil bir ihtiyaç vardır. Bu, sosyal etkileri göz önünde bulunduran ve toplum içinde bir kamu çıkarına tabii ve sosyal bir varlık olarak tarihi kentsel peyzaj fikrini zorlayan, sosyal olarak kapsayıcı bir kamu politikası aracı olarak kentsel politikaya ilişkin daha geniş bir anlayışla ilgilidir.

Kaynaklar

AFAD / deprem.afad.gov.tr
Stratejik Çevresel Değerlendirme Yönetmeliği - EK 5 Duyarlı Yöreler
https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/04/20170408-3-1.pdf
TBMM Meclis Araştırma Komisyon Raporu, 2010

Prof. Dr. Mustafa Gencoğlu, Prof. Dr. Ercan Yüksel, Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik, Doç. Dr. Beyza Taşkın

4.2. Hızlı Konut İhtiyacının Karşılanması İçin Kullanılabilecek İnşaat Teknikleri

4.2.1. Giriş

6 Şubat 2023 Nurdağı-Pazarcık (Mw 7,7~7,9) ve Ekinözü-Elbistan (Mw 7,6) depremleri sonrasında meydana gelen büyük oranda hasar ve yapısal göçmeler sonucunda etkin ve hızlı kalıcı konut çözümü arayışı başlamıştır. Acilen inşa edilmesi gereken 350 binin üzerinde konut ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Kalıcı barınma gereksiniminin hızla karşılanması için üç farklı inşaat tekniği önerilmektedir.

4.2.2. Tünel Kalıp ile İnşa Edilen Taşıyıcı Sistemler

Ülkemizde toplu konut inşaatlarında çok kısa sürede çok sayıda betonarme konutlar inşa edilebilmektedir. Hız gerektiren bu tür inşaatlarda genellikle tünel kalıp sistemler tercih edilmektedir. Tünel kalıp sistemlerde, bina taşıyıcı sistemi genellikle asgari 25 cm ila 30 cm kalınlığında uzun betonarme perde duvarlar ile betonarme kirişsiz döşemelerden teşkil edilmektedir. Modüler olarak perde duvarların bir kenarı ile döşeme plağının bir bölümünün birlikte olduğu L şeklindeki yarım tünel kalıplar ve iç açıklıklar için teşkil edilen tam tünel kalıplar kat içerisinde veya üst katlara vinç yardımıyla kolayca kaydırılarak hareket edebilmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. *Tünel kalıp sistem ile bina inşaatı*

Tünel Kalıp Sistemlerinin Avantajları

- Ekonomik, güvenli ve süratli imalat yapılabilmesi
- Bir takım kalıp ile aynı projede 500 defa döküm yapılabilmesi
- Benzer başka projelerde, yeni yapılacak kalıp ilavesi ve eski kalıpların onarılması ile düşük maliyete uyum sağlayabilmesi

• Az sayıdaki yüksek vasıflı ustabaşı, yardımcıları ve düz işçiler ile gerçekleştirilebildiğinden, işçilik maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlanabilmesi

• İnşaat yapım süresi çok hızlandığı için, klasik sistemlere kıyasla kullanılan yapım sermayesinin finansman maliyeti önemli oranda düşmesi

• Yüklenicinin günlük periyotta bir dökümde perde ve döşeme betonları döktüğü bir kalıp sistemi olması dolayısıyla hava koşullarına ve kürlemeye bağlı olarak 1-2 gün içerisinde yeni katlarının üretilebilir olması

• Statik projenin gerektirdiği 1,5 m ile 6,5 m aralığındaki düzenli açıklıklarda kolaylıkla beton dökümünün yapılabilmesi

• Büyük kesme kuvveti kapasitesine ve rijitliğe sahip çok sayıda betonarme perdelerden oluşan tünel kalıp sistemle inşa edilen binaların depreme karşı yüksek dayanıma ve taşıyıcı sistem güvenliğine sahip olmasının yanı sıra şiddetli rüzgâr ve fırtına etkisinde de güvenli bir yapı sistemi oluşturmaları

• Kalıbı tamamlayan iskele sistemlerinin şantiyede eksiksiz uygulanması halinde iş güvenliği konusunda son derece başarılı neticeler alınması

• Bu tür yapıların yangınlara karşı dayanımlarının yüksek olması

• Elektrik ve sıhhi tesisat işlerinin tatbikatında da kolaylıklar göstermesi

• Başta konut olmak üzere otel, öğrenci yurdu, hapishane, kışla gibi döküm tekrarı kalıp maliyetini ucuzlatacak her türden binalarda ekonomik olarak uygulanabilmesi

• Hafif düzeyde hasar görme durumunda kaynak ustalarınca onarılabilir olması

• Betonun termal kütlesi, doğru yalıtım malzemelerinin kullanımı ile birleştiğinde ısınma/soğutma maliyetlerinin en az seviyeye indirmesi

Tünel Kalıp Sistemlerinin Dezavantajları

• Tünel kalıp sisteminin ilk yatırım maliyeti yüksektir. Küçük ya da tek seferlik projelerde ekonomik değildir.

• Hızlı üretim süreci ve döngüleri nedeniyle malzeme akış hızında gecikme olmamalıdır. Hızlı nakit akışı ve koordinasyon gerektirir. Üretim malzemesi tedariğinde aksamalar olduğunda verim düşer.

• Düşük işgücü elemanı ihtiyacına rağmen ağır malzeme kullanımı nedeniyle nitelikli işgücüne ihtiyaç duyar.

• Vinçler nedeniyle ekipman maliyetleri nispeten daha yüksektir.

• Kalıbın sökülmesi mümkün olmadığı için bodrum katların inşasında tünel kalıp sistemi kullanılamaz.

• Beton kalitesinin yüksek olması nedeniyle daha ince beton, mukavemet için yeterli olmaktadır. Ancak bu durum düşük ses yalıtımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle özellikle gürültü probleminin çözümü için ek önlemlerin alınması gerekmektedir.

• Konser salonları, tiyatro gibi büyük açık alanlar ihtiva eden yapıların inşasında tünel kalıp sistemi uygun değildir. Ayrıca bu sistem, mimari tasarım alternatiflerini sınırlandırmaktadır

Tünel kalıp sistemlerle çok katlı bloklardan oluşan toplu konut inşaatlarının hızla inşa edilebilmesi mümkündür. Ancak, öncellikle bloklar için belirli tip mimari projeler geliştirilmesi, temel ve bodrum katların konvansiyonel kalıplarla inşa edileceği ve bu sürecin de inşaat süresini uzatacağı, üst yapıların tünel kalıp sistemlerle hızla inşa edilebileceği de dikkate alındığı zaman temel derinliği ve bodrum kat sayısının sınırlandırılması veya hafriyat, bodrum kat çevre perde duvarlar vs. inşası belirli bir döngüyle üst kat inşaatlarını olumsuz etkilemeyecek şekilde iyi bir planlama ile yapılması önerilir. Zemin kat ve normal katların herbirinin 2 gün/kat hızla inşa edilebileceği tahmin edilmektedir. Örneğin zemin kat ve 6 normal kat olmak üzere zemin kat seviyesinin üstünde toplam 7 katlı bir bloğun temel ve bodrum kat inşaat süreleri hariç olmak üzere yaklaşık 15 gün içerisinde inşa edilebileceği tahmin edilmektedir.

4.2.3. Prefabrike Betonarme Konutlar

Prefabrike betonarme, depremler sonrasında ortaya çıkan yoğun konut ihtiyacını karşılamak üzere

dünyada yaygın olarak kullanılan bir yapım tekniğidir. Tüm üretim süreci endüstriyel bir disiplinle fabrikalarda gerçekleştiğinden, kalite kontrol bakımından idealdir. Çok katlı prefabrike sistemler, tekrarlı çoklu projelerde konvansiyonel çözümlere göre daha ekonomik olmaktadır. Prefabrike betonarme

sistemler, ülkemizde yaşanan önceki depremlerde uygun yapısal performans göstermişlerdir.

Üç farklı konut modeli öne çıkmaktadır:

• Perde-çerçeve konut modeli: Tüm kolon-kiriş bağlantıları moment aktaran (TBDY2018 MAB3) özellikte olan prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme betonarme perdelerin birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Taşıyıcı sistemde, deprem yükleri perdeler tarafından taşınmaktadır. Zemin + 3 kat olarak oluşturulan ve her katta 4 dairenin bulunduğu Bingöl Genç konutları, 2003 Bingöl depremini sıfır hasarla atlatmıştır. 16 daireli 36 blok 8 ayda teslim edilmiştir.

• Çift cidarlı panelli filigran döşeme konut modeli: Yatay ve düşey prefabrike panellerin yerinde dökme beton ile tamamlandığı sistemlerdir. Taşıyıcı sistem tamamen perdelerden oluşmaktadır. 2011 Van depreminden sonra bu teknik kullanılarak inşa edilen zemin + 3 katlı 222 daire (20000 m²) 7 ayda teslim edilmiştir.

• Ard-germeli monolitik konut modeli: Kolon-kiriş bağlantılarının ard-germe ile monolitik hale getirildiği (TBDY2018 MAB2) bu taşıyıcı sistem türüyle çok katlı konutlar yapılmaktadır. Bu teknik kullanılarak Van'da inşa edilen 8 katlı bir örnek, 2011 Van depremine maruz kalmıştır. Bina taşıyıcı sisteminde hasar oluşmamıştır.

4.2.4. Modüler Çelik Sistemler

Diğer alternatiflerin yanında, ortaya çıkan konut açığını kısa sürede gidermek amacıyla özellikle görece daha hafif endüstrileşmiş yapım sistemleri öne çıkmaktadır. Yeniden inşa edilecek yapıların bir bölümünde çelik malzemenin sağladığı üstünlükleri kullanmanın çok akılcı olacağı düşünülmektedir. Kısa vadede planlanan az katlı müstakil ya da apartman türündeki konutlar için çelik sistemlerden yararlanılabilir. 1 ila 2 kat arası binalarda soğukta şekil verilmiş hafif çelik elemanlı sistemler "aile evleri" olarak tasarlanabilir. Bu tür konutların hesap ve yapım kuralları Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'de Bölüm 10'da verilmiştir. Buna ek olarak 4 ila 5 kata kadar inşa edilecek olan konutlarda yine aynı yönetmelikte Bölüm 9'da verilen ilkeler çerçevesinde çelik sistemlerden yararlanılabilir.

Mimari bakımdan düzgün bir şekilde tasarlanmış modüler çelik sistemler deprem güvenliği ile birlikte işlevsellik ve estetik koşulları da sağlayacağından yeniden yapılaşmada (konutlar ve sosyal binalar) rahatlıkla tercih edilebilir. Modüler tasarım hızlı ve kaliteli üretimi de sağlayacaktır. Modüler sistemlerin var olan üreticilerle birlikte çalışarak tasarlanması önem kazanmaktadır. Lojistik konuları bu bağlamda öne çıkmaktadır. Bölgedeki zayıf/olumsuz zemin özelliklerine de uygun olan hafif sistem seçenekleri yeterli rijitlik, dayanım ve süneklik ile güvenli yeni bir yapı stokunun oluşturulmasına katkıda bulunacaktır. Türkiye'de bulunan gerek hafif çelik gerekse yapısal çelik ürünlerinin üreticileri modüler yapım konusunda oldukça deneyimlidirler. Hatta yine Türkiye'de faaliyet gösteren ve tamamıyla montaja hazır modüler birimleri üreten ve yurtdışına ihraç eden firmalardan yararlanılması düşünülebilir. Bu sistemlerde mutfak, banyo gibi birimler de bulunmakta; elektrik, mekanik tesisat gibi donanımlar dahil neredeyse bitişe yakın modüller iyi bir çözüm olarak sunulmaktadır.

5. Çevresel Altyapı Ve Deprem Atıkları Yönetimi Açısından Değerlendirme

Prof. Dr. İsmail Koyuncu, Prof. Dr. Vedat Uyak, Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Yüksekdağ,
Dr. Öğr. Üyesi Türker Türken, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin Paşaoğlu

5.1. Doğal Afet Durumlarında Güvenli Su Temini

5.1.1. Giriş

Depremler, içme suyu temini ve atıksuların uzaklaştırılması olanaklarında aksamalara, geçici barınma ortamlarında aşırı kalabalıkların oluşmasına, çok sayıda insanın yer değiştirmesine ve ciddi yaralanmalara yol açtığı için su yoluyla bulaşma potansiyeli yüksek olan enfeksiyon hastalıkları riskini de artırabilir. Bu nedenle, deprem sonrasında su kaynaklı salgınların önlenebilmesi için güvenli su temini ile ilgili teknik önlemlerin alınması hayati önem arz eder.

Diğer yandan, Kahramanmaraş merkezli meydana gelen depremin etkilendiği on ilde mevsim koşullarının soğuk olması, afetin oluşturduğu barınma ve beslenme olanaklarında zorluk yaşanmasına neden olurken, içme suyu kaynaklı risklerin hızlı bir şekilde yayılmasını da yavaşlattığı belirtilmektedir.

Deprem sonrası toplumda sağlıklı bir yaşamın sürdürülebilmesi için temiz içme suyunun temini, uygun atıksu altyapısının ve atıkların uygun şekilde yönetimi ve gıda güvenliğinin sağlanması kritik önem arz eden hususlardır. Enfeksiyon hastalıklar gibi birçok bulaşıcı hastalık, uygun su ve gıda tüketiminin sağlanmasıyla önlenebilir. Bu amaçla aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

• Çadır kentler gibi deprem sonrası geçici yerleşim bölgelerine en az 15 L/kişi-günlük su gereklidir. Bu toplu yerleşim bölgelerinde her 250 kişiye 1 su noktası, her aileye 2 adet 20 litrelik su bidonu temini yapılmalıdır.

• İnsanların bu koşullarda el yıkama ve temel kişisel hijyen önlemlerine uyması hastalıkların yayılmasını önler. Eller, öncelikle yemeklerden veya gıda hazırlamadan önce, tuvalete gittikten veya hapşırık, öksürükten sonra ve görünür kirlenme olması halinde olmak üzere sık aralıklarla su ve sabunla yıkanmalı, görünür kirlenme yoksa alkol içeren çözeltilerle 20 sn ovuşturulmalıdır.

• Su altyapısının hasar görmesi durumunda içme suyuna ulaşımda sorunlar yaşanabilir. Ancak insanların yeterli sıvı alınmasına özen gösterilmelidir. İçme suyu olarak mümkünse uygun şekilde şişelenmiş, kapalı sular tercih edilmelidir. Bu tür içme suyuna ulaşılamıyorsa, suyun güvenli bir şekilde tüketilmesi için kaynatma, klorlama ve filtreleme işlemleri uygulanması söz konusudur. Bu tekniklerle ilgili detaylı açıklama aşağıda verilmiştir.

Kaynatma

Güvenli şişelenmiş su yoksa içmeyi güvenli hale getirmek için su kaynatılmalıdır. Kaynatma, virüsler, bakteriler ve parazitler dahil olmak üzere hastalığa neden olan mikropları öldürmenin en kesin yöntemidir. Bunun için suyun 1 dk boyunca kaynatılması gerekir (Şekil 5.1.1). Eğer mevcut konum deniz seviyesinden yaklaşık 2000 m'den daha yüksekteyse bu durumda suyu 3 dk boyunca kaynatmak gereklidir. Kaynamış suyun tadını iyileştirmek için bir kaptan diğerine dökerek havalandırılabilir ve ardından birkaç saat bekletilir veya her litre kaynamış su için bir tutam tuz eklenir. Kaynatılmış su, temiz ve ağzı kapalı kaplarda muhafaza edilmelidir (URL-1).



