



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

23 EKİM 2011 VAN DEPREMİ *SAHA GÖZLEMLERİ VE KAYNAK FAYA İLİŞKİN* *ÖN DEĞERLENDİRMELER*

Dr. Ömer Emre
Dr. Tamer Y. Duman
Dr. Selim Özalp
Hasan Elmacı

JEOLOJİ ETÜTLERİ DAİRESİ
Yer Dinamikleri Araştırma ve Değerlendirme Koordinatörlüğü
Aktif Tektonik Araştırmaları Birimi

31 EKİM 2011
ANKARA

GİRİŞ

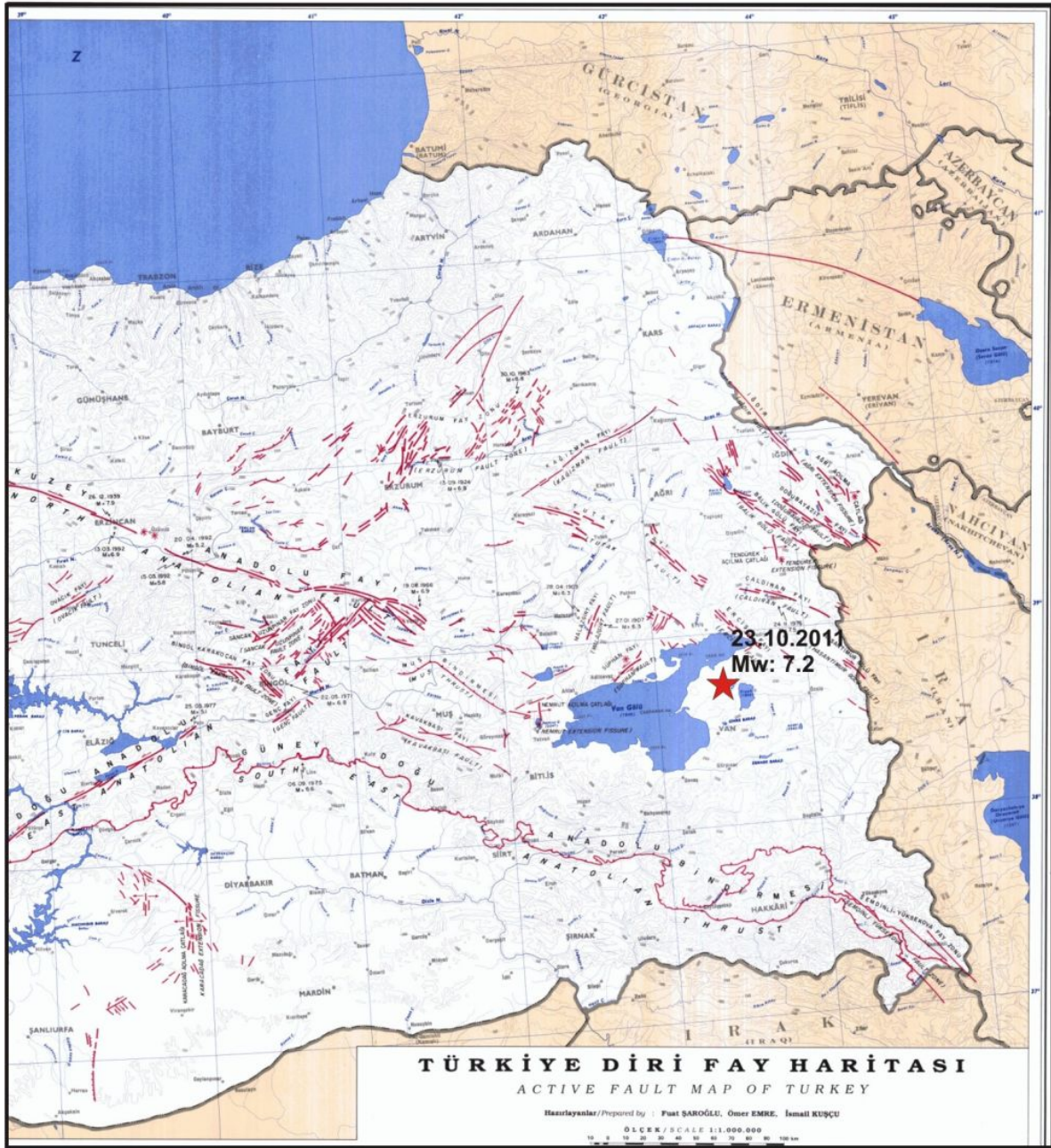
23.10.2011 günü yerel saatle 13:41'de merkez üssü Van İl merkezinin yakın kuzeyine rastlayan Mw:7.2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 1). Deprem, Doğu Anadolu'da Diyarbakır, Batman, Şırnak, Muş, Erzurum, Bingöl, Bitlis, Siirt, Ağrı ve Iğdır'ı da kapsayan geniş bir alanda hissedilmiştir. KRDAE kayıtlarına göre dış merkez üssü koordinatları 38.7578 K - 43.3602 D'dur.

