

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**VAN FAY ZONU VE YENİKÖŞK FAYININ KİNEMATİK ANALİZİ  
(VAN GÖLÜ DOĞUSU)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Eren AKKÖPRÜ  
DANIŞMAN: Dr.Öğr.Üyesi Azad SAĞLAM SELÇUK

VAN-2018

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**VAN FAY ZONU VE YENİKÖŞK FAYININ KİNEMATİK ANALİZİ  
(VAN GÖLÜ DOĞUSU)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Eren AKKÖPRÜ

Bu çalışma TUBİTAK tarafından 114Y274 No'lu proje kapsamında desteklenmiştir

VAN-2018

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Azad SAĞLAM SELÇUK danışmanlığında, Eren AKKÖPRÜ tarafından sunulan “Van Fay Zonu Ve Yeniköşk Fayının Kinematik Analizi (Van Gölünün Doğusu)” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 19.03.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi  
M. Korhan ERTURAÇ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi  
Serkan Üner

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi (Danışman)  
Azad SAĞLAM SELÇUK

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13/04/2018 tarih ve 2018/19-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Suat ŞENSOY  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.

Eren AKKÖPRÜ

## ÖZET

### VAN FAY ZONU VE YENİKÖŞK FAYININ KİNEMATİK ANALİZİ (VAN GÖLÜ DOĞUSU)

AKKÖPRÜ, Eren

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Azad SAĞLAM SELÇUK  
Mart 2018, 57 sayfa

Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu Sıkışmalı Tektonik Bloğunun doğu kısmını oluşturmaktadır. Bu alan içerisinde yaklaşık 15.496 km<sup>2</sup> ile en büyük kapalı Havzayı Van Gölü Havzası oluşturmaktadır. Van Gölü Havzası tektonik açıdan oldukça aktif bir havzadır. Havzanın jeodinamik evrimi birçok aktif fay tarafından kontrol edilmektedir. Van Gölü Havzası'nın Doğu'sunda yer alan aktif faylardan biride Van Fay Zonudur. Bu fay zonu 2011 yılında meydana getirdiği deprem ile Holosen dönemdeki aktifliğini bir kez daha ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, Van Fay Zonu ile Yeniköşk Fay'ının Pliyosen-Kuvaterner tektonik gelişiminin belirlenmesi, Havzanın çökel ve volkanitleri içerisinde bulunan faylanma verilerinin derlenmesi, kinematik analizi ve zamansal/mekânsal olarak sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç için arazi çalışmaları ve fay kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu faylar üzerinde yapılan arazi çalışmaları sonucunda 8 farklı lokasyon belirlenmiştir. Bölgenin Pliyosen-Kuvaterner tektonik gelişimini ortaya çıkarmak için 36 farklı fay düzleminde kinematik veri elde edilmiştir. Bu verilere göre Pliyosen dönemindeki sıkışma doğrultusu K40°B buna karşın açılma doğrultusu K50°D olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda Van Gölü doğusunun Pliyosen dönemindeki tektonik rejimin normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faylanma olduğunu göstermektedir. Pleyistosen dönemine gelindiğinde bölgede hakim olan sıkışma doğrultusunun KKB- GGD olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bölgedeki hakim tektonik rejimin değiştiği ve ters bileşenli doğrultu atımlı tektonik rejimin etkin olduğu görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kinematik Analiz, Van Gölü Havzası, Van Fay Zonu, Yeni Köşk Fayı.



## ABSTRACT

### KINEMATICAL ANALYSIS OF VAN FAULT ZONE AND YENİKÖŞK FAULT (EAST OF VAN LAKE)

AKKÖPRÜ, Eren  
M. Sc. Thesis, Geological Engineering  
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Azad SAĞLAM SELÇUK  
March 2018, 57 pages

Van Lake Basin is formed the eastern part of the Eastern Anatolia Compressional Tectonic Block. Within this area, the largest closed basin with an area of approximately 15.496 km<sup>2</sup> forms the Van Lake basin. Van Lake Basin is a highly tectonically active basin. The geodynamic evolution of the basin is controlled by many active faults. The Van Fault Zone is one of the active faults in the eastern part of the Van Lake Basin. This fault zone has once again demonstrated its activity in the Holocene period with the earthquake that took place in 2011.

In this study, it is aimed to classify the Pliocene-Quaternary tectonic development of Van Fault Zone and Yeniköşk Fault, kinematic analysis and temporal / spatial classification of faulting data in sedimentary and volcanic rocks of the basin. For this purpose, fieldwork and fault kinematic analyzes have been carried out. Eight different locations were determined as a result of the field studies on these faults. In order to reveal the Pliocene-Quaternary tectonic development of the region, kinematic data were obtained from 36 different fault planes. According to this, the compression direction in the Pliocene period is N40W whereas the extensional is in the N50E direction. At the same time, Van Lake suggests that the Pliocene tectonic regime of the east is a dextral strike-slip fault with normal component. When it comes to the Pleistocene era, it is seen that the direction of compression that dominates the region is NNW-SSE. However, it is seen that the reversed-direction strike-slip tectonic regime, which is replaced by the dominant tectonic regime in the region, appears to be effective.

**Keywords:** Kinematic Analysis, Lake Van Basin, Van Fault Zone, Yeni Köşk Fault.





## ÖN SÖZ

Van Fay Zonu ile Yeniköşk Fayı Van ilinin kuzeyinde yer almaktadır. Her iki fayın Van ili için büyük bir risk oluşturduğu bilinmektedir. Bu tez çalışması kapsamında fayların kinematik analizi yapılarak, bölgenin Pliyosen-Kuvaterner dönemindeki asal gerilme hatlarındaki değişim ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu tezin yazım aşamasında her türlü destek, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Azad SAĞLAM SELÇUK ve Sayın Doç. Dr. Levent SELÇUK'a teşekkür ederim. Ayrıca her anımda maddi ve manevi destek olan sevgili babam Muştak AKKÖPRÜ, annem Semra AKKÖPRÜ, kardeşlerim Yaren AKKÖPRÜ ve Engin AKKÖPRÜ ve nişanlım Tuğçe TUĞRUL'a vermiş oldukları destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

2018

Eren AKKÖPRÜ



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖN SÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı.....	3
1.2. Materyal ve Yöntem.....	4
1.2.1. Arazi çalışmaları.....	4
1.2.2. Kinematik analiz.....	5
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	8
3. BULGULAR.....	12
3.1. Stratigrafi.....	12
3.1.1. Temel kayalar.....	12
3.1.2. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı karasal-gölsel birimler.....	15
3.1.2.1. Eski karasal birimler.....	16
3.1.2.2. Van Gölü eski taraça çökelleri.....	18
3.1.2.3. Alaköy formasyonu.....	18
3.1.2.4. Eski akarsu çökelleri ve eski alüvyon yelpazeleri.....	19
3.2. Yapısal Jeoloji.....	20
3.2.1. Van Fay Zonu (VFZ).....	22
3.2.2. Yeni Köşk Fayı (YF).....	24
3.3. Van Gölü Havzasının depremselliği.....	25
3.3.1. Tarihsel depremler.....	25
3.3.2. Aletsel dönem depremleri.....	27
3.3.3. Van Fay Zonu ve Yeniköşk fayının depremselliği.....	28
4. KİNEMATİK VERİLER.....	30

	<b>Sayfa</b>
4.1. Kinematik verilerin mekansal sınıflaması (Van Fayı-Yeni Köşk Fayı).....	39
4.2. Kinematik verilerin zamansal sınıflaması.....	41
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	46
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	54



## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge</b>		<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1.	Van Gölü Havzasındaki tarihsel dönem depremleri.....	25
Çizelge 4.1.	W-01 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler .....	31
Çizelge 4.2.	W-02 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler .....	32
Çizelge 4.3.	W-03 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler .....	35
Çizelge 4.4.	W-06 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler .....	37
Çizelge 4.5.	W-07 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler .....	38



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. a. Çalışma alanın konumu, 1b. Van Gölü Havzası ve civarının sismotektonik haritası.....	2
Şekil 1.2. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası.....	4
Şekil 1.3. a. Sağ yönlü basit makaslama içerisinde gelişen Riedel makaslama gerilme elipsoidi içerisindeki yeri; b. Üç farklı gerilme rejimi içerisinde gelişen sırasıyla normal, bindirme ve doğrultu atım karakterli eşlenik fay setlerinin ve bunlara eşlik eden asal gerilme eksenlerinin şematik gösterimi.....	5
Şekil 3.1. Van Gölü Havzası'nın jeolojisi.....	12
Şekil 3.2. Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşları.....	13
Şekil 3.3. Çalışma alanın güneyinde yer alan Van Formasyonun'dan görünüm.....	15
Şekil 3.4. Çalışma alanın jeoloji haritası .....	16
Şekil 3.8. Doğu Akdeniz ve Orta Doğu'nun aktif tektonik konumu.....	21
Şekil 3.9. Doğu Anadolu-İran platosu ve yakın çevresinin basitleştirilmiş sismotektonik haritası.....	22
Şekil 3.10. Van Gölü Havzası aktif tektonik özellikleri .....	23
Şekil 3.11. Van Gölü Doğusunda yer alan aktif fayların sayısal yükseklik modeli üzerindeki görünümü.....	25
Şekil 3.12. Van Gölü Havzası ve çevresinin etkileyen tarihsel depremler.....	26
Şekil 3.13. Van Havzası ve civarının sismo-tektonik haritası.....	27
Şekil 3.14. $M_w=7.0$ ve $M \geq 5$ olan depremlerin odak mekanizması çözümleri.....	29
Şekil 4.1. Van ve Yeniköşkfayı ve civarı boyunca yer alan kinematik gözlem noktaları.....	30

<b>Şekil</b>		<b>Sayfa</b>
Şekil 4.2.	a) Kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı içerisinde gelişmiş doğrultu atımlı faylanma, b) 50 cm genişliğindeki fay zonu.....	31
Şekil 4.3.	a) Belediye asfalt şantiyesi yarmasındaki eğim atımlı ters faylar, b) Hastane temelindeki birbirine yaklaşık gelişen ters faylar, c) ters faylarda meydana gelen 70 cm ötelenme d) birimlere ait enine jeolojik kesit.....	33
Şekil 4.5.	a) Topaktaş lokasyonun genel görünümü, b) Alaköy Formasyonunu kesen ana ve ikincil gelişen normal faylar c,d) Üst seviyelerde Pleyistosen birimleri kesen normal faylar.....	36
Şekil 4.6.	Fan-Delta-Göl çökellerindeki normal faylanmalar.....	37
Şekil 4.7.	Akarsuçökellerindeki normal faylanmalar.....	38
Şekil 4.8.	Van Fay zonu-Yeni Köşk Fayı alanında yer alan kinematik gözlem noktaları. a) Topaktaş köyü lokasyonu ve normal faylar. b) Yeniköşk fayı ve göl taraça seviyelerini kesen bindirme fayları. c,d) Kuvaterner çökeller içinde yer alan normal faylanma.....	40
Şekil 4.9.	Van Fay zonu -Yeni Köşk Fayı alanında yer alan kinematik gözlem noktaları.....	41
Şekil 4.10.	Van fayı civarından derlenen kinematik verilerinin analizi ve asal gerilme yönleri.....	42
Şekil 4.11.	Yeni Köşk fayı civarından derlenen kinematik verilerinin analizi ve asal gerilme yönleri.....	44



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### **Simgeler**

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
K	Kuzey
G	Güney
D	Doğu
B	Batı
M <sub>w</sub>	Magnitüd

### **Kısaltmalar**

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>MTA</b>	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
<b>USGS</b>	United States of Geological Survey
<b>KOERİ</b>	Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
<b>REDPUMA</b>	Rapid earthquake data to Pagers, users, e-mail recipients, and authorities,
<b>KANDİLLİ</b>	Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
<b>EMSC</b>	European-Mediterranean Seismological Centre (Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi)

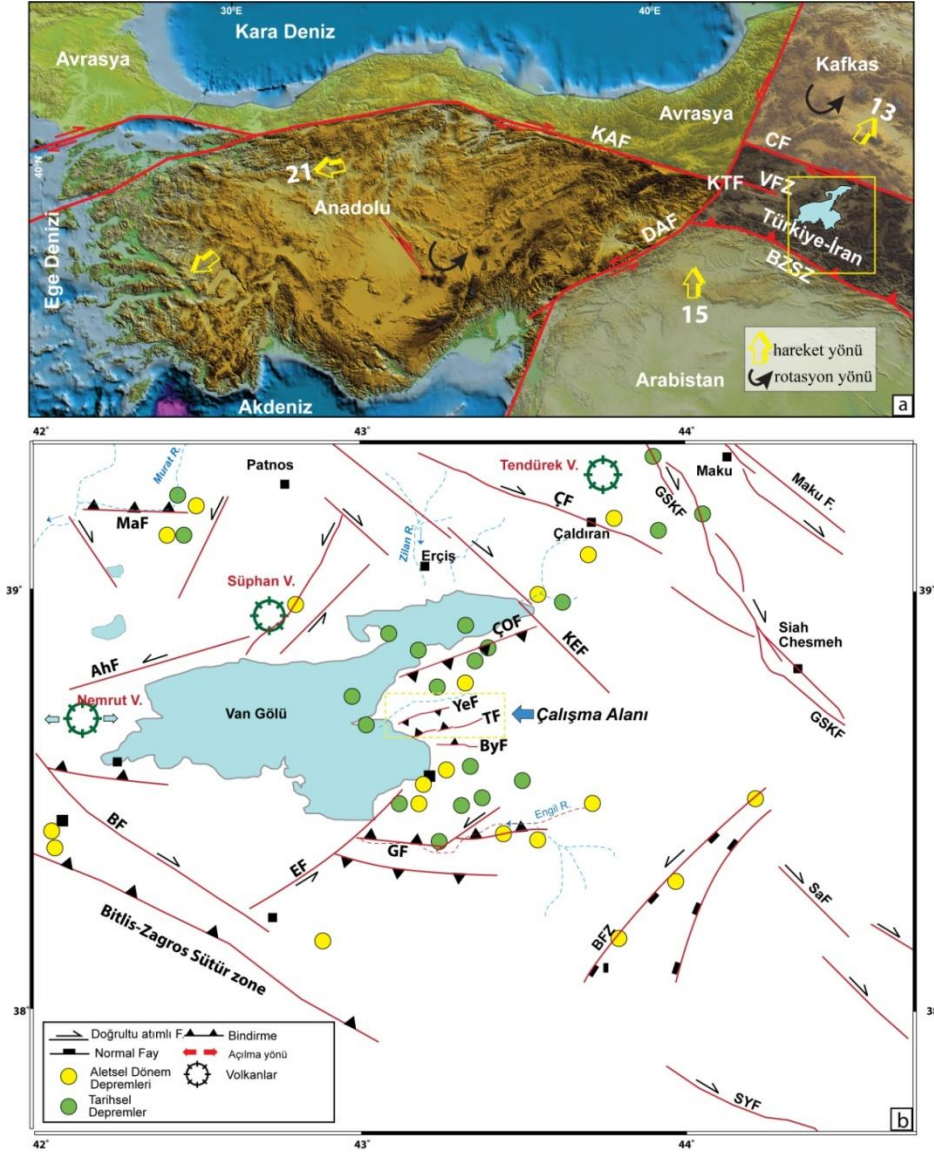


## 1. GİRİŞ

Geç Miyosen sonu Erken Pliyosen zaman aralığında gerçekleşen Arap ile Avrasya levhalarının çarpışması ile Doğu Anadolu'daki son okyanusal litosfer yitimi uğramış ve Doğu Anadolu Yüksek Platosu oluşumuna başlamıştır (Şengör ve Kidd, 1979; 1981; Dewey ve ark., 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Okay ve ark., 2010) (Şekil 1.1a). Van Gölü Havzası'nın Geç Pliyosen'de oluşmaya başladığı ve Kuvaterner başından itibaren etkili olan volkanizmanın etkisi ile son şeklini aldığı öne sürülmektedir (Blumenthal ve ark., 1964; Wong ve Finckh, 1978; Degens ve ark., 1984). Çarpışma kuşağı içerisinde önemli bir konuma sahip olan Van Gölü Havzası, kapalı bir Havza konumundadır ve 3573 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır (Şekil 1.1a). Bu Havza içerisinde hem tarihsel hemde aletsel dönemler içerisinde farklı büyüklüklerde birçok yıkıcı deprem meydana gelmiş ve önemli can kayıplarına neden olmuştur. Bu depremlerden en önemlilerinden bazıları (i) 7 Nisan 1646 Hayatsdzar; (ii) 8 Mart 1715 Hoşap ve (iii) 30 Mayıs 1880 Ahlat (Ambraseys ve Finkel, 1995) (iv) 1945 Van(v)1976 Çaldıran (Mw 7.3) ile (vi) 23 Ekim 2011 Van-Tabanlı Depremleri (Mw 7.2) bu depremleridir.