Şekil 5.1.1. *Üzeri açık kapta su kaynatma (URL-1)*

Dezenfeksiyon

Bu yöntem çoğu bakteri ve virüsü öldürür. 2 L suya 8 damla % 5 kokusuz ev tipi çamaşır suyu eklenir. Bulanık musluk suyu için 16 damla kullanılabilir. Ev tipi çamaşır suyu yoksa, etiket talimatlarına göre klordioksit tabletleri veya iyot kullanılabilir. Çamaşır suyu eklendikten sonra su karıştırılmalı ve kullanmadan önce en az yarım saat beklenmelidir (Şekil 5.1.2). Diğer yandan, klorun bulunmaması durumunda aşağıdaki güneş ile dezenfeksiyon yöntemi de uygulanabilir.

Acil durumlarda, güneş ışınları suyun kalitesini artırabilir. Bu yöntem sudaki hastalık yapıcı mikroorganizmaları azaltabilir. Ancak güneş ışınları bulanık sularda etki göstermez. Dolayısıyla eğer su bulanık ise önce süzülmeli/filtrelenmeli ya da dinlendirilerek tanecikler çöktürülmelidir. Ardından su şeffaf şişelere doldurulur. Şişeler yan yatırılarak hava güneşli ise 6 saat, bulutlu ise 2 gün güneşte bekletilir. Şişelerin yere serilmesi, güneş ışınlarının içerideki suyu daha etkili bir şekilde dezenfekte etmesini sağlar. Şişeleri karanlık bir yüzeye koymak da güneş ışınlarının suyu daha etkili bir şekilde dezenfekte etmesine yardımcı olacaktır (URL-1).

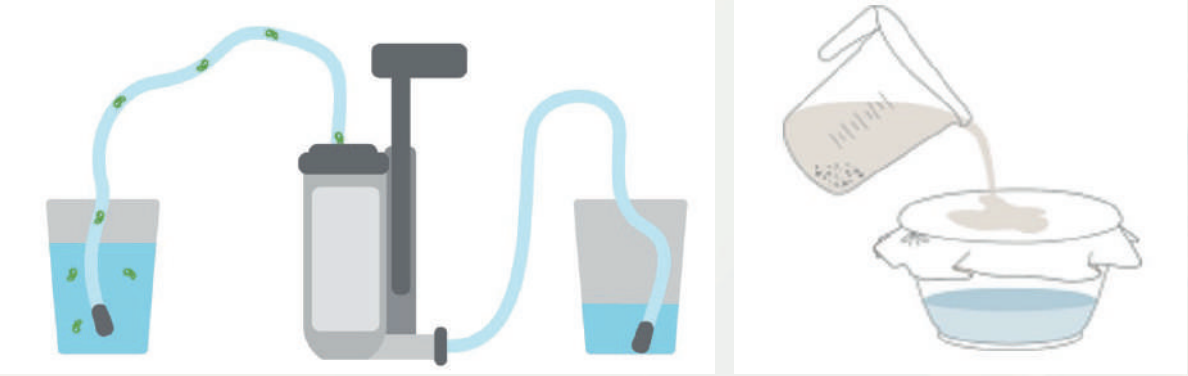
Çadır kentler gibi deprem sonrası toplu yerleşim yerlerine tahsis edilecek su depolarında dezenfeksiyon işlemi için ise klor tabletleri de kullanılabilir. Depodaki su hacmi ve klor tableti kullanım talimatına göre belirlenecek sayıda tablet, depoya atılarak etkili ve büyük hacimde dezenfeksiyon işlemi gerçekleştirilebilir.



Şekil 5.1.2. *Çamaşır suyu ile dezenfeksiyon işlemi (URL-1)*

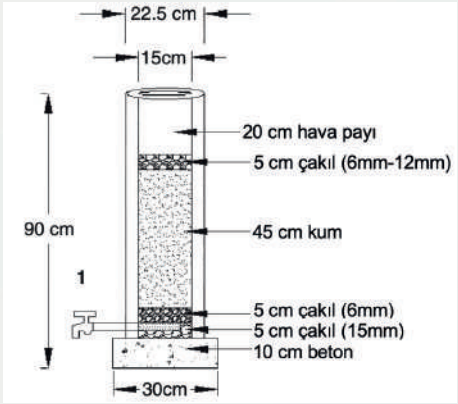
Filtrasyon

Bu yöntem parazitleri, bulanıklık yapan katı maddeleri sudan uzaklaştırır. Ancak çoğu mobil su filtreleri bakteri ve virüsleri gideremez. Dolayısıyla ilave arıtmaya ihtiyaç duyar. Su filtrelendikten sonra kaynatılabilir veya çamaşır suyu ilave edilerek güvenli hale getirilir (Şekil 5.1.3) (URL-1). Eğer mobil filtrasyon sistemleri yoksa, su dinlendirilerek durultulabilir veya temiz bir tekstil malzemesi üzerinden süzülebilir. Filtre olarak, çarşaf, havlu, tişört, çorap, yastık kılıfı, tülbent, N95 maske vb. kullanılabilir) (URL-3).



Şekil 5.1.3. *Mobil filtreleme sistemi (sol) ve tekstil malzemesinden süzme (sağ) (URL-1)*

2005 yılında Pakistan'ın kuzeyinde gerçekleşen deprem sonrasında su arıtımı için ev tipi kum filtreleri tasarlanmıştır. Tasarlanan kum filtresi, yerel olarak mevcut malzemelerden (silindir, çakıl ve kum) yapılmıştır (Şekil 5.1.4). Filtre borusunun iç çapı 15 cm, uzunluğu 90 cm ve altta 10 cm düz çimento beton ile 3,7 cm'lik duvar kalınlığı vardır. Filtrelenen suyu boşaltmak için tabana yakın bir yerde delikli galvanizli demir çıkış borusu takılmıştır. Filtre ortamı ise şu özelliklere göre doldurulmuştur: Etkin yarıçapı yaklaşık 15 mm olan drenaj çakılları, tabanda 5 cm derinliğe kadar sıkıştırılmış, ardından yarıçapı yaklaşık 6 mm olan destek çakılları ile 5 cm derinliğinde başka bir dolgu yapılmıştır. Üzerine 45 cm kum eklenmiştir. Son olarak kumun üzerine sistemde eşit su dağılımının sağlanmasına yardımcı olacak yaklaşık 3 cm kalınlığında bir çakıl tabakası (6-12 mm çapında) yerleştirilmiştir. Filtre malzemeleri (kum ve çakıl), depremden etkilenen bölgeden temin edilmiştir. Bu malzemeler kullanılmadan önce yapışan kil parçacıklarını, organik bileşenleri ve diğer malzemeleri çıkarmak için yıkanmıştır (Mahmood ve diğ., 2011).



Şekil 5.1.4. *Ev tipi kum filtresine ait kesit görüntüsü (Mahmood ve diğ., 2011)*

Filtrelerden her gün 20 L su süzülmüş ve 10 günlük işletme sonrasında sudaki bulanıklık giderimi % 96'dan yüksekken, toplam koliform giderimi ise % 97'nin üzerinde olmuştur. Ev tipi kum filtrelerinin kullanılmasıyla diyare (ishal) hastalığının neredeyse yok denecek kadar azaldığı gözlenmiştir. Ev yapımı arıtma teknolojisi sosyo-kültürel olarak kabul edilebilir, teknik olarak basit, kolay erişilebilir, sürdürülebilir, uygun maliyetli ve kullanıcı dostu olup yayılma potansiyeline sahiptir (Mahmood ve diğ., 2011).

İTÜ Mem-Tek Ulusal Membran Teknolojileri Uyg-Ar Merkezi tarafından tasarlanmış el gücü ile çalışan mobil su arıtma sistemleri hazırlanarak Kahramanmaraş Depremi (2023) afet bölgelerine ulaştırılmıştır. Bu arıtma sisteminin içinde kirletici giderimini sağlamak üzere bir aktif karbon torbası, bulanıklık ve hastalık yapıcı mikroorganizma giderimi için yerli üretim ultrafiltrasyon modülleri bulunmaktadır (Şekil 5.1.5).



Şekil 5.1.5. *El gücü ile çalışan membran sistemi (sol), sistem içerisindeki ultrafiltrasyon modülü (sağ)*

5.1.2. Öneriler

Deprem gibi doğal afetlerin en az hasarla atlatılmasını sağlamak için güvenli su teminiyle ilgili ülke çapında kapsamlı çalışmaların başlatılması önem arz etmektedir. Bu kapsamda, deprem sonrasında su temini ve arıtma hizmetlerindeki sorunlar salgın hastalıkların yayılması gibi ikinci bir felakete neden olabilmektedir. Bu nedenle deprem hazırlık çalışmaları kapsamında "Deprem Sonrası Acil Su Temini" için sivil toplum kuruluşlarının da görev aldığı bir acil eylem planının hazırlanmasının ve bu planın belirli sürelerle güncellenmesinin kritik olduğu düşünülmektedir. İTÜ olarak, bu eylem planının hazırlanmasına, hazırsa güncellenmesine ve deprem sonrasında uygulanmasına katkıda bulunmak için hazır olduğumuzu belirtiyoruz. Acil durumlarda uygulanacak güvenli su temini için bir diğer öneri de yukarı da belirtilen üç yöntemin (kaynatma, dezenfeksiyon ve filtrasyon) mümkün olan şartlarda aşağıdaki sıralama ile kullanılmasıdır:

- Filtrasyon + kaynatma
- Filtrasyon + dezenfeksiyon (çamaşır suyu ile)

5.1.3. Geleceğe Yönelik Acil Su Temini Yatırımları

5.1.2.1. Sağlık Tesisleri İçin Su Temini

Mobil su arıtma tesisleri kullanılarak, özellikle sağlık tesislerindeki ameliyatlar ve diğer işlemler için hijyen koşullarını sağlayan dezenfekte su temin edilebilir. Bu arıtma sistemi kum filtresi, aktif karbon kolonu ve klor dozaj pompasından meydana gelmektedir (Şekil 5.1.6). Filtre sistemi ve aktif karbon kolonu sudaki askıda katı madde içeriğinin uzaklaştırıken, klor dezenfeksiyon işlmei ise sudaki patojen bakterilerin giderimini sağlamaktadır. Bu tür sistemler yaklaşık saatte 10 m3 su üreterek, hastane faaliyetlerinden kaynaklanan su ihtiyacının ciddi anlamda karşılanmasını sağlarlar. Afet bölgelerindeki su kaynaklarında meydana gelen bulanıklık problemini gidermek noktasında bu tür mobil arıtma sistemleri yüksek verimle ve uzun süre işletilebilen sistemlerdir. Bu tür sistemlerin elektrik ihtiyacı söz konusudur.



Şekil 5.1.6. *Mobil su arıtma sistemleri (URL-2)*

5.1.2.2. Japonya Acil Su İkmal Uygulaması

Japonya'da Devlet Su İşleri Bürosu, tüm boruları depreme dayanıklı su borularıyla değiştirmek ve çeşitli deprem koruma önlemlerini uygulamak için çalışmaktadır. Ayrıca, deprem veya başka bir doğal afet nedeniyle su kesintisi olması durumunda, bu yetkili kurum, etkilenen hizmet alanlarındaki insanlara "Acil Su Temini İstasyonlarında" su sağlayama yoluna gitmektedir. Japonya'da doğal afet durumlarında 3 tip Acil Su Tedarik İstasyonu mevcuttur (Şekil 5.1.7) (URL-4).

I. Acil Su İkmal İstasyonu (Su İkmal Noktası)

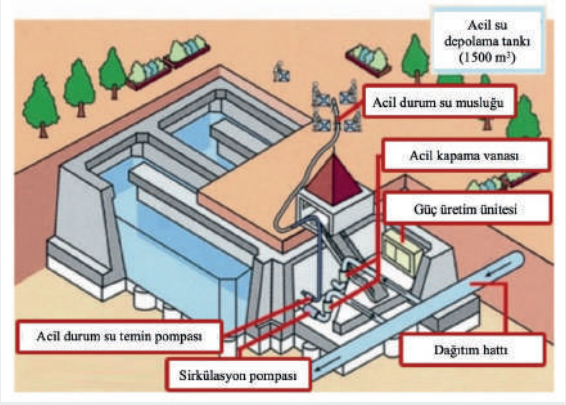
Genellikle yerleşim yerlerinin 2 km yarıçapı mesafesinde bu istasyonlardan biri bulunur. Tokyo Büyükşehir Bölgesi'nde bu istasyonlardan 212 adet bulunmaktadır (Arıtma Tesisleri, Su Temin İstasyonları, Acil Durum Su Depolama Tankları vb.) (URL-4).

II. Acil Su Temini İstasyonları (Araç Taşımacılığı)

Su İşleri Bürosu, tahliye merkezleri gibi en yakın Acil Su İkmal İstasyonundan (Su İkmal Noktası) çok uzaktaki yerlere su taşımak için su kamyonları kullanır ve orada bir su ikmal istasyonu kurar (URL-4).

III. Su Temin İstasyonları (Yangın Hidrantları vb.)

Acil Durum Su İkmal İstasyonları (Su İkmal Noktaları) tarafından sağlanan su teminini tamamlamak için, mahalleler, şehirler veya kasabalar tarafından tahliye merkezlerinin yakınında önceden belirlenmiş yangın hidrantlarına geçici musluklar kurulmaktadır (URL-4).



Şekil 5.1.7. *Acil durum su depo sistemi (URL-4)*

5.1.4. Sonuçlar

Doğal afet sonrası güvenli suya erişim sınırlı veya zor olabilmektedir. Bu durumlarda, kirletilmiş suların tüketiminden kaynaklanacak sağlık problemlerini önlemek için sularda çeşitli arıtma işlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Suların bulanıklık problemini gidermek için bekletme, tekstil bir mazlemeden ya da mobil filtrelerden süzme işlemi yapılmalıdır. Hastalık yapıcı mikroorganizmaların giderimi için suyun kaynatılması, ateş bulunamıyor ise ev tipi çamaşır suyu ve/veya klor tabletleri ile dezenfekte edildikten sonra kullanılması gerekmektedir. Filtre işlemi için afet bölgelerinde bulunabilecek çakıl, kum gibi malzemeler ile ev tipi filtre sistemlerinin kullanılması da etkili bir çözüm sunmaktadır. Doğal afet bölgelerindeki hastanelerde güvenli su temininde sıkıntılar yaşanıyor ise, buralara ivedilikle mobil su arıtma sistemleri sağlanmalıdır. Geleceğe yönelik iyileştirme çalışması kapsamında, Japonya uygulamasında olduğu gibi acil durum su ikmal uygulamaları için gerekli altyapıların tasarlanması önerilmektedir.

Kaynaklar

URL-1

<https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/making-water-safe.html> erişim tarihi: 15.02.2023.

URL-2

<https://fairats.com.tr/mobil-su-aritma-sistemleri/> erişim tarihi: 15.02.2023.