Deprem Van ve Erciş olmak üzere iki büyük kentsel yerleşme ile köylerde can kaybı ve hasara yol açmıştır. Elinizdeki bu değerlendirme raporunun yazıldığı tarihe kadar resmi olmayan bilgilere göre depremde 601 yurttaşımız yaşamını yitirmiş, 4000'e yakın yurttaşımız ise yaralanmıştır. Erciş kent merkezi yoğun olmak üzere Van kent yerleşmesi ve köylerde çok sayıda bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Kurtarma ve enkaz kaldırma çalışmaları devam etmekte olup, depremdeki can kaybı ve yaralı sayısının belirtilen bu rakamların üstünde olması beklenmektedir.

Bu raporda, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi'nin görevlendirdiği, dört kişiden oluşan araştırma ekibinin 24-28 Ekim 2011 tarihleri arasında, afet bölgesinde depremin kaynak fayı ve diğer jeolojik özelliklerine ilişkin yaptığı saha gözlemleri ve ön değerlendirmeler ile ilgili özeti verilmektedir.

SİSMOLOJİK VERİ

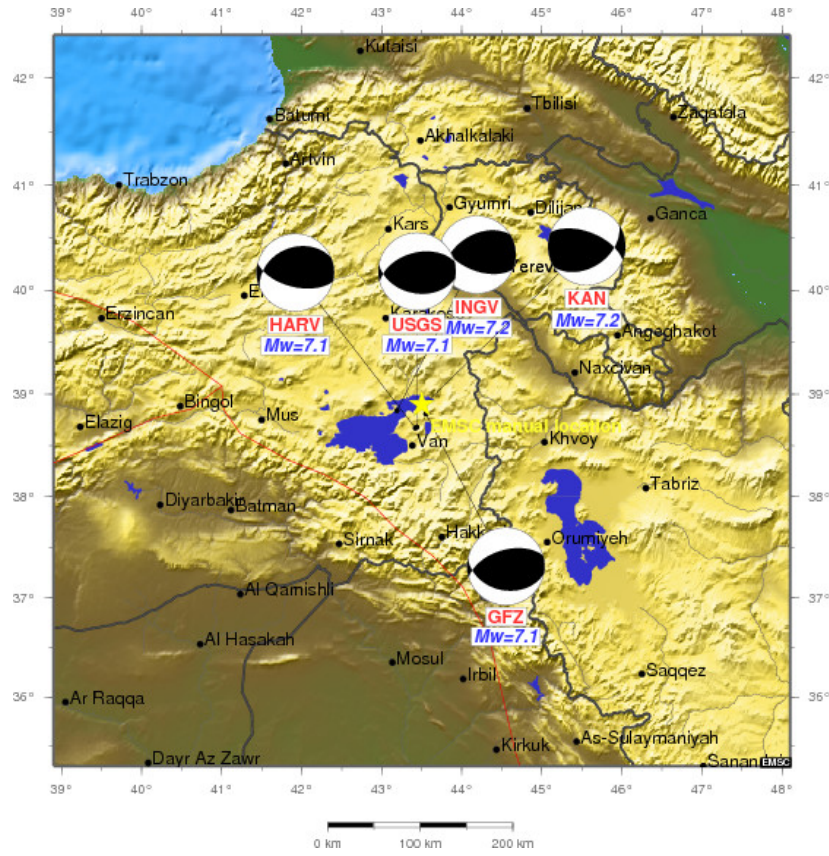
23 Ekim 2011 Van depremi ana şokuna ilişkin çeşitli kurum ve kuruluşlarca önerilen dışmerkez lokasyon koordinatları ve diğer sismolojik parametreler Çizelge 1'de gösterilmiştir. KRDAE tarafından önerilen ana şok dışmerkez lokasyonu Van-Erciş karayolu üzerindeki Tabanlı köyü yöresine rastlar ve Van ve Erciş kent yerleşmelerinin her ikisine de yaklaşık 30 km uzaklıktadır. Ana şok Mw: 7.2 büyüklüğündedir. Ana şoku çok sayıda artçı deprem izlemiştir. 30 Ekim 2011 tarihine kadar meydana gelen artçı deprem sayısı 1200 üzerindedir. Bunlardan 77 adedinin büyüklüğü M:4.0 ve üzerindedir. Büyüklüğü (M) 5 ve üzerinde olan artçı deprem sayısı ise 7 adettir. Çeşitli kurumlar tarafından yapılan hızlı fay düzlemi çözümleri depremin bindirme/ters faylanma mekanizmasıyla geliştiğini önermektedir (Şekil 2). Büyüklüğü M:5 ten yüksek artçılara ilişkin fay düzlemi çözümleri de ağırlıklı olarak ters faylanmaya işaret etmektedir. Sismolojik veriden fay düzleminin eğimi üzerine önerilen değerler ise birbirinden çok farklı değerlerdedir. Artçı depremlerin dağılımı Van kenti kuzeyinde Van Gölü ile Muradiye ilçesi arasında kabaca DKD-BGB uzanımında dağınık bir kümelenme sunmaktadır (Şekil 3).



