



Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



24 OCAK 2020 – ELAZIĞ SİVRİCE DEPREMİ ($M_w=6.8$)

ÖN İNCELEME RAPORU

Hazırlayanlar:

Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU¹

Prof. Dr. Mustafa ŞAHMARAN²

Prof. Dr. Berna UNUTMAZ²

Doç. Dr. Alper ALDEMİR²

Doç. Dr. Mustafa Kerem KOÇKAR²

Doç. Dr. Abdullah SANDIKKAYA²

İnş. Yük. Müh. Abdullah İÇEN²

Şubat 2020

¹ Jeoloji Mühendisliği Bölümü

² İnşaat Mühendisliği Bölümü



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	2
ŞEKİLLER LİSTESİ	3
1. GİRİŞ:	5
2. JEOLJİK VE GEOTEKNİK BULGULAR:	7
A. SİVRİCE – HAZAR GÖLÜ KUZEYİ	8
B. SİVRİCE – İSKELE BÖLGESİ	9
C. SİVRİCE – SOSYAL HİZMETLER BÖLGESİ	16
D. ÇEVİRİMTAŞ KÖYÜ VE CİVARI	25
E. SİVRİCE –DOĞANYOL ARASI KAYA DÜŞMESİ VAKALARI	31
3. GÖZLEMLENEN YAPI HASARLARI:	32
4. SONUÇLAR:	42
KAYNAKLAR	43



ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL 1. AFAD TARAFINDAN ODAK MEKANİZMA ÇÖZÜMÜ YAPILAN $M_w = 6,8$ DEPREMİ VE ARTÇI ŞOK AKTİVİTESİ	6
ŞEKİL 2. DOĞU ANADOLU FAY SİSTEMİ'NE AİT SİSMİK SEGMENTLER VE SİSMİK BOŞLUKLAR. (DEMİRTAŞ VE ERKMEN, 2008).	7
ŞEKİL 3. PLAJ BÖLGESİNDEKİ SAHİL KAMPINDA YÜKSELEN SU SEVİYESİ.....	8
ŞEKİL 4. SU SEVİYESİNİN GERİ ÇEKİLMESİNDEN SONRA OLUŞAN KUM TEPECİKLERİ.....	9
ŞEKİL 5. SUYUN YÜKSELİP ÇEKİLDİĞİNİ GÖSTEREN YOSUN BİRİKİNTİLERİ VE KUM TEPECİKLERİ	10
ŞEKİL 6. SIVRİCE İSKELESİ	11
ŞEKİL 7. SIVRİCE İSKELESİ BETON PLAKALARI	11
ŞEKİL 8. ARDIŞIK ZEMİN ÇATLAKLARI	12
ŞEKİL 9. SAHİLDE YER ALAN ÇATLAKLAR	13
ŞEKİL 10. BİRBİRİNİ KESEN ÇATLAKLAR	13
ŞEKİL 11. SIVILAŞMIŞ ZEMİN BANTLARI.....	14
ŞEKİL 12. SIVILAŞMIŞ ZEMİN BANTLARINA DAHA YAKINDAN BAKIŞ	15
ŞEKİL 13. SIVILAŞMIŞ ZEMİN BANTLARI VE KUM SEVİYELERİNİN YÜZEYDE BİRİKMESİ	16
ŞEKİL 14. GÖLÜN İÇERİSİNDE KALMIŞ AĞAÇLAR VE PLAJIN DURUMU	17
ŞEKİL 15. KIRILMIŞ AĞAÇLAR	17
ŞEKİL 16. BÖLGEDE OLUŞAN YANAL DEFORMASYON VE OTURMALAR	18
ŞEKİL 17. BÖLGEDE OLUŞAN YANAL DEFORMASYON VE GÖÇMELER.....	18
ŞEKİL 18. YANAL DEFORMASYON SONUCU HASARA UĞRAYAN SINIR DUVARI	19
ŞEKİL 19. YÜZEY ÇATLAKLARI VE YANAL DEFORMASYONLAR	20
ŞEKİL 20. ARDIŞIK YÜZEY ÇATLAKLARI VE KUM BİRİKİNTİLERİ.....	21
ŞEKİL 21. YÜZEY ÇATLAKLARI VE OTURMALAR	22
ŞEKİL 22. ARDIŞIK YÜZEY ÇATLAKLARI VE AYRIŞMALAR	23
ŞEKİL 23. YÜZEYDE OLUŞAN DERİN ÇUKURLAR.....	23
ŞEKİL 24. YÜZEYDE OLUŞAN ÇATLAKLARA PARALEL LENS ŞEKLİNDE DERİN ÇUKURLAR	24
ŞEKİL 25. KUM BİRİKİNTİLERİ VE SIVILAŞMA EMARELERİ.....	25
ŞEKİL 26. DEPREM ETKİSİ İLE YIKILMIŞ BİNALARIN UZAKTAN GÖRÜNÜMÜ.....	26
ŞEKİL 27. DEPREM ETKİSİ İLE YIKILMIŞ BİNALAR.....	26
ŞEKİL 28. DEPREM ETKİSİ İLE YIKILMIŞ BİNALAR.....	27
ŞEKİL 29. DEPREM ETKİSİ İLE YIKILMIŞ BİNALAR.....	27
ŞEKİL 30. DEPREMDE OLUŞAN MUHTEMEL YÜZEY KIRIĞI	28
ŞEKİL 31. YÜZEYDE DEPREM ESNASINDAKİ TEKTONİK SIKIŞMANIN ETKİSİYLE MEYDANA GELEN YÜKSELMELER.....	29
ŞEKİL 32. YÜZEYSEL YER ALAN SIKIŞMA VE AÇILMA ZONLARI	30
ŞEKİL 33. FAYIN MUHTEMEL YÜZEY KIRIĞININ YARATMIŞ OLDUĞU TEKTONİK SIKIŞMANIN ETKİSİYLE TARİHSEL BİNA TEMELLERİNDE MEYDANA GELEN AÇILMA VE YÜKSELMELER (BUGÜNKÜ HASAR DURUMU TASVİR EDEN TİPİK BİR ÖRNEK)	30
ŞEKİL 34. SIVRİCE İLE DOĞANYOL ARASINDAKİ KÖY YOLLARINDA MEYDANA GELEN KAYA DÜŞMESİ VAKALARINDAN BİR ÖRNEK (YOL GÜZERGAHI TEMİZLENMEDEN ÖNCEKİ DURUM)	31
ŞEKİL 35. SIVRİCE-ÇEVİRİMTAŞ ARASINDAKİ KÖY YOLLARINDA MEYDANA GELEN KAYA DÜŞMESİ VAKALARINDAN BİR ÖRNEK (YOL GÜZERGAHI TEMİZLENMESİNDEN SONRAKİ DURUM)	32
ŞEKİL 36. ELAZIĞ'DA YIKILAN BETONARME BİNALAR	33