URL-3

<https://www.offgridweb.com/survival/improvised-water-filters/> erişim tarihi: 15.02.2023.

URL-4

<https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/eng/life/kyoten.html> erişim tarihi: 15.02.2023.

Mahmood, Q., Baig, S. A., Nawab, B., Shafqat, M. N., Pervez, A., & Zeb, B. S. (2011). Development of low-cost household drinking water treatment system for the earthquake-affected communities in Northern Pakistan. Desalination, 273(2-3), 316-320.

Prof. Dr. İsmail Koyuncu, Prof. Dr. İzzet Öztürk, Doç. Dr. Hale Özgün, Doç. Dr. Mustafa Evren Erşahin,
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Yüksekdağ, Yük. Müh. Bahriye Eryıldız, Araş. Gör. Ali İzzet Cengiz

5.2. Su ve Atıksu Altyapı Sistemleri

5.2.1 Giriş

Yaşam alanlarındaki yapılar, en genel ölçekte üstyapılar ve altyapılar olarak sınıflandırılabilmektedir. Konutlar, hastaneler, kamu binaları, ticarethaneler, alışveriş merkezleri vb. bina türü yapılar genel olarak üstyapılar olarak adlandırılırken, insanların bu üstyapılarda temel ihtiyaçlarını giderebilmesi için gerekli olan içme suyu temin ve dağıtım, kanalizasyon, yağmur suyu ve doğalgaz şebekeleri, karayolları, köprüler, demiryolları, liman yapıları vb. ulaşım ağları ile telekomünikasyon, internet, elektrik vb. şebekeler ise altyapılar olarak adlandırılmaktadır (Şahvelet, 2022). Altyapı sistemini oluşturan bu unsurlar aynı zamanda mühendislik ağı olan yaşam hatlarını oluşturmakta ve kentsel yaşam alanı üzerinde hayati bir etkiye sahip olmaktadır (Hasan, 2021).

Su dağıtım şebekeleri insanların yaşamı, sağlığı ve refahı için gerekli olan sistemlerden, tesislerden, teknolojilerden ve hizmetlerden oluşan kritik bir altyapıdır. Bir su temin sisteminin temel işlevi, suyu kaynaklardan kullanıcıya ulaştırmaktır. Su, kaynaklardan kullanıcılara boru hatları, pompalar, vanalar ve diğer donanımlardan oluşan bir ağ aracılığıyla iletilmektedir. Ayrıca değişen kullanım oranları veya yangından korunma nedeniyle talepteki dalgalanmaları karşılamak için tanklarda ve rezervuarlarda depolanmaktadır (Wang ve Au, 2009). Altyapı sisteminin bir diğer bileşeni olan kanalizasyon sistemleri, atıksuların kanallar aracılığıyla toplanıp uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.

Su dağıtım şebekleri ve kanalizasyon sistemleri önemli hasarlara ve hizmet kesintilerine neden olabilecek çok çeşitli tehditlerle karşı karşıya kalabilmektedir. Bu tehditler arasında eskiyen altyapı, doğal afetler ve insanların sebep olduğu çeşitli tehlikeler yer almaktadır. Su dağıtım şebekeleri ve kanalizasyon sistemleri; boyutları, konumları ve güvenlik durumu açısından farklılık gösterir (Bata ve diğ., 2022).

Deprem, kuraklık, yangın, kasırga, sel ve şiddetli fırtınalar gibi doğal afetler, özellikle eski altyapıya sahip olan su dağıtım şebekelerinde ve kanalizasyon sistemlerinde önemli derecede hasara neden olabilmektedir. Depremler, gömülü su boru hatlarında büyük hasara neden olarak boru hattı çatlama ve kırılmaları ile sızıntı oluşumu gibi çeşitli problemlere neden olabilmekte ve su dağıtım kapasitesinin azalmasına neden olabilmektedir (Wang ve Au, 2009). Aynı zamanda kanalizasyon sistemlerindeki hasar, arıtılmamış atıksuyun çevreye salınmasına neden olabilir. Depremin etkileyeceği altyapı sistemlerindeki hasarlar, salgın hastalıklar başta olmak üzere birçok soruna neden olabilmektedir. Depremin üst yapıda verdiği zararlar hemen fark edilebilirken altyapıda meydana gelebilecek hasarlar depremden birkaç gün sonra hayati tehlike oluşturmaya başlayabilmektedir. Bu nedenle, deprem afeti sonrasında su ve atıksu altyapısının güvende olup olmadığı mutlaka kontrol edilmelidir.

Altyapı sistemleri, deprem sonrası ekonomik ve toplumsal işlevselliğin devam ettirilmesi sürecinde kentlerin en kritik operasyonel bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle su ve atıksu altyapı sistemlerinin hasar görmesi sadece halka yönelik temel hizmetin işlevini kesintiye uğratmakla kalmaz, aynı zamanda bir deprem sırasında ve sonrasında kurtarma çabalarını da kesintiye uğratır (Hasan, 2021). Bu riskini yönetilebilmesi için, depremlerin neden olabileceği hasarın boyutunun ve mekansal dağılımının tahmin edilebilmesi, yer hareketinin ve zemin koşullarının hangi özelliklerinin hasarla en fazla ilişkili olduğunun anlaşılması gerekmektedir (Bagriacik ve diğ., 2018). Büyük bir deprem durumunda, hastaneler gibi su tüketimi yüksek olan kurumlar, acil durum müdahalesinde çok kritik ve hayati önemde rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalar ve kazanılmış tecrübeler, sismik riski yüksek bölgelerde su boru hattı sistemlerinin ve hastanelerin, büyük bir deprem durumunda çalışır durumda kalması gereken en önemli altyapı unsurlarından ikisi olduğunu göstermiştir (Wang ve Au, 2009).

5.2.2. Ulusal ve Uluslararası Vaka Örnekleri

5.2.2.1. Marmara (Gölcük) Depremi, 1999

17 Ağustos 1999'da Marmara Bölgesi'ni etkileyen 7,4 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sırasında Adapazarı'ndaki su temin sistemi büyük hasar görmüştür. Şehirdeki asbestli çimento borularında sıvılaşma kaynaklı zemin deformasyonları ve alüvyal çökeltilerin yumuşaması nedeniyle en büyük hasar iletim ve dağıtım sistemlerinde meydana gelmiştir. Bu bölgede deprem öncesinde su dağıtım sistemi esas olarak 350 mm ve 600 mm çapında asbestli çimento boru hatlarından oluşmaktaydı. Bu boru hatlarının % 70'inin Marmara Depremi sırasında hasar gördüğü, kalan % 30'unda ise bir miktar sızıntı tespit edildiği tespit edilmiştir. Asbestli çimento boru hatlarındaki hasarın çoğunun, dönme ve eksenel kaymanın meydana geldiği bağlantı noktalarında olduğu tespit görülmüştür (Ansal ve diğ., 2008). Deprem sonrası hasar gören asbestli çimento boru hattında meydana gelen onarım ve yenileme çalışmaları Şekil 5.2.1'de verilmektedir. Şebeke altyapısının onarım ve yenileme çalışmaları bir aydan fazla sürmüştür (Sarıkaya ve Koyuncu, 2001).



Şekil 5.2.1. *Deprem sonrası hasar gören asbestli çimento boru hattında onarım ve yenileme çalışmaları (Ansal ve diğ., 2008)*

Sarikaya ve Koyuncu (1999) tarafından yapılan çalışmada, Marmara Depremi'nin etkilerini araştırmak için Sapanca ve İstanbul'daki kanalizasyon sistemleri incelenmiştir. Marmara Depremi'nden sonra gömülü borularda toplam 400 noktada hasar meydana geldiği ve asbestli çimento borularda 4,4 hasar/km boru hasar oranı tespit edilmiştir.

5.2.2.2. Meksika Depremi, 1985

19 Eylül 1985'te Meksika'da gerçekleşen 8,1 şiddetindeki depremde su şebeke sistemleri ve kanalizasyon sistemleri en çok etkilenen bileşenler arasında yer almıştır. Sızıntı oluşumu, depremden kaynaklanan yer hareketi kaynaklı uzama, sıkışma ve dönmeyi karşılayamadıkları için en fazla Mexico City'nin daha yumuşak topraklara sahip bölgelerinde gözlenmiştir. Ana şebeke hatlarında sızıntı oluşma oranının 0,2 ile 1,5 onarım/km arasında değiştiği bulunmuştur. Deprem sonrasında 4 mahallede suya erişimin tamamen kesildiği, 6 mahallede ise ciddi kısıtlarla karşı karşıya kalındığı bildirilmiştir. İl nüfusunun yaklaşık % 25'i su kesintisinden ciddi seviyede etkilenmiş, yaklaşık 6 milyon kişinin deprem sonrası su kaynağına erişimi ortadan kalkmıştır. Deprem sonrasında arıtılmış suyun dağıtımı mobil su depoları ve 424 adet geçici su dağıtım borusu içeren şebeke ile gerçekleştirilmiştir. En büyük zarar yumuşak zeminlerde ve zemin periyotları ile zemin stratigrafisi profilleri, T ile 3.0 s ve üstü olanlarda tespit edilmiştir (Lemnitzer ve diğ., 2021).

5.2.2.3. Kobe Depremi, 1995

17 Ocak 1995'te Japonya'nın Hanşin bölgesinde bulunan Kobe şehrinde 7,2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Kobe Belediye Su İşleri Bürosu'nun su tedarik sistemi yaklaşık 4.000 km dağıtım boru hattına sahiptir ve yaklaşık 1,5 milyon kullanıcıya hizmet vermektedir. Deprem öncesinde su temin sisteminde toplam boru uzunluğun yaklaşık % 86'sı düktil dökme demir boru, % 8 dökme demir boru, % 3 vinil boru, % 3 çelik borudan oluşmaktadır (Kitaura ve Miyajima, 1996).

30 Nisan 1995 itibariyle dağıtım boru hatlarındaki toplam arıza sayısı 1.610 olarak tespit edilmiştir. Hasar oranı yaklaşık 0,41 hasar/km'dir. Toplam arızaların yaklaşık % 64'ü bir bağlantı noktasında meydana gelmiştir. Boruların birleşim noktalarında gözlenen ayrılmalar arızaların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Vana, hidrant vb. boru bağlantı parçalarında meydana gelen hasarlar daha çok büyük çaplı boru hatlarında meydana gelmiştir. Boru bağlantı parçalarının gücünün bir depreme dayanmaya yetmeyeceği düşünülebilmektedir. Bununla birlikte, depreme dayanıklı derzlere sahip sfero döküm boru hatlarının, sıvılaşmış alanlarda bile hasar görmediği tespit edilmiştir (Kitaura ve Miyajima, 1996).

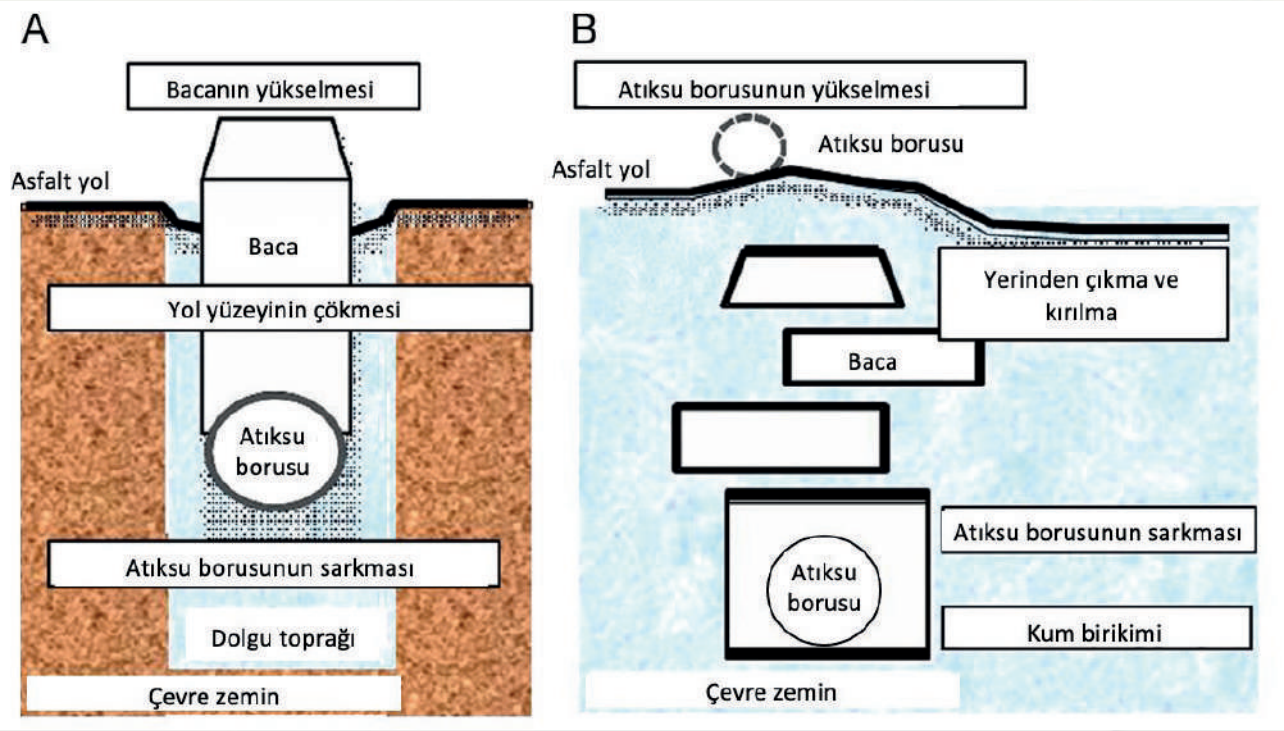
5.2.2.3. Büyük Doğu Japonya Depremi, 2011

11 Mart 2011'de, Japonya'nın Sanriku Sahili açıklarında 9,0 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem ile beraberindeki sıvılaşma ve tsunami, Tohoku'dan Kanto bölgesine kadar geniş bir alanda kanalizasyon boruları, terfi merkezleri ve atıksu arıtma tesisleri dahil olmak üzere birçok altyapı sistemine ciddi bir şekilde zarar vermiştir. Ağustos-Ekim 2012 tarihleri arasında kanalizasyon sistemlerindeki hasarın boyutunu belirlemek için bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma; kanalizasyon boruları, bacalar/rögarlar, atıksu arıtma tesisleri ve terfi merkezleri dahil olmak üzere kanalizasyon sistemlerindeki hasarın boyutunu ve hasar faktörlerini incelemiştir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre; depremde hasar gören kanalizasyon boruları Tablo 5.2.1'de listelenmiştir. 139 şehirdeki toplamda 65.001 km uzunluğunda bulunan kanalizasyon borularının 642 km'si deprem sırasında hasar almıştır. Büyük Doğu Japonya Depremi sadece merkez üssüne yakın bölgelerde değil, merkez üssünden 400 km ötedeki yerleşim yerlerinde de hasar oluşturmuştur. Dolayısıyla toplam hasar büyük görünse de hasar oranı geçmişteki depremlere göre daha düşüktür. Bunun sebebi, deprem öncesinde Tokyo gibi büyük şehirlerde kanalizasyon borularının depreme karşı dayanıklı hale getirilmek üzere güçlendirilmiş olmasıdır.