Van Gölü Havzası günümüzde de gelişimini tektonizma ve volkanizma eşliğinde sürdürmektedir. Bu Havza içerisinde gelişen tektonik hatlar K-G yönlü sıkışmaya bağlı olarak gelişmişlerdir. Bu hatlar, D-B doğrultulu bindirme fayları, KB-GD doğrultulu sağ yönlü ve KD-GB yönelimli sol yönlü doğrultu atımlı faylar ile kuzey-güney doğrultulu genişleme yapıları tarafından temsil edilmektedir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Şaroğlu ve ark., 1987; Bozkurt, 2001; Koçyiğit ve ark., 2001, Dhont ve Chorowicz, 2006; Sağlam Selçuk ve ark., 2016) (Şekil 1.1b). Van Gölü Havzasında meydana gelen 2011 depremleri sonrasında Havzanın aktif tektoniği üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Akyüz ve ark., 2011; Emre ve ark., 2011; Özkaymak ve ark., 2011; Utkucu ve ark., 2011; Aydan ve ark., 2012; Konagai ve ark., 2012; Selçuk ve Aydın, 2012; Taşkın ve ark., 2012; Ulusay ve ark., 2012; Altınar ve ark., 2013; Çelebi ve ark., 2013; Doğan ve Karakaş, 2013; Koçyiğit, 2013). Ayrıca yakın dönem içerisinde Van gölü içerisinde ayrıntılı sismik çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalara bağlı olarak Van gölü içerisinde yer alan aktif faylar haritalanmıştır (Çukur ve ark., 2014; Özalp ve ark., 2016). Oldukça

çok sayıda bulunan ve karmaşık bir tektonik çerçeve ortaya koyan bu fayların kinematik özellikleri üzerine analitik bilgiler yalnızca aletsel dönemde gerçekleşmiş önemli ancak az sayıda depremin odak mekanizma çözümlerinden bilinmektedir.



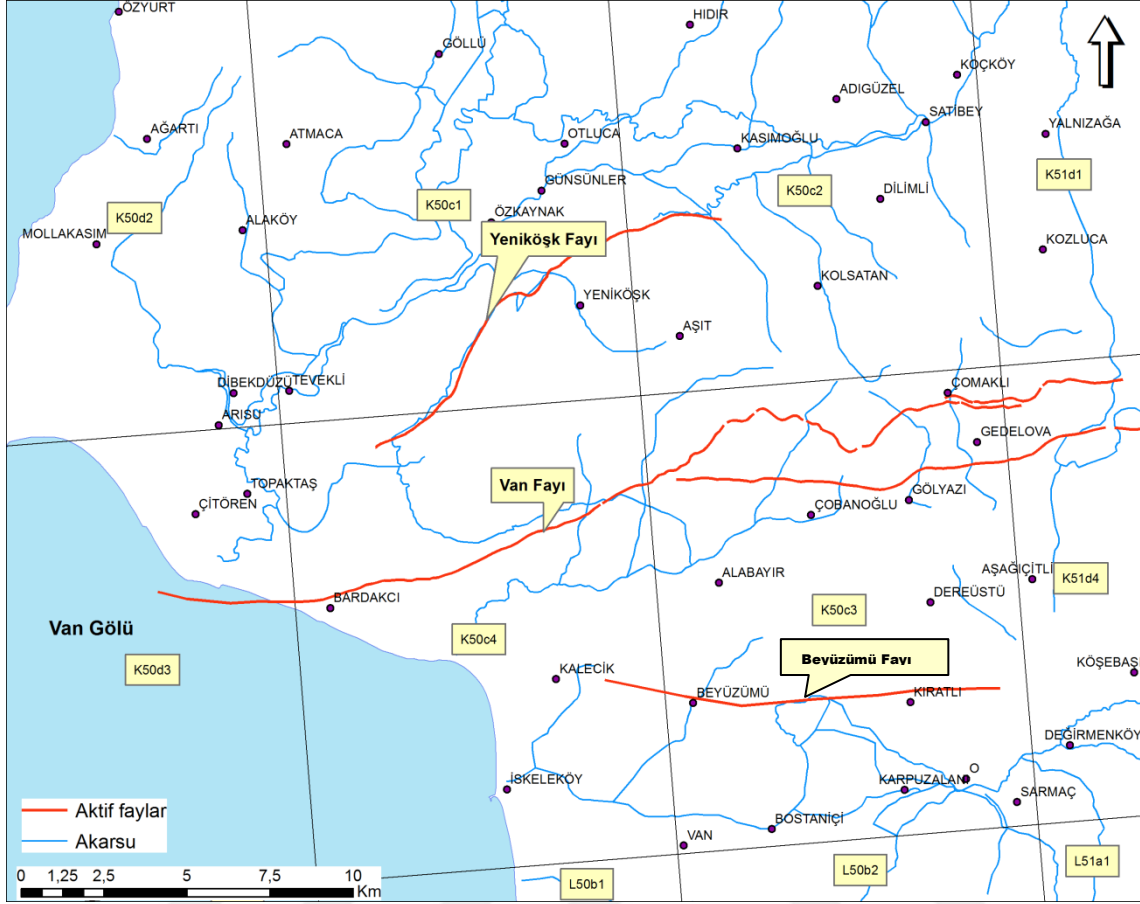
Şekil 1.1a. Çalışma alanının konumu (blok sınırları Reilinger ve ark., 2006 ve Djomour ve ark., 2011'den alınmıştır), 1b. Van Gölü Havzası ve civarının sismotektonik haritası (faylar Koçyiğit ve ark., 2001, Karakhanian ve ark., 2011; depremler Ergin ve ark., 1967; Soysal ve ark., 1981; Ambraseys ve Finkel, 1995; Tan ve ark., 2008).(KAF: Kuzey Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu fay zonu, BZSZ: Bitlis-Zagros Sütür Zonu, CF: Çaldıran fayı, KTF: Karlıova üçlü eklemi, VFZ: Varto fay zonu, MaF: Malazgirt fayı, CF: Çaldıran fayı, GSKF: Guilato–Siahcheshmeh–Khoy fayı, KEF: Karayazı-Erçiş Fayı, TF: Van Fayı, SaF: Salamas fayı, BFZ: Başkale fay zonu, YFZ: Yüksekova fay zonu, GF: Gürpınar fayı, EF: Edremit fayı, BF: Bitlis fayı, AhF: Ahlat fayı, ÇOF: Çakırbey fayı, ByF: Beyüzümü fayı, BeF: Beyüzümü fayı).

1945 yılının Haziran ve Aralık aylarında, Van il merkezini etkileyen 5.8 (M) büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir (Lahn 1946). Her iki depremin Van merkeze bağlı mahallerde yıkım yarattığı ve özellikle Aralık ayında meydana gelen ikinci depremden sonra Van merkezde iki katlı binaların ağır hasar aldığı veya yıkıldığı ifade edilmiştir (27 Aralık Ulus gazetesi). Bu çalışmada, Van ilinin kuzeyinde yer alan Van Fay Zonu ve Yeniköşk faylarının geometrik ve kinematik özelliklerinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, farklı litoloji ve yaştaki kayaç gruplarından faylanma kinematiğine ait verilerin toplanması ve bu verilerin grafiksel ve hesaplamalı kinematik analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Böylelikle Van ili için risk oluşturan Van ve Yeniköşk fayları haritalanmış, bu fayların kinematik özelliği ortaya çıkarılmış ve Pliyosen-Kuvaterner devirleri içerisinde gerilme bileşenleri zaman içerisindeki olası değişimi ortaya konulmuştur.

### **1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı**

Van Gölü Havzasının doğusunda yer alan çalışma alanı, 1/25000 ölçekli K50(c1-c2-c3-c4) paftalarında yer almaktadır. Çalışma alanını Tuşba ilçesine bağlı Atmaca köyü, Dumansız dere, Yeniköşk köyü, Hıdır köyü, Akçaören köyü, Buğday tepe, Kalecik köyü ve Beyüzümü köyü oluşturmaktadır (Şekil 1.2). Çalışma alanı çevresindeki önemli yükseltiler Şahbağı Tepesi (1968 m) ve Ziyaret Tepedir (2527 m).

Van Gölü Havzasında genel olarak karasal iklim hakimdir. Yaz ayları kısa, kış ayları ise soğuk ve uzundur. Çalışma alanına ulaşım Van-Erciş otoyolu ve stabilize yollar ile sağlanmaktadır.



Şekil 1.2. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası.

## 1.2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, literatür derlenmesi, arazi çalışmaları ve arazi çalışmalarından elde edilen verilerin analizleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Literatür derlenmesinde, önceki yıllarda yapılan çalışmalardan elde edilen veriler sayısallaştırılarak, bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Arazi çalışmaları, çalışma alanı içerisinde yer alan doğal gerekse yapay kesitlerde gelişen fay düzlemlerinden kinematik verilerin sağlanması şeklinde yürütülmüştür.

### 1.2.1. Arazi çalışmaları

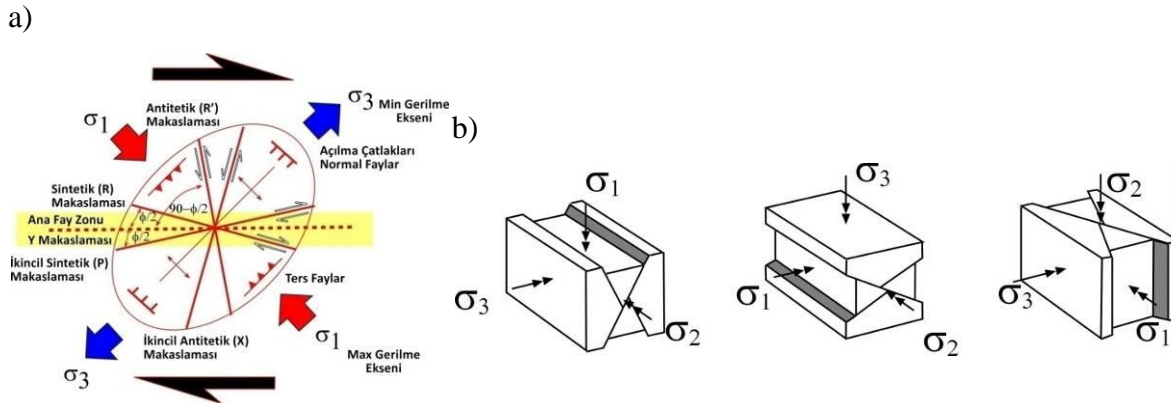
Van Fay Zonu ve Yeniköşk fayları boyunca arazi çalışmaları yapılarak, 1/25000 ölçekli topografik harita üzerine fayın doğrultusu işlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde yer alan doğal/yapay yarmalardan kinematik veriler elde edilmiştir. Fay düzleminin

bulunduğu noktalarda kinematik veriler jeolog pusulası yardımıyla ölçülmüştür. Fayın doğrultusu, eğim ve kayma çizgisi yönü ile hareket yönü, miktarı ve türü ile ilgili bilgiler elde edilmiştir.

### 1.2.2. Kinematik analiz

Tektonik gerilmelere bağlı olarak gelişen faylarda, meydana gelen gerilimin kestirimi deformasyonun doğasının anlaşılması açısından önemlidir. Anderson (1951), fay kinematığı ile ilgili bilinen ilk çalışmaları yaptığında, homojen ve homojen olmayan ortamda fay geometrisi ile fay kinematığını karşılaştırarak, bu iki parametrenin ana gerilme yönleriyle ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Kayaçlar ile kayaçlardaki gerilme genelde anizotropiktir ve ana gerilmenin büyüklükleri ile karakterize edilen stres elipsoidi eksenleri ile tanımlanmaktadır. Stres elipsoidinin en uzun ekseninde en büyük asal gerilme ( $\sigma_1$ ), ortanca ekseninde ortanca asal gerilme ( $\sigma_2$ ) ve en kısa ekseninde en küçük asal gerilme ( $\sigma_3$ ) bulunur (Şekil 1.3a). Stres elipsoidinin şekli veya asal gerilme büyüklükleri, o alandaki deformasyonu kontrol eden faylanmanın türü, dağılımı ve hareket yönü ile ilişkilidir (Angelier, 1984). Birçok araştırmacı bu yaklaşımları geliştirerek, kaya kütlelerinde gözlenen fayların yorumlanmasında bilgisayar destekli kinematik analiz yöntemleri hazırlamışlardır.



Şekil 1.3. a) Sağ yönlü basit makaslama içerisinde gelişen Riedel makaslama ve gerilme elipsoidi içerisindeki yeri; b) Üç farklı gerilme rejimi içerisinde gelişen sırasıyla normal, bindirme ve doğrultu atım karakterli eşlenik fay setlerinin ve bunlara eşlik eden asal gerilme eksenlerinin şematik gösterimi (Angelier, 1994) .

Bu yöntemlerin geçerli olabilmesinde birkaç önemli kabul gerekmektedir. Bunlar;

(1) Eğer uygulanan gerilim yeterince büyükse yeni bir fay ya da var olan bir fay düzlemi üzerinde gelişen yeni bir harekette, kaymanın en fazla makaslama gerilimi oluşturan düzlem üzerinde gerçekleştiği,

(2) Faylanmanın gerçekleştiği kayacın homojen olduğu,

(3) Her fay düzlemi üzerinde meydana gelen kaymanın birbirinden bağımsız olduğu ve komşu faydaki kayma doğrultularının birbirlerini etkilemediği ön koşullarıdır (Wallace, 1951; Bott, 1959; Carey, 1979; Angelier, 1984).

Bu koşullar sağlandığında gerilme tensörünün tektonik faz ile olan ilişkisi, bu faz sonucu ortaya çıkan bağımsız kayma vektörlerinin ters çözümü ile elde edilebilir. Fay kinematiği analizi, fay düzlemi üzerinde ölçülen kayma vektörlerinin ters çözümü ile paleostrestensörünün saptanmasını temel alır. Fay düzlemi verileri kullanılarak bölgedeki yersel gerilme durumunu ortaya koyan kinematik analizde fay düzleminin doğrultusu, eğimi, sapma açısı (fay düzlemi ile fay çizikleri arasındaki açı) ve fayın atım yönü arazi gözlemlerinden elde edilir.

Angelier (1984) tarafından geliştirilen bir sayısal metod ile fay kinematiği analizi yapmak mümkündür. Bu metod kullanılarak ana asal gerilmeler sayısal olarak hesaplanabilmektedir. Bunun dışında stereografik projeksiyon üzerine girilen fay düzlemlerini, bu düzlemlere ait kutup noktalarını, ana asal gerilmeleri, bölgedeki yersel açılma ve sıkışma yönlerini grafiksel olarak da görmek mümkündür. Asal gerilmeler arasındaki büyüklük farkı, fay düzlemi üzerinde kaymayı sağlayan en önemli unsur olan makaslama gerilmesini kontrol etmektedir. Bu nedenle makaslama gerilmesinin doğrultusunun bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bir düzlem üzerindeki makaslama gerilmesinin doğrultusu, asal gerilmelerin büyüklükleri farkının birbirine oranı olarak tanımlanan  $\phi$  ile temsil edilir. Bu değer 0 ile 1 aralığında değişmekte ve deformasyon elipsoidinin geometrisini göstermektedir (Angelier, 1994).

Sabit bir gerilme rejimi altında kırılğan ya da kataklastik deformasyona maruz kalan kayalar içerisinde genellikle sistematik kırık hatları oluşur. Riedel makaslama olarak tanımlanan bu kırıkların yönelimi ve hareket yönleri kil ve hesaplamalı deneylerle ortaya konulmuştur (Tchalenko, 1970; Dresen, 1991). Sağ yönlü makaslama ile sonuçlanan bir gerilme rejimi kontrolünde gelişen makaslama, gerilme elipsoidi



içerisinde tanımlanabilir. Bu makaslamaların evrimi içerisinde önce birincil antitetik ve sentetik makaslamalar (R ve R'), deformasyonun ileri aşamalarında ise ana yerdeğiştirme zonu (Y) ile ona eşlik eden ikincil antitetik ve sentetik makaslamalar (P ve X) gelişmektedir (Dresen, 1991). Bu sistematik, arazi çalışmalarında haritalanan ana makaslamaları kontrol eden gerilme rejimi hakkında ön bilgi edinilmesine yardımcı olur.