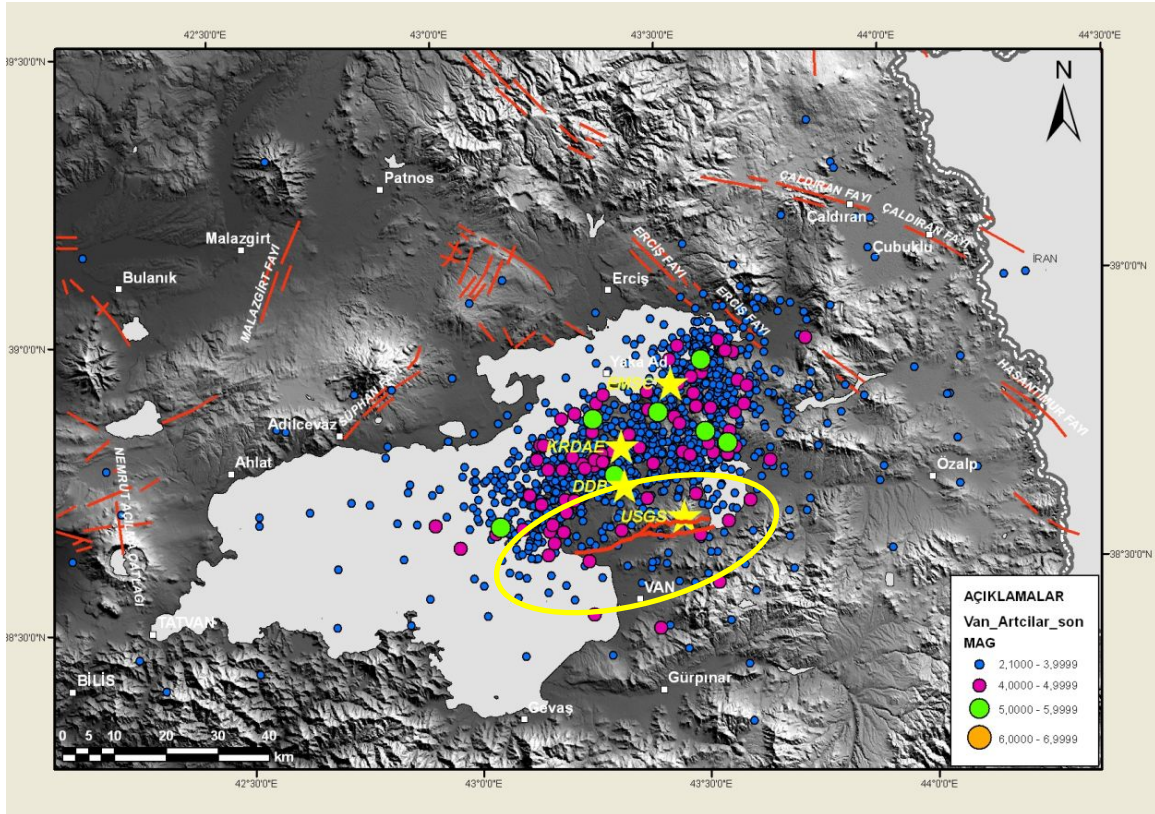
Şekil 1. 23 Ekim 2011 Van Depremi'nin Türkiye Diri Fay Haritası (Şaroğlu ve diğ., 1992) üzerindeki yeri.

Çizelge 1. 23 Ekim 2011 Tabanlı (Van) Depremi'nin değişik kaynaklara göre parametreleri (KRDAE: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü; DDB: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı; EMSC: European-Mediterranean Seismological Centre; USGS: United States Geological Survey).

Kaynak	Tarih	Saat	Koordinat		Derinlik (km)	Büyüklik			
			Enlem (K)	Boylam (D)		M_w	M_d	M_l	M_b
KRDAE	23.10.2011	13:41:21	38.7578	43.3602	5.0	-	-	7.2	-
DDB	23.10.2011	10:41:20 (UTC)	38.689	43.4657	19.02	-	-	6.7	-
EMSC	23.10.2011	10:41:22.0 (UTC)	38.86	43.48	10.0	7.2	-	-	-
USGS	23.10.2011	10:41:21 (UTC)	38.628	43.486	20.0	7.1	-	-	-



Şekil 2. 23 Ekim 2011 Tabanlı (Van) Depremi'nin önerilen lokasyonu ve hızlı fay düzlemi çözümleri. (Kaynak: <http://www.emsc-csem.org/Images/EVID/23/239/239856/239856.MT.jpg>; EMSC: European-Mediterranean Seismological Centre).



Şekil 3. 23 Ekim 2011 Van depremi ana şok ve artçı depremlerin lokasyonunu gösterir harita. Sarı elips depremin kaynağı olan Van Fayı'nı göstermektedir.