ŞEKİL 37. YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİ VE SONUÇTA OLUŞAN HASARLAR	34
ŞEKİL 38. BİNALAR ARASINDAKİ YETERSİZ DERZ BOŞLUKLARI NEDENİYLE OLUŞAN BÖLME DUVAR VE KOLON HASARI	35
ŞEKİL 39. DÜZ DONATI KULLANIMININ YARATTIĞI ADERANS PROBLEMLERİ.....	36
ŞEKİL 40. GÖZLEMLenen MERDİVEN HASARLARI	36
ŞEKİL 41. GÖZLEMLenen KESME HASARLARI	37
ŞEKİL 42. AĞIR ÇIKMALAR DAN KAYNAKLI TAŞIYICI OLMAYAN DUVAR HASARLARI.....	38
ŞEKİL 43. YAPISAL OLMAYAN DUVAR HASARLARI 1	39
ŞEKİL 44. YAPISAL OLMAYAN DUVAR HASARLARI 2	40
ŞEKİL 45. ELAZIĞ ŞEHİR MERKEZİNDEKİ YIĞMA BİNALARIN HASAR DURUMLARI.....	41



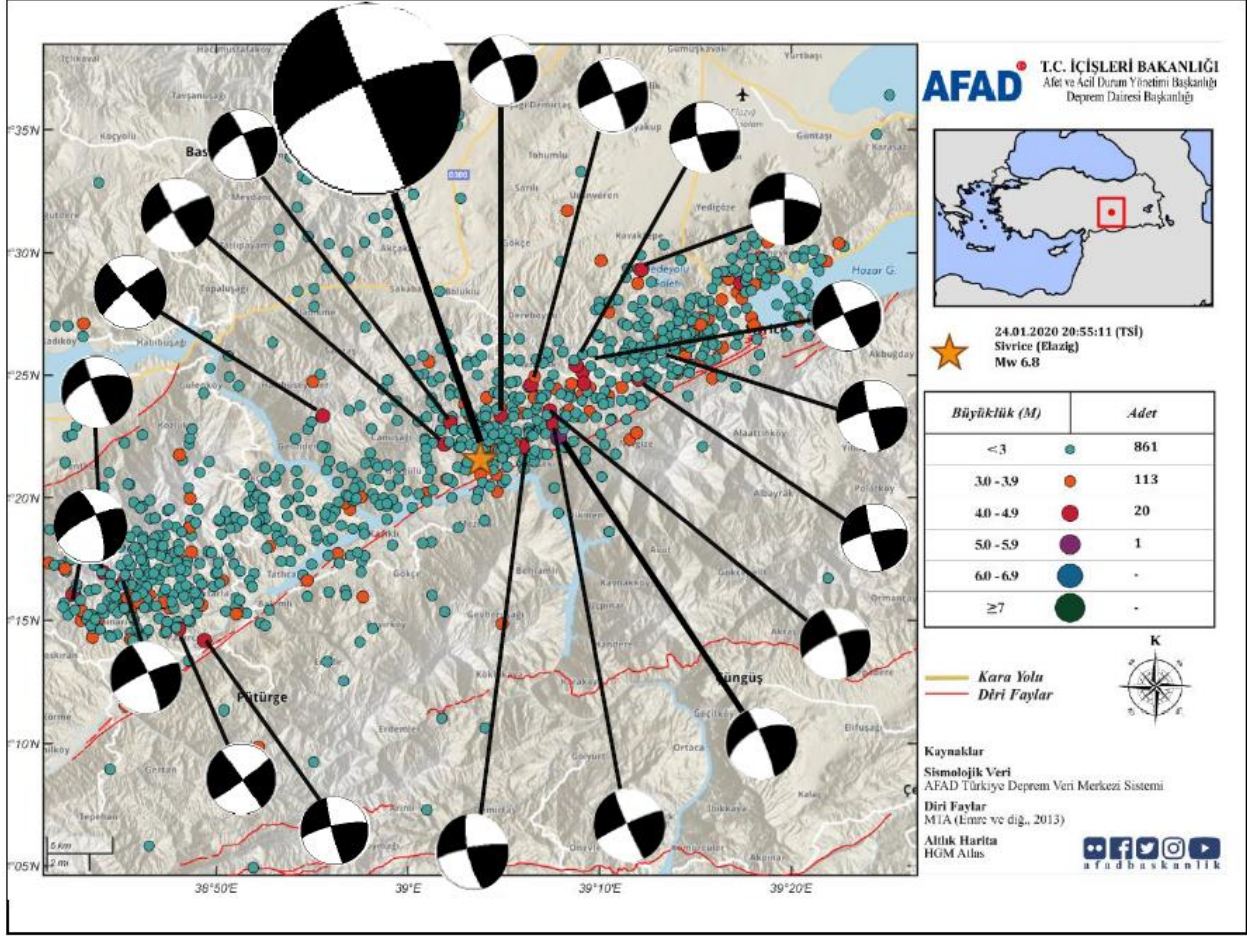
1. Giriş:

Merkez üssü Elazığ Sivrice'de 24 Ocak 2020 tarihinde 20:55:11'de Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde büyük bir deprem meydana gelmiştir. Depremin moment magnitüd (M_w) cinsinden büyüklüğünü Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından 6.8 olarak açıklanmıştır (Enlem: 38.3593 N, Boylam: 39.0630 E). İlk verilere göre depremin derinliği yaklaşık 8 km olarak belirlenmiştir. Deprem, Elazığ Merkez ve Sivrice, Malatya Pütürge ve Doğanyol ile Diyarbakır'ın il ve ilçelerinde şiddetli bir şekilde hissedilmiştir. Depremin en yakın yerleşim birimi olan Elazığ ilinin Sivrice ilçesine bağlı Çevrimtaş köyüne uzaklığı 0.81 km'dir. Depremin belirgin süresi ise ilk belirlemelere göre 20.4 saniye olarak hesaplanmıştır (AFAD Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi Ön Değerlendirme Raporu).