Arazi çalışmalarında en sık gözlemlenen fay türü olan eşlenik fayları oluşturan gerilme rejiminin bileşenlerini belirlemek mümkündür. Buna göre maksimum gerilme eksenini olan  $\sigma_1$  kesişen fay düzlemleri arasındaki dar açının ortayından geçmektedir. Ortaç gerilme eksenini olan  $\sigma_2$  ise kesişim çizgisine paraleldir. En küçük gerilme (minimum) eksenini olan  $\sigma_3$  ise iki fay düzlemi arasındaki geniş açıortayından geçmektedir (Angelier, 1994). Doğal veya yapay kesitte ölçülen iki eşlenik fayı oluşturan gerilme tensörünün bileşenlerinin kesin yönelimlerinin grafiksel yöntemlerle belirlenebilmesi için kayma lineasyonu bilgisi de gerekmektedir (Sunal ve Tüysüz, 2002).

Arazi çalışmalarında ölçülen birden çok faya ait bilgilerin (doğrultu, eğim ve kaymalineasyonu ile hareket yönü) oluşturduğu setler kinematik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiş ve özellikle gerilme elipsoidinin temel bileşenini oluşturan asal gerilmeeksenlerinin yönelimi belirlenmeye çalışılmıştır. Kinematik analiz yöntemlerigrafiksel düz ve hesaplamalı ters çözüm yöntemleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu çalışma kapsamında verilerin derlenmesi ve grafiksel yöntemler için ücretsiz Stereonettprogramı kullanılmıştır.



## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Doğu Anadolu Sıkışmalı Bloğu içerisinde yer alan Van Gölü Havzası ile ilgili ilk çalışmalar Maxon (1937) ile başlamıştır. Bu çalışmayı, Foley (1938), Arni (1939), ve Lahn (1948) takip etmiştir. Bu çalışmalarda, bölgenin jeolojisi, stratigrafisi ve Van Gölü'nün oluşumu üzerinde yoğunlaşmıştır.

Ternek (1953) yaptığı çalışmada, Van Gölü'nün doğusunda yer alan tektonik hatların bindirme karakterli olduğunu arazi verileri ile birlikte söylemiştir.

Kraner (1959), bölge için o yıllardaki en kapsamlı stratigrafi çalışmaları yaparak, bölgenin petrol potansiyeli hakkında araştırmalar yapmıştır.

Van Gölü'nün oluşumu üzerinde yapılan ilk çalışma Langbein (1961) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Muş-Van Havzasının birleşik bir Havza olduğu ve 100.000 yıl önce Nemrut Volkanı'nın faaliyeti sonucu bu Havzaların ayrılarak Van Gölü'nün oluşumunu sağladığını ifade etmektedir.

Ketin (1977) yaptığı çalışmada Van Gölü'nün doğusu ile İran arasında kalan bölgeyi inceleyerek, bu bölgede birbirine yaklaşık paralel D-B doğrultu dört fay zonu tespit etmiştir. Bu fay zonları, Erçek-Özalp hattından, Kalecik Köyü civarından ve Gevaş-Gürpınar arasından geçtiğini belirlemiştir.

Balkaş (1980), bölgenin bugünkü tektonik yapısının oluşmasında Miyosen sonrasında başlayan epirojenik hareketlerin etkin rol oynadığını ifade etmiştir.

Savcı (1980), bölgede meydana gelen kıta-kıta çarpışmasının Orta Miyosende olduğunu, bu olaya bağlı olarak bölgede volkanizmanın başladığını ve yeni tektonik dönemin başladığını ifade etmiştir.

Şaroğlu ve Güner (1981), bölgedeki en kapsamlı jeoloji çalışmalarından birini yapmışlardır. Bölgede etkin olan tektonizma ve volkanizmanın Orta Miyosen'de neotektonik dönemin başlaması ile etkin olduğunu iddia etmişlerdir.

Şaroğlu ve Yılmaz (1986), bölgede etkin olan sıkışma rejiminin Orta Miyosen'de başladığını ve etkin olan K-G sıkışma rejimine bağlı olarak bölgede kıvrımlanmalar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylar ve açılma çatlaklarının oluştuğu belirtilmiştir.

Aksoy (1988), Van Gölü Havzasının doğu ve kuzeydoğusunu kapsayan bir doktora tez çalışması yürütmüştür. Bu çalışmada, bölgedeki kayaçların litolojik özelliklerini inceleyerek bölgenin stratigrafisi ve jeodinamik evrimine ilişkin öngörülerde bulunmuştur.

Acarlar ve ark. (1991), Maden Tetkik Arama Enstitüsü bünyesinde yaptıkları çalışmada, Van Gölü'nün doğusu ve kuzeyinde jeolojik amaçlı çalışmalar yapmışlardır. Bölgede yüzeyleyen kayaçların litolojisine ait en ayrıntılı çalışmalardan biri olup, bölgenin yapısal evrimi ile ilgili görüşleri ileri sürmüşlerdir.

Koçyiğit ve ark.(2001), Doğu Anadolu bölgesinde Neotetisin güney kolunun Geç Miyosen'de kapanmaya başladığı ve bu kapanmaya bağlı olarak bölgede yeni bir tektonik dönemin (neotektonik) başladığını ifade etmişlerdir. Bölgede neotektonik dönem boyunca aktif fayların KB/KD doğrultulu doğrultu atımlı faylar, D-B doğrultulu bindirme fayları ve K-G doğrultu normal faylar olduğunu belirtmişlerdir.

Özkaymak (2003), Van il merkezini etkileyebilecek aktif faylar üzerine ilk çalışmalardan biri araştırmacılar tarafından yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Araştırmacılar Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökeller içerisinde aktif faylara ait verileri derleyip, kinetik analizlerini gerçekleştirmişlerdir.

Üner (2003), Van Gölü'ne ait eski göl ve delta çökellerinde ayrıntılı bir yüksek lisans tez çalışması yapmış olup, Van Gölü'nün su seviyesinin 1800 m'ye kadar yükseldiğini ve aynı zamanda Pliyo-Kuvaterner'de başlayan yeni tektonik dönemin halen devam ettiğini ifade etmişlerdir.

Üner ve ark. (2010), Kuvaterner yaşlı çökellerde meydana gelen deformasyon yapılarının bölgede etkin olan depremler ile ilişkili olduğunu söylemişlerdir.

Doğu Anadolu bölgesinde aletsel dönem içerisinde birden fazla yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Özellikle çalışma alanının da içerisinde bulunduğu son dönem içerisinde 2011 yılında iki farklı deprem meydana gelmiş ve bölgede can kaybına neden olmuştur. Bu depremler sonrasında farklı kurum ve üniversiteler tarafından bölgede araştırmalar yapılmış ve depremin odak mekanizmasına ait fikirler ortaya sürülmüştür (Akyüz ve ark., 2011; Emre ve ark., 2011; Koçyiğit ve ark., 2011; Özkaymak ve ark., 2011; Utkucu ve ark., 2011; Aydan ve ark., 2012; Konagai ve ark., 2012; Selçuk ve Aydın, 2012; Taşkın ve ark., 2012; Ulusay ve ark., 2012; Altın ve ark., 2013; Çelebi

ve ark., 2013; Doğan ve Karakaş, 2013; Koçyiğit, 2013)'dır. Bunlardan bazıları aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

AFAD (2011), 23 Ekim 2011 yılında meydana gelen Erciş depreminin Erçek – Van gölü arasında D-B doğrultulu bindirme fayında meydana geldiğini ve bu fayın Everek fayı olduğunu ifade etmişlerdir.

Akyüz ve ark. (2011), Van ilinin güneyinde bulunan Edremit ilçesinin kayazemin ve yapısal özellikleri incelemişler ve bölgede yer alan Holosen yaşlı birimleri kesen aktif bir fayın varlığından bahsetmişlerdir.

Utkucu ve ark.(2011), bölgede etkin doğrultu atımlı rejimin yanı sıra ters faylanmalara bağlı olarak da büyük depremlerin meydana gelebileceğini ifade etmiştir.

Emre ve ark.(2011), 23 Ekim 2011 depreminin ters faylanma mekanizması ile geliştiğini ve deprem sonrası gelişen yüzey deformasyonlarında bunu kanıtladığını ifade etmişlerdir.

Özkaymak ve ark. (2011), 23 Ekim 2011 depreminin meydana getirdiği yüzey deformasyonlarını incelemişlerdir.

Okuldaş (2014), Van ilinin kuzeyinde bulunan aktif Alaköy fayının yapısal özelliklerini araştıran bir yüksek lisans tezi hazırlamıştır.

Van Gölü Havzası'nın genç tektoniği üzerine kara alanlarında gerçekleştirilen çalışmalarını yanı sıra yakın dönemde Van gölü Havzasındaki Van Gölü içerisinde gerçekleştirilen ayrıntılı sismik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları Çukur ve ark.(2012, 2013, 2014) ve Özalp ve ark., (2016) tarafından yapılmıştır. Van Gölü tabanına ait 22'den fazla sismik kesit ve bunların yorumlanması yapılarak göl tabanının aktif fay haritalaması yapılmıştır (PaleoVan Projesi, Litt ark. 2009; Çukur ve ark., 2014).

Koçyiğit (2013), Van Gölü doğusunda yer alan aktif fayların özelliklerini tanımlamış ve aktiviteleri hakkında bilgiler sunmuştur.

Görür ve ark. (2015), Van Gölü'ne ait eski teras seviyelerinden örnekler almış, bunları yaşlandırmış ve Van Gölü'ne ait su seviye değişimleri hakkında bilgiler sunmuşlardır.

Mackenzie ve ark., (2016), 23 Ekim 2011 depremini meydana getiren Everek fayının uzun dönem kayma hızının 0.5 mm/yıl olduğunu ifade etmiştir.



### 3. BULGULAR

#### 3.1. Stratigrafi

Van Gölü Havzası içerisinde yer alan kaya birimlerinin özellikleri ile ilgili birden fazla çalışma yapılmıştır. Bu veriler göz önüne alınarak, çalışma alanı içerisinde yer alan litolojik birimler ve bu birimlerin bir biri ile ilgili olan ilişkileri derlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde yer alan kayaç grupları temel kayalar ve Pliyosen-Kuvaterner yaşlı karasal-gölsel birimler olmak üzere iki kısım altında incelenmiştir.

Temel kayalar içerisinde Üst Kretase yaşlı Bakışık Formasyonu, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Toprakkale Formasyonu ile Miyosen yaşlı Van Formasyonu bulunmaktadır. Eski göl-akarsu çökelleri ise Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerdir.

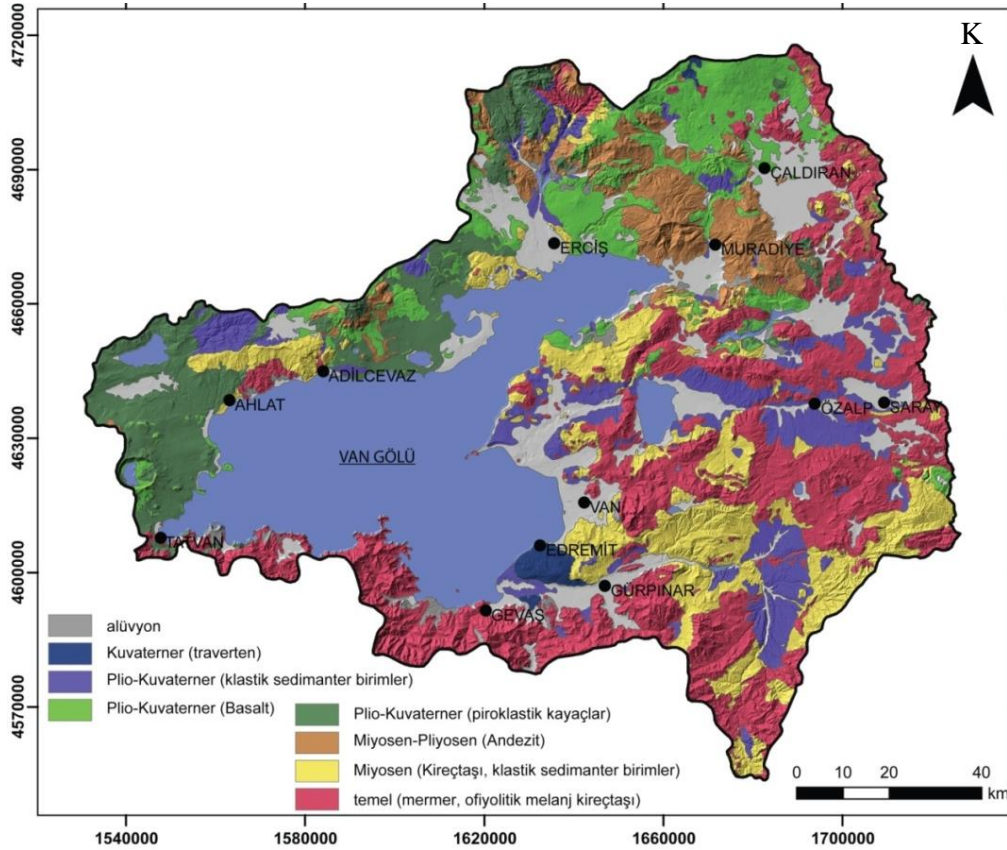
Van Gölü Havzası farklı yaş ve litolojiden oluşan kayaç gruplarından oluşmaktadır. Genel olarak Havzanın güneyinde Bitlis Masifine ait metamorfik kayaçlar yaygın olarak görülürken, doğusunda ofiyolitler, türbiditik çökeller ile Van Gölü'ne ait eski taraça çökelleri ve akarsu çökelleri yaygın olarak görülmektedir. Miyosen öncesi yaşlı kayaçlar Havzanın temelini oluştururken, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı kayaçlar ise Havza dolgu çökellerini oluşturmaktadırlar (Şekil 3.1)

##### 3.1.1. Temel kayalar

Çalışma alanı içerisinde yer alan Miyosen ve öncesi yaşlı kayaç grupları temel kayalar olarak sınıflandırılmıştır. Bu birimler genel olarak çalışma alanının kuzey kesimlerinde geniş yüzlekler sunmaktadırlar.

Bakışık karmaşığı olarak adlandırılan birim, Özalp ve çevresinde Ofiyolitli melanj ve olistostromlardan oluşur (Şenel ve ark.,1984).Bakışık karmaşığına, daha önceki çalışmalarda Mordağ metamorfikleri adı verilmiş ve Yüksekova karmaşığına dahil edilmiştir. (Özkaya,1977; Balkaş ve ark.,1980; Perinçek, 1990). Birim,Acarlarve ark., (1991) tarafından Dirbi karışığı olarak tanımlanmıştır.Karmaşık bir yapıya sahip olan birim; Serpantinit, harburjit, dünit, gabro, radyolarit, çört, seyl, kireçtaşı,

metamorfik, kumtaşı, kilitaşı, bazik volkanit vb. kayatürlerini içerisinde bulundurulur. Birim içerisinde yer yer kumtaşı, konglomera, silttaşı gibi kırıntılı kayalar izlenir. Bu kırıntılı kayaların bir kısmı yer yer olistostrom karakterindedir. Alt ve üst ilişkisi genellikle tektonik olan birimin üzerinde Geç Paleosen-Eosen ve Oligo-Miyosen yaşlı kaya birimleri açısız uyumsuz olarak bulunur. Kalınlığı 0-400m arasında değişen birim, yanal yönde çok sık kaya türü değişimi gösterir (Acar ve ark., 1991).



Şekil 3.1. Van Gölü Havzası'nın jeolojisi (Ateş ve ark., 2007'dan düzenlenerek).

Temel kaya sınıfı içerisinde değerlendirilen diğer bir litolojik birim ise, Toprakkale Formasyonudur. Neritik kireçtaşlarından oluşmuş olup Acar ve ark.(1991) tarafından adlandırılmıştır. Toprakkale Formasyonu, krem, yer yer gri renkli, masif görünlü kalın katmanlı, yer yer breşik ve neritik kireçtaşlarından oluşur (Şekil 3.2). Alt ve üst ilişkisi tektonik olan birimin kalınlığı 1500m olduğu ileri sürülür (Acarlar ve ark.,1991).Formasyon *Miscellanea cf.miscella* d'Archiac-Hame, *Anatoliellaözalpiensis* Sirel, *Dictyokathnia vanica* Sirel, *Miscellanea sp.*, *Dictyokathina sp.*, *Eponides sp.*, *Discocyclina sp.*, *Alveolina sp.* vb. gibi fosillere (Tanımlayan: S.Örçen; Acarlar ve ark.,



1991'den) göre Geç Paleosen –Erken Eosen yaşı kabul edilmiştir. Birim, karbonat şelf ortamında çökelmiştir.