Tablo 5.2.1. *Büyük Doğu Japonya Depremi ve Japonya'da yaşanmış bazı diğer depremler nedeniyle kanalizasyon borularında, atıksu arıtma tesislerinde ve pompa istasyonlarında oluşan hasarlar (Matsuhashi ve diğ., 2014).*

Deprem	Yer	Zarar gören şehir sayısı	Hasar görmüş kanalizasyon borusu (%)	Hasarlı uzunluk/Toplam uzunluk (km/km)	Hasar gören atıksu arıtma tesisi sayısı	Hasar gören terfi merkezi sayısı
Büyük Doğu Japonya Depremi (2011)	Aomori	1	0,1	0,1/113	3	2
	Iwate	13	0,4	13/3712	10	10
	Miyagi	40	3,3	317/9739	38	64
	Yamagata	0	0	0/0	2	0
	Fukushima	23	2,5	129/5186	16	10
	Ibaraki	36	1,6	148/9509	25	17
	Tochigi	3	0,4	1/287	5	0
	Saitama	1	0,0	0,006/214	2	8
	Chiba	13	0,6	54/8510	3	0
	Kanagawa	1	0,0	0,6/11625	10	1
	Tokyo	1	0,1	12/15793	4	0
	Niigata	2	0,2	1/426	1	0
	Nagano	0	0	0/0	1	0
Toplam		**134**	**1,0**	**676/65114**	**120**	**112**
Noto Peninsula (2007)		6	2,3	15/652	8	2
Niigata Chuetsu-oki (2007)		5	1,6	50/3072	6	3
Hanshin (1995)		11	1,0	162/13919	8	6

Büyük depremlerde gözlenen bir diğer olay ise zeminin sıvılaşmasıdır. Şekil 5.2.2, Büyük Doğu Japonya depreminde sıvılaşmanın neden olduğu bir atıksu kanalizasyon sisteminde meydana gelen hasarın şematik çizimini göstermektedir. Hasar, sıvılaşma modeline göre iki türe ayrılır: Dolgu zeminde kısmi sıvılaşma ve çevredeki alanda yoğun sıvılaşma. Büyük Doğu Japonya Depremi sonrasında hasarlı kanalizasyon borusu uzunluğunun yaklaşık % 90'ının sıvılaşma nedeniyle hasar gördüğü tespit edilmiştir. Boru hasarlarının % 65'i dolgu toprağındaki kısmi sıvılaşma, % 25'i ise çevredeki büyük sıvılaşma kaynaklı olmuştur. Hasarlı bacaların/rögarların toplam sayısının % 70'i ise sıvılaşma nedeniyle hasar görmüştür. Gerçekleşen bu hasarların % 40'ı dolgu toprağındaki kısmi sıvılaşma nedeniyle, % 30'u ise çevredeki büyük sıvılaşma nedeniyle oluşmuştur. Bu veriler, Japonya'da yaşanan depremde kanalizasyon sistemlerindeki en büyük hasarların sıvılaşma yüzünden meydana geldiğini göstermiştir. Japonya Depreme Dayanıklı Tasarım Kılavuzu'nda (Japan Sewage Works Association, 2006), kanalizasyon borularının ve bacalarının sıvılaşmasına karşı önlem olarak: (1) Dolgu toprağının sıkıştırılması, (2) Kırma taşla dolgu yapılması, (3) Dolgu toprağının katılaştırılması olmak üzere üç farklı yöntem tanımlanmaktadır. İlk iki önlemin etkinliği belirlenmiş olmakla birlikte dolgu toprağının sıkıştırılması yönteminin etkinliği için deneysel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 5.2.2. *Sıvılaşma nedeniyle kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen hasarın şematik gösterimi: (a) Sıvılaşma sadece kanalizasyon borularının etrafındaki dolgu toprağında meydana geldiğinde, bacanın/rögarın yükselmesine, yol yüzeyinin çökmesine ve kanalizasyon borusunun sarkmasına neden olmuştur, (b) Çevredeki alanda sıvılaşma meydana geldiğinde; kanalizasyon borusunun yükselmesine, bacanın/rögarın yer değiştirmesine veya kırılmasına, kanalizasyon borusunun sarkmasına ve kum birikmesine neden olmuştur (Matsuhashi ve diğ., 2014)*

Büyük Doğu Japonya Depremi'ne ait veriler incelendiğinde; atıksu boru sistemlerinin güçlendirilmesiyle boru hasar oranlarının düştüğü, ancak atıksu boru sistemlerinin en çok sıvılaşmadan zarar gördüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, yerinde doğrulama ve veri karşılaştırması yoluyla, atıksu boru sistemleri için sıvılaşmaya karşı önlemlerin etkili olduğu tespit edilmiştir.

Büyük Doğu Japonya Depremi bölgenin en yoğun yerleşim yeri olan Sendai şehrinin su şebekesini önemli derecede olumsuz etkilemiştir. 437 adet iletim ve dağıtım borusu, 522 adet su temin borusu ve 105 adet yardımcı ekipmandan oluşan 4458 km'lik bir su şebekesi, depremden hemen sonra yaklaşık 230.000 hanenin su kesintisi ile sonuçlanan ciddi bir şekilde hasar görmüştür. Deprem sonrasında 437 adet boruda onarım işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.2.3). Tüm malzemeler arasında 1,22 onarım/km ile galvanizli demir kaplama boruların onarım oranının en yüksek olduğu, ikinci sırada ise 0,59 onarım/km ile kurşun boruların onarım oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dökme demir borularda ise hasar tespit edilmemiştir. Tablo 5.2.2'de boru onarım sayıları ve malzemeye göre onarım oranları verilmiştir (Wakamatsu ve diğ., 2016).



Şekil 5.2.3. *Büyük Doğu Japonya Depremi sonrasında 800 mm çaplı bir su dağıtım borusunun tamiri (Wakamatsu ve diğ., 2016).*

Tablo 5.2.2. *Büyük Doğu Japonya Depremi sonrasında boru onarımlarının sayısı ve malzemeye göre boru onarım oranları (Wakamatsu ve diğ., 2016).*

Materyal	Onarım sayısı	Boru uzunluğu (km)	Onarım/km
Dökme demir	0	14,4	0
Sünek dökme demir*	117	2723,1	0,04
Çelik/paslanmaz çelik	12	137,3	0,09
Vinil klorür	297	1514,5	0,20
Kurşun	2	3,4	0,59
Polietilen	3	52,7	0,06
Galvanizli demir kaplama	6	4,9	1,22
Toplam	**437**	**4.458**	**0,10**

** Depreme dayanıklı derzlerle bağlanan düktil dökme demir boruda herhangi bir hasar gözlenmemiştir.*

5.2.2.4. Kumamoto Depremi, 2016

14 Nisan 2016 tarihinde Japonya'nın Kumamoto Bölgesi'nde 6,2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Deprem sonrasında altyapı sistemlerinde ciddi hasar meydana gelmiştir. Kumamoto Şehri, 670 bin kişiye yeraltı akiferlerinden temiz içme suyu sağlamaktadır. Aynı zamanda Kumamoto Şehri Japonya'da 500 binden fazla konutun bulunduğu ve sadece yeraltı sularından su sağlayan tek şehirdir. Normal şartlarda, sadece orta derecede klorlama yapılarak su şehre dağıtılmaktadır. Kumamoto'da bulunan toplam su boru hattı uzunluğu 3.310 km'dir. Boru hattının % 80'ininde çap 150 mm veya daha küçüktür. 300 mm'den büyük çapa sahip boru uzunluğu, toplam boru uzunluğunun % 6'sına eşittir. Depremden etkilenen bölgedeki boru hattının % 57'si düktil demir, % 16'sı depreme dayanıklı düktil demir, % 13'ü polivinil klorür (PVC), % 6'sı çelik ve geri kalanı diğer malzemelerden (dökme demir, beton, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE vb.) imal edilmiştir. 50 mm ve daha küçük çaplı borularda düktil demir malzeme kullanılmamıştır (Wham ve diğ., 2017).

Depremin hemen sonrasında su kaynağında görülen bulanıklık artışı dolayısıyla şehre su pompalanması durdurulmuştur. Deprem odağının akifere görece yakınlığı nedeniyle, suda asılı kalan parçacıklar ve buna bağlı olarak su kalitesinde azalma nedeniyle su tedariki askıya alınmıştır. Partiküllerin çökmesi ve yeraltı suyunun kabul edilebilir kalite parametre seviyelerine dönmesi 1,5 gün sürmüştür. Bu süre zarfında; su idaresi, can güvenliği ve acil durum su ihtiyaçları için yeterli kaynağı sağlamak için itfaiye ve acil durum hizmeti sağlayıcılarıyla yakın bir şekilde çalışmıştır. Deprem sonrasında sızıntı, 900 mm'lik bir çelik boru ve 1350 mm'lik bir çelik dağıtım ana hattında meydana gelmiştir. Ayrıca, 800 mm'lik bir çelik iletim ana hattında çok sayıda kırılma meydana gelmiştir. Büyük boru hatlarında meydana gelen hasarlar, onarım hızını etkilemiştir. Deprem öncesinde Kumamoto şehrine günlük 220 bin m3 su pompalanırken, deprem sonrası oluşan sızıntılar dolayısıyla bu ihtiyaç % 30 oranında artmıştır. Deprem sonrasında 165 adet boru tamir edilmiştir. En fazla zarar, 50-150 mm ile 350->800 mm çaplı boru hatlarına meydana gelmiştir (Şekil 5.2.4). Boru malzemesi açısından ise en fazla zarar sırasıyla; vanalarda, çelik borularda, düktil demir borularda ve PVC borularda meydana gelmiştir. Çelik borularda meydana gelen zarar 0,5 onarım/km; dökme demir borularda meydana gelen zarar 0,4 onarım/km; PVC borularda meydana gelen zarar 0,17 onarım/km olarak tespit edilmiştir. 578 km toplam uzunluğa sahip depreme dayanıklı düktil demir boru hattında ise herhangi bir zarar görülmemiş olup, HDPE boru hattı için sadece bir adet onarım gerekmiştir (Wham ve diğ., 2017).



Şekil 5.2.4. *Kumamoto Depremi sırasında 800 mm çaplı bir borunun birleşim noktasında meydana gelen sızıntı (Wham ve diğ., 2017)*

5.2.2.5. Meksika Depremi, 2017

19 Eylül 2017 tarihinde Meksika merkezinde 7,1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Meksika Depremi sonrasında en kapsamlı olumsuz etki su şebekesinde gözlenmiş ve yaklaşık 6 milyon insanın suya erişimi geçici olarak ortadan kalkmıştır (Lemnitzer ve diğ., 2021). Mexico City'de, 5 bölgede 2.300'den fazla sızıntı vakası meydana gelmiş ve dağıtım şebekesinde boru kırılmaları gözlenmiştir (Şekil 5.2.5).



Şekil 5.2.5. *Mexico City'deki Colonia Del Mar bölgesinde yaygın olarak görülen boru hattı hasarları ve onarımı (Lemnitzer ve diğ., 2021)*

5.2.3. Öneriler

Deprem bölgesinde altyapı hizmetlerinin yürütülmesinde görev alacak personel, araç, malzeme ve ekipman bileşenlerinin koordinasyonu oldukça önemlidir. Genellikle, deprem bölgesinde iletişim, enerji ve ulaşım konusunda yaşanan sorunların en hızlı şekilde çözülerek yeniden işler hale gelmesi gerekmektedir. Depremin etkilediği bölgede bulunan altyapıda meydana gelen afet kaynaklı sorunların giderilmesine ve bu altyapının depreme dayanıklı hale getirilmesine yönelik çözüm önerileri kısa, orta ve uzun vadeli olmak üzere üç farklı başlık altında toplanabilir:

5.2.3.1. Kısa Vadeli Çözüm Önerileri

Kısa vadeli öneriler, deprem bölgesinde en hızlı biçimde çözülmesi gereken sorunlara yönelik maddeleri içermektedir. Bu çözüm önerileri özellikle bölgedeki kişilerin sağlığını korumaya ve çevre güvenliğini sağlamaya yöneliktir. Kısa vadeli çözüm önerileri:

• Afet bölgesinde bulunan ve ağır hasar alan Adıyaman, Hatay ve Kahramanmaraş illerine komşu illerde bulunan su kanalizasyon idarelerinin (SUKİ) teknik destek sağlaması.

• Teknik ve deneyimli personel kapasitesi yüksek büyükşehir SUKİ'lerinin deprem bölgesindeki çalışmalara aktif olarak katılması ve bu çalışmaları yürütmesi.

• Sağlanan dış desteklerle deprem bölgesinde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin hasar tespitinin yapılması ve derhal işler hale getirilmesi.

• Su ve atıksu altyapısının yeniden işler hale getirme sürecini hızlandırmak için telemetri, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gibi uygulamalardan faydalanılması ve kolay tamir edilebilen bölgelere öncelik verilmesi.

• İçme suyu arıtma tesisleri, kuyular vb. su sağlayan mühendislik yapılarından şehre su sağlayan ana iletim hatlarının (isale) öncelikli olarak tamir edilmesi.

• Ana hatlardan sağlanan suyun vidanjörler yardımıyla, kurulacak mahalle çeşmeleri benzeri yapılara aktarılarak depremden etkilenen kişilere su temin edilmesi.

• Bölgede kurulacak çadır ve konteyner kentlere yine vidanjörler vasıtasıyla kullanım suyu aktarılması ve depolanması.

• Depolardan sağlanacak suyun kullanım suyu olarak değerlendirilmesinden önce klor tableti, çamaşır suyu vb. dezenfektan maddelerin uygun şekilde ilavesi ile güvenli hale getirilmesi.

• Kısa vadede kullanım suyu ve içme suyunun ayrıştırılarak olası risklerin önüne geçilmesi.

• Bölgede yer alan atıksu arıtma tesislerinin ivedilikle işler hale getirilmesi.

• Kurulacak konteyner ve çadır kentlerde bulunan kişi sayısı göz önünde bulundurularak içme/kullanım su ihtiyacı ve atıksu oluşumunun tespit/tahmin edilmesi.

• Kurulacak olan konteyner ve çadır kentlerde oluşacak atıksuların biriktirilmesi için foseptik çukurların açılması veya uygun hacimli foseptik tankların bölgeye yerleştirilmesi. Bu çukurların geçici yerleşim alanlarında bulunan kişilerin sağlık ve güvenliği gözetilerek uygun mühendislik yapıları olarak düzenlenmesi.

• Atıksuların toplanarak arıtma tesisine aktarıldığı ana hatların öncelikli olarak tamir edilerek devreye alınması. Mobil tuvaletlerde ve kurulacak konteyner ve çadır kentlerde oluşacak atıksuların vidanjörler vasıtasıyla toplanarak bu ana hatlara iletiminin sağlanması.

• Atıksuların toplanması ve içme/kullanım suyunun dağıtılmasına yönelik dağıtım/toplama rotalarının optimize edilerek oluşacak trafiğin en aza indirilmesi ve günlük gerekli ihtiyacın en kısa sürede karşılanması.

• Bölgede özellikle yağmur suyunun toplanması ve yeniden kullanımına yönelik sistemlerin yaygın hale getirilmesi

• Salgın hastalıkların önüne geçmek ve halk sağlığını korumak amacıyla kullanım/içme suyu, seyyar tuvaletlerin kullanımı gibi hususlarda kişileri bilinçlendirmek amacıyla el broşürleri hazırlanarak çadır/konteyner kentlere dağıtılması.