Doğu Anadolu Fay Sistemi kuzeybatıda Anadolu ve güneydoğuda Arap-Afrika levhaları arasında yer alan, ortalama 30 km genişlikte, 700 km uzunlukta, kuzeydoğu-güneybatı gidişli, sismik bakımdan çok aktif olan, sol yanal doğrultu atımlı ve kıta içi dönüşüm türü fay niteliğinde bir plaka sınırır (Serap vd., 2011). DAFZ kuzeydoğuda Bingöl-Karlıova ile güneybatıda Karataş (Adana)-Samandağ (Antakya) arasında yer alır ve Anadolu plakasının güneydoğu sınırını oluşturur. Bu sisteme bağlı olarak, zon boyunca çok sayıda doğrultu atımlı havza yer alır.

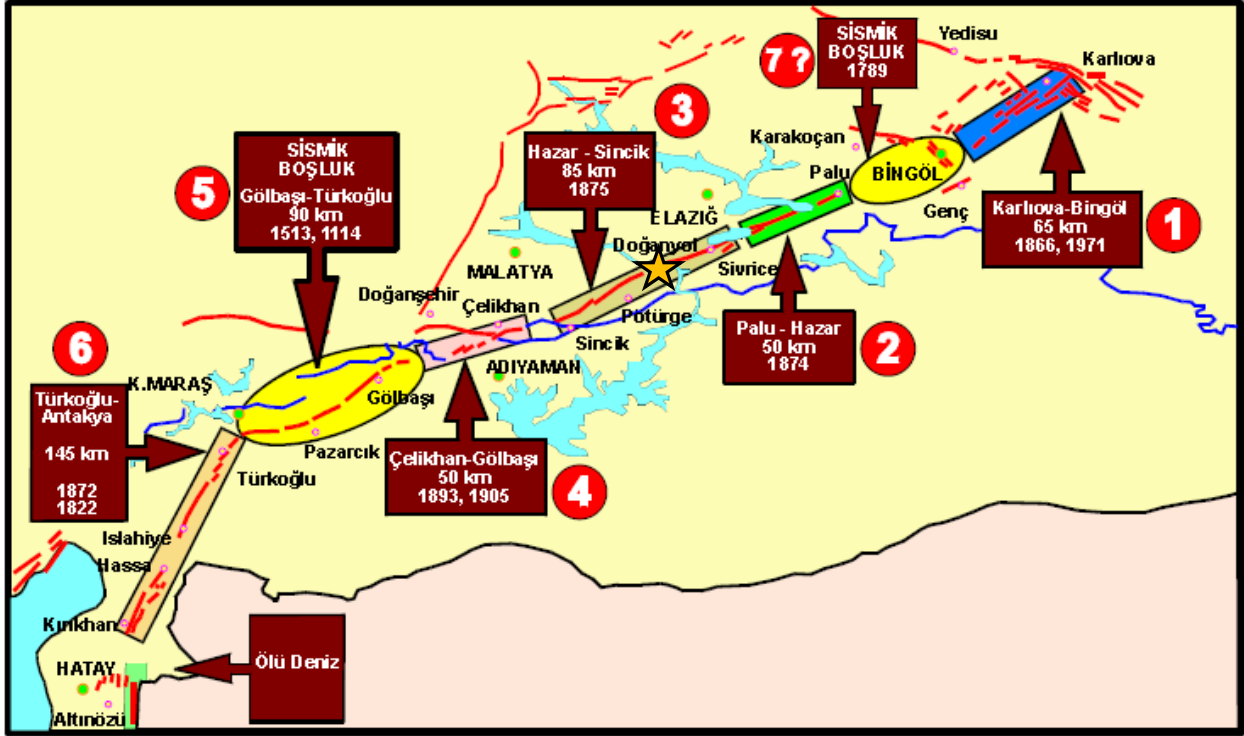
Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelen Elazığ Sivrice depremi de bu havzalardan birisi olan Hazar gölü ile bu havza içerisinde kalan Sivrice-Pütürge segmenti üzerinde meydana geldiği düşünülmektedir. Havzaya doğru önemli miktarda normal atım bileşeni olan iç bükey kenar fayları ve Hazar gölünün batimetri verisi sebebiyle bu göl havzası negatif çiçek yapısı olarak adlandırılmıştır ve yorumlanmıştır (Ercan vd., 2007). Bu tektonik özelliği sayesinde Türkiye'nin en derin göllerinden biri konumundadır. 08.03.2010 Kovancılar Depremi (M_w : 6.1) ise bu havzanın kuzeydoğusunda yer alan diğer bir havza olan Palu-Uluova çek-ayır havzası üzerinde meydana gelmiştir. Depremin ardından şu ana kadar 21 tanesi 4'ten büyük olmak üzere yaklaşık 1000'e yakın artçı sarsıntı meydana gelmiştir.

AFAD tarafından yayımlanan odak mekanizması çözümleri ve artçı şokların dağılımları Şekil 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre KD-GB uzanımlı DAF zonu içinde yer alan ve Hazar Gölü'nün hemen güney batısında bulunan Sivrice ilçesi ile Pütürge ilçesinin batısında kalan yaklaşık olarak 55-60 kilometre uzunluğundaki fay segmentinin Elazığ-Sivrice depremine kaynaklık ettiği ve fayın çift yönlü (bi-lateral) kırılmasına yol açtığı düşünülmektedir.



Şekil 1. AFAD tarafından odak mekanizma çözümü yapılan $M_w = 6,8$ depremi ve artçı şok aktivitesi

DAFZ'nun tarihsel ve aletsel dönemdeki deprem etkinliği göz önüne alındığında, bu fay üzerinde meydana gelen en önemli depremleri, 1513 Pazarcık depremi, 1822 Kahramanmaraş depremi, 1866 Karlıova depremi, 1872 Antakya depremi, 1874 Gezin depremi, 1875 Sivrice depremi, 1893 Çelikhan depremi, 1905 Pötürge depremi, 1971 Bingöl depremi, 1977 Palu depremi, Haziran-Temmuz 1986 Sürgü depremleri (Şaroğlu ve diğ.,1987) ve 1998 Ceyhan depremi (İmamoğlu ve Çetin, 2007), 2003 Bingöl Depremi ve 2010 Kovancılar Depremi olarak belirtebiliriz. DAFZ üzerindeki yıllık kayma hızı ortalama 5-8 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Herece, 2003 ve Westaway, 2004), ancak McClusky ve diğ. (2000) bunun yaklaşık 9 ± 1 mm/yıl olduğunu söylemişlerdir. (Gürsoy ve diğ., 2003). DAFZ'nun tarihsel ve aletsel dönemdeki deprem etkinliği ile sismik boşluk olan bölgeleri gösteren görsel Şekil 2'de verilmiştir (Demirtaş, 2008).