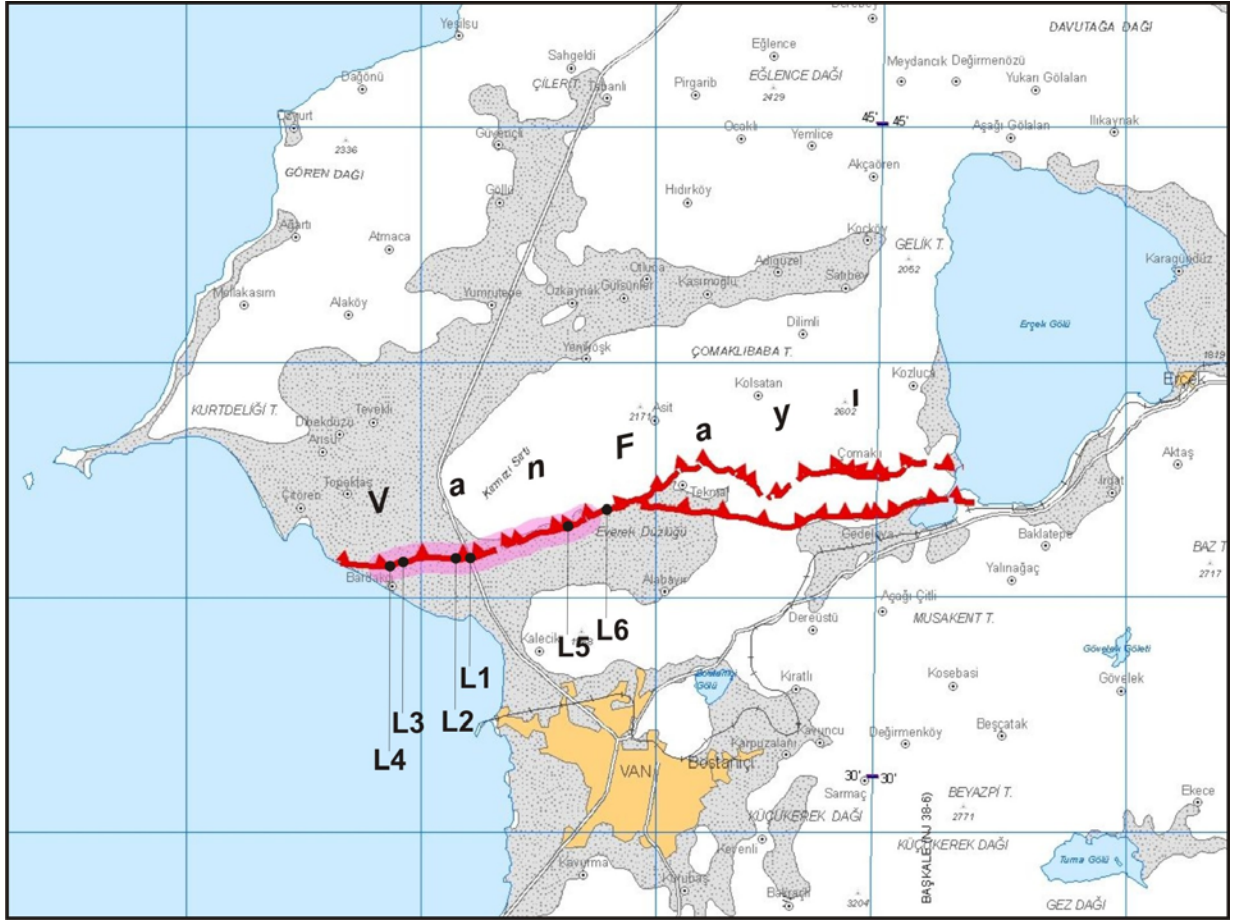
GÜNCEL TEKTONİK KONUM

Depremin meydana geldiği Doğu Anadolu Bölgesi Arap ve Avrasya levhaları arasında cereyan eden yakınsamalı levha hareketleri sonucu güncel olarak sıkışmalı tektonik süreçlerin etkisindedir. Bölgesel ölçekte deprem potansiyeli taşıyan diri faylar Şekil 1 ve Ek 1’de gösterilmiştir. K-G yönlü sıkışmalı güncel tektonik süreçler altında bölgede birbirine çapraz uzanan doğrultu atımlı faylar, bindirme ve ters faylar ile normal fay veya açılma çatlaklarından oluşan karmaşık bir fay yapısı gelişmiştir. Bu karmaşık yapı içinde KD-GB uzanımlı faylar sol yönlü doğrultu atımlı, KB-GD uzanımlı faylar ise sağ yönlü doğrultu atımlıdır. D-B uzanımlı güncel tektonik yapılar ise kıvrım, ters ve bindirmelerle temsil edilmektedir. Buna karşın, K-G yönlü tektonik yapılar ise normal fay veya açılma çatlakları şeklinde gelişmiştir (Şaroğlu 1984; Şaroğlu ve diğerleri, 1987; 1992). En son Van depreminin meydana geldiği bölge ve yakın çevresinde yer alan güncel tektonik yapılardan Erciş, Çaldıran, Hasantimur Gölü, Süphan, Malazgirt fayları doğrultu atımlıdır. Muş bindirmesi ise Van Gölü havzasının batıya devamı niteliğindeki Muş havzası kuzeyini sınırlandırır. Nemrut volkanizmasının yüzeylemiş olduğu Nemrut açılma çatlağı ise Doğu Anadolu’daki açılma yapılarına en güzel örnektir.

23 Ekim 2011 depremine kaynaklık eden fay zonu MTA’nın çeşitli tarihlerde yayınlanmış jeoloji haritalarında gösterilmiştir (Ateş ve diğerleri, 2007). Ancak, bu fay 1992 tarihli Türkiye Diri Fay haritasında diri olarak gösterilmemiştir.