• Enkaz kaldırma çalışmaları tamamlanana kadar arama-kurtarma birimleri ile koordine olunarak riskli bölgelere şebekeden su verilmemesi.

5.2.3.2. Orta Vadeli Çözüm Önerileri

• Deprem bölgelerinde bulunan su temini ve atıksu uzaklaştırılması sağlayan terfi istasyonları ve su/atıksu arıtma tesislerinin deprem anında ve sonrasında devre dışı kalmaması için yedek güç kaynaklarının hazır bulundurulması.

• Deprem bölgelerinde bulunan altyapının yapısal bütünlüğünün denetlenerek gerekli iyileştirmelerin yapılması ve depreme dayanıklı hale getirilmesi.

• Deprem bölgelerinde atıksu arıtma tesislerinin geçici olarak devre dışı kalması durumunda, arıtılmamış atıksuyun depolanması amacıyla derin depolama ünitelerinin/tünellerinin tasarlanması.

• Deprem sonrasında çadır ve konteyner kentlerin kurulacağı geçici konaklama alanlarına bu bölgelerde konaklaması planlanan insan sayısı göz önünde bulundurularak gerekli altyapının inşa edilmesi. Örneğin; deprem bölgelerinde bulunan toplanma alanlarında depreme dayanıklı bölgesel yeraltı su depoları oluşturularak, deprem sonrasında oluşacak acil su ihtiyacının bu depolardan karşılanması, bu depoların periyodik bakım onarım ve denetlemelerinin uygun biçimde yürütülmesi.

• Geçici konaklama alanlarına deprem öncesinde foseptik tanklar ve tuvaletler yerleştirilmesi, acil durumlarda kullanılmak üzere bu yapıların altyapısının hazır hale getirilmesi.

• Deprem bölgelerindeki altyapıda kullanılacak malzemelerin depreme dayanımı yüksek malzemelerden oluşması gerekmektedir. Depreme dayanıklı boru malzemeleri olarak; mukavemetli sfero döküm borular (ERDIP), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) borular, özel tasarım kaynaklı çelik borular, depreme dayanıklı düktil döküm borular tercih edilmesi. Büyük yer değiştirme emilimi olan ERDIP borularının ve LDAPS ünitelerinden oluşan boru hattı sistemlerinin, özellikle büyük yer değiştirme potansiyeli olan alanlarda tercih edilmesi.

• Körük tipi genleşme derzleri, GX tipi derzler gibi esnek derz sistemlerinin kullanılması.

5.2.3.3. Uzun Vadeli Çözüm Önerileri

• Sismik esnek boru sistemleri için standart oluşturulması.

• Deprem bölgelerinde su şebekeleri tasarlanırken deprem anında yaşanacak ek su ihtiyacı göz önünde bulundurularak ilave su temin noktalarının oluşturulması, daha geniş boruların kullanımı gibi önlemlerin alınması.

• Deprem bölgelerinde deprem öncesi, deprem sonrası ve yeniden inşa süreçlerine dair ayrıntılı planları içerecek şekilde depreme dayanıklı altyapı tasarım prosedürünün oluşturulması.

• Deprem bölgelerine inşa edilecek altyapının güvenliğinde sıvılaşmanın kritik rol oynaması dolayısıyla altyapı tasarım ve inşasında zemin özelliklerinin dikkate alınması.

• Ülke genelinde şebeke ve atıksu altyapısının yapısal bütünlüklerinin tespit edilmesi, deprem durumunda oluşacak stres koşulları altında altyapıda meydana gelecek deformasyonlara yönelik ön çalışmaların yapılması ve gerekli bakım-onarımların sağlanması.

• Deprem sonrasında temiz suya ulaşım, tuvalet ve hijyen ihtiyacına yönelik tedbirlerin afet yöntemi kapsamında toplumsal eğitimin bir parçası haline getirilmesi.

• Özellikle deprem bölgelerinde bulunan SUKİ'lerin veya belediyelerin depremle mücadele yol haritası oluşturarak kısa, orta ve uzun vadeli planlarını hazırlaması.

• Birden fazla ilin etkilendiği bölgesel bazda meydana gelecek depremlerde bölgedeki SUKİ'lerin birbiri ile ne şekilde koordine olacağına dair ortak çalışmalar yürütmesi gerektiğinin belirlenmesi.

• Altyapı risk haritalarının çıkarılarak depreme karşı hassas bölgelerin tespit edilmesi.

• Altyapının dayanıklı hale getirilmesi amacıyla boru hatlarının, su/atıksu arıtma tesislerinin ileri teknoloji ile entegrasyonunun sağlanması.

• SUKİ ve belediyelerin bünyesinde afet biriminin oluşturulması.

• Su ve atıksu altyapıları ve su/atıksu arıtma tesisleri özelinde afet ve acil durum programının oluşturularak detaylı yol haritasının belirlenmesi.

5.2.4. Sonuçlar

Deprem bölgesinde altyapı hizmetlerinin yürütülmesinde görev alacak personel, araç, malzeme ve ekipman bileşenlerinin koordinasyonu oldukça önemlidir. Genellikle, deprem bölgesinde iletişim, enerji ve ulaşım konusunda yaşanan sorunların en hızlı şekilde çözülerek yeniden işler hale gelmesi gerekmektedir. Altyapı sorunlarının yeniden işler hale gelmesi için gerekli çözümler kısa, orta ve uzun vadede olacak şekilde sınıflandırılarak planlanmalı ve uygulanmalıdır. Kısa vadede, özellikle çevre illerdeki SUKİ teknik ekiplerinin iyileştirme çalışmalarına katılması ve mevcut şebeke ve kanalizasyon altyapılarındaki hasar tespit çalışmalarının tamamlanması gerekmektedir. Orta vadeli çözüm için çadır kentler gibi geçici konaklama alanlarında, atıksuların toplanması için foseptik alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Uzun vadeli çözümlerde ise gelecekteki depremlerde en az hasar alacak dayanıklı altyapıların tasarlanıp inşa edilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

Ansal, A., Kurtulus, A., Tonuk, G. (2008). Damage to water and sewage pipelines in Adapazari during 1999 Kocaeli, Turkey earthquake. In Proceedings of 6th International Conference on Case histories in Geotechnical Engineering, Arlington, Virginia, ABD.

Bagriacik, A., Davidson, R.A., Hughes, M.W., Bradley, B.A., Cubrinovski, M. (2018). Comparison of statistical and machine learning approaches to modeling earthquake damage to water pipelines. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 112, 76-88.

Bata, M. T. H., Carriveau, R., Ting, D. S. K. (2022). Urban water supply systems' resilience under earthquake scenario. Scientific Reports, 12(1), 20555.

Hasan, M. A. (2021). Performance of Water Supply Lines in a Post-Earthquake Scenario. Polish Journal of Environmental Studies, 30(5), 4545-4554.

Japan Sewage Works Association, 2006. Earthquake Preventive Countermeasure Guideline in Sewage Systems (in Japanese).

Kitaura, M., Miyajima, M. (1996). Damage to water supply pipelines. Soils and foundations, 36, 325-333.

Lemnitzer, A., Arduino, P., Dafni, J., Franke, K. W., Martinez, A., Mayoral, J., Mohtar, C. E., Pehlivan, M., Yashinsky, M. (2021). The September 19, 2017 MW 7.1 CENTRAL-Mexico earthquake: Immediate observations on selected infrastructure systems. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 141, 106430.

Matsuhashi, M., Tsushima, I., Fukatani, W., Yokota, T. (2014). Damage to sewage systems caused by the Great East Japan Earthquake, and governmental policy. Soils and Foundations, 54(4), 902-909.

Şahvelet, M. N. (2022). Altyapı Sistemlerinin Sismik Hasar Görebilirlik Analizi Sakarya İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya.

Sarıkaya, H.Z. and Koyuncu, I. (2001). Design of Earthquake resistance water and wastewater systems" Conference on water supply situation in Earthquake affected region, UNICEF-Municipality of Duzce, 4-5 Nisan 2001, Duzce, Türkiye.

Sarikaya, H. Z., Koyuncu, I. (1999). Evaluation of the effects of Kocaeli earthquake on water and wastewater systems. In International Conference on the Kocaeli Earthquake Conference Location Istanbul, Türkiye (183-191).

Wakamatsu, K., Nagata, S., Maruyama, Y., Ozawa, K. (2016). Sendai water pipeline response to the 2011 Tohoku earthquake. Journal of Civil Engineering and Architecture, 10, 461-470.

Wang, Y., Au, S. K. (2009). Spatial distribution of water supply reliability and critical links of water supply to crucial water consumers under an earthquake. Reliability Engineering & System Safety, 94(2), 534-541.

Wham, B. P., Dashti, S., Franke, K., Kayen, R., & Oettle, N. K. (2017). Water supply damage caused by the 2016 Kumamoto Earthquake. Lowland Technology International, 19(3), 151-160.

Prof. Dr. İzzet Öztürk, Prof. Dr. Osman A. Arıkan, Prof. Dr. Bülent İnanç, Yük. Müh. Erdinç Oğuz Taşkan, Doç. Dr. Mahmut Altınbaş, Doç. Dr. Yavuz Selim Güçlü, Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Güven, Öğr. Gör. K. Elif Maçin, Araş. Gör. Kadir Özçelik, Araş. Gör. Ali Tamer Çetinkaya, Araş. Gör. Serra S. Övez

5.3. Deprem Atıklarının Yönetimi

5.3.1. Giriş

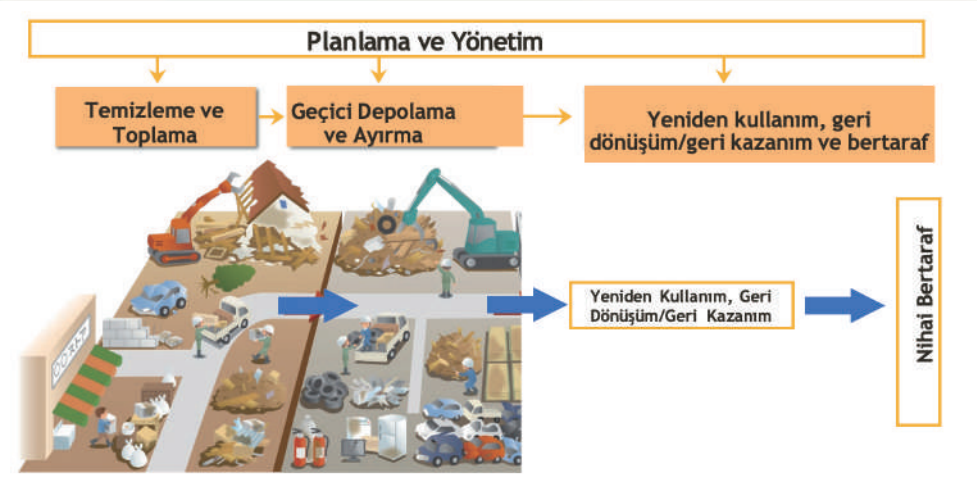
Ülkemizde doğal afet atıklarının yönetimi "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" (ÇŞİDB, 2004) Madde 44'te şu şekilde açıklanmıştır:

"Doğal Afet Atıklarının Yönetimi (Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 2004, Resmi Gazete No: 25406) Madde 44 - Başta deprem olmak üzere doğal afetler sonucunda oluşan yıkıntı atıklarının yönetiminden, mahallin en büyük mülki amirinin başkanlığında oluşturulacak Kriz Merkezi sorumludur. Merkez, olası bir doğal afet durumunda oluşabilecek atık miktarı, bunların kaldırılması ve taşınması için gerekli araç-gereç ve ekipman ile bu atıkların depolanacağı uygun alanları bu Yönetmelikte belirtilen esaslara göre önceden tespit eder ve gereken hazırlıkları yapar. Çalışmalar hakkında Bakanlığa düzenli olarak bilgi verilir. Mevcut taşıyıcı firmalar ile depolama ve geri kazanım tesisleri Kriz Merkezleri ile uyumlu çalışırlar. Doğal afetler sonucunda oluşan yıkıntı atıklarının taşınması ve depolanması faaliyetleri Kriz Merkezi tarafından yapılan planlamalar doğrultusunda, ilgili belediyenin sorumluluğunda belediye veya belediyenin yetkilerini devrettiği kişi ve kuruluşlar tarafından yürütülür."

Afet öncesindeki hazırlıkların hangi seviyede yapıldığı konusunda yeterli bilgi mevcut olmadığından bu bölüm genel bir öneriler rehberi olarak hazırlanmıştır. Bu bölümde, depremde yıkılmış veya yıkılması gereken ağır hasarlı binalardan oluşacak deprem atıkları dikkate alınmıştır.

Deprem atıklarının mümkün mertebe atık yönetimi hiyerarşisine ve prensiplerine göre yönetimi esastır. Yetkililer tarafından enkazlar kaldırılırken enkaz sahiplerinin de orada olabileceği, kıymetli enkaz veya alması gerekenleri alabilecekleri belirtilmiştir (URL-1). Bu kapsamda hasar görmemiş eşyalar yeniden kullanılabilir. Atıklar içindeki geri dönüştürülebilir/geri kazanılabilir malzemeler ayrılarak ekonomik olarak değerlendirilebilir. Kalan atıklar ise ilgili yönetmeliklerde belirtilen hükümler çerçevesinde bertaraf edilir. Ayrıca miktarı nispeten az da olsa asbestli yapı malzemeleri (bazı eski binalarda) ve evsel nitelikli tehlikeli atıklar da bulunabileceğinden bu atıklar mümkün mertebe ayrılmalı ve lisanslı firmalar tarafından taşınması ve bertarafı sağlanmalıdır. Yıkım esnasında ve sonrasındaki tüm süreç boyunca gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınmalıdır.

Deprem vb. afet atıklarının yönetimi, afet yönetim planının bir bileşeni olmalıdır. Bu kapsamda olası bir afette oluşabilecek afet atıklarının miktarı, kategorileri (türleri), geçici ve nihai depolama alanları ile atılacak adımlar afet öncesinde hazırlanan afet yönetim planlarında yer almalıdır. Afet olduktan sonra ise genel uygulama, atıkların geçici depolama alanlarına taşınması, burada malzemelerin türlerine göre ayrılarak büyük oranda yeniden kullanım, geridönüşüm/gerikazanımının sağlanması, kalan atıkların ve riskli atıkların tekniğine uygun şekilde bertarafının yapılmasıdır (Şekil 5.3.1).



Şekil 5.3.1. *Afet sonrası afet atıklarının yönetimi (JSMCWM'den uyarlanmıştır, URL-2)*

5.3.2. Olası Atık Kategorileri (Türleri)

Deprem sonrası yönetilmesi gereken inşaat ve yıkıntı atıkları arasında başlıca aşağıdaki atık türleri ele alınabilir:

- Bina kaynaklı yıkıntı atıkları
- Beton, tuğla, kiremit, seramik
- Metal (demir, çelik, alüminyum vb.)
- Ahşap
- Plastik
- Cam
- Toprak
- Ev eşyaları
- Beyaz/Elektrikli ev eşyaları (buzdolabı, fırın, çamaşır/bulaşık makinesi, ütü, vb. diğer elektrikli ev aletleri)
- Mobilya (masa, sandalye, koltuk, dolap, vb.)
- Elektronik diğer malzemeler (TV, yazıcı, bilgisayar, vb.).