Şekil 3.2. Toprakkale formasyonuna ait kireçtaşları.

Son olarak temel kaya olarak belirteceğimiz Van Formasyonu çalışma alanının güneyinde geniş yüzlekler sunar. Genel olarak kumtaşı, kıltaşı, siltaşı ve kalkarenit arılanmasından oluşur (Sağlam, 2003). Formasyon alt kesimlerinde kumtaşı-çamurtaşı arılanmasından oluşurken, üst kesimlerinde kireçtaşı seviyelerinden meydana gelmektedir (Şekil 3.3). Bu formasyon içinde özellikle D-B ve KB/KD doğrultulu kıvrımlar hakimdir. Formasyonun kıvrımlı bir yapı kazanması bölgeyi etkileyen tektonizmadan etkilendiğini göstermesi bakımından önemlidir (Ateş ve ark., 2007). Daha yaşlı formasyonlar üzerinde açısız uyumsuz olarak yer alan birimin kalınlığı yaklaşık 1200m'dir (Acar ve ark.,1991).



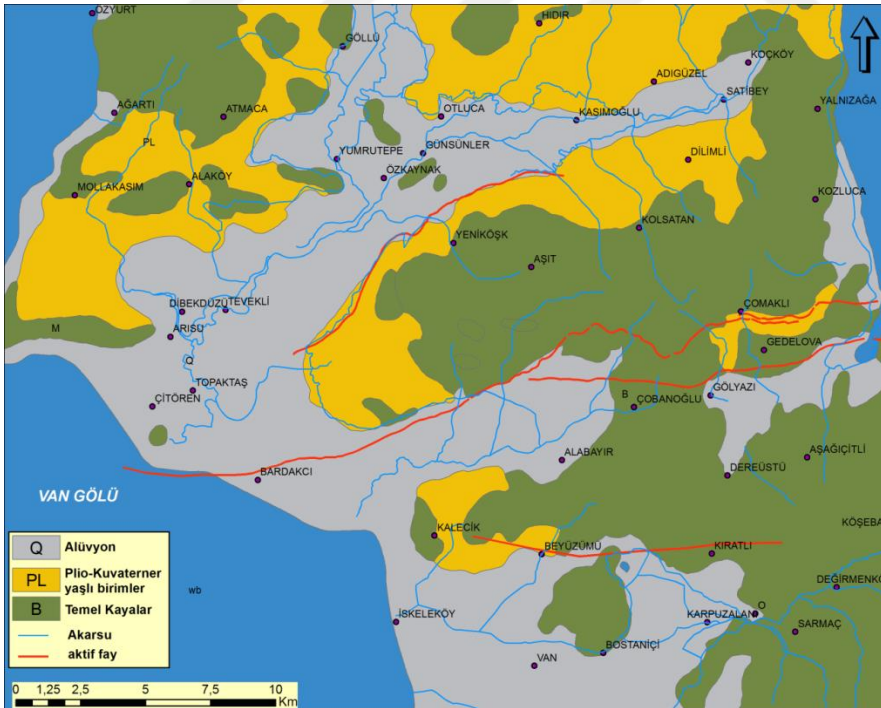
Şekil 3.3. Çalışma alanının güneyinde yer alan Van Formasyonundan görünüm.

Bölgede yer alan daha yaşlı formasyonlar üzerinde açısız uyumsuzluk ile gelen Van formasyonun yaşını, Acarlar ve ark. (1991) kapsadığı fosil topluluğuna göre

Oligosen–Miyosen olarak vermişlerdir. Sağlam, (2003) yaptığı çalışmada, Van Formasyonu'nun yaşını, alt seviyelerindeki tanımlanan mikro ve makro faunaya göre Alt Burdigaliyen (Alt Miyosen) olarak vermektedir. İstifin üst seviyelerindeki kalkarenit ve şeyllerde saptanan mikro faunaya göre birimin çökeliminin Langiyen'e kadar devam ettiğini belirtilmektedir. Transgresif özellikte olan birim, plaj, şelf ve denizaltı yelpaze ortamında çökelmiştir.

### 3.1.2. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı karasal-gösel birimler

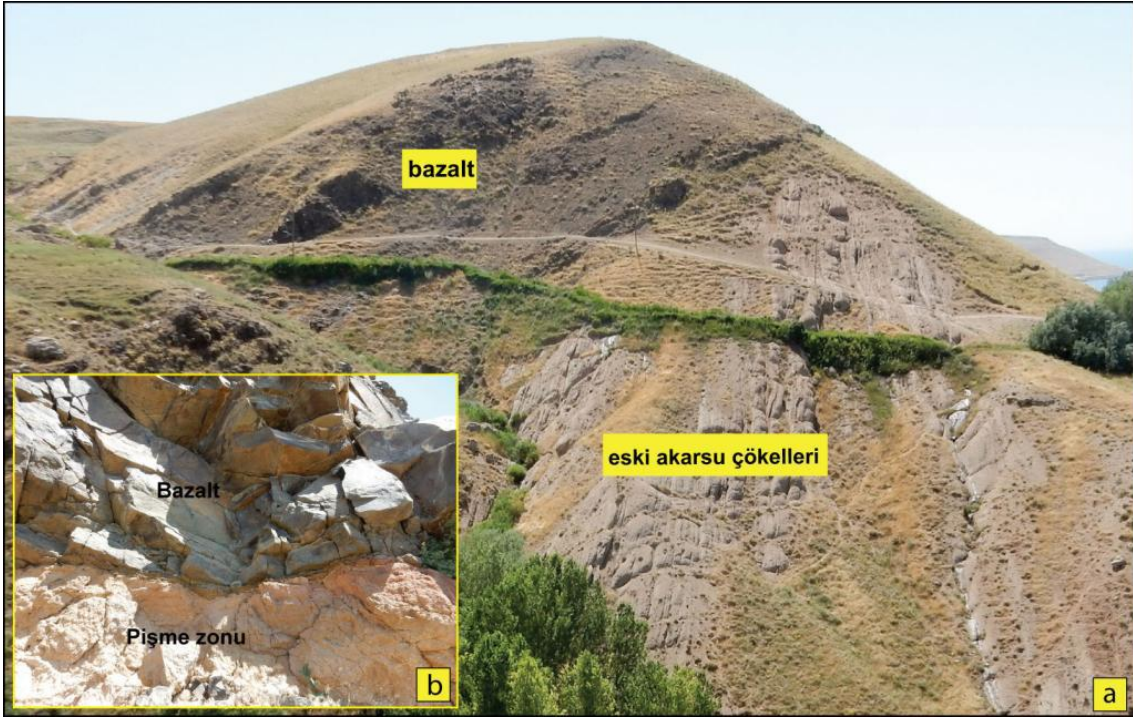
Van Gölü Havzasının genel olarak tüm kıyı boyunca karasal ve gösel birimler görülse de, en yoğun olarak Havzanın doğusunda yüzelemektedir (Şekil 3.1). Genel olarak eski akarsu-göl taraçaları, eski alüvyonlar, gösel birimler ve alüvyon çökelleri olmak üzere geniş bir yayılım sunarlar (Şekil 3.4). Çalışma alanı içerisinde genel olarak Alaköy Formasyonu, Beyüzümü Formasyonu, eski akarsu çökelleri ve alüvyonal çökeller görülmektedir.



Şekil 3.4. Çalışma alanının jeoloji haritası (Ateş ve ark., 2007'den değiştirilerek alınmıştır).

### 3.1.2.1. Eski karasal birimler

Eski karasal birimler (Kurtdeği formasyonu) ilk olarak Acarlar ve ark., (1991) tarafından tanımlanmıştır. Üst Miyosen yaşlı Van Formasyonu üzerine uyumsuzluk gelmekte ve uyumsuz olarak Alt Pliyosen yaşlı bazaltlar (Arapkale bazaltı) ve gölsel çökeller tarafından örtülmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. a. Ermişler köyü civarında bazaltlar ile eski akarsu çökelleri arasındaki açık uyumsuzluk, b.bazaltın genel görünümü ve pişme zonu.

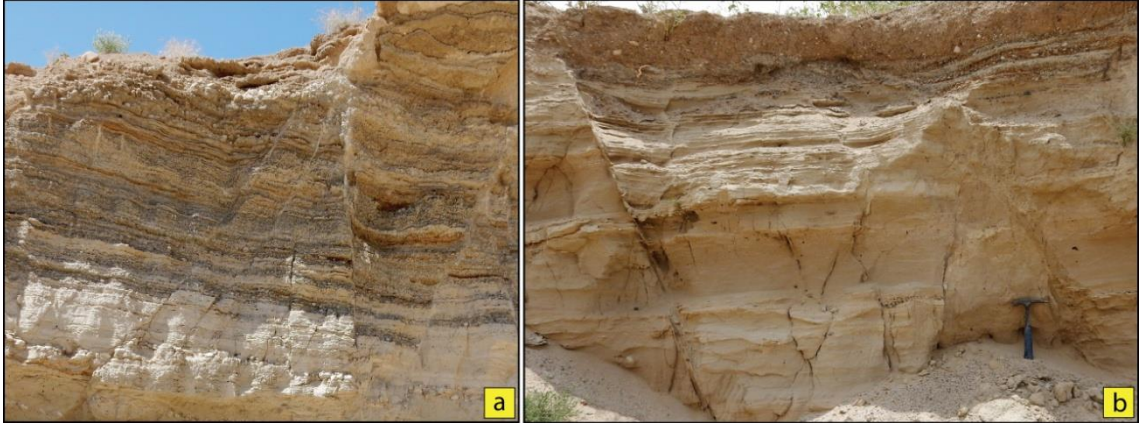
Eski karasal çökel birimleri, kumtaşı-kiltaşı-konglomera ardanmasından meydana gelmektedir. Bu birim uyumsuz olarak bazalt akıntısı içerisinde depolanmış kumtaşı-pomza ardanması ile Van Gölü'ne ait taraça çökelleri tarafından örtülmektedir. İstif genel olarak kötü boylanmalı, orta-kalın tabakalı, kırmızımsı renkli, bazı yerlerde polijenik bazı yerlerde monojenik çakıllı konglomera seviyesinden oluşmaktadır. İyi tutturulmuş ve karbonat çimentoludur.

Eski karasal çökeller, Van Gölü Havzasının genç çökel stratigrafisi içerisinde önemli bir konumda bulunmaktadır. Çünkü stratigrafik olarak, Üst Miyosen yaşlı Van Formasyonu (Paleotektonik dönem içerisinde çökemiş en son türbiditik çökeller) ile Kuvaterner yaşlı birimler arasında bulunmaktadır. Ayrıca içerisinde volkanik hiç bir

ürünün olmaması bölgedeki Kuvaterner volkanizmasından daha yaşlı olduğunu göstermektedir. Bölgede yapılan daha önceki çalışmalarda bu çökellere Üst Miyosen-Pliyosen yaşı stratigrafik konumuna göre verilmiştir.

### 3.1.2.1. Van Gölü eski taraça çökelleri

Van Gölü Havzasının doğusunda geniş bir alanda, kumtaşı-kıltaşı-çakıltaşlarından oluşan Van Gölü'nün eski taraça çökelleri bulunmaktadır (Şekil 3.6a). Bu çökellerden Beyüzümü civarında yer alanlar Kuzucuoğlu ve ark. (2010) tarafından Beyüzümü taraçası olarak adlandırılmıştır. Kumtaşları iyi yıkanmış, gevşek tutturulmuş, sarı-gri renkli, ince-orta ve seyrek olarak da çapraz katmanlıdır. Çapraz katmanlanmayı küçük kanal dolguları kesmektedir. Tane boyu ince-kaba arasında değişir ve ince kumtaşları biyoturbasyonludur. Kumtaşları ile ardalanmalı bol *Dreissensia* sp.fosilli seviyeler birimin üst seviyelerine doğru yoğunluk kazanmaktadır. Yine çökelin üst seviyelerine doğru gidildikçe, kumtaşı ara düzeyli çakıltaşı seviyeler göze çarpmaktadır (Şekil 3.6b). Çakıllar iyi boylanmalı, gevşek tutturulmuş ve kum matrikslidir.



Şekil 3.6. Eski Göl taraça seviyesine ait a. Kumtaşı-çakıltaşı ardalanması, b. İnce kum ve killi seviyelerin ardalanımı.

Formasyon, üstte Alaköy formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Yaklaşık kalınlığı 100 m olan birimde *Dreissensia* sp., fosili saptanmış ve Kurtman (1978) tarafından Geç Pliyosen yaşı kabul edilmiştir.

### 3.1.2.2. Alaköy Formasyonu

Alaköy Formasyonu; açık sarı renkli, ince tabakalı, kilttaşı, silttaşı ve marn ardalanmasından oluşan gölsel çökeller ile akarsu delta fasiyes topluluğunu karakterize eden çapraz tabakalı, aşınma yüzeyle, yanal olarak devamsız çakilttaşı, ince taneli, ince tabakalı kumtaşı ve silttaşı ardalanmasından oluşur (Şekil 3.7). Akarsu düzeylerinde, kırıntılı pomzalar oldukça yaygındır (Ateş ve ark.,2007)

Alaköy Formasyonu, Beyüzümü Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alır.Birimin üzerinde uyumsuz olarak Karasu formasyonu bulunur. Yaklaşık 100 m kalınlıktadır (Okuldaş 2014). Birim içinde herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Ancak formasyonun yaşı stratigrafik konumuna göre Geç Pliyosen-Pleyistosen kabul edilmiştir (Acarlar ve ark., 1991). Birim menderesli akarsu, delta ve göl ortamında çökelmiştir.



Şekil 3.7. Açılan yapay bir yarmada Alaköy Formasyonun görünümü.

### 3.1.2.3. Eski akarsu çökelleri ve eski alüvyon yelpazeleri

Van Gölü Havzasında yamaç döküntüleri, yelpaze ve akarsu çökelleri geniş bir yayılım sunmaktadır. Yelpaze çökelleri çakıl, kum, çamurdan oluşmaktadır. Delta çökelleri ince taneli malzemeden oluşurken, fan delta çökelleri kumlu-siltli-çakıllı seviyelerden meydana gelmektedir (Üner 2003). Kuvaterner yaşlı olan bu birimler fay zonlarına yakın kesimlerde deforme olurken fay zonlarından uzaklaştıkça hiç bir deformasyon verisi sunmamaktadırlar.

## 3.2. Yapısal Jeoloji

Uzun süreli GPS ölçümlerinin modellenmesi ile tanımlanan (Reilinger ve ark., 2006; Djomour ve ark., 2011) Doğu Anadolu Sıkışmalı Tektonik Bloğu (DAST), kuzeybatıda sol yanal doğrultu atımlı Kuzeydoğu Anadolu Fayı, kuzey/kuzeydoğuda Küçük Kafkas ve güneyde ise Bitlis-Zagros bindirme kuşakları ile sınırlandırılmaktadır (Şekil 3.8). Van Gölü Havzası bu blok içerisinde tanımlanmaktadır. Van Gölü Havzası, Bitlis-Zagros Bindirme kuşağının hemen kuzeyinde ve aynı zamanda Kuzey Anadolu Fayı'nın Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova Üçlü Ekleminin yaklaşık 125 km doğusunda yer almaktadır (Şekil 3.8). Van Gölü Havzası, Arap levhasının Avrasya levhası altına dalarak aradaki okyanusu kapatması sonucu başlayan kıta-kıta çarpışmasının ürünlerinden birisi olduğu öne sürülmektedir (Şengör ve Kidd, 1979; Dewey ve ark., 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Bu Havza Geç Pliyosen'de oluşmaya başlamış ve Kuvaterner'de etkili olan volkanizma ile son şeklini almıştır (Blumenthal ve ark., 1964; Wong ve Finckh, 1978; Degens ve ark., 1984).