Şekil 2. Doğu Anadolu Fay Sistemi'ne ait sismik segmentler ve sismik boşluklar. (Demirtaş ve Erkmen, 2008).

Hacettepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim üyeleri olarak, 28 Ocak 2020 tarihinde meydana gelen depremin hemen ardından depremden etkilenen bölgelere saha çalışmaları düzenlenmiştir. Ekiplerimiz gerek Elazığ Merkez'de depremden etkilenen yapılar üzerinde çalışmalarda bulunmuş gerekse de depremin odak merkezi olan Sivrice ve Doğanşir ilçeleri çevresindeki zeminlerde incelemeler yapmışlardır. Bu incelemeler neticesinde sahada gözlemlenen değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

2. Jeolojik ve Geoteknik Bulgular:

Deprem sonrasında yüzeyde oluşan jeolojik ve zemin koşullarından kaynaklanan deformasyonların belirlenmesi ve hasarlarının anlaşılabilmesi için depremden en fazla etkilenen Elazığ ili Sivrice ilçesi ile özellikle Hazar Gölünün kıyısında detaylı incelemeler yapılmıştır. Sonrasında faya ait muhtemel yüzey kırığının bu zamana kadar görülebildiği tek yer olan ve depremin merkez üssüne yaklaşık 800 m uzaklıkta olan Elazığ ili, Sivrice ilçesi-Çevrimtaş köyü ve çevresinde incelemeler yapılmıştır.



a. Sivrice – Hazar Gölü kuzeyi

Sahada inceleme yapılan ilk bölge Hazar gölünün kuzey batısında bulunan plaj bölgesi olmuştur. Burada göl suyu seviyesinin sismik aktivitenin etkisiyle yükselmiş olduğu ve yaklaşık 5-7 m karaya doğru girdiği ve tekrar alçaldığı gözlenmiştir. Elde edilen veriler ve gözlemlerden su seviyesinin deprem öncesine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Şekil 3 ve 4’den de görüleceği üzere su seviyesinin yükselmesiyle kıyıdaki ağaçlar gölün bir miktar içerisinde kalmış ve sahilde kum tepelikleri oluşmuştur. Bu bölgede zeminde deprem kaynaklı olarak meydana gelen önemli bir deformasyon izine rastlanmamıştır.



Şekil 3. Plaj bölgesindeki sahil kampında yükselen su seviyesi



Şekil 4. Su seviyesinin geri çekilmesinden sonra oluşan kum tepelikleri

b. Sivrice – İskele Bölgesi

Bölgede ikinci olarak Sivrice merkezi ve doğusunda bulunan sahil kesiminde incelemeler yapılmıştır. Bu bölgenin alüvyon bir zemin üzerinde ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun (DAFZ) üzerinde yer alması sebebiyle özellikle kıyı bölgesinde kalıcı deformasyonlar izlenmiştir. Bu bölgede göl suyu seviyesinin sismik aktivitenin etkisiyle yükselmiş olduğu ve yaklaşık 8-10 m karaya doğru girdiği ve tekrar alçaldığı gözlenmiştir. Ancak gölün içerisinde yer alan ağaçlardan, su seviyesinin deprem öncesine göre yaklaşık olarak 1-1,5m daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Suyun çekildiği sahilin 8-10m içerisinde yer alan yosun ve tortul birikintilerinden anlaşılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Suyun yükselip çekildiğini gösteren yosun birikintileri ve kum tepelikleri

Bölgede yer alan iskelenin gölün içerisine doğru gidildikçe suyun içerisinde kaldığı ve özellikle Şekil 6'da da görüldüğü gibi uç kesimlerinin suya batık durumda olduğu saptanmıştır.



Şekil 6. Sivrice İskelesi

İskelede yapılan detaylı incelemede aşağıdaki fotoğraflardan da görüleceği üzere iskelenin kum-çakıllı zemin üzerine oturduğu, deprem sonrasında beton plakaların birbirinden ayrılarak yaklaşık 5-10 cm civarında açıklıklar oluşturduğu ve bazı plakaların birbirleri ile göreceli olarak 4-5 cm oturduğu gözlenmiştir. Özellikle güneye bakan kısmında, çakıllı kumlu seviyelerin köprü bağlantı boşluklardan yüzeye doğru çıktığı belirlenmiştir.



Şekil 7. Sivrice İskelesi beton plakaları



Bu bölgede yapılan detaylı incelemeler neticesinde sahilde faya dik ve göl kıyısına paralel yaklaşık 10 m'den 200 m'ye kadar değişen uzunluklarda, yaklaşık 1-20 cm açıklığında ve 10- 50 cm derinliğine kadar ulaşan ardışık paralel zemin çatlakları gözlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Ardışık zemin çatlakları

Zemin sahilde kumlu çakıllı heterojen bir görüntüdedir. Çatlaklar plaj zeminin genişlemesi ve daralmasına göre artıp azalmakta (Şekil 9) ve yer yer verrev olarak birbirlerini kesmektedir (Şekil 10). Göl kıyısından güney doğuya doğru hareket ettikçe zeminde yer alan çatlak açıklıkları ve derinliklerinin arttığı ve buna bağlı olarak oturma ve yanal deformasyonların meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 9. Sahilde yer alan çatlaklar



Şekil 10. Birbirini kesen çatlaklar



Ayrıca bölgede yer yer sıvılaşma emareleri gözlenmektedir. Suyun çekilmesine rağmen yer yer lokal nemli sıvılaşma bantları meydana gelmiş (Şekil 11) ve bu alanlarda yer alan özellikle ağır ve büyük çakıl danelerinin zeminin içerisine gömüldüğü (Şekil 12-13) ve kum seviyelerinin yüzeye çıktığı görülmüştür.