Evlerde buzdolaplarında kalmış yiyecek ve içeceklerle, kuru gıdalar gibi organik evsel atıklar, yıkıntı atıkları içinde bulunabilir.

Yukarıda verilen atık kategorilerinin dışında deprem esnasında binaların yıkılması sonucunda binaların dışında zarar görmüş ağaç, araba vb. diğer atıklar da söz konusudur. Ancak bunların büyük kısmının yerinde, yıkıntı atıklarından ayrılarak geridönüşüm/gerikazanımı mümkündür.

Ayrıca miktarı nispeten az da olsa asbestli yapı malzemeleri ve evsel nitelikli tehlikeli atıklar (pil, boya, floresan lamba, yağlar vb.) da bulunabilir.

5.3.3. Geçici (Ara) Depolama ile İlgili Hususlar

Örnek bir geçici depolama planı Şekil 5.3.2'de verilmiştir. Geçici depolama alanlarının aşağıdaki özelliklere sahip olması tavsiye edilmektedir:

• Uygun topoğrafya ve zemin tipine sahip yeterli büyüklükte olmalı,

• İçmesuyu kuyuları, havzaları, nehirler, drenaj kanallarından uzakta olmalı,

• Taşkın alanlarında ya da bataklık bölgelerde ve tarımsal alanlarda olmamalı,

• Yüzeysel suların, erozyonun ve yangın risklerinin kontrol edilebileceği alanlar olmalı,

• Boru hatları ve enerji nakil hatları ile girişim yapmayacak alanlar olmalı,

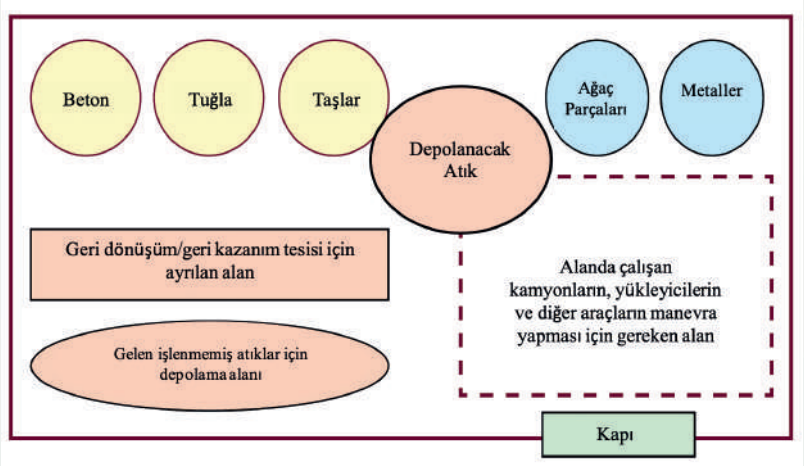
• Kontrollü giriş-çıkış sağlanabilmeli,

• Afetten etkilenen alanlara yeterince yakın olmalı, fakat sahadaki çalışmalardan etkilenebilecek konutlardan, altyapılardan ve ticaret/sanayi alanlarından yeterince uzakta olmalı,

• Tercihen kamu mülkiyetindeki alanlarda olmalı.

Özellikle geçici depolama alanlarında atıklar belli bir yüksekliğin üzerinde istiflenmemelidir. Aksi halde yangın riski artmaktadır. Yangın riski vb. durumlar için gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Geçici depolama alanlarının atık miktarına göre belirlenmesi gerekmekte olup, her 1 milyon m3 atık için 400 bin m2 alan önerilmiştir (UNEP/OCHA, 2013). Dolayısıyla m2 başına ortalama 2,50 m'lik bir atık istiflemesi (yüksekliği) öngörülmüştür. Bu veriye ve kullanılacak geri dönüşüm/geri kazanım ünitelerinin kapasitelerine göre her bir il için tahmini geçici depolama alanı ihtiyacı belirlenmelidir.



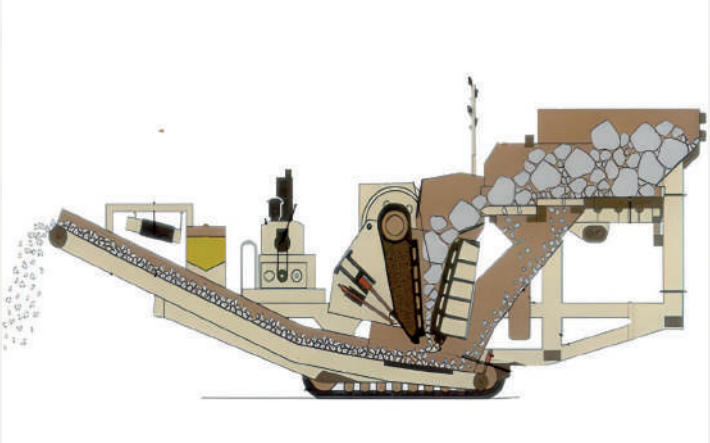
Şekil 5.3.2. *Geçici depolama alanı planı (UNEP/OCHA, 2013)*

5.3.4. Geridönüşüm/Gerikazanım ile İlgili Hususlar

Mobil kırıcılar ile özellikle hacimli betonarme kütleleri parçalanarak donatılar geri kazanılabilir. Donatılarından ayrılan betonlar dolgu malzemesi olarak inşaat/altyapı çalışmalarında kullanılabilir.

Aksi takdirde, büyük miktarda atık hacimlerinin depolanacağı stabil (kararlı) bir nihai depolama sahasının bulunmasında ve inşasında zorluklarla karşılaşılması muhtemeldir.

Dolayısıyla, nihai bertaraf öncesi bir geçici (ara) depolama ile mümkün mertebe geri dönüşüm/kazanım süreci işletilmelidir. Bu kapsamda atıkların ağırlıklı kısmını oluşturan betonarme bileşenler için Mobil Gerikazanım Tesisleri kullanılabilir (Şekil 5.3.3).



Şekil 5.3.3. *Mobil gerikazanım tesisi örneği*

Betonun içinde gömülü olarak bulunan donatıların, mobil gerikazanım tesisine girmeden önce kırıcılar ile ayrılması gerekmektedir.

Geridönüştürülebilir/gerikazanılabilir diğer atık türleri (kâğıt, plastik, metal, cam, ahşap vb.) ilde/bölgede mevcut toplama ayırma tesisleri ve geridönüşüm/gerikazanım tesisleri ile eşgüdüm halinde ekonomiye kazandırılabilir.

5.3.5. Nihai Depolama ile İlgili Hususlar

Deprem atıkları nihai olarak düzenli depolama tesislerinde depolanacaktır. Oluşacak atıkların III. Sınıf veya II. Sınıf düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmesi durumuna göre iki farklı senaryo çalışılmıştır. Senaryo 1'de inşaat ve yıkıntı atıklarının diğer atıklardan ayrılarak, III. Sınıf depolama sahalarında depolanması öngörülmüştür. Senaryo 2'de ise söz konusu atıkların diğer atık türleri ile (az da olsa) karışık olarak II. Sınıf düzenli depolama sahasında depolanacağı kabul edilmiştir.

5.3.5.1 Düzenli Depolama Sahası Yer Seçimi ve İnşası

Düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı, II. Sınıf ve III. Sınıf düzenli depolama tesisleri için en az iki yüz elli metre olmak zorundadır.

Düzenli depolama tesisinin hava ulaşım güvenliğini etkileyip etkilemediği, orman alanları, ağaçlandırma alanları, yaban hayatı ve bitki örtüsünün korunması gibi özel amaçlarla koruma altına alınmış alanlara uzaklığı, bölgede bulunan yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ve koruma havzalarının durumu, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri, sahanın topoğrafik, jeolojik, jeomorfolojik, geoteknik ve hidrojeolojik durumu, taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski, hâkim rüzgâr yönü ve yağış durumu, doğal veya kültürel miras durumu dikkate alınır; sahada akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları, yüksek gerilim hatları bulunmamalıdır.

Düzenli depolama sahasında, depolama yapıldığı lot/hücrelerin kontrolü ve ulaşımın sağlanması için çevresinde uygun genişlikte kontrol yolu teşkil edilmelidir. Yol dış şev eğimleri, depolama sahasında stabilite sağlanacak şekilde oluşturulmalıdır.

Atıkların depolanması sırasında, şev stabilitesini ve araçlarla makinelerin kolayca manevra yapabilmelerini sağlamak için lot içi şev eğimi ve atık kütlesinin şev eğimi azami 1 düşey/3 yatay (1D/3Y) olacak şekilde yapılmalıdır. 10 metreden yüksek şevlerde en fazla 10 metrede bir palye bırakılması, palye genişliğinin en az 4 m olması gerekmektedir. Topoğrafik koşullar nedeniyle atıkla temas eden yüzeylerin eğiminin düşürülmesinin teknik ve ekonomik olarak zor olması ve daha dik eğimlerde de stabilitenin sağlanabileceğine ilişkin teknik bilgilerin şev stabilitesi hesapları yapılarak; atıkla temas eden yan yüzeylerde istisnai bir uygulama olarak 1D/2Y'den daha dik olmayan bir eğim kabul edilebilmektedir.

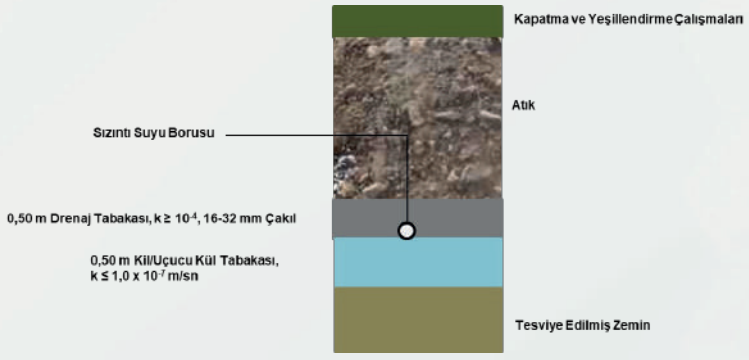
5.3.5.2. Düzenli Depolama Sahası Taban Geçirimsizlik Sistemi

Geçirimsizlik sistemi ile ilgili iki farklı senaryo öngörülmektedir. Senaryo 1, uygun şekilde yürütülecek bir geridönüşüm/gerikazanım süreci ile homojen yapıdaki hafriyat ve yıkıntı atıklarının depolandığı III. Sınıf Düzenli Depolama Sahası, Senaryo 2 ise bu atık yapısının oldukça heterojen olduğu durum için II. Sınıf Düzenli Depolama Sahası kullanımı durumlarını özetlemektedir. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'te (ÇŞİDB, 2010), taban geçirimsizlik sistemi ile teknik gereklilikler Madde 16'da belirtilmekte olup, her iki senaryo için aşağıda verilmiştir.

Senaryo 1

III. Sınıf Depolama Tesisi tabanında geçirimsizlik tabakasının teşkilinde doğal olarak mevcut durumda K ≤ 1,0 x 10-7 m/sn ve en az 1 m kalınlığa sahip kil veya kil grubu olmalıdır. Bu şart sağlanamıyor ise geçirimsizlik tabakası, K ≤ 1,0 x 10-7 m/sn geçirgenlik ve sıkıştırılmış en az iki tabaka halinde ve toplamda en az 50 cm kalınlığa sahip kil veya kil grubu minerallerden oluşturulmalıdır (Şekil 5.3.4). Yönetmelikte III. Sınıf düzenli depolama sahasında, gerekli önlemlerin alınması durumunda drenaj tabakası ihtiyacı bulunmadığı belirtilmektedir. Ancak, söz konusu durumda atığın olası heterojen yapısından dolayı drenaj tabakasının yapılması ve drenaj borularının yerleştirilmesi önerilmektedir.

Taban geçirimsizlik sisteminde uygun evsafta ve/veya miktarda kil bulunamaması durumunda termik santrallerden çıkan uçucu küllerin geçirimsizlik tabakasının teşkilinde kullanılma seçeneği de değerlendirilebilir.



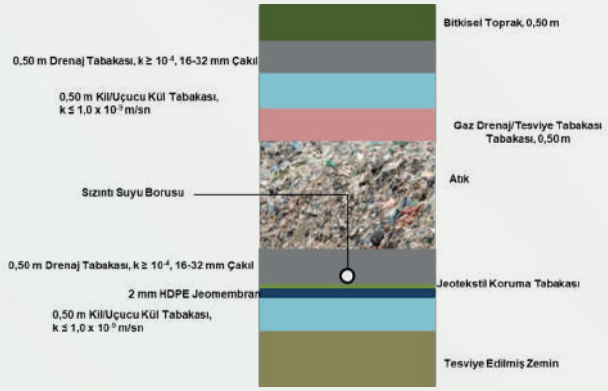
Şekil 5.3.4. *Senaryo 1 taban geçirimsizlik ve üst örtü tip kesiti*

Senaryo 2

II. Sınıf Depolama Tesisi tabanında geçirimsizlik tabakasının teşkilinde doğal olarak mevcut durumda K ≤ 1,0 x 10-9 m/sn ve en az 1 m kalınlığa sahip kil veya kil grubu olmalıdır. Bu şart sağlanamıyor ise geçirimsizlik tabakası, K ≤ 1,0 x 10-9 m/sn geçirgenlik ve sıkıştırılmış en az iki tabaka halinde ve toplamda en az 50 cm kalınlığa sahip kil veya kil grubu minerallerden oluşturulmalıdır (Şekil 5.3.5). Taban geçirimsizlik sisteminde uygun evsafta ve/veya miktarda kil bulunamaması durumunda termik santrallerden çıkan uçucu küllerin geçirimsizlik tabakasının teşkilinde kullanılma seçeneği de değerlendirilebilir.

Kil tabakasının üstünde yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) geomembran ile güçlendirme yapılmalı ve şevlerde pürüzlü YYPE geomembran uygulanmalıdır. YYPE geomembran üzerinde koruyucu amaçlı geotekstil örtü teşkil edilmelidir.

II. Sınıf düzenli depolama tesislerinde yapay geçirimsizlik kaplaması üzerine asgari 0,5 metre kalınlığa ve en az K ≥ 1,0 x 10-4 m/s geçirgenliğe sahip drenaj tabakası uygulanır. Drenaj tabakası içinde drenaj boruları teşkil edilir.



Şekil 5.3.5. *Senaryo 2 taban geçirimsizlik ve üst örtü tip kesiti*

Düzenli Depolama Sahası Yer Seçimi ve İnşası Bölümünde belirtildiği üzere yan yüzeylerdeki şev eğimi 1D/3Y'dan daha büyük ise sadece yan yüzeylerde kil ve kil grubu mineral yerine asgari 1x10-11 m/sn geçirgenliğe sahip geosentetik kil malzeme kullanılabilir. Benzer şekilde sadece yan yüzeylerde sentetik drenaj tabakası da uygulanabilir.

5.3.5.3. Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyu Sistemi Teşkili

Sahadan cazibe ile toplanacak sızıntı suları, sızıntı suyu toplama havuzunda depolanacak ve uygun şekilde bertarafı sağlanacaktır (muhtemel senaryo, sızıntı sularından kaynaklanacak ilave hidrolik ve kirlilik yükünü karşılayabilecek en yakın atıksu arıtma tesisine vidanjör ile taşınması olacaktır). Bu durumda özet olarak:

• Bölgenin iklim ve meteorolojik verileri doğrultusunda sızıntı suyu miktarları belirlenir.