Son yıllarda yayınlanan bazı çalışmalarda bölgede etkin olan sıkışma-kısalma rejimin yalnızca Bitlis-Zagros Bindirme Zonu boyunca ve Geç Miyosen sonu ile Erken Pliyosen başı arasında hakim olduğu belirtilmiştir (Koçyiğit ve ark., 2001). Yine bazı araştırmacılar bu dönemden sonra bölgedeki hakim tektonik rejimin sıkışmalı-genişlemeli tektonik rejim olduğunu söylemektedirler (Yılmaz ve ark., 1987). Bu tektonik rejime bağlı olarak bölge KB-KD uzanımlı doğrultu atımlı faylar ve D-B doğrultulu bindirme faylarının etkisi altında kalmıştır. Ayrıca bölgede önemli volkanik merkezlerin konumunu belirleyen K-G yönlü açılma çatlakları gelişmiştir. Bölgedeki

ana neotektonik yapılar arasında sağ yönlü doğrultu atımlı faylar (Pambak-Sevan (PSFZ), Iğdır (IF), Balıkgözü (BGF), Tutak (TF), Karayazı (KYF), Çaldıran (ÇFZ), Erciş (EFZ) ve Yüksekova fay zonları (YFZ)); sol yönlü doğrultu atımlı faylar (Aşkale (AFZ), Dumlu (DFZ), Çobandede (ÇFZ), Digor (DF), Kağızman (KF), Başkale (BFZ) fay zonları) ve bindirme fayları (Muş-Gevaş bindirme zonu ve Gürpınar bindirme fayı(GF)) bulunmaktadır (Arpat ve ark., 1976; Şaroğlu ve ark., 1984; Koçyiğit, 1985a, 1985b; Koçyiğit ve ark., 1985; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Şaroğlu ve ark., 1987; Cisternas ve ark., 1989; Rebai ve ark., 1993; Koçyiğit ve ark., 2001; Dhont ve Chorowicz, 2006; Horasan ve Boztepe-Güney, 2007; Sağlam-Selçuk ve ark., 2016) (Şekil 3.9).

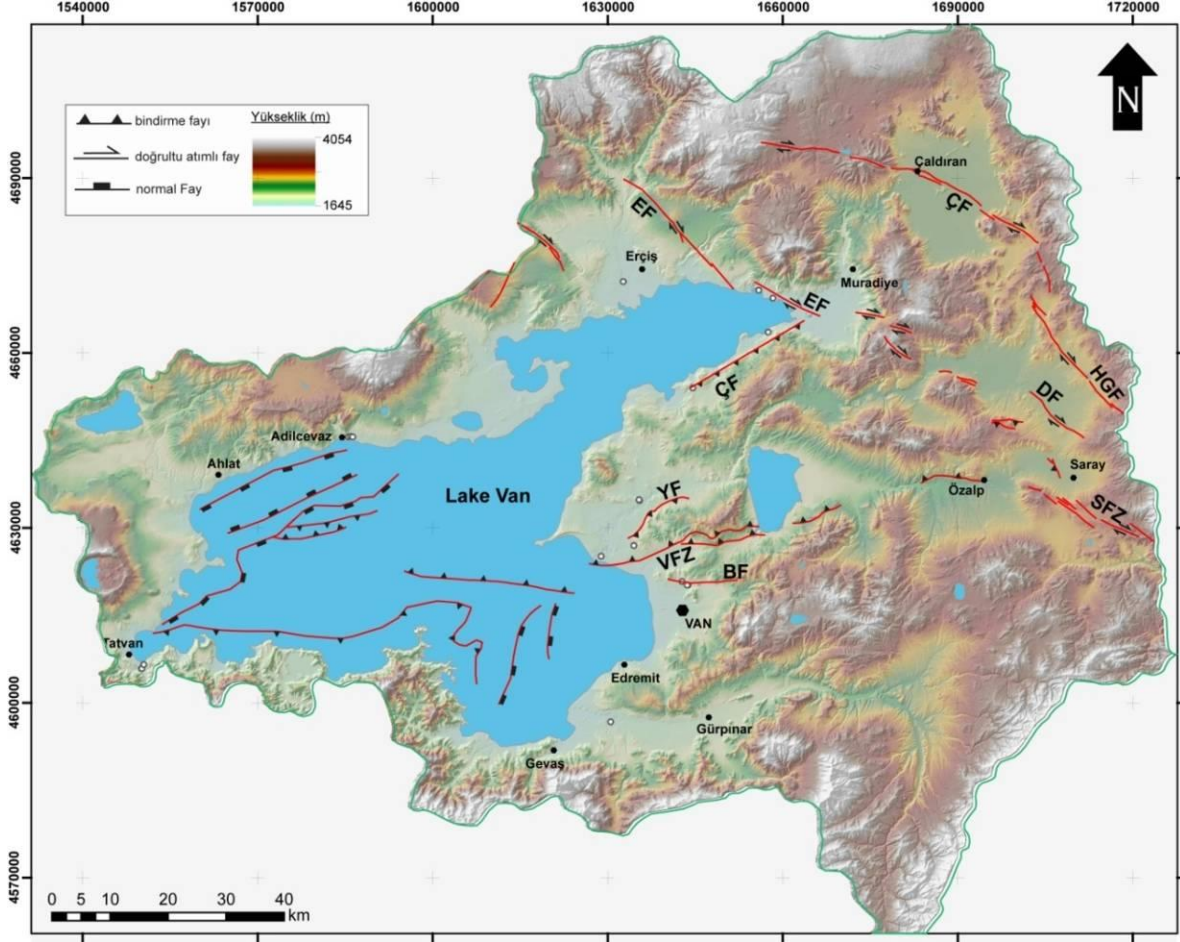
Bir tektonik çökme gölü olduğu öne sürülen (Şengör ve ark., 2008) Van Gölü ve içinde bulunduğu Havza, kuzeydoğusunda Erek Dağı (2592 m) ve Tendürek Volkanı (3533 m), kuzeyinde Süphan Volkanı (4051 m); batısında Nemrut Volkanı (2950 m) ve güneyinde ise Bitlis Masifinin düşük dereceli metamorfik kayaçlarının yer aldığı Artos Dağı (3310 m) tarafından sınırlandırılmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Doğu Akdeniz ve Orta Doğu'nun aktif tektonik konumu (Reilinger ve ark., 2006 ve Djomour ve ark., 2011'den düzenlenerek) (LCT: Küçük Kafkas Bloğu, TIP: Türk-İran Bloğu, CIB: Merkez İran Bloğu).







Şekil 3.10. Van Gölü Havzası aktif tektonik özellikleri (faylar, Emre ve ark., 2013; Çukur ve ark., 2014) (EF, Erciş fayı; ÇF, Çaldıran fayı; DF, Dorutay fayı; SFZ, Saray fayı; YF, Yeniköşk fayı; VFZ, Van Fay Zonu; BF, Beyüzümü fayı; ÇF, Çolpan fayı).

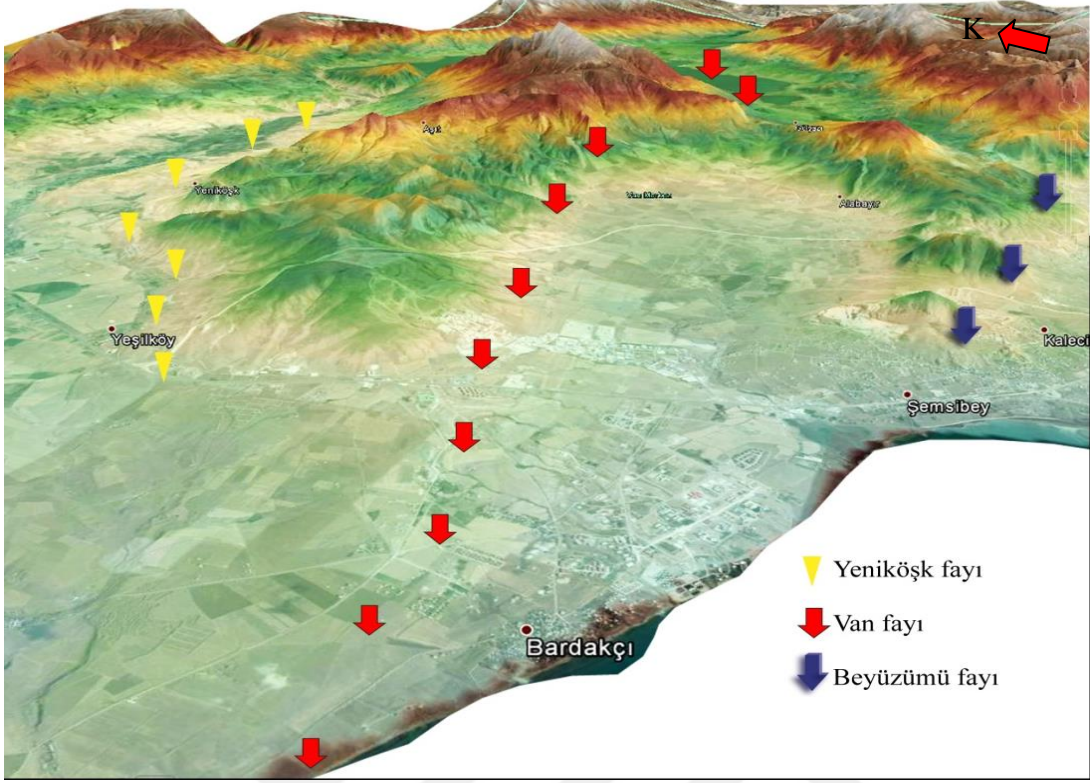
Van Fay Zonu (VFZ), bölgede birden fazla büyük depremin oluşmasına neden olmuştur, örneğin Tabanlı (Van) depremi Mw 7.2, 23 Ekim 2011 (KOERI, 2011). Ulusal ve uluslararası sismoloji istasyon verilerine göre, Tabanlı (Van) depremi 16 km derinlikte, Van ilinin 30 km kuzeyinde meydana geldi ve yüzeyde 15 cm'lik bir düşey yer değiştirmeye neden olmuştur. Tarihsel ve aletsel dönem kayıtları göstermiştir ki, Türkiye'de son 100 yıl içerisinde bindirme fayına bağlı olarak 7 ve üzerinde iki deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin, hem bölge hem de Türkiye için farklı ve araştırılması gereken bir konu olduğu farklı araştırmacılar tarafından öne sürülmüştür (Koçyiğit, 2013; Doğan ve Karakaş, 2013).

Van Fay Zonu 70 km uzunluğunda,  $35^\circ$  ile kuzeybatıya eğimli, yaklaşık  $K70^\circ B$  doğrultulu bir bindirme fayıdır (Şekil 3.11) (Akyüz ve ark., 2011; Emre ve ark.,

2011; Koçyiğit, 2013; Mackenzie ve ark., 2016). İki farklı segmentten oluşmaktadır; batı segmenti ve doğu segmenti. Batı segmenti, batıda Bardakçı köyünden başlayıp doğuda Aşıt köyüne kadar D-B ile  $K70^{\circ}B$  arasında değişen doğrultulara sahiptir. Batı segment bazı kesimlerde, Van Formasyonu'nu (Miyosen) ile eski göl çökelleri (Pleyistosen) arasında tektonik dokanak oluşturmaktadır. Doğu Segment, Batıda Gedelova köyünden başlayarak doğuda Erçek Gölünün güneyine kadar uzanmaktadır. Genel olarak Van Formasyonu içerisinde morfolojik olarak takip edilmektedir. Bazı alanlarda batı segmentinde olduğu gibi iki birim arasında (Van Formasyonu ile göl çökelleri) tektonik dokanak oluşturur. Van Fay Zonu aynı zamanda Van ilinin de yer aldığı Evrek Alt Havzası olarak adlandırılan Havzanın kuzey kenarını kontrol etmektedir. Bazı araştırmacılar Van Fay Zonu fayının ters fay olduğunu iddia ederken (Koçyiğit., 2013) bazı araştırmacılar bu fayın bir kör bindirme olduğunu ifade etmektedirler (Özkaymak ve ark., 2011).

### 3.2.2. Yeniköşk Fayı (YF)

Yeniköşk fayı Van ilinin kuzeyinde bulunan Yeşilköy köyünden başlayarak doğuda Kasımoğlu köyüne kadar uzanmaktadır. İlk defa Emre ve ark., (2013) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritasında tanımlanmıştır. YF fayı yaklaşık olarak 13 km uzunluğunda güneye doğru eğimli bir bindirme fayıdır (Şekil 3.11). Genel doğrultusu D-B ile  $K80^{\circ}B$  arasında değişmektedir. Doğrultusu boyunca doğuda temel kayalar ile Pliyosen-Pleyistosen yaşlı çökeller arasında tektonik dokanak oluşturmaktadır. Batıda ise Pliyosen-Pleyistosen yaşlı çökeller içerisinde morfolojik olarak takip edilmektedir. Bu alanda bulunan akarsu çökelleri deformasyona uğramış, faylanmış ve birçok yerde kıvrımlanmıştır. Aynı zamanda Yeniköşk fayı, Karasu Alt Havzası'nın güney kenarını denetlemektedir. Bu yamaçta oluşan ani eğim kırılmaları fayın morfolojik olarak aktif olduğunun kanıtı durumundadır.



Şekil 3.11. Van Gölü Doğusunda yer alan aktif fayların sayısal yükseklik modeli üzerindeki görünümü (Google Earth).

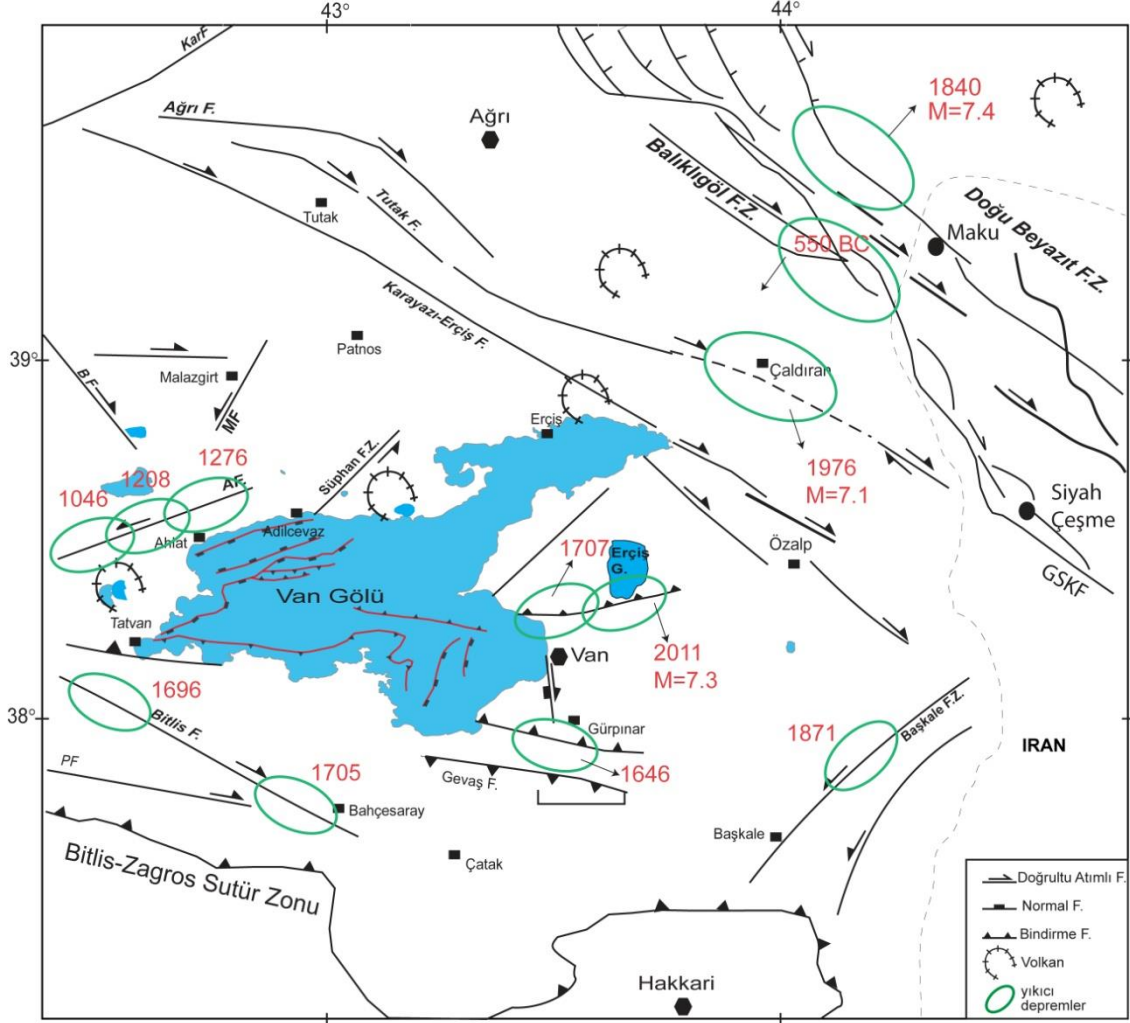
### 3.3. Van Gölü Havzasının Depremselliği

#### 3.3.1. Tarihsel depremler

Van Gölü Havzası, eski medeniyetler tarafından da yerleşim alanı olarak kullanılan bir bölge konumdadır. Bu durum Havzayı etkileyen tarihsel depremlerin ortaya konulmasında önemli bir kaynak sağlamaktadır. Van Gölü Havzasında meydana gelen tarihsel depremler farklı araştırmacılar tarafından çalışılmış ve bu depremler katalog haline getirilmiştir (Ergin ve ark., 1967; Soysal ve ark., 1981; Ambraseys ve Finkel., 2006; Tan ve ark., 2004; 2008) (Şekil 3.12).