KAYNAK FAY ÖZELLİKLERİ

Saha gözlemlerimiz 23 Ekim 2011 Van depreminin, MTA Genel Müdürlüğü’nün 1:100.000 ölçekli jeoloji haritalarında gösterilen ve Van kenti kuzeyinde, Van Gölü ile Erçek Gölü arasında D-B yönünde alt parçalardan oluşan, zon şeklinde haritalanmış olan fay zonundan kaynaklandığını göstermiştir. Depremin kaynağı olan bu zon Van Fayı olarak adlanmıştır. Ek 1 ve Şekil 4’de depremden hemen sonra yapılan saha gözlemleri ve 1:35.000 ölçekli hava fotoğraflarında yapılan değerlendirmeler sonucu haritalanmış olan Van Fayı gösterilmektedir. Van fayı Erçek Gölü ile Van Gölü arasında D-B genel doğrultusunda uzanır. Her iki ucunda adı geçen göllerin suları altında bulunan fayın karada haritalanabilen toplam uzunluğu 27 km dir. Fayın kuzey bloğu genel morfolojide yüksektir. Batı ucunda, karada, yaklaşık 12 km uzunluğundaki bölümünde tek fay parçasından oluşur. 17 km uzunluğundaki doğu yarısında ise fay 2 km genişlikte, birbirine paralel uzanan iki parçadan oluşmaktadır.



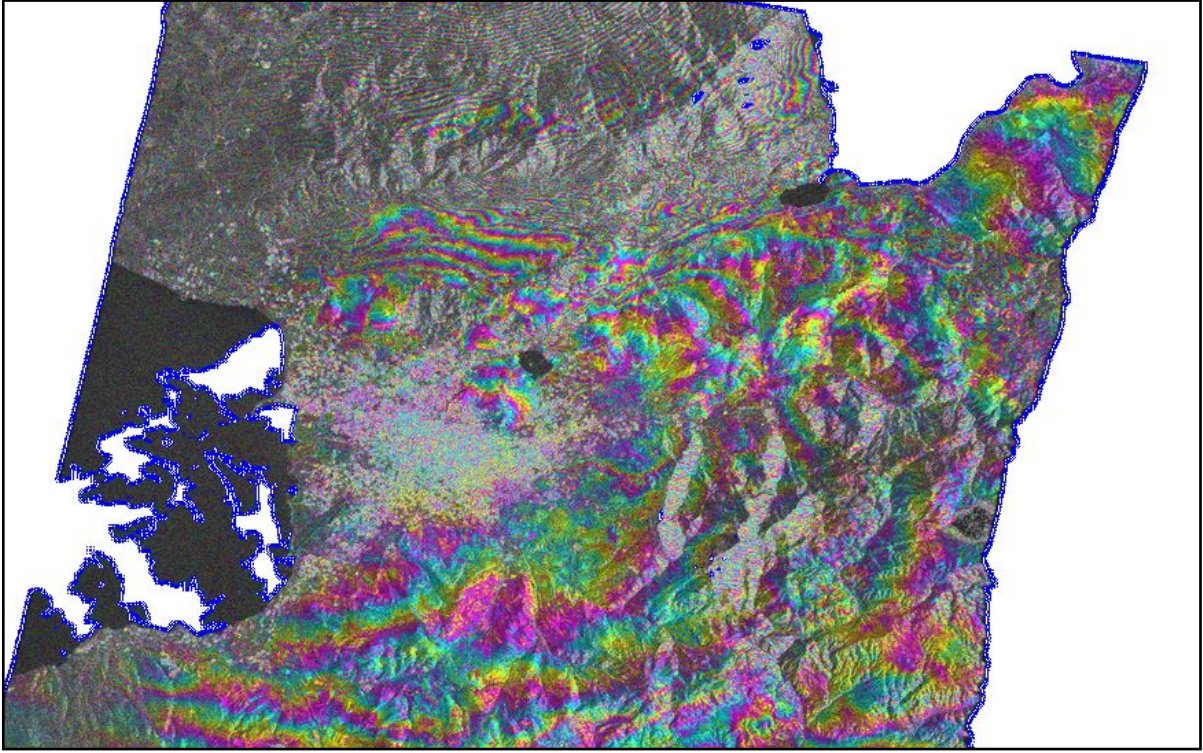
Şekil 4. Van Fayı'nda 23 Ekim 2011 depreminde gelişen yüzey deformasyonlarını gösterir lokasyon haritası. Pembe bant 23 Ekim 2011 depreminde yüzey deformasyonlarının geliştiği segmenti göstermektedir.

Kör Faylanmaya İşaret Eden Yüzey Bulguları

a) Van Fayı boyunca yapılan gözlem ve değerlendirmeler

23 Ekim 2011 Van depremi sonrasında üretilen InSAR görüntüleri (Şekil 5) depreme, yukarıda genel özellikleri tanımlanan Van fayı boyunca yerdeğiştirmeye gerçekleştiğine işaret etmektedir. Saha gözlemlerimizde ise Van fayının tek bir çizgi halinde uzandığı yaklaşık 10 km'lik batı bölümünde yüzey faylanmasına yorumlanabilecek bulgulara rastlanmıştır. Yüzey faylanmasına ilişkin deformasyonlar süreklilik sunmaz ve çoğunlukla fay tarafından kesilen asfalt ve stabilize yollar ile yine fay tarafından kesilen beton sulama kanallarında gelişen sıkışma yapılarında tanınabilmektedir. Yüzey faylanmasına ilişkin deformasyonlar genel jeomorfolojide, keskin olmayan, basık morfolojili eğim kırıklıkları şeklinde, muhtemelen eski depremlerde gelişmiş topografik sarplıkları izlemiştir.