• Depo tabanında oluşturulan drenaj tabakasında hidrolik açıdan uygun boyutlarda perfore (delikli) borular teşkil edilir.

• Depo tabanı sızıntı suyunu toplayacak şekilde boyuna eğimi minimum % 3 olacak şekilde eğimlendirilir.

• Sedde geçişlerinde hidrolik açıdan uygun boyutlarda kapalı borular teşkil edilir.

• Ana kolektör hattında kapalı borular teşkil edilir. Sızıntı suyu miktarı ve hattın eğimlerine uygun boyutlarda borular seçilir.

• Ana kolektör hattında teknik kriter ve sızıntı suyu drenaj sistemi tasarımına uygun noktalarda muayene bacaları yer alır.

• Boru ve bacalar uygun basınç sınıfında ve YYPE malzemeden teşkil edilir.

• Sahadan toplanan sızıntı suyu, sızıntı suyu dengeleme/toplama havuzunda depolanır.

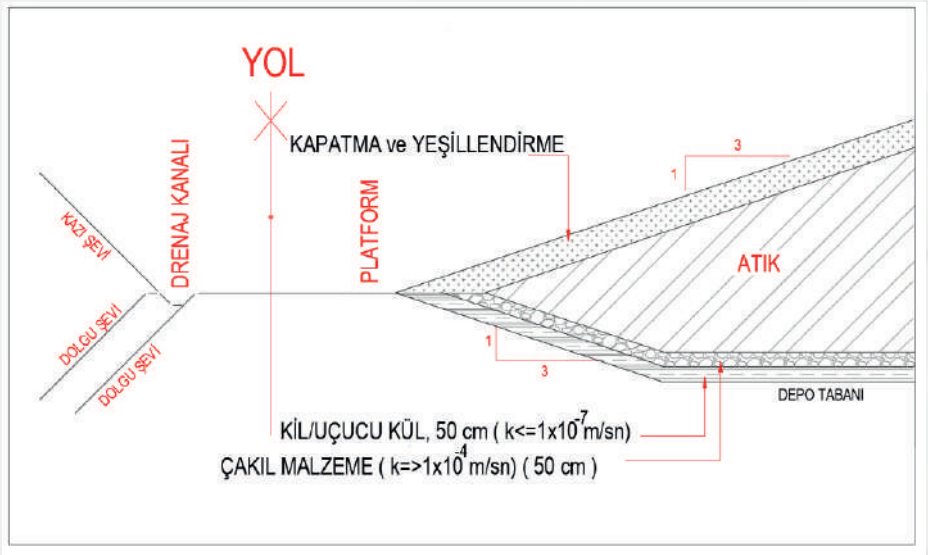
• Sızıntı suyunun arıtılarak bertarafı sağlanır.

5.3.5.4. Düzenli Depolama Sahası İşletme Aşaması

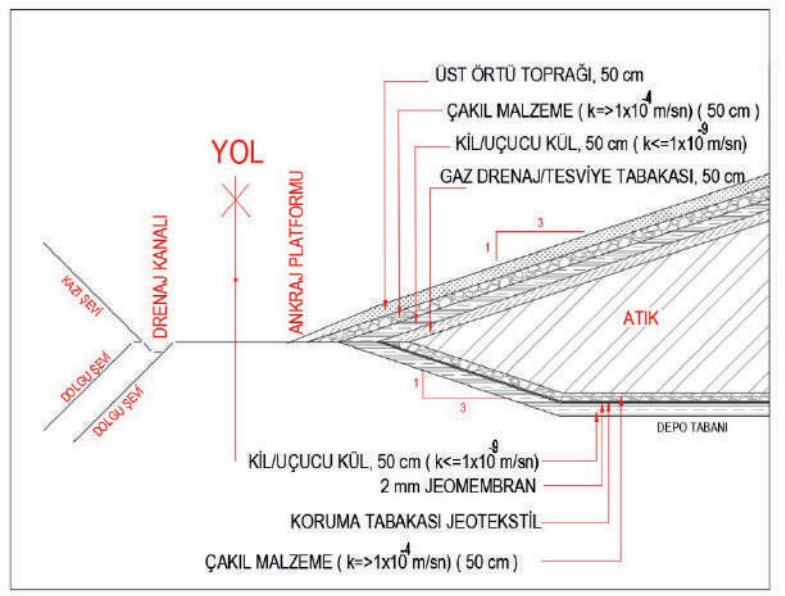
İşletme aşamasında depolama tesisine kabul edilen atıklar, sahanın yapısal stabilitesini bozmayacak, iç ve dış şevlerde kayma ve çökmelere neden olmayacak şekilde depolanmalıdır. Senaryo 1 ve Senaryo 2'ye ait işletme ve dolum tip kesitleri Şekil 5.3.6 ve Şekil 5.3.7'de verilmiştir.

Depolama tesisi, izinsiz girişleri engelleyecek şekilde çevre çiti ve giriş kapısı ile donatılarak emniyet altına alınmalıdır. Tesiste izinsiz atık boşaltımını engelleyecek kontrol mekanizması oluşturulmalıdır.

Atık dolum şev eğimi, atık gövdesinde kayma, yıkılma, erozyon olmayacak şekilde sağlanmalıdır. Atık kütlesi stabil bir yapıya sahip olmalıdır. Atık dolum şev eğiminin 1D/3Y olacak şekilde olması ve en fazla 10 metrede bir en az 4 m genişliğinde palye teşkil edilmesi uygundur.



Şekil 5.3.6. *Senaryo 1 İşletme ve Dolum Tip Kesiti*



Şekil 5.3.7. *Senaryo 2 İşletme ve Dolum Tip Kesiti*

5.3.5.5. Düzenli Depolama Sahası Üst Örtü Teşkili

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (ÇŞİDB, 2010) Madde 17'de düzenli depolama sahalarında üst örtü teşkiline ait hükümler verilmektedir. Her iki senaryo için gereklilikler aşağıda verilmiştir.

Senaryo 1

III. Sınıf Düzenli Depolama sahasının üst örtü teşkilinde mineral geçirimsizlik ve drenaj tabakasının teşkili gibi şartların aranmadığı, sadece depolama işlemi bittikten sonra sahanın tamamen kapatılıp, yeşillendirilmesinin zorunlu olduğu belirtilmektedir.

Senaryo 2

II. Sınıf düzenli depolama tesislerinde aşağıdan yukarı doğru; tesviye tabakası/gaz drenaj tabakası, en az 25 cm kalınlığında iki tabaka halinde mineral geçirimsizlik/kil tabakası (ya da uçucu kül) katmanı (50 cm), en az 50 cm kalınlığında ve en az K ≥ 1.0 x 10-4 m/sn geçirgenliğe sahip drenaj tabakası, en az 50 cm kalınlığında üst örtü toprağı yer almalıdır.

5.3.5.6. Düzenli Depolama Sahası Yüzey Suyu Drenaj Sistemi

Yağış nedeniyle akışa geçen yüzey suyunun depolama alanına girmesini engellemek için önlem alınması gerekmektedir. Bu bağlamda arazinin topoğrafyasına ve sahanın geometrisine uygun noktalarda yüzey suyu drenaj kanalları teşkil edilmektedir. Özet olarak yapılması gerekenler:

• Havza alanları tespit edilir.

• Yağış tekerrür eğrilerinden yağış şiddeti belirlenir.

• Havzadan akışa geçecek yüzey suyu (yüzeysel akış) debisi hesaplanır.

• Yüzey suyu debisine, kanal eğimine göre yüzey suyu drenaj kanalları boyutlandırılır.

• Kontrol yolu ve/veya ulaşım yolu kazıda yer alıyorsa bu bölgelerde yüzey suyu drenaj kanalları teşkil edilir.

• Arazinin topoğrafyasına ve sahanın tasarımına göre yol dolgu şevlerini tahrip edecek şekilde yüzey suyu akışı var ise bu noktalarda yüzey suyu drenaj kanalları teşkil edilir.

• Yollar, üzerlerine düşen yağışın depolama alanına girmesini engellemek için yatay eksen boyunca da eğimlendirilir.

• Yol kenarlarında yer alan kanallar yolların eğimine göre teşkil edilir ve toplanan suların uygun noktalardan deşarjı sağlanır.

• Yolların tasarımında yüzey suyu drenajı dikkate alınır.

• Yüzey suyu drenajında gerekmesi halinde ızgara, menfez ve boru teşkil edilir.

• Yüzey suyu drenaj kanallarının kaplaması beton ile yapılır.

5.3.6. Deprem Atıkları Miktarının Tahmini

Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremler özellikle Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa illerinde yıkıma neden olmuştur. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) yukarıda sayılan iller dışında Kayseri ve Niğde illerini de içerecek şekilde toplam 13 ilde yürüttüğü hasar tespit çalışmaları kapsamında 61.722 binada yer alan 263.800 bağımsız birimin acil yıkılması gereken, ağır hasarlı ve yıkık olduğunu 16 Şubat 2023 tarihinde internet sayfasından (URL-3) yayınlamıştır. İlan edilen ÇŞİDB raporu esas alınarak, deprem bölgesindeki acil yıkılması gereken, ağır hasarlı ve yıkık binalardan dolayı ortaya çıkacak atık miktarı hesapları il bazında yapılmıştır. ÇŞİDB, hasar tespit çalışmalarına hali hazırda devam ettiği için atık miktarının yaklaşık hesabını içeren bu rapor yeni verilerle güncellenecektir.

5.3.6.1. Yaklaşım 1

Yaklaşık hesap için bağımsız birim sayısına ek olarak dikkate alınacak beş önemli faktör söz konusudur. Bu faktörler; bağımsız birimlerin kat yüksekliği, bağımsız birimlerin brüt alanı, yıkılmamış bir bağımsız birimin hacminin yıkıldıktan sonraki moloz hacmine oranı, moloz için genleşme oranı ve hesap güvenlik katsayısıdır. Burada kat yüksekliği 3 metre, yıkılmamış bir bağımsız birimin hacminin yıkıldıktan sonraki moloz hacmine oranı % 20, moloz için genleşme oranı % 50, hesap güvenlik katsayısı 1,2 ve bağımsız birimlerin brüt alanı 120 m2 olarak dikkate alınmıştır. Sonuç olarak; hesaplama için bağımsız birimlerin brüt alanı, ilgili ildeki bağımsız birim sayısı ve kat yüksekliği çarpılarak ilgili ildeki bağımsız birimlerin yıkılmadan önceki toplam hacmi bulunmuştur. Akabinde bu hacim değeri; yıkılmamış bir bağımsız birimin hacminin yıkıldıktan sonraki moloz hacmine oranı, moloz için genleşme oranı ve hesap güvenlik katsayısı ile çarpılarak ilgili ildeki muhtemel moloz hacmi elde edilmiştir.

Yapılan kabuller ve sonuçlar Tablo 5.3.1-5.3.2'de verilmiştir.

Tablo 5.3.1. *Yaklaşım 1 kapsamında yapılan hesap kabulleri*

Kabuller	
Kat yüksekliği (m)	3
Bağımsız birim brüt alanı (m^2)	120
Güvenlik katsayısı	1,2
Boşluk hacminin/moloz hacmine oranı	0,2
Moloz genleşme oranı	1,5

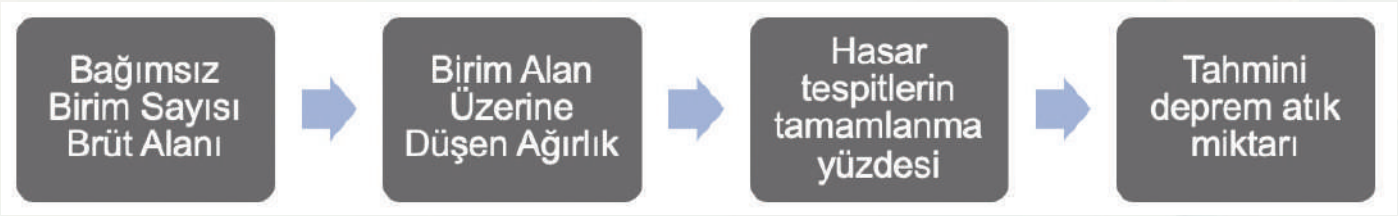
Tablo 5.3.2 *İllere göre oluşacak tahmini atık hacmi.*

İl	**Tahmini Atık Hacmi (m^3)**
Adana	165.110
Adıyaman	3.849.509
Diyarbakır	898.387
Elazığ	523.973
Gaziantep	4.085.251
Hatay	9.296.856
Kahramanmaraş	7.782.610
Kayseri	103.810
Kilis	158.630
Malatya	5.831.482
Niğde	57.802
Osmaniye	1.243.512
Şanlıurfa	353.160
Toplam (m^3)	**34.350.091**

Literatürde 1 m3 afet atığı ağırlığının 1,4-1,8 ton arasında olduğu dikkate alındığında, toplam atık miktarının 48 milyon ton ile 62 milyon ton arasında olacağı öngörülmüştür.

5.3.6.2. Yaklaşım 2

Bu yaklaşımda da ÇŞİDB tarafından paylaşılan güncel bağımsız birim sayıları dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Güncel bağımsız birimlerin brüt alanları ve birim alan ağırlıkları dikkate alınarak binalardan kaynaklanan deprem atığı miktarları ton cinsinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda daha güvenilir bir aralık elde edebilmek adına 2 farklı brüt alana (120 m2 ve 150 m2) ve Büyük Japon Depremi'nde elde edilmiş olan iki farklı birim alan ağırlığına göre senaryolar oluşturulmuştur. Birim alan ağırlığı olarak Japonya depremi sonrası yayınlanmış olan çalışmada betonarme binalar için belirlenen ortalama değer olan 1,25 t/m2 ile Asya ve Pasifik afet atıkları yönetimi rehberinde yer alan 1,107 t/m2 değerleri kullanılmıştır. Sahadan alınan bilgiler ışığında hasar tespit işlerinin tamamlanmasının olasılıkları üzerine senaryolar genişletilmiştir. Güncel veriler hasar tespit işlerinin tamamlanma yüzdelerine göre doğrusal olarak arttırılmıştır. Çalışmanın aşamaları Şekil 5.3.8'de özetlenmiştir.