Şekil 11. Sıvılaşmış zemin bantları



Şekil 12. Sıvılaşmış zemin bantlarına daha yakından bakış



Şekil 13. Sıvılaşmış zemin bantları ve kum seviyelerinin yüzeyde birikmesi

c. Sivrice – Sosyal Hizmetler Bölgesi

Hazar Gölünün hemen güneyinde yer alan Sosyal Hizmetler tesislerinin batısında yer alan çay bahçesinin plajı yukarıda bahsedilen bölgelere göre daha dar ve yüksek bir topoğrafyaya sahiptir. Bu bölgede yer alan nispeten dar plaj ve ağaçlar aşağıdaki fotoğraflardan da görüleceği üzere suyun içerisinde kalmış ve kırılmıştır (Şekil 14-15).



Şekil 14. Gölün içerisinde kalmış ağaçlar ve plajın durumu



Şekil 15. Kırılmış ağaçlar



Plajın üst kesiminde yer alan çimle kaplı alanda ise yanıl deformasyonlara uğramıştır. Şekil 16 ve 17’de de görüleceği üzere bu deformasyonlar geniş açıklıklara ulaşmış ve yer yer zeminde oturmalara sebep olmuştur.



Şekil 16. Bölgede oluşan yanıl deformasyon ve oturmalar



Şekil 17. Bölgede oluşan yanıl deformasyon ve göçmeler

Hazar Gölü kıyıda yer alan Sosyal Hizmetler arazisinin sınır duvarı Şekil 18’de de görüleceği üzere kıyıdaki oturma ve yanal hareket sebebiyle deformasyona uğramıştır.



Şekil 18. Yanal deformasyon sonucu hasara uğrayan sınır duvarı

Bu bölgede faya nispeten paralel 20-30 m uzunluğunda 25 cm açılmalar şeklinde derin çatlaklar gözlemlenmiştir. Oturmalar 8-20 cm mertebelerinde değişmektedir. Çatlak derinlikleri yaklaşık 50 cm civarındadır (Şekil 19).



Şekil 19. Yüzey çatlakları ve yanal deformasyonlar

Hazar Gölünün güneyindeki Sosyal Hizmetler tesislerinin doğusunda yer alan park alanında yine göl suyu seviyesinin yükselmiş olduğu ve yaklaşık 10-15 m karaya doğru girdiği ve tekrar alçaldığı gözlenmiştir. Su seviyesi deprem öncesine göre hala yüksektir ve ağaçlar suyun içerisinde. Göl kıyısına yine faya paralel yaklaşık 10 m'den 30 m'ye kadar değişen uzunluklarda, 1-20 cm açıklığında ve 10- 20 cm derinliğine kadar ulaşan ardışık paralel zemin çatlakları ve açıklıkları gözlenmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Ardışık yüzey çatlakları ve kum birikintileri

Bu bölgede doğal zemin kumlu çakıllı ve yer yer kil özellikli heterojen bir yapıya sahiptir (Şekil 20). Bu yapısı sebebiyle çatlaklar (Şekil 21-22) ayrılarak boşluklu yapı, oturma ve yanal deformasyonlara sebep olmuştur. Boşluklar yer yer faya paralel lensler şeklinde yaklaşık 30-40 cm eninde ve 50-70 cm boyunda çukurlar görünümündedir (Şekil 23-24). Derinliği yarım metreden fazladır. Bu bölgede ayrıca yer yer sıvılaşma emareleri de gözlenmektedir. Sıvılaşma ile çatlaklı ve boşluklu yapı iç içedir (Şekil 21-25).



Şekil 21. Yüzey çatlakları ve oturmalar



Şekil 22. Ardışık yüzey çatlakları ve ayrışmalar



Şekil 23. Yüzeyde oluşan derin çukurlar



Şekil 24. Yüzye de oluşın çatıaklara paralele lens şekline derin çukurlar



Şekil 25. Kum birikintileri ve sıvılaşma emareleri

Hazar gölünün güneyinden doğuya doğru gidildikçe sismik etkinin yaratmış olduğu etki azalmakta, yukarıda bahsedilen deformasyonlar ve sıvılaşma emarelerinin azaldığı görülmektedir.

d. Çevrimtaş Köyü ve civarı

Çevrimtaş köyü, Sivrice ilçesine bağlıdır ve depremin odak merkezinin yaklaşık 800 m güneyinde yer almaktadır. Bölgede hasar alan başka köyler de olmasına rağmen, DAFZ'nun hemen üzerinde yer alan bu köy depremin şiddetinin ve buna bağlı olarak yıkımın en fazla hissedildiği köy olmuştur. Olay sırasında 10 kişi yaşadığı belirtilen bu köyde 2 can kaybı yaşanmıştır. Şekil 26-29'dan da görüleceği üzere deprem sırasında yıkılan bina oldukça heterojen inşaat malzemeleri (ahşap, beton, taş, kil tuğla vb.) kullanılarak yapılmıştır ve deprem sırasında dayanımını tamamen kaybetmiştir. Diğer köylerden daha farklı ve şiddetli bir hasar dağılımı mevcuttur. Bu köy yıllar boyunca meydana gelen depremlerden de sıklıkla ve şiddetli olarak etkilenmiş ve yeri birkaç kez değiştirilmiştir. Bunlara örnek olarak 3 Mayıs 1874 Depremi (çok şiddetli-yüzey kırığı yaratmış; Ambraseys and Jackson, 1998), 2 Şubat 2007 $M_w = 5.7$ Sivrice Depremi, 8 Mart 2010 $M_w = 6.1$ Palu depremini verebiliriz (KOERİ 2007; Tan et al. 2010).



Şekil 26. Deprem etkisi ile yıkılmış binaların uzaktan görünümü



Şekil 27. Deprem etkisi ile yıkılmış binalar



Şekil 28. Deprem etkisi ile yıkılmış binalar



Şekil 29. Deprem etkisi ile yıkılmış binalar



Yapı kalitesinin oldukça düşük olmasının yanında yıkımın bu denli yüksek ve şiddetli olmasının diğer önemli sebebi de deprem bölgesinde fayın muhtemel yüzey kırığının gözlemlendiği tek bölge olmasıdır. Yıkımın yaşandığı bölgenin yaklaşık 250 m doğusunda fayın yüzey kırığı gözlemsel olarak saptanmıştır (Şekil 30).



Şekil 30. Depremde oluşan muhtemel yüzey kırığı

Bu bölgede uzunluğu 10 m ile 30 m arasında değişen faya paralel yüzey kırıkları gözlemlenmektedir. Depremden sonra fayın yüzeyde örgülü yapısı sebebiyle oluşan sıkışma ve



genişlemenin etkisiyle yükselmeler, çöküntüler ve açıklıklar oluşmuştur (Şekil 31-33). Fayın muhtemel yüzey kırığının batıya doğru doğrultusu üzerinde yer alan Çevrimtaş köyü depremden çok şiddetli bir şekilde etkilenmiştir.