Yüzey deformasyonlarının gözlendiği lokalitelere ilişkin arazi fotoları ekte verilmektedir. Bu lokalitelerden en güvenilir veri toplanan Van-Erciş karayolundaki emareler depremin ikinci günü sabahında yapılan gözlemlerde belirgin olarak seçilememiştir. Buradaki yüzey deformasyonları ancak depremin 4 gününden itibaren görülebilir hale gelmiştir. Bu durum fay düzlemindeki kırılmanın yüzey veya yüzeye yakın sığ derinliklere gecikmeli olarak yansıdığı ve bunda da artçı depremlerin etkili olduğu yönünde spekülasyon yapmaya olanak sağlar.



Şekil 5. 23 Ekim 2011 depremi sonrasında COSMO-SkyMed'in verilerinden (10 Ekim - 23 Ekim 2011) Eric, J. Fielding (NASA) tarafından üretilen InSAR görüntüsü.

Toplam 7 lokalitede yapılan gözlemlerden çıkarılan genel sonuçlar şöyledir.

1. Van Fayı boyunca gelişmiş olan yüzey deformasyonları belirgin olarak asfalt ve stabilize yollar ve beton kanalet gibi faya dik uzanan yapılarda gözlenmiş olup, bu yapılardaki deformasyonların tümü kabaca K-G veya KKB-GGD yönlü sıkışma/kısalmaya işaret eder. Bu yapılar dışında toprak zeminde, yer yer kısa mesafelerde kılcal çatlaklar şeklinde deformasyonlar gelişmiştir. Ancak, deprem sonrasında oluşan yağmur nedeniyle toprak zemindeki bu kılcal çatlakların ilksel geometrileri bozulmuş olup tek başına bunlardan doğrudan yüzey faylanmasına yorumlanabilecek yapısal ve geometrik bilgiler elde edilememiştir.
2. Yüzey deformasyonlarının geometrik paterni ve oluşan mikromorfolojisi Van depremine neden olan faylanmanın ters faylanma/bindirme mekanizması ile gelişmiş olduğunu açıklar. Fay zonu boyunca rijit davranış sergileyen yapılar dışında yüzey deformasyonlarının belirgin olmaması depremde yüzeyde yenilmeye yol açan ve sürekliliği olan bir yüzey kırılmasının gerçekleşmediği, buna karşın fay sarplıkları boyunca fleksürel bir bükülmenin gelişmiş olduğuna işaret etmektedir. Asfalt yol ve beton kanalet gibi fay tarafından dik açı ile kesilen rijit yapılardaki deformasyonlar muhtemelen bu yapılarda, yüzeyde gelişen fleksürel deformasyonun karşılanamaması sonucu oluşmuştur. Deformasyonların bu özellikleri depremde gelişen kırılmanın yüzeye yakın çok sığ derinliklere ulaştığı ancak yüzeyde belirgin bir kırılmaya yol açmadığına yorumlanabilmektedir.

3. Depreme kaynaklık eden fayın (Van fayı) düzlemi kuzeye eğimlidir. Ölçümler yaklaşık 10 km lik batı bölümünde fay çizgisi boyunca kuzey (tavan) bloğun ortalama 10 cm yükseldiğini göstermektedir. Aynı lokalitelerde yapılan ölçümler faya dik olarak yatay yönde ortalama 10 cm kısalma gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. İki lokalitede yapılan ölçümlerde düşey ötelenme yanında net olarak yaklaşık 5 cm lik sol yönlü doğrultu atımlı yerdeğiştirmeler de ölçülmüştür. Bu gözlemler Van depreminde meydana gelen faylanmanın sol yönlü doğrultu atımlı bileşeni olduğunu açıklar.

Yüzey faylanmasına ilişkin deformasyonlar arasında fay sarplıklarında fleksürel bükülmelerin gelişmiş olduğunu açıklar. Fay boyunca yüzeyde gelişen deformasyonlarda yer değiştirmenin çok düşük değerlerde olması ve sadece fayın batı yarısında izlenmesi depremde kör faylanma geliştiği ve derindeki kırılmanın yüzeye yansımadağına işaret etmektedir.