Van Gölü Havzası içerisinde tarihsel dönemlerde birden fazla yıkıcı deprem meydana gelmiştir. 1101-1900 yılları arasında orta-çok şiddetli (V-X) 13 farklı depremden bahsedilmektedir (Ambraseys ve Finkel., 1995, Çizelge 3.1). 1101, 1894 ve 1900 Van depremleri ile birlikte, 1111 yılında IX şiddetinde ve 17. Yüzyılın başlarında meydana gelen ve bir deprem dizisi şeklinde 2-3 yıl sürdüğü bildirilen VII-VIII

şiddetlerindeki depremlerin merkez üstü (episantr) noktası Van şehri merkezi olarak belirtilmektedir. Van Gölü Havzasının batı ve kuzeyinde birçok volkanik alan bulunmaktadır. Özellikle bu alanda meydana gelen depremlerin kaynağının volkanik aktivite ile ilişkilendirilmiştir (Ambraseys ve Finkel., 1995).



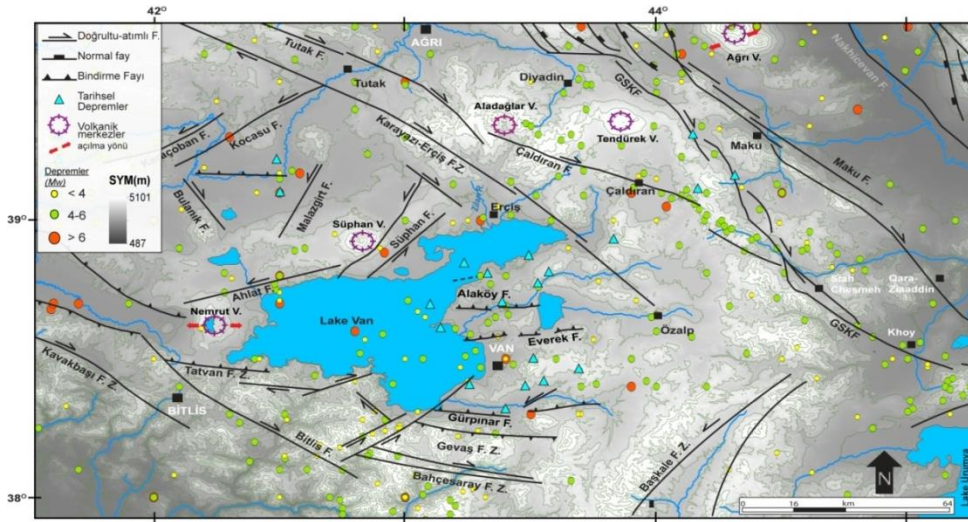
Şekil 3.12. Van Gölü Havzası ve çevresinin etkileyen tarihsel depremler (faylar, Koçyiğit ve ark., 2001; Emre ve ark., 2013; Çukur ve ark., 2014; tarihsel depremler: Ambraseys., 2001).

Tarihsel kayıtlarda Van İli'nin eski adı Vaspaskuran ile arandığı zaman, özellikle bu bölgeyi etkileyen 1646, 1707 ve 1896 depremlerinden bahsedilmektedir (Ambraseys., 2001; Şekil 3.12). Bu depremlerin can kayıplarına neden olduğunu ve özellikle o zaman yer alan kiliselerde ciddi hasarlara neden olduğu belirtilmiştir (Ambraseys., 2001). Bu depremlerden bazılarının artçı sarsıntılarının üç ay kadar

sürdüğünü ve bu artçı sarsıntılar sebebi ile toprak kaymaları meydana geldiği ifade edilmiştir.

### 3.3.2. Aletsel dönem depremleri

Van Gölü Havzası içerisinde aletsel dönem içerisinde (1900-2011) büyüklükleri 4.0'dan fazla olan 87 deprem kayıt edilmiştir. Çaldıran depremi ( $M_w 7.3$ ) ve Van depremi ( $M_w 7.2$ ) bölgede meydana gelen ve büyüklükleri 7.0'dan büyük olan iki depremdir (Şekil 3.13). Van Gölü Havzasını kuzeyden sınırlayan Çaldıran Fayı 1976 yılında,  $M_w 7,3$  büyüklüğünde deprem üretmiştir. Bu deprem, bölgede yaklaşık 5000 can kaybına ve 10.000'den fazla evin yıkılmasına neden olmuştur. Van Gölü Havzasının doğu kesiminde meydana gelen depremlerin (1988, 1999, 2000, 2001, 2003) odak mekanizma çözümleri genellikle eğim atımlı ters faylanmayı işaret etmektedir. (REDPUMA., 2003; EMSC., 2011; KOERİ., 2011; TÜBİTAK., 2011; USGS., 2011). bununla birlikte Havzanın kuzey ve batı kesimlerinde ki odak mekanizma çözümleri, depremlerin pek çoğunun doğrultu atımlı fayların kırılması sonucu meydana geldiğini göstermektedir (REDPUMA., 2003; EMSC., 2011; KOERİ., 2011; TÜBİTAK., 2011; USGS., 2011). Depremlerin büyük bir bölümü baskın olarak kabuğun 10 km kısmında meydana gelen sığ olaylardır (Görür ve ark., 2015).



Şekil 3.13. Van Havzası ve civarının sismo-tektonik haritası (faylar: Koçyiğit ve ark., (2001) ve Karakhanian ve ark., (2004), Sismik veriler: Ergin ve ark., (1967); Soysal ve ark., (1981); Ambraseys ve Finkel (1995); Tan ve ark., (2008).

Çizelge 3.1 Van Gölü Havzasındaki tarihsel dönem depremleri (Açıklama bölümünde parantez içerisinde verilen rakamlar kaynak numaralarını göstermektedir. (1) Ergin ve ark., 1967; (2) Soysal ve ark., 1981; (3) Ambraseys ve Finkel., 2006; (4) Tan ve ark., 2008. (M) Büyüklük; (I) Şiddet

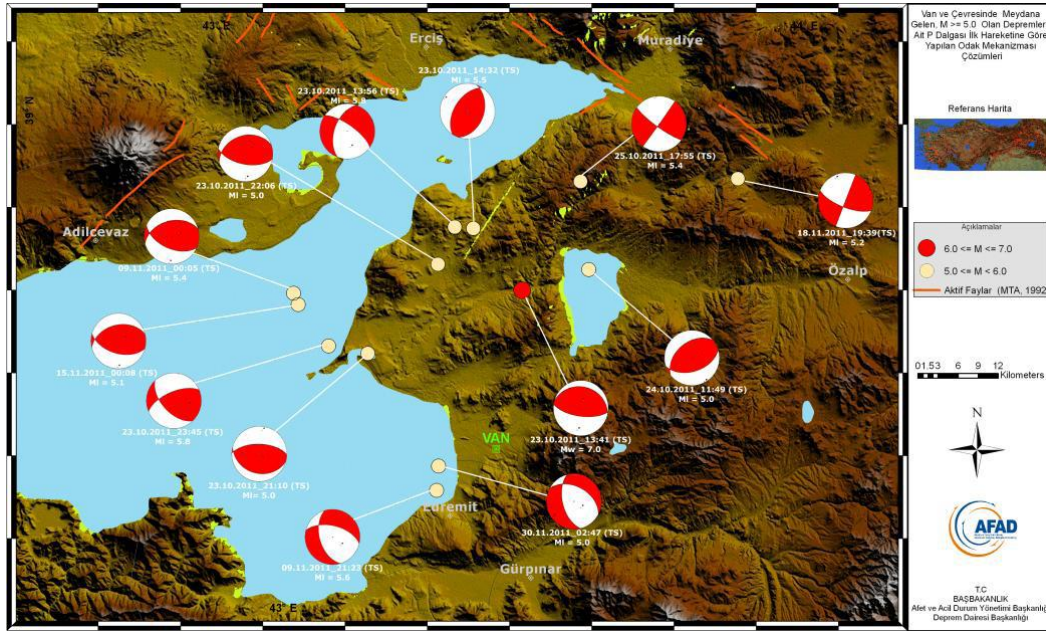
Tarih	Enlem	Boylam	M	I	Açıklama-Etkilenen Bölgeler
1101	38.47	43.3	?	VI	Van (1)
1111	38.5	43.4	6.6	IX	Van (1,2,4)
1208	38.7	42.5	6.5	?	Ahlat, Van, Bitlis, Muş (4)
1245	38.7	42.5	5	VII	Ahlat, Van, Bitlis, Muş (1,2,4)
1275	38.8	42.5	6.8	-	Ahlat, Van (4)
1276	38.9	42.9	5	VIII	Ahlat, Erciş, Van (1,2,4)
1282	38.9	42.9	5	?	Ahlat, Erciş (2,4)
1439	38.6	42.3	?	VI	Van, Bitlis, Muş, Nemrut Bölgesi (1,2,4)
1441	38.3	42.1	5	VIII	Van, Bitlis, Muş, Nemrut Bölgesi (1,2,4)
1646	38.3	43.7	5	VI	Van (3,4)
1647	39.15	44	?	IX	Van, Tebriz, Muş, Bitlis (2,4)
1648	38.3	43.5	6.8	VIII	Hoşap, Van (2,3,4)
1696	39.1	43.9	7.1	IX	Van (4)
1701	38.5	43.4	5	VIII	Van (1,2,3)
1715	38.4	43.9	6.7	VIII	Van, Erciş (1,2,3,4)
1791	39	43.7	?	VI	Van, Tebriz, Erzurum (1)
1871	38	43	6.9	VII	Van (1,2,4)
1881	38.5	43.3	7.3	X	Van, Bitlis, Nemrut bölgesi (2,4)
1894	38.47	43.3	-	V	Van (2)
1900	38.47	43.3	5.2	VI	Van (2)

### 3.3.3. Van Fay Zonu ve Yeniköşk Fayının depremselliği.

Son yıllarda yapılan çalışmalar göstermektedir ki, tarihsel depremler bir bölgenin deprem tarihini anlamakta önemli araçlardan birini oluşturmaktadır. Tarihsel depremleri anlatan birçok kaynak toplanarak veri katalogu haline getirilmiştir (örneğin Catalogue of Earthquakes). Bu kataloglardan yapılan taramalar sonucunda Van Fay Zonu veya Yeniköşk Fayı'ndan kaynaklanması muhtemel üç farklı tarihsel deprem

olduğu görülmüştür. Bu depremler 1692, 1701 ve 1896 depremleridir. Bu depremlerin şiddetli olduğu belirtilmiş olup, önemli can ve mal kaybına neden olduğu ifade edilmiştir (Ambraseys., 2009).

Aletsel dönem içerisinde Van Fay Zonu ve Yeniköşk fayları üzerinde orta-yüksek şiddetli birden fazla deprem meydana gelmiştir. Bunlardan en önemlileri 2011 yılında meydana gelen Tabanlı depremidir (Şekil 3.14).



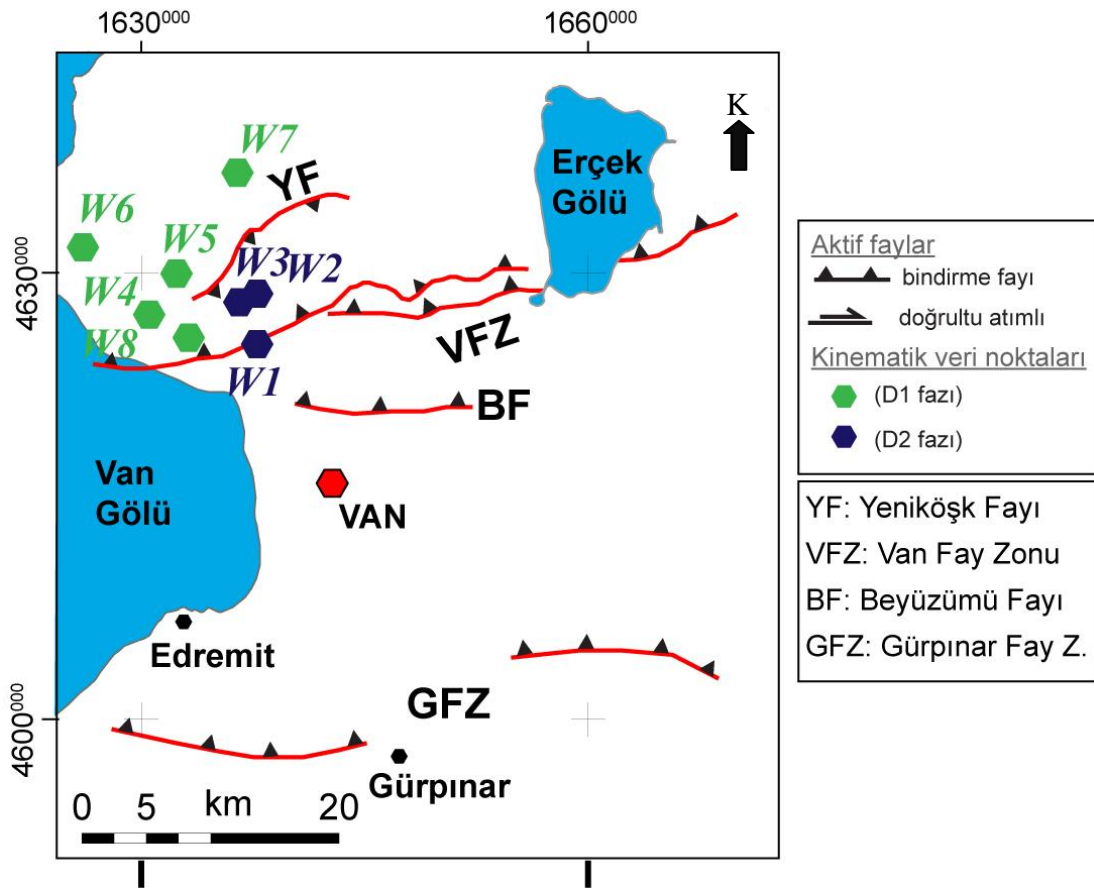
Şekil 3.14. 2011-2013 yılları arasında Van Gölü Doğusunda meydana gelen  $M_w=7.0$  ve  $M \geq 5$  büyüklüğünde depremlerin odak mekanizması çözümleri (P dalgası ilk hareket yönüne göre) (AFAD., 2011).





#### 4. KİNEMATİK VERİLER

Van Fay Zonu ve Yeniköşk Fayının kinematik özelliklerini ortaya çıkarmak için her iki fay boyunca arazi çalışmaları yapılmıştır. Farklı yaş ve litolojiden 8 lokasyondan kinematik veri derlenmiştir (Şekil 4.1). 51 farklı fay düzlemi ve bu fay düzlemleri üzerindeki kinematik veriler ölçülmüştür. Bu kinematik veriler aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

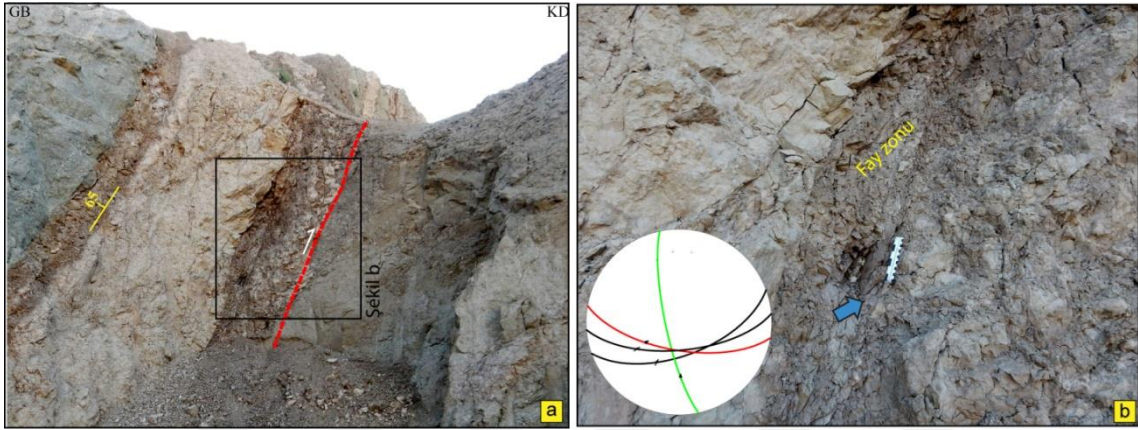


Şekil 4.1. Van Fay Zonu ve Yeniköşk Fayı ve civarı boyunca yer alan kinematik gözlem noktaları.