Şekil 31. Yüzeyde deprem esnasındaki tektonik sıkışmanın etkisiyle meydana gelen yükselmeler



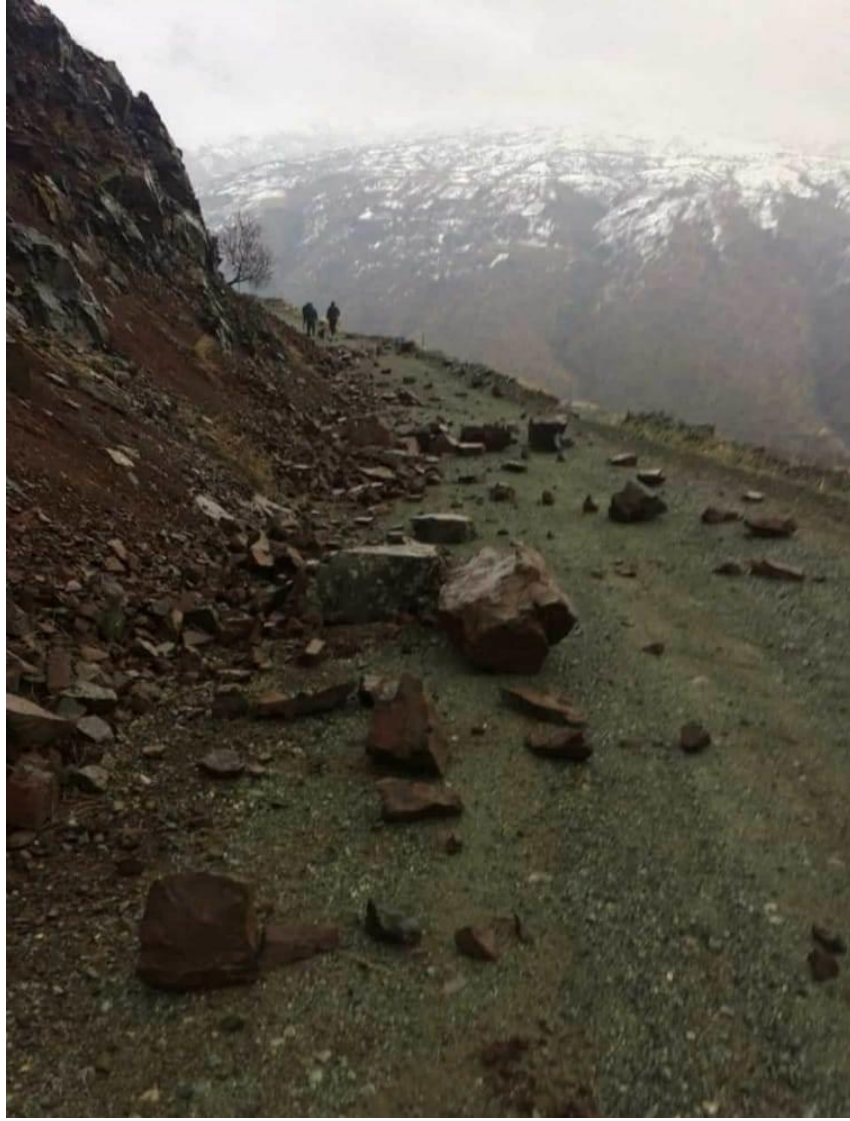
Şekil 32. Yüzeysel yer alan sıkışma ve açılma zonları



Şekil 33. Fayın muhtemel yüzey kırığının yaratmış olduğu tektonik sıkışmanın etkisiyle tarihsel bina temellerinde meydana gelen açılma ve yükselmeler (bugünkü hasar durumu tasvir eden tipik bir örnek)

e. Sivrice –Doğanyol arası kaya düşmesi vakaları

Bölgede Sivrice ile Doğanyol ilçeleri arasında, özellikle dağ köylerine ulaşımın sağlandığı yollardaki dik yamaçlardaki aşırı eklemli ve ayrılmış kaya kütlelerinde depremin etkisiyle kaya düşmesi vakalarına rastlanmıştır. Bu durum özellikle depremden hemen sonra yardım için köylere ulaşımında aksamaların yaşanmasına sebep olmuştur. Bu nedenle önemli bir bölümü güzergâhlarda temizlenmiştir. Aşağıda temizleme öncesi yollardaki durumu yansıtan örnek görsellere yer verilmiştir (Şekil 34-35).



Şekil 34. Sivrice ile Doğanyol arasındaki köy yollarında meydana gelen kaya düşmesi vakalarından bir örnek (yol güzergâhı temizlenmeden önceki durum)



Şekil 35. Sivrice-Çevrimtaş arasındaki köy yollarında meydana gelen kaya düşmesi vakalarından bir örnek (yol güzergâhı temizlenmesinden sonraki durum)

3. GÖZLEMLENEN YAPI HASARLARI:

Elazığ'daki betonarme binaların deprem sonrası hasar durumları incelenmiş ve bu yapılarda gözlenen yapısal olumsuzluklar aşağıda özetlenmiştir. Elazığ Sivrice depremi etkisi altında Elazığ şehir merkezinde Sürsürü Mahallesi'nde bir adet beş katlı betonarme bina ve Mustafa Paşa Mahallesi'nde ise iki adet beş katlı betonarme bina yıkılmıştır. Ayrıca, depremin merkez üssüne yakın köylerde onlarca kerpiç bina yıkılmıştır.

Yıkılan binaların göçme mekanizmasının belirlenmesi oldukça zordur. Bunun temel sebebi, yıkılan binaların taşıyıcı sistemlerinin geometrilerinin ve dağılımlarının belirlenmesi neredeyse imkansızdır. Bu binalar hakkında bilgiye ulaşmak için bina sahiplerinin veya binada oturanların bilgisine başvurulmuştur. Enkazda yapılan incelemeler sonucunda bu binaların beş katlı oldukları,

el ile ufalanabilecek kadar düşük kalitede beton dayanımına sahip oldukları, düz donatıların sıyrıldıkları ve yetersiz sıklıkta ve çapta kullanılan etriyeler arasında burkuldukları gözlenmiştir. Ayrıca yıkılan binaların çevresinde benzer yapısal özelliklerdeki binaların kimi zaman yapısal hasarsız olarak depremi atlatabildikleri görülmüştür.