b) Van Gölü Kıyı Çizgisindeki Yükselmeler

23 Ekim 2011 Van depreminde Van Gölünün fiziki coğrafyasında değişimlere yol açabilecek nitelikte kıyı değişimlerinin geliştiği gözlenmiştir. Araştırmamızda Van Gölü'nün, Van kenti ile kuzeyde Göldüzü beldesi (Adilcevaz) arasında kalan kıyısı boyunca yapılan incelemelerde (Ek 1) deprem nedeniyle güncel kıyı çizgisinde yükselmeler olduğu ve düşük eğimli plajlarda kıyı çizgisinin birkaç metre ile 15-20 metre arasında değişen değerlerde göl yönünde gerilemiş olduğu gözlenmiştir. Adilcevaz ile Erciş arasında kıyı bandı boyunca da kıyı çizgisindeki yükselmeler gerçekleşmiştir. Buna karşın fayın taban bloğunda kalan Van-Edremit yöresinde ise kıyı çizgisinde herhangi bir değişim olduğu yönünde gözlem yapılamamıştır. Ölçümlerimize göre kıyı çizgisinde meydana gelen yükselmeler 15 cm ile 40 cm arasında değişmektedir (Bakınız Fotoğraflar). Kıyı çizgisindeki en fazla yükselme ise 40 cm ile depremin aletsel ve makrosismik episantr bölgesine en yakın olan Çarpanak ve Yaka adaları arasındaki kıyı bandında gerçekleşmiştir. En yüksek yükselme değerinin ölçüldüğü kıyı kuşağı depreme kaynaklık eden faya ortalama 20-25 km uzaklıkta , episantral alana ise çok yakın mesafede bulunmaktadır. Yukarıda açıklandığı gibi fay zonu yakın çevresinde ölçülebilen düşey yöndeki yerdeğiştirmeler ise ortalama 10 cm olarak ölçülmüştür Fayın tavan bloğundaki bu jeomorfolojik değişimler Van depreminde kör faylanmayı açıklayan en net jeomorfolojik bulgulardan biridir. Hava fotoğraflarında fayın tavan bloğunda kıyı kuşağındaki en genç göl taraçalarının yüzeyinde en son depreme benzer şekilde 10'dan fazla yükselmiş kıyı çizgisi belirlenmiştir. Bu durum Van fayının yakın dönem jeolojik geçmişinde (Geç Kuvaterner-Holosen) en son depreme benzer kırılma davranışları sergilediğini açıklamaktadır.

DEPREMDE GELİŞMİŞ KÜTLE HAREKETLERİ

Saha alışmaları esnasında ağırlıklı olarak diri fay ve yüzey faylanması ile ilgili gözlemler yapılmıştır. Ancak, bu çalışmalar esnasında deprem tarafından tetiklenmiş çok sayıda kütle hareketinin gelişmiş olduğu görülmüştür. Depremde çok sayıda heyelan tetiklenmiştir. Ancak, tamamı hareket etmiş heyelan sayısı çok sınırlı gözlenmiş olup, heyelanlardaki deformasyonlar genelde ta bölümlerinde gelişen gerilme çatlakları şeklinde izlenmiştir (Bakınız Foto C) Erciş ovası ile Van yakın kuzeyindeki Karasu nehrinin taşkın düzlüğü yanal yayılma ve sıvılaşma şeklinde gelişen zemin defromasyonlarının en yaygın olduğu alanlardır (Bakınız Foto C). Yanal yayılmaların yoğun geliştiği diğer bir alan ise alüvyonal kıyı ovalarıdır (Bakınız Foto C).

KATKI BELİRTME

Bu araştırmanın saha ve büro çalışmaları esnasında araştırma gruplarını desteklemek amacıyla açılan web sitesi (<http://supersites.earthobservations.org/van.php>) ve sitenin Koordinatörü Sayın Prof. Dr. Semih Ergintav (TÜBİTAK-MAM) ile sismolojik değerlendirmelerini bizimle paylaşan Dr. Onur Tan'a (TÜBİTAK-MAM) teşekkür ederiz.