#### W-01 Organize Sanayi

Yeni organize sanayi bölgesi (38.59D / 43.31K) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi doğusunda yeni inşa edilmeye başlanmıştır. İnşaat sebebiyle birden fazla yarma ve temel çukur açılmıştır. Kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı ardalanmasından meydana gelen Eski

karasal çökeller bu alan içerisinde yaygın bir şekilde yüzeylemektedir (Şekil 4.2a). Tabakalar  $25^{\circ}$  ile  $75^{\circ}$  arasında değişen açılarla güneye doğru eğimlenmişlerdir. Oluşturulan bu yarmalarda ters faylanmalar bulunmaktadır (Şekil4.2b). Fay zonları kil seviyeleri ve killerin yapraklanması ile karakteristiktir. Açılan kademeli yarmalarda 6 farklı fay düzlemi ölçülmüş olup, 8 adet fay düzleminde fay çizizi ölçümü yapılmıştır (Çizelge4.1). Normal fayların genel doğrultuları  $K40-50^{\circ}D$  arasında değişirken, ters fayların doğrultuları  $K80^{\circ}B$  ile  $D-B$  arasında değişmektedir.



Şekil 4.2a. Kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı içerisinde gelişmiş doğrultu atımlı faylanma, b. 50 cm genişliğindeki fay zonu

Çizelge 4.1. W-01 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler

No	Eğim yönü	Eğim	Sapma	QF	Wt	Fayın türü
1	164	60	270	4	1	Sol yanal-Ters
2	190	65	58	4	1	Ters
3	160	56	271	4	1	Ters
4	186	61	55	4	1	Sol yanal-Ters
5	168	60	275	4	1	Sol yanal-Ters
6	191	66	60	4	1	Ters
7	162	54	271	4		Ters
8	188	61	57	4		Sol yanal-Ters

### **W-02/03 Eski hastane temeli**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesine ait eski hastane temeli 2008 yılında açılmış ve açılan zemin profili incelendiğinde kayaçlarda yoğun bir deformasyon olduğundan dolayı bu alana yapılmasından vazgeçilmiştir. 21 Ekim 2011 yılında meydana gelen

Van-Tabanlı depreminde bu alanda yer alan temel üzerinde yüzey deformasyonları meydana gelmiştir. Tabanlı Depremini yaratan Van Fay Zonu'nun bu alandan geçtiği ifade edilmiştir (Emre ve ark., 2011) Bu nedenden ötürü alanda detaylı arazi çalışmaları yapılmıştır.

Hastane temelinin alt kotlarında belediye asfalt şantiyesi (38.60D / 43.29K) bulunmaktadır. Eski karasal çökeller, kumtaşı-kiltaşı-konglomera ardalanması ile devam etmektedir. Tabakalar 62° ile güneydoğuya doğru eğimlenmiş olup, eğim atımlı ters faylar tarafından kesilmişlerdir (Şekil 4.3a).

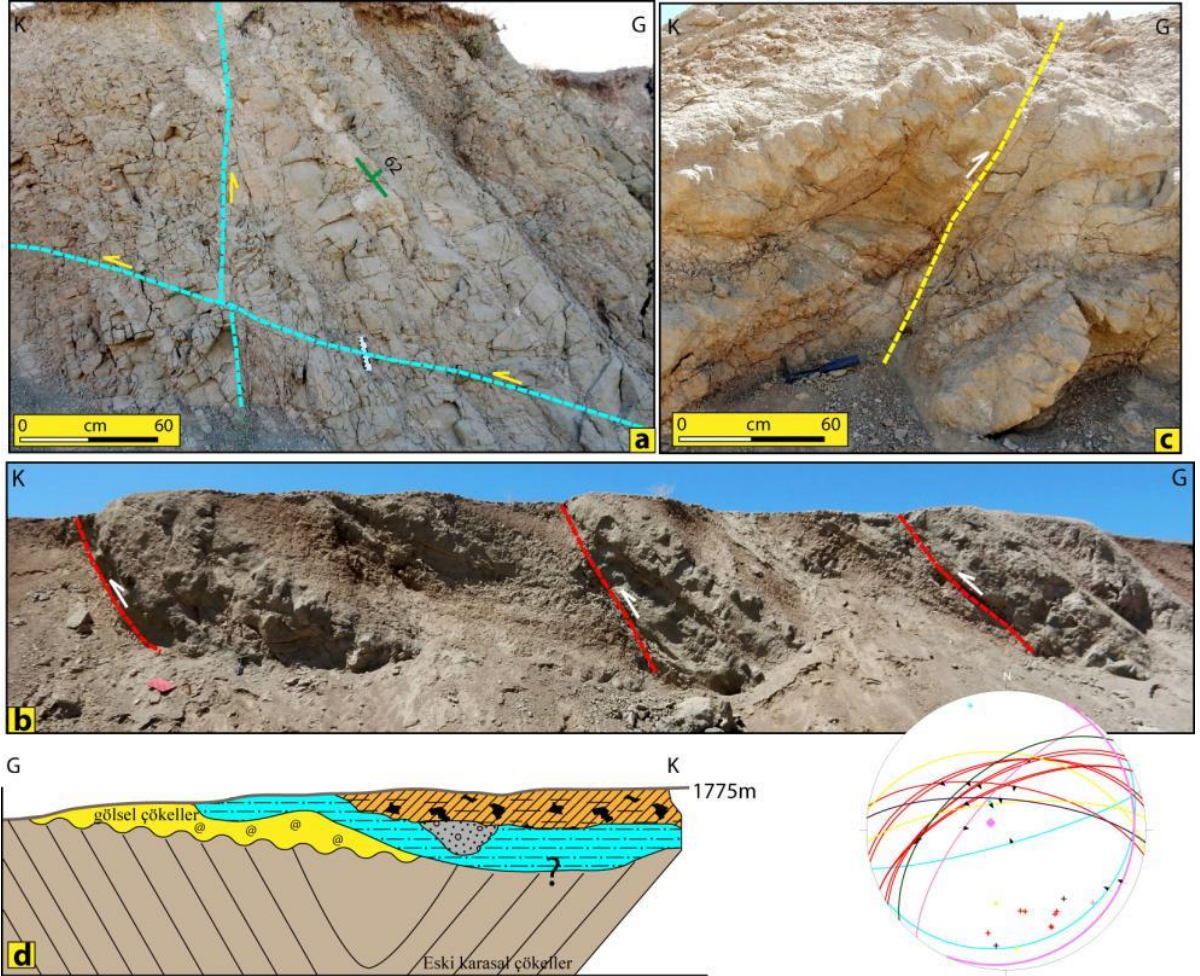
Hastane temeline gelindiğinde alt seviyelerde karasal çökeller 50° ile kuzeye doğru eğimlenmiştir. Çökelin üst seviyelerinde bulunan kumtaşları içerisinde fosilli bir seviye bulunmaktadır. Karasal çökellerin üzerine Kuvaterner yaşlı Van Gölü Formasyonu olarak tanımlanan kumlu ve fosilli seviyeler uyumsuz olarak gelmekte ve 15° kuzeye doğru eğimlendikleri görülmektedir (Şekil 4.3d). Göl çökellerinin üzerine akarsu kanalı ile yeniden işlenmiş volkanik seviyeler gelmektedir. Kumtaşı-kiltaşı ve konglomera ardalanmasından meydana gelen akarsu çökelleri birden fazla eğim atımlı ters fay tarafından kesilmiştir (Şekil 4.3b, c). Bu fayların genel doğrultuları birbirlerine yaklaşık paralel olup 30 ila 100cm arasında değişen ötelenmelere neden olmuşlardır. Bu lokasyonda 30 farklı noktadan fay düzlemi ölçümü yapılmış, 20 adet fay düzleminde fay çizdiği ölçümü yapılmıştır (Çizelge4.2). Tüm faylar eğim atımlı ters fay olup, yaklaşık doğrultuları D-B ile K80-85°B arasında değişmektedir.

Çizelge 4.2. W-02-03 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler

No	Eğim yönü	Eğim	Trend	QF	Wt	Fayın Tipi
1	150	60	19	4	1	Sol-Ters
2	165	82	165	4	1	Normal
3	145	55	16	4	1	Sol-Ters
4	160	78	160	4	1	Normal
5	150	60	101	4	1	Sol-Ters
6	165	82	165	4	1	Normal
7	145	55	16	4		Sol-Ters
8	160	78	3	4		Ters

Çizelge 4.2 (devamı). W-02-03 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler

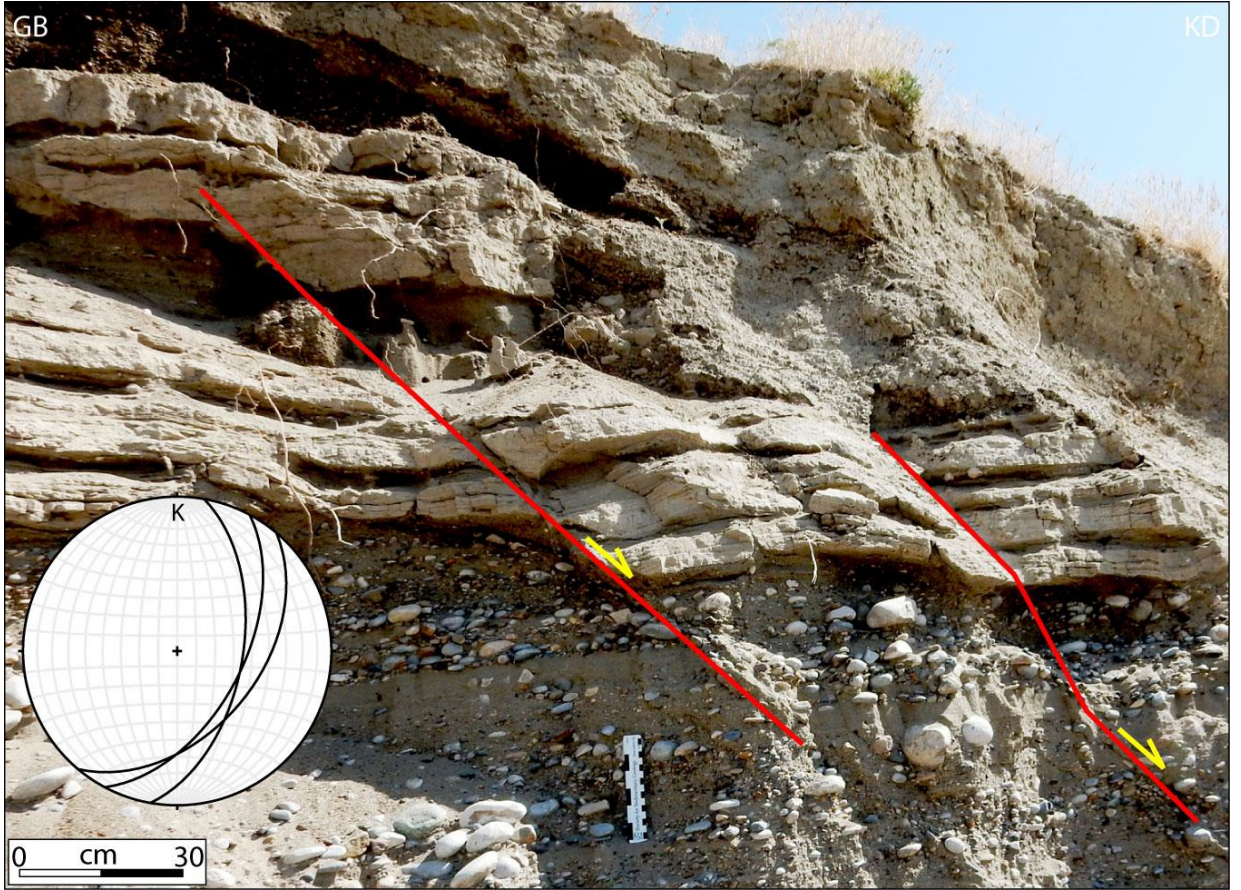
No	Eğim yönü	Eğim	Trend	QF	Wt	Fayın Tipi
9.	350	49	199	4	1	Sol-Ters
10	330	50	150	4	1	Ters
11	10	64	190	4	1	Ters
12	328	58	214	4	1	Sol-Ters.
13	335	66	226	4 <td 1	Sol-Ters.	
14	347	50	209	4	1	Sol-Ters
15	310	70	168	4	1	Sol-Ters
16	335	65	187	4	1	Sol-Ters
17	8	44	194	4	1	Ters
18	335	74	182	4	1	Ters
19	115	10	295	4	1	Ters
20	345	54	182	4	1	Ters



Şekil 4.3 a. Belediye asfalt şantiyesi yarmasındaki eğim atımlı ters faylar, b. Hastane temelindeki birbirine paralel gelişen ters faylar, c. ters faylarda meydana gelen 70 cm ötelenme ve d. birimlere ait enine jeolojik kesit (ölçeksiz).

**W-04 (Topaktaş köyü)**

Topaktaş köyü civarında akarsu kanal çökelleri, göl çökelleri ardalanmalı olarak devam etmekte ve bunları akarsu kanal çökelleri kesmektedir. İstifin en üst seviyesini 2,5 m kalınlığa sahip akarsu çökelleri meydana getirmektedir. Kanal çökellerinin taneleri iyi yuvarlaklaşmış ve genel olarak mermer-ofiyolit çakıllarından meydana gelmektedir (Şekil 4.4). Göl çökelleri ince katmanlanmalı kumlu seviyelerden oluşmaktadır. İstifin en üst seviyesinde kaba çakıllı yamaç molozu bulunmaktadır. İstif eğim atımlı normal faylar tarafından kesilmiştir. Ancak faylanma en üst seviyede yer alan kaba çakıllı seviyeyi etkilememiştir. Üç farklı fay düzlemi ölçülmüş olup, birim çakıllı olduğundan dolayı herhangi bir fay çizgisi tespit edilememiştir.



Şekil 4.4. Pleyistosen yaşlı akarsu-göl çökelleri içerisinde gelişen normal faylanma.