Şekil 36. Elazığ'da yıkılan betonarme binalar

Hasarlı betonarme binaların dıştan ilk incelenmesi esnasında göze çapan problemlerin yumuşak kat düzensizliği ve bina aralarındaki yetersiz derz boşlukları olduğu söylenebilir. Özellikle ilçe merkezindeki giriş katları işyeri olarak kullanılan birçok binada bu durum gözlenmektedir. Bu tip binaların giriş katlarında kat yüksekliklerinin fazla olması ve dış cephelerde dolgu duvar bulunmaması yumuşak kat olarak adlandırılan düzensizliğin oluşmasına yol açmıştır. Giriş kat kolonlarında gözlemlenen ağır hasarlar büyük oranda buna bağlanabilir. Şekil 37'de bu tarz bir bina gösterilmektedir. Bina dıştan hasarsız görünmesine rağmen içeride, giriş kat kolonlarında ağır hasar açıkça görülmektedir.



Şekil 37. Yumuşak kat düzensizliği ve sonuçta oluşan hasarlar

Ayrıca binalar arasında yeterli derz boşluklarının bulunmaması yanal deprem hareketi altında yapıların birbirinden bağımsız hareketini engellemiş ve birbirlerine çarparak hasarın artmasına neden olmuştur. Şekil 38’de gösterilen sekiz katlı yapının hemen sağındaki daha az katlı bir binayla bitişik olarak inşa edildiği görülmektedir. Yükseklik farkı bulunan iki yapı arasında görelî hareket sonucu sekiz katlı binanın kolon ve bölme duvarlarında ağır hasar oluşmuştur.



Şekil 38. Binalar arasındaki yetersiz derz boşlukları nedeniyle oluşan bölme duvar ve kolon hasarı

Türkiye genelinde eski yapılarda sıkça görülen düz donatı ve düşük dayanımlı beton kullanımının Elazığ'da gözlenen hasarlı binalarda öne çıkan kusurlardan olduğu görülmüştür. Bu durumun betonarmeyi oluşturan iki temel malzeme arasında yaratacağı aderans problemi sıklıkla gözlenmiştir (Şekil 39). Kolon boyuna donatılarında yapılan bindirmelerin gözlemlenebilen tüm yapılarda kat seviyesinde yapılmış olması da diğer bir dikkat çekici kusur olarak sayılabilir (Şekil 39). Bahsedilen aderans probleminin bu durumda daha da önem kazanması kaçınılmazdır.



Şekil 39. Düz donatı kullanımının yarattığı aderans problemleri

Elazığ’da incelenen betonarme binaların çoğunluğunda merdiven hasarlarının da oldukça yaygın olduğu tespit edilmiştir. Merdiven hasarlarının genellikle binadaki tüm merdivenlerde mafsallaşma olarak göze çarptığı tespit edilmiştir (Şekil 40). Bu hasarlar, yapısal sisteminde ağır hasar olmayan binalara girişleri ve maliklerin eşya taşımak için girişlerini engellemiştir.



Şekil 40. Gözlemlenen merdiven hasarları

Etriye detaylandırmasının oldukça yetersiz olduğu bina stokunda perde, kolon ve kirişlerde kesme kırılmalarının da oldukça yaygın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 41). Bu göçme modunun gevrek olduğu göz önünde bulundurulduğunda binaların ani göçme ihtimallerinin bulunduğu fakat depremin azami yer ivmesinin tasarım depreminin azami yer ivmesine oranla daha düşük olduğundan kaynaklı binaların tamamen göçmedikleri düşünülmektedir.



Şekil 41. Gözlemlenen kesme hasarları

Elazığ yapı stokunda ağır çıkmaların neredeyse tüm binalarda kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu yapım yönteminden kaynaklı ağır çıkmaların bölme duvarlarında oldukça fazla hasar tespit edilmiştir (Şekil 42).



Şekil 42. Ağır çıkmalardan kaynaklı taşıyıcı olmayan duvar hasarları

Şekil 43’de gösterilen yapısal olmayan dolgu duvar hasarları, incelenen binaların hemen hemen tamamında gözlenmiştir. Dolgu duvar hasarı, yapısal elemanları zarar görmemiş binalarda dahi



mal kaybına ve duvarın eksen dışına devrilmesi sonucunda ciddi yaralanmalara yol açabilmektedir. Bu hasarlardan bazıları ayrıca Şekil 44’de gösterilmektedir.



Şekil 43. Yapısal olmayan duvar hasarları 1



Şekil 44. Yapısal olmayan duvar hasarları 2

Elazığ şehir merkezinde bulunan harman tuğlasıyla inşa edilmiş binalar da bulunmaktadır. Bu binaların yer yer dört kata kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 45). Sivrice depremi etkisi altında Elazığ merkezde bulunan yığma binalarda hasar tespit edilmemiştir. Bunun temel sebebi Elazığ şehir merkezinde azami yer ivmesinin 0,15g mertebelerinde olmasıdır.



Şekil 45. Elazığ şehir merkezindeki yığma binaların hasar durumları



4. SONUÇLAR:

Elazığ – Sivrice depremi ana sarsıntısının ardından yapılan saha çalışmaları sonucunda zeminlerde ve yapılarda büyük hasarlar tespit edilmiştir. Bölgede özellikle Hazar Gölü çevresi ile Doğanyol güzergâhı arasında kalan faya yakın alanlardaki zayıf ve suya doymun zeminlerde sıvılaşma, yanal ötelenme, yüzey çatlakları, oturmalar vb. zemin deformasyonlarına rastlanmıştır. Ayrıca, bölgede Sivrice ile Doğanyol ilçeleri arasında, özellikle dağ köylerine ulaşımın sağlandığı yollardaki dik yamaçlardaki aşırı eklemli ve ayrılmış kaya kütlelerinde depremin etkisiyle kaya düşmesi vakalarına da rastlanmıştır. Ancak, bölgede jeolojisi iyi bilinen, geoteknik hesaplamaları doğru yapılmış, buna göre projelendirilmiş, inşaat mühendisliği prensipleri uygulanmış, kısacası mühendislik hizmeti almış yapılarda (barajlar, demiryolu tünelleri, menfezler, köprüler vb.) deprem kaynaklı kayda değer bir hasara rastlanmamıştır. Ancak, özellikle Hazar Gölü ve baraj gölü çevresindeki suya doymun ve zayıf alüvyon zeminlerde yer alan ciddi mühendislik hizmeti almamış su yapılarında (iskeleler) hasarlar tespit edilmiştir. Ayrıca, faya çok yakın bölgelerde yer alan ve yapı kalitesinin çok düşük olduğu yerleşim yerlerinde depremin etkisi ile ciddi yıkımlar ve can kayıpları gerçekleşmiştir.