FOTOĞRAFLAR

A. FAY ZONUNDAKİ YÜZEY DEFORMASYONLARI

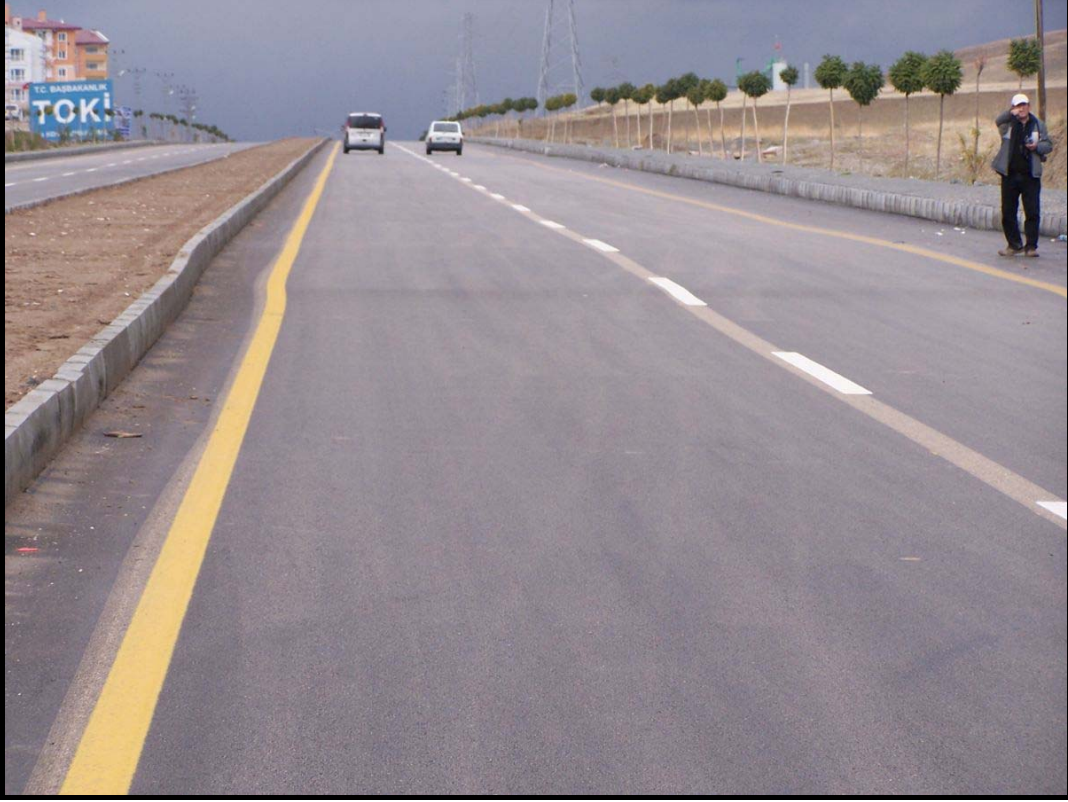


Foto A1. Van-Erciş karayolunda (L1) Van Fayı'nda asfaltta gelişen yüzey deformasyonu. Bakış kuzeye doğrudur. Asfaltta kuzey blok ortalama 10 cm yükselmiştir. Bu lokalitede 4 cm sol yönlü doğrultu atım bileşeni ölçülmüştür. Yol boyundaki bordür taşlarında bakış yönünde sıkışmalar gelişmiştir.



Foto A2. Yüzüncü Yıl Üniversitesi-Topaktaş yolunda asfalt zeminde izlenen (L3) sıkışma deformasyonu. Bakış KB'yadır.



Foto A3. Foto A2’de gözlenen deformasyonların (L3) fay doğrultusu boyunca görünüşü. Bakış KD’yadır. Asfalt zeminde kıvrım şeklinde deformasyonlar gelişmiş olup, tavan blok (sol) ortalama 10 cm yükselmiştir.



Foto A4. Van Organize Sanayi Bölgesi KD’sunda Van Fayı’nın bir sulama kanalını (L5) kestiği bölümde beton kanalda meydana gelen deformasyon sonucu oluşmuş sıkışma. Sıkışmadan kaynaklanan kısalmanın miktarı 10 cm olarak ölçülmüştür.



Foto A5. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi ile TRT vericisi arasındaki bir sulama kanalında (L4) Van Fayı'na dik uzanan sulama kanaletinde sıkışma sonucu gelişmiş deformasyon. K-G yönde 10 cm kısalma ölçülmüştür.

B. VAN GÖLÜ KIYI ÇİZGİSİNDEKİ YÜKSELMELER



Foto B1. Dağönü köyü kıyı bandında suyun çekilmesi ile açığa çıkmış bloklar. Bloklardaki yatay yöndeki koyu renkli bantlar yosunlu seviyeleri göstermekte olup, deprem öncesi göl seviyesine işaret etmektedir.



Foto B2. Foto B1'deki kaya bloklarındaki askıda kalmış eski kıyı izleri karanın bu lokalitede ortalama 40 cm yükseldiğini göstermektedir.



Foto B3. Dağönü köyü sahil kesiminde Van Gölü sularının deprem sonrasında çekilmesi ile açığa çıkmış yalıtışı oluşumları. Su altında gelişmiş olan bu yapılar göl seviyesinin en az 30 cm düştüğünü göstermektedir.

C. KÜTLE HAREKETLERİ



Foto C1. Topaktaş yöresinde Karasu vadisi sağ sahilinde eski heyelan kütylesi içerisinde gelişen akma tipi heyelan. Bakış GB'ya.



Foto C2. Gedikbulak yöresinde Van-Erciş karayolunu da kesen kayma tipinde gelişen heyelana güneyden bakış. (yol solda)



Foto C3. Meydancık-Eğlence Mahallesi bağlantı yolu yakın kuzeyinde meydana gelen heyelanlara ilişkin gerilme çatlakları.



Foto C4. Çomaklı doğusunda eski kayma alanlarında yeniden aktivite kazanmış ikinci gerilme çatlakları. Bakış doğuyadır.



Foto C5. Esenkıy (Göldüzü)'da Van Gölü kıyısında gelişen sıvılaşmaya ilişkin çizgisel çatlaklardan çıkan kum konileri. Bakış KD'ya.



Foto C6. Foto C5'deki alana yakından bakış. Bakış GB'ya.



Foto C7. Göllü güneyinde Karasu vadisi tabanında gelişen sivilaşma konileri.



Foto C8. Çitören güneyinde Karasu deltasında sivilaşma ve yanıl yayılmaya bağılı Van Gölü su basması. Deprem öncesi kıyılardan yaklaşık 2 km kadar göl suyu vadi içine ilerlemiştir.



Foto C9. Aynı alanda Karasu vadisi sol sahilinde eski heyelan kütlelerinde gelişen akma tipi heyelanlar. Karsu'nun güncel yatağını setleyen heyelan kütlesi taşkın ovasında su birikmesine neden olmuştur.



Foto C10. Güvençli doğusundaki bataklık alanda yanıl yayılma nedeniyle Van-Erciş karayolu üzerinde meydana gelen deformasyon. Bakış KD'ya. Doğu yol kenarı çizgisinde doğudakinde yanılıcı sola ötelenme gözlenmesine rağmen batı kenar yol çizgisinde hiçbir yerdeğiştirme gelişmemiştir.



Foto C11. Foto C10'daki kesime doğudan bakış.

EK-1 VAN YAKIN ÇEVRESİNİN DİRİ FAYLARI (1:250.000 ölçekli Türkiye Dirî Fay Haritası'nın güncellenmiş taslağıdır)