### **W-05 (Topaktaş Köyü)**

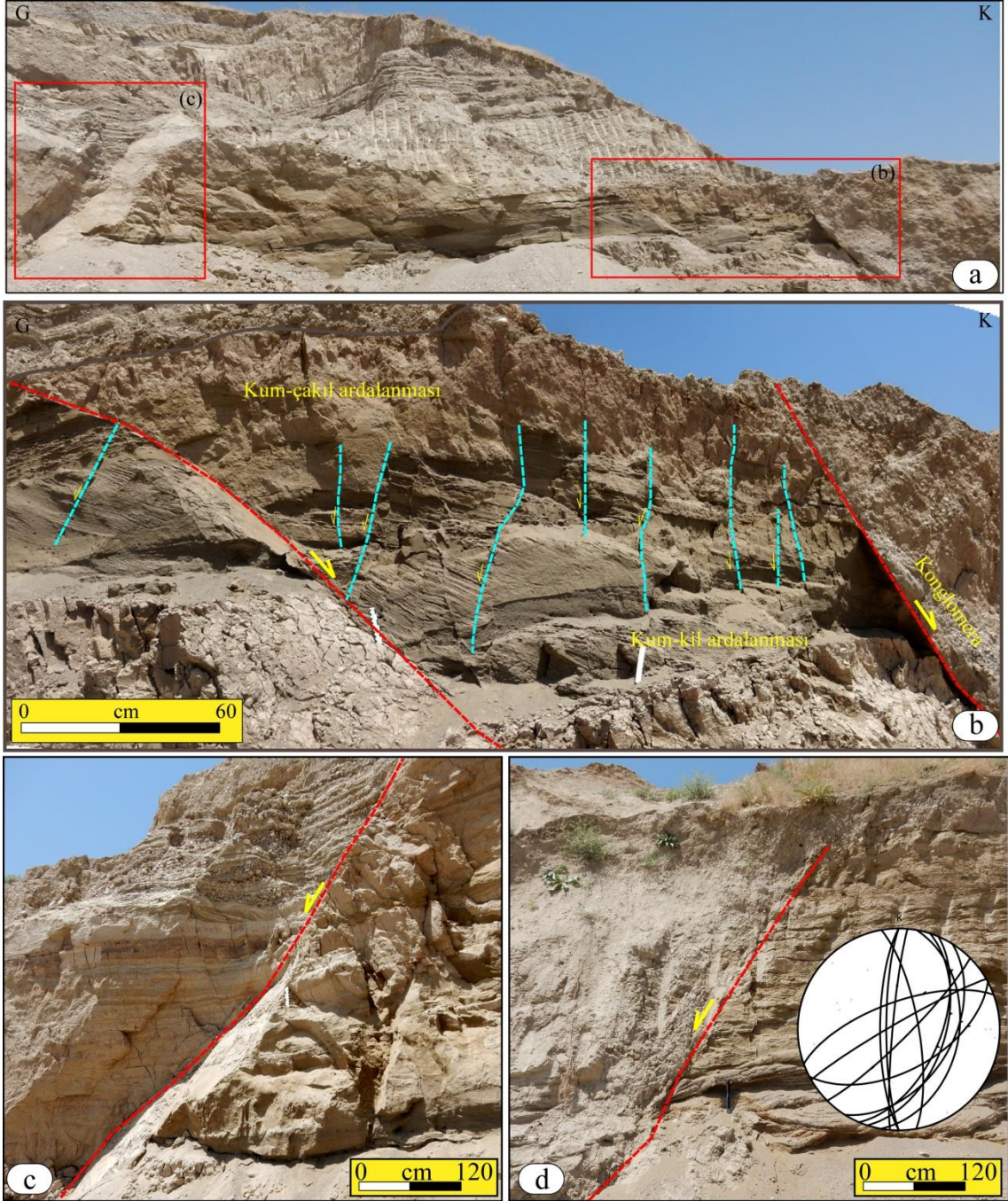
Topaktaş lokasyonu 38.60 D/ 42.60 K koordinatlarında yer almaktadır. Topaktaş köyünün kuzeyinde bulunan bu doğal yarmada göl çökelleri ile akarsu çökelleri bulunmaktadır (Şekil 4.5a). Van Gölü'ne ait bu taraça çökelleri 1690-1700 seviyesinde bulunmaktadır. Kuzucuoğlu ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada Van Gölünün taraça seviyesinde T2" seviyesine denk geldiği görülmektedir.

Birim kumtaşı-kiltaşı-marn-konglomera ardalanmasından oluşmaktadır. Bu lokasyonda 13 fay düzlemi üzerinde ölçümü yapılmıştır. Düzlemlerden 7'si üzerinde fay çiziği ölçümü yapılmıştır (Çizelge4.3). Baskın olarak normal faylanmanın olduğu alanda sol/sağ yönlü oblik faylanmalarda bulunmaktadır. Ana faylarda ortalama düşey atım 1,5-4 m arasında değişmektedir (Şekil 4.5b, c ve d). Ana faylara eşlenik gelişen ikincil faylarda bu düşey atım 15-20 cm arasında değişmektedir.

Topaktaş lokasyonu Van Gölünün doğusunda yer alan önemli lokasyonlardan biri konumundadır. Çünkü bu alanda birçok noktada açılan doğal veya yapay yarma olmasına rağmen kinematik veri tespit edilememiştir. Ayrıca ana fayda meydana gelen 4 m düşey ötelenme ve en üst seviyede bulunan çakıllı biriminde etkilenmesi, fayın Holosen aktivitesine bir kanıt durumundadır.

Çizelge 4.3. W-05 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler

No	Eğim yönü	Eğim	Sapma	QF	Wt	Fayın Tipi
1	113	56	113	4	1	Normal
2	275	85	2	4	1	Normal-Sağ
3	100	40	43	4	1	Normal-Sol
4	11	46	331	4	1	Sol- Normal
5	152	56	87	4	1	Normal-Sol
6	135	82	219	4	1	Normal-Sol
7	340	68	58	4	1	Normal-Sol



Şekil 4.5 a. Topaktaş lokasyonunun genel görünümü, b. Alaköy Formasyonunu kesen ana ve ikincil gelişen normal faylar ve c-d. Üst seviyelerde Pleyistosen birimleri kesen normal faylar.

### W-06 Atmaca

Atmaca lokasyonu, Atmaca Köyünün kuzeyinde 38.67D/43.28 K koordinatlarında bulunan doğal bir yarımadır. İstif alt seviyelerinde fosilli-kumlu bir seviye ile başlamakta ve üst seviyelere doğru iyi yıkanmış fan-delta çökellerine geçiş

yapmaktadır. Fan-delta çökellerinin çakılları tek-tip olup, kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Şekil 4.6). Sağ yanal doğrultu atımlı bileşenli normal faylar tarafından kesilmiş istifte, düşey atım 15-20 cm arasında değişmektedir (Şekil 4.6). Genel doğrultuları D-B arasında olan fay düzlemlerinde, sadece 8 fay çizgisi tespit edilebilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. W-06 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler

No	Eğim yönü	Eğim	Trend	QF	Wt	Fayın Tipi
1	340	78	248	4	1	Normal-Sağ
2	168	90	78	4	1	Normal-Sağ
3	70	78	338	4	1	Normal
4	190	90	100	4	1	Normal-Sağ
5	345	80	250	4	1	Normal
6	166	88	75	4	1	Normal-Sağ
7	75	80	340	4	1	Normal
8	192	88	100	4	1	Normal-Sağ



Şekil 4.6. Fan-delta-göl çökelleri içerisinde gelişen normal faylanmalar.

### **W-07 Yumrutepe**

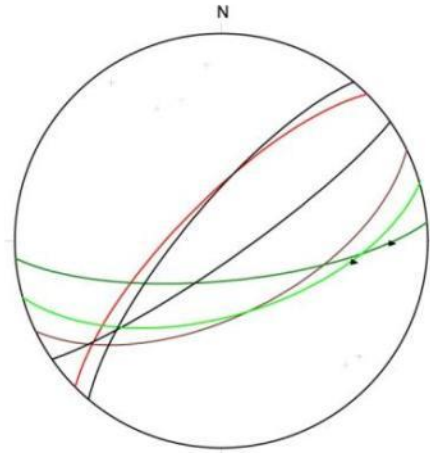
Yumrutepe Köyünün kuzeyinde (38.67D/43.30K) tanımlanan lokasyonda sin-sedimanter faylar bulunmaktadır. Çökel alt seviyesinde 5 cm boyutlarında kaba çakıllı delta çökelleri ile başlamakta, orta seviyelerde kaba kum ve silt araldanması ile devam etmektedir (Şekil 4.7). En üst seviyede ise kaba çakıllı akarsu çökelleri yer almaktadır.



Bu çökel, Eosen yaşlı kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Genel doğrultuları  $K40^{\circ}D$  olan faylar sol yönlü normal faylardır. Bu lokasyonda 12 farklı fay düzlemi ölçümü yapılmış sekizinde fay çizgisi ölçümü yapılabilmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. W-07 lokasyonundan elde edilen kinematik veriler

No	Eğim yönü	Eğim	Trend	QF	Wt	Fayın Tipi
1	315	74	210	4	1	Sol-normal
2	154	60	54	4	1	Normal-sol
3	310	76	197	4	1	Sol-normal
4	145	82	53	4	1	Normal-sol
5	75	75	172	4	1	Normal-Sağ
6	205	60	349	4	1	Sağ-Normal
7	70	75	168	4	1	Normal-Sağ
8	195	82	300	4	1	Sağ-Normal



Şekil 4.7. Akarsu çökellerindeki normal faylanmalar.

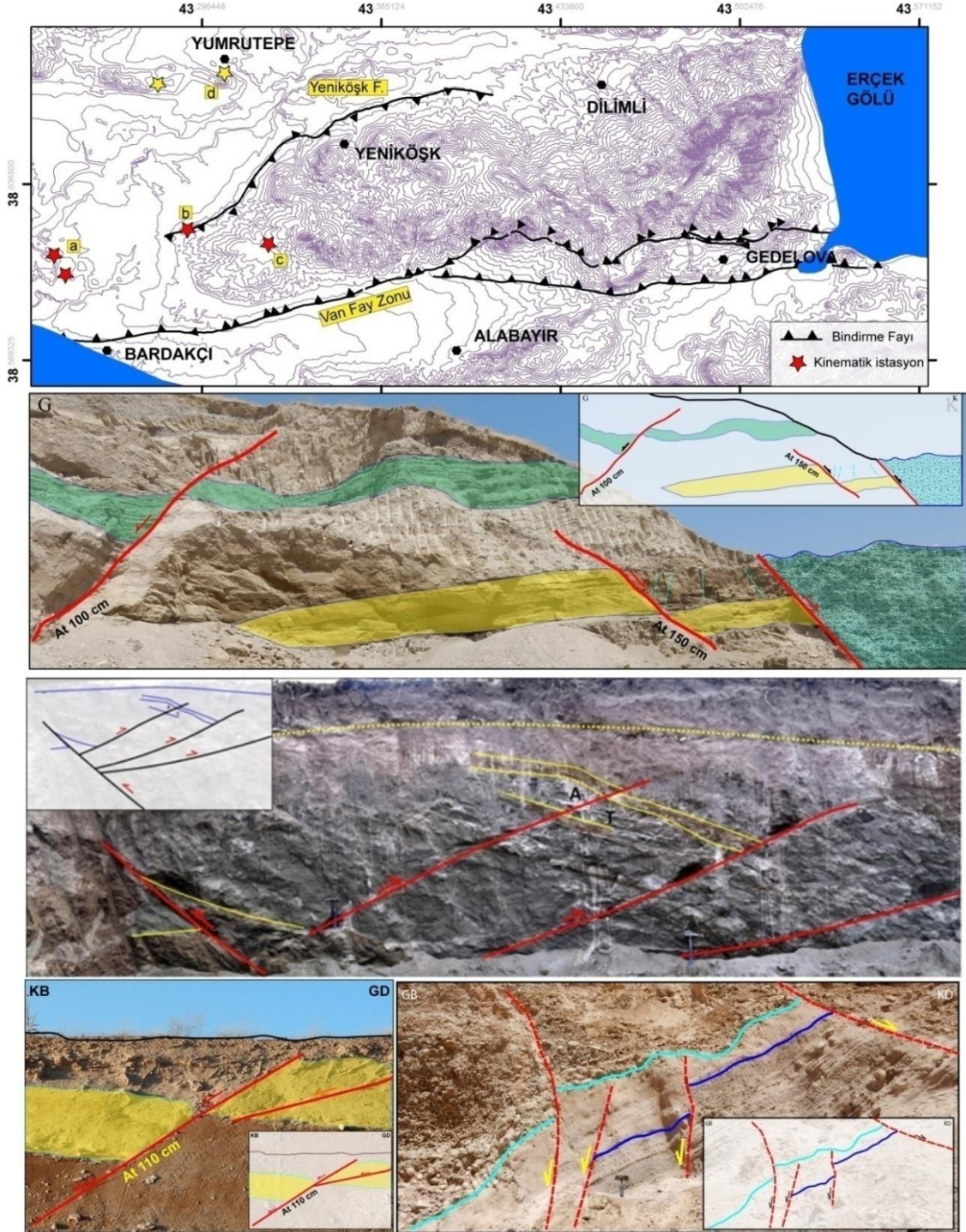
### **W-08 Yumrutepe kum ocağı**

1713 m seviyesinde bulunan eski göl taraça seviyesi (38.67D / 43.31K) Van - Erciş karayolunun 25. km'sinde bulunmaktadır. Yaklaşık 15 m kalınlığa sahip olan bu istifte fan-delta çökelleri ile geçişli olan göl çökelleri genel olarak ince kumlu seviye ile

siltli seviyelerden meydana gelmektedir. Çökeller içerisinde herhangi bir kinematik veri tespit edilmemiştir.

#### **4.1. Kinematik Verilerin Mekansal Sınıflaması (Van Fay Zonu-Yeniköşk Fayı)**

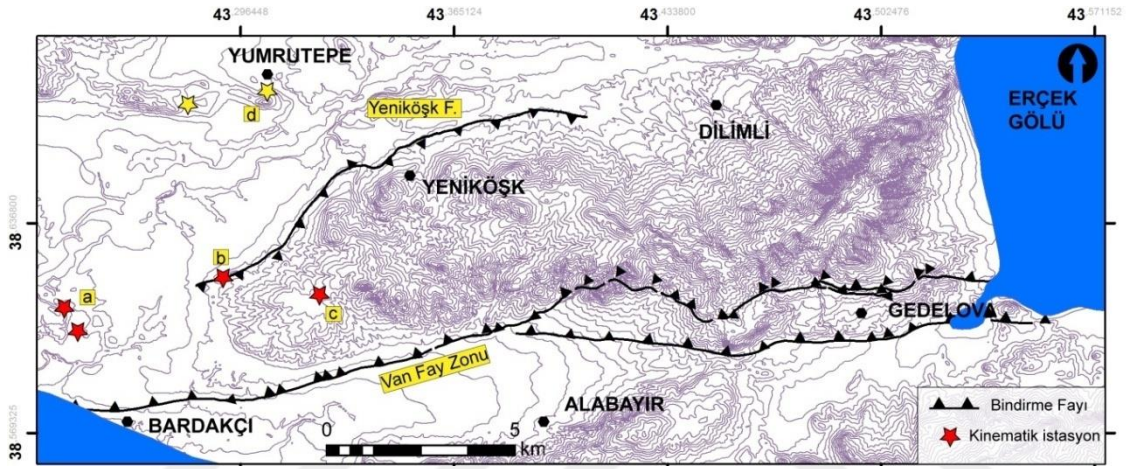
Van Gölü Havzasının doğu kesiminde iki ayrı alt havza bulunmaktadır. Van ilinin bulunduğu bölüm Everek Havzası ve kuzeyi ise Karasu Havzası olarak adlandırılmaktadır (DSİ). Van Fay Zonu Everek Havzasının kuzey kenarını, Yeniköşk Fayı ise Karasu Havzasının güney kenarını kontrol etmektedir. Bu alanda yapılan arazi çalışmalarında altı farklı gözlem noktasından kinematik veri toplanmıştır (Şekil 4.8). Bardakçı köyünün kuzeyinde bulunan Topaktaş köyünde açılan yarmada bölgenin yaklaşık K-G doğrultulu bir fay tarafından denetlendiğini göstermektedir (Şekil 4.8). Baskın olarak normal faylanmanın olduğu alanda sol/sağ yönlü oblik faylanmalarda bulunmaktadır. Ana faylarda ortalama düşey atım 1,5-4 m arasında değişmektedir (Şekil 4.8a). Anadolu lisesi temel kazıları sırasında açılan yarmalarda göl taraça çökellerini kesen bindirme fayları gözlenmiştir (Şekil 4.8b). Bu gözlem noktasında Yeniköşk Fayı net bir şekilde görülmektedir ve toplam atım yaklaşık 80 cm civarındadır. D-B uzanımlı Yeniköşk Fayının kontrol ettiği bölgeden beş farklı gözlem noktası tanımlanmış ve kinematik veri derlenmiştir. İki bindirme fayının oluşturduğu sırt olan Ziyaret sırtı, 2173 m yüksekliğindedir. Sırtın üzerinden Beyüzümü köyüne ulaşan yeni yol çalışması nedeniyle birden fazla yol yarması açılmıştır (Şekil 4.8c). Açılan yol yarmalarında Kuvaterner yaşlı çökellerin genel olarak normal faylanma ile kesildiği ve ortalama ötelenmenin 80 cm ile 120 cm arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.8c). Karasu Havzasının kuzey yamacında bulunan Yumrutepe, eski göl taraça seviyelerinden oluşmaktadır. Bu seviyeler normal faylar tarafından kesilmekte ve 15-30 cm arasında değişen düşey ötelenme miktarlarına sahiptirler (Şekil 4.8d).



Şekil 4.8. Van Fay zonu-Yeni Köşk Fayı alanında yer alan kinematik gözlem noktaları. a. Topaktaş köyü lokasyonu ve normal faylar b. Yeni Köşk fayı ve göl taraça seviyelerini kesen bindirme fayları ve c-d. Kuvaterner çökeller içinde yer alan normal faylanma.

## 4.2. Kinematik Verilerin Zamansal Sınıflaması