Elazığ – Sivrice depremi ana sarsıntısının ardından yapılan saha çalışmaları sonucunda büyük ve şiddetli olan bu deprem sonrasında şehrin farklı bölgelerinde (Sürsürü Mah., Mustafa Paşa Mah. ve Abdullah Paşa Mah.) yoğunlaşmış, özellikle eski yönetmeliklere göre inşa edilmiş yapı stoğunun çoğunun hasar aldığı gözlemlenmiştir. Genel olarak yapıların dıştan hasarsız ya da az hasarlı olduğu görülmekte, fakat yapı iç mekan incelemeleri sonrası çoğunun bölme duvar çatlaklarının yanı sıra bir kısmında yapısal hasar da aldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle hasarlı binaların büyük bir çoğunluğunun tamir edilmenin yanı sıra özellikle yapısal hasar alan yapıların hasar seviyelerine göre güçlendirilmesi veya yıkılması gerekliliği de ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, Elazığ şehrinin geri kalan kısımlarında gözlemlenen hasarsız ya da az hasarlı bina miktarının çokluğu nedeniyle, hasarın yoğunlaştığı bölgelerin diğer bölgelerden ne ölçüde farklılıklar gösterdiğinin daha detaylı incelenmesi gereklidir. Bu amaçla öncelikle yerel zemin karşılaştırılmalarının yapılması ve daha sonra konutlaşma zaman dilimlerinin karşılaştırılması da önerilmektedir.

Elazığ'daki ilk göze çarpan yapım hatası binaların arazideki yerleşim şekli olarak gösterilebilir. Bu bölgede, binalar komşu yapı ya da yapılarla hiçbir derz boşluğu bırakılmadan inşa edilmiş ve ne yazık ki halen bu şekilde inşa edilmektedir. Böyle bir yapılaşmadan kaynaklı depremin yanal istemi sonrası bitişik nizamdaki binaların birbiriyle etkileşiminden dolayı hasarın artmıştır. Bu gerçeklik, deprem sonrası saha incelemelerinde de doğrulanmıştır. Birçok bina kendisine yapışık olarak inşa edilmiş komşusu yüzünden ekstra darbe almıştır.

İncelenen binaların neredeyse tamamında donatı detaylandırılmasında büyük hatalar yapıldığı ilk bakışta dikkat çekmektedir. Özellikle hiçbir taşıyıcı elemanda oluşmasına izin verilmeyen kesme çatlaklarının görülmesinde bu hatalı detayların etkisi çok büyüktür. Örneğin, binalar incelenirken kolon ve kiriş uç bölgelerinde etriye sıklaştırılmasına rastlanamamış, etriyeler çok seyrek atılmış, sismik etriye diye adlandırılan detaylara uyulmamıştır. Bu da binaların yeteri kadar enerji



sönümlemesini engelleyip yapısal hasarı oldukça arttırmıştır. Fakat, bölgedeki eskiden beri süre gelen yıkıcı depremlerden kaynaklı binalarda oldukça fazla kolon ve perde kullanımı dikkat çekmektedir. Bu detay yüzünden binalarda yıkım ve ağır hasar miktarı sınırlı kalmıştır.

Sonuç olarak, depremin yapılarda ağır bölme duvar hasarına neden olmasının temel sebepleri bölge planlamasındaki ve mühendislik hatalarından ve/veya eksikliklerinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Özellikle donatı detaylarındaki eksiklikler, kalitesiz beton ve nervürsüz donatı kullanımı depremde ciddi miktarda yapısal hasar oluşmasına sebep olmuştur.

Kaynaklar

Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). 2020. 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Mw 6.8 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. 10 p.

(<https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=1825>)

Aksoy, E., İnceöz, M. & Kocyiğit, A. 2007. Lake Hazar basin: a negative flower structure on the East Anatolian fault system (EAFS), SE Türkiye. *Turkish Journal of Earth Sciences* Vol. 16, ss. 319– 338.

Ambraseys, N.N. & Jackson, J.A. 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International* **133**, 390–406.

Arpat, E. ve Şaroğlu, F. 1972. Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü. Ankara ss:44-50.

Çolak, S., Aksoy, E. , Kocyiğit, A., & İnceöz, M. 2012. The Palu-Uluova Strike-Slip Basin in the East Anatolian Fault System, Turkey: Its Transition from the Palaeotectonic to Neotectonic Stage. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 21, ss. 547–570.

Demirtaş, R. ve Erkmen, C. 2008. Doğu Anadolu Fay Sistemi Deprem Etkinliği-Gelecek Deprem Potansiyeli. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. 20 s.

Gursoy, H., Tatar, O., Piper, J.D.A., Heimann, A., Mesci, L. 2003. Neotectonic deformation in the Gulf of Iskenderun, Southern Turkey, deduced from paleomagnetic study of the Ceyhan – Osmaniye Volcanics. *Tectonics* 22, 1067– 1079.

Herece, E., 2003. Doğu Anadolu Fayı, Deprem ve Kentleşme. 23-25 Eylül 2003, TMMOB Jeoloji Müh. Odası yayınları 78, Konferans serisi 3.

İmamoğlu, M. Ş. ve Çetin, E. 2007. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği, D.Ü. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi 9, 93-103.

KOERİ, 2007. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, <http://www.koeri.boun.edu.tr>.



Tan, O., Pabuccu, Z., Tapırdamaz, C., İnan, S., Ergİntav, S., Eyidođan, H., Aksoy, E. & Kulozturk, F. 2010. Aftershock study and seismotectonic implications of the 8 March 2010 Kovancılar (Elazığ, Turkey) earthquake ($M_w= 6.1$). *Active Tectonic Research Group (ATAG) Workshop 14, 3–6 November 2010, Adıyaman, Turkey, Abstracts*, p. 56.

Westaway, R. 1994. Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *J. Geophys. Res.*, 99, 12071–12090.