Şekil 5.3.8 *Deprem atıkları miktar tahminleri için uygulanan çalışma aşamaları (JSMCWM'den uyarlanmıştır, URL-2)*

Yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan özet tablolar (Tablo 5.3.3-5.3.6) aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.3.3. *Bağımsız birim brüt alanı 150 m2 ve birim alan ağırlığının 1,25 t/m2 olduğu durum (ton)*

Bağımsız Birim Sayısına Göre Hesap Yapılan İller	Hasar Tespitinin % 45 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 50 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 60 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 70 yapıldığı kabulüyle
Adana	530.833	477.750	398.125	341.250
Adıyaman	12.376.250	11.138.625	9.282.188	7.956.161
Diyarbakır	2.888.333	2.599.500	2.166.250	1.856.786
Elazığ	1.684.583	1.516.125	1.263.438	1.082.946
Gaziantep	13.134.167	11.820.750	9.850.625	8.443.393
Hatay	29.889.583	26.900.625	22.417.188	19.214.732
Kahramanmaraş	25.021.250	22.519.125	18.765.938	16.085.089
Kayseri	333.750	300.375	250.313	214.554
Kilis	510.000	459.000	382.500	327.857
Malatya	18.748.333	16.873.500	14.061.250	12.052.500
Niğde	185.833	167.250	139.375	119.464
Osmaniye	3.997.917	3.598.125	2.998.438	2.570.089
Şanlıurfa	1.135.417	1.021.875	851.563	729.911
TOPLAM (ton)	**110.436.250**	**99.392.625**	**82.827.188**	**70.994.732**

Tablo 5.3.4. *Bağımsız birim brüt alanı 150 m2 ve birim alan ağırlığının 1,107 t/m2 olduğu durum (ton).*

Bağımsız Birim Sayısına Göre Hesap Yapılan İller	Hasar Tespitinin % 45 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 50 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 60 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 70 yapıldığı kabulüyle
Adana	470.106	423.095	352.580	302.211
Adıyaman	10.960.407	9.864.366	8.220.305	7.045.976
Diyarbakır	2.557.908	2.302.117	1.918.431	1.644.369
Elazığ	1.491.867	1.342.680	1.118.900	959.057
Gaziantep	11.631.618	10.468.456	8.723.714	7.477.469
Hatay	26.470.215	23.823.194	19.852.661	17.016.567
Kahramanmaraş	22.158.819	19.942.937	16.619.114	14.244.955
Kayseri	295.569	266.012	221.677	190.009
Kilis	451.656	406.490	338.742	290.350
Malatya	16.603.524	14.943.172	12.452.643	10.673.694
Niğde	164.574	148.117	123.431	105.798
Osmaniye	3.540.555	3.186.500	2.655.416	2.276.071
Şanlıurfa	1.005.525	904.973	754.144	646.409
TOPLAM (ton)	**97.802.343**	**88.022.109**	**73.351.757**	**62.872.935**

Tablo 5.3.5. *Bağımsız birim brüt alanı 120 m2 ve birim alan ağırlığının 1,25 t/m2 olduğu durum (ton).*

Bağımsız Birim Sayısına Göre Hesap Yapılan İller	Hasar Tespitinin % 45 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 50 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 60 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 70 yapıldığı kabulüyle
Adana	424.667	382.200	318.500	273.000
Adıyaman	9.901.000	8.910.900	7.425.750	6.364.929
Diyarbakır	2.310.667	2.079.600	1.733.000	1.485.429
Elazığ	1.347.667	1.212.900	1.010.750	866.357
Gaziantep	10.507.333	9.456.600	7.880.500	6.754.714
Hatay	23.911.667	21.520.500	17.933.750	15.371.786
Kahramanmaraş	20.017.000	18.015.300	15.012.750	12.868.071
Kayseri	267.000	240.300	200.250	171.643
Kilis	408.000	367.200	306.000	262.286
Malatya	14.998.667	13.498.800	11.249.000	9.642.000
Niğde	148.667	133.800	111.500	95.571
Osmaniye	3.198.333	2.878.500	2.398.750	2.056.071
Şanlıurfa	908.333	817.500	681.250	583.929
TOPLAM (ton)	**88.349.000**	**79.514.100**	**66.261.750**	**56.795.786**

Tablo 5.3.6. *Bağımsız birim brüt alanı 120 m2 ve birim alan ağırlığının 1,107 t/m2 olduğu durum (ton).*

Bağımsız Birim Sayısına Göre Hesap Yapılan İller	Hasar Tespitinin % 45 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 50 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 60 yapıldığı kabulüyle	Hasar Tespitinin % 70 yapıldığı kabulüyle
Adana	376.085	338.476	282.064	241.769
Adıyaman	8.768.326	7.891.493	6.576.244	5.636.781
Diyarbakır	2.046.326	1.841.694	1.534.745	1.315.496
Elazığ	1.193.494	1.074.144	895.120	767.246
Gaziantep	9.305.294	8.374.765	6.978.971	5.981.975
Hatay	21.176.172	19.058.555	15.882.129	13.613.253
Kahramanmaraş	17.727.055	15.954.350	13.295.291	11.395.964
Kayseri	236.455	212.810	177.341	152.007
Kilis	361.325	325.192	270.994	232.280
Malatya	13.282.819	11.954.537	9.962.114	8.538.955
Niğde	131.659	118.493	98.744	84.638
Osmaniye	2.832.444	2.549.200	2.124.333	1.820.857
Şanlıurfa	804.420	723.978	603.315	517.127
TOPLAM (ton)	**78.241.874**	**70.417.687**	**58.681.406**	**50.298.348**

Halihazırda hasar tespit çalışmaları devam ettiğinden, hasar tespit işlerinin %70'inin tamamlandığı kabulü esas alınmıştır. Bu tamamlanma oranına göre oluşturulan özet tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 5.3.7).

Tablo 5.3.7. *İllere göre bağımsız birim brüt alanları ve birim alan ağırlıklarına göre oluşan atık miktarı (ton)*

İller	Hasar Tespitinin % 70 yapıldığı kabulüyle			
	120 m^2 brüt alan ve 1,107 t/m^2	120 m^2 brüt alan ve 1,25 t/m^2	150 m^2 brüt alan ve 1,107 t/m^2	150 m^2 brüt alan ve 1,25 t/m^2
Adana	241.769	273.000	302.211	341.250
Adıyaman	5.636.781	6.364.929	7.045.976	7.956.161
Diyarbakır	1.315.496	1.485.429	1.644.369	1.856.786
Elazığ	767.246	866.357	959.057	1.082.946
Gaziantep	5.981.975	6.754.714	7.477.469	8.443.393
Hatay	13.613.253	15.371.786	17.016.567	19.214.732
Kahramanmaraş	11.395.964	12.868.071	14.244.955	16.085.089
Kayseri	152.007	171.643	190.009	214.554
Kilis	232.280	262.286	290.350	327.857
Malatya	8.538.955	9.642.000	10.673.694	12.052.500
Niğde	84.638	95.571	105.798	119.464
Osmaniye	1.820.857	2.056.071	2.276.071	2.570.089
Şanlıurfa	517.127	583.929	646.409	729.911
TOPLAM (ton)	**50.298.348**	**56.795.786**	**62.872.935**	**70.994.732**

5.3.7 Nihai Depolama Alanları İhtiyacının Değerlendirilmesi

Tüm iller için mevcut hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıkları döküm sahalarının kullanım olanağı incelenmelidir. Bu kapsamda öncelikle mevcut saha kapasitesine bakılmalı ve genişleme olanaklarına göre ilave sahaların gerekliliği değerlendirilmelidir. Tablo 5.3.8'de eldeki mevcut verilere dayanılarak yaklaşık olarak gerekli alan ihtiyaçları tahmin edilmiştir. Atık miktarları ile ilgili olarak olası bir artış veya azalışta Tablo 5.3.8'in güncellenmesi gerekecektir.

Tablo 5.3.8. *Nihai Depolama Alanları Asgari Alan İhtiyaçları*

İller	Atık Miktarı Tahmini (ton)	Atık Hacmi Tahmini (m^3)*	Emniyet Faktörü Dikkate Alınarak Atık Hacmi İhtiyacı (m^3)**	Asgari Aktif Depolama Alanı İhtiyacı (m^2)***	Asgari Toplam Depolama Alanı İhtiyacı (m^2)****
Adana	341.250	170.625	255.938	14.400	21.600
Adıyaman	7.956.161	3.978.080	5.967.121	225.625	338.438
Diyarbakır	1.856.786	928.393	1.392.589	62.500	93.750
Elazığ	1.082.946	541.473	812.210	40.000	60.000
Gaziantep	8.443.393	4.221.696	6.332.545	230.400	345.600
Hatay	19.214.732	9.607.366	14.411.049	504.100	756.150
Kahramanmaraş	16.085.089	8.042.545	12.063.817	422.500	633.750
Kayseri	214.554	107.277	160.915	12.000	18.000
Kilis	327.857	163.929	245.893	14.400	21.600
Malatya	12.052.500	6.026.250	9.039.375	330.625	495.938
Niğde	119.464	59.732	89.598	7.500	11.250
Osmaniye	2.570.089	1.285.045	1.927.567	82.500	123.750
Şanlıurfa	729.911	364.955	547.433	28.000	42.000
Toplam	**70.994.732**	**35.497.366**	**53.246.049**	**1.974.550**	**2.961.825**

** Ortalama birim hacim ağırlık 2,0 t/m3 kabul edilmiştir.*
*** Emniyet faktörü ~% 50 alınmıştır.*
**** Atık depolamanın yapılacağı alan*
***** Tesis yolları, ilave tesisler, düzgün olmayan saha geometrisi ve topoğrafyası için gerekli alan ihtiyacı %50 arttırılmıştır.*

Deprem atığının en fazla oluşması beklenen iller depremden en çok etkilenen Hatay, Kahramanmaraş, Malatya, Gaziantep ve Adıyaman'dır. O nedenle bu illerde deprem atıkları için gerekli geçici ve nihai depolama alanı ihtiyacı en yüksektir. Bu açıdan öncelikli olarak mevcut sahaların kalan kapasitesi belirlenmeli ve gerekmesi halinde yeni geçici ve nihai depolama alanları tespit edilmelidir. Oluşan atık miktarına göre bu illeri Osmaniye, Diyarbakır ve Elazığ takip etmektedir. Adana, Kayseri, Kilis, Niğde ve Şanlıurfa için, nispeten düşük deprem atığı miktarı nedeniyle, mevcut sahaların yeterli olabileceği düşünülmektedir. Ancak yine de mevcut saha kapasitelerinin kontrolü gerekmektedir.

Alan ihtiyaçlarının geridönüşüm/gerikazanım faaliyetleri ile azaltılması en uygun çözüm olarak durmaktadır. Bu kapsamda yıkılan veya yıkılacak betonarme yapılardan, beton/donatı ayrımı yapılarak demir geri kazanılmalı, beton ise ara depolama sahalarındaki mobil kırıcılar ile dolgu malzemesi ile geri kazanılmalıdır. Ayrıca diğer atık türleri de (cam, plastik, elektronik eşya, vb.) uygun geri kazanım çalışmaları yapılarak depolama alan/hacim ihtiyacı azaltılmalı, olası emisyonlar minimize edilmeli ve maddi değeri olan atık bileşenlerinin ülke ekonomisine geri kazandırılması sağlanmalıdır.

Afet sonrası en uygun çözüm, gerikazanım faaliyetlerinin bulundukları yıkıntı alanlarında gerçekleştirilerek maliyet-etkin ve çevresel bir yol izlenmesidir. Ancak, bu türden bir çalışma daha uzun sürelere ihtiyaç duyacağından yerleşim yerlerindeki yeni imar ve restorasyon çalışmalarının gecikmesine neden olacak ve şehrin yıkıntı görüntüsünün devam etmesi nedeniyle bölge halkı üzerinde de olumsuz psikolojik/sosyolojik etkileri olabilecektir. Dolayısıyla, atıkların kısa bir süre içerisinde kaldırılacağı Nihai Depolama Alanları hazır olmayacağından, Geçici Depolama Alanlarına nakledileceği öngörülmektedir. Tercihen gerikazanım faaliyetleri de bu alanlarda yapılmalıdır.

5.4. Sonuçlar

Deprem vb. afetlerde hasarın ve etkininin büyük olması durumunda ciddi miktarda ve hacimde afet atığı oluşmaktadır. Oluşan afet atıkların doğru yönetimi oldukça önemlidir. Bu nedenle afet atıklarının yönetimi, afet yönetim planının bir bileşeni olarak ele alınmalıdır. Bu kapsamda her ilde olası bir afette oluşabilecek afet atıklarının miktarı, kompozisyonu, geçici (ara) ve nihai depolama alanları ve atılacak adımlar afet öncesinde hazırlanan afet yönetim planlarında yer almalıdır.

Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremler sonrasında ÇŞİDB tarafından toplam 13 ilde yürütülen hasar tespit çalışmaları kapsamında 16 Şubat 2023 itibariyle 61.722 binada yer alan 263.800 bağımsız birimin acil yıkılması gereken, ağır hasarlı ve yıkık olduğu belirlenmiştir. Buna göre deprem atıkları miktarı ön hesaplamaları yapılarak il bazında oluşacak tahmini atık miktarı hesaplanmıştır. Toplam deprem atıkları miktarının ~50 milyon ton ile ~110 milyon ton aralığında olacağı öngörülmektedir. Deprem atığının en fazla oluşması beklenen iller depremden en çok etkilenen Hatay, Kahramanmaraş, Malatya, Gaziantep ve Adıyaman'dır. O nedenle bu illerde deprem atıkları için gerekli geçici ve nihai depolama alanı ihtiyacı en yüksektir. Bu açıdan öncelikli olarak mevcut sahaların kalan kapasitesi belirlenmeli ve gerekmesi halinde yeni geçici ve nihai depolama alanları tespit edilmelidir. Oluşan atık miktarına göre bu illeri Osmaniye, Diyarbakır ve Elazığ takip etmektedir. Adana, Kayseri, Kilis, Niğde ve Şanlıurfa için, nispeten düşük deprem atığı miktarı nedeniyle, mevcut sahaların yeterli olabileceği düşünülmektedir. Ancak yine de mevcut saha kapasitelerinin kontrolü gerekmektedir.

Binaların yıkımı, atıkların taşınması ve yönetimi sürecinde gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınmalıdır. Deprem atıklarının geçici depolama alanlarına taşınması, burada atıkların içerisindeki malzemelerin ayrılarak büyük oranda yeniden kullanım, geridönüşüm/gerikazanımının sağlanması, kalan atıkların ise tehlikelilik seviyesine göre ilgili yönetmeliklerde belirtilen hükümler çerçevesinde bertarafının yapılması gerekmektedir. Geçici ve nihai depolama alanları atık miktarını karşılayacak kapasitede olmalı, alanlara yetkisiz kişilerin girişi sınırlanmalıdır. Yangın riskinden dolayı özellikle geçici depolama alanlarında atıklar belli bir yüksekliğin üzerinde istiflenmemelidir. Yangın riski vb. durumlar için gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Kaynaklar

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2004, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 25406.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2010, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete No: 27533.

URL-1

<https://www.milliyet.com.tr/gundem/bakan-soyludan-kahramanmarasta-aciklamalar-6903965,> Erişim tarihi 15.02.2023.

URL-2

Japan Society of Material Cycles and Waste Management (JSMCWM), Technical Reference for Disaster Waste Management:

<https://jsmcwm.or.jp/international/?page_id=3107> Erişim tarihi: 13.02.2023

URL-3

https://www.csb.gov.tr/hasar-tespit-calismasi-kapsaminda-263-bin-800-bagimsiz-birimin-acil-yikilmasi-gereken-agir-hasarli-ve-yikik-oldugu-tespit-edildi-bakanlik-faaliyetleri-3843, Erişim tarihi: 16.02.2023.

United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Environmental Emergencies Section. UNEP/OCHA, 2013, Disaster Waste Management Guidelines, 2nd Edition, Switzerland


İTÜ
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
1773
250
YIL
1773–2023

İTÜ

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 1773

250 YIL 1773–2023

/ 1773

Şubat 2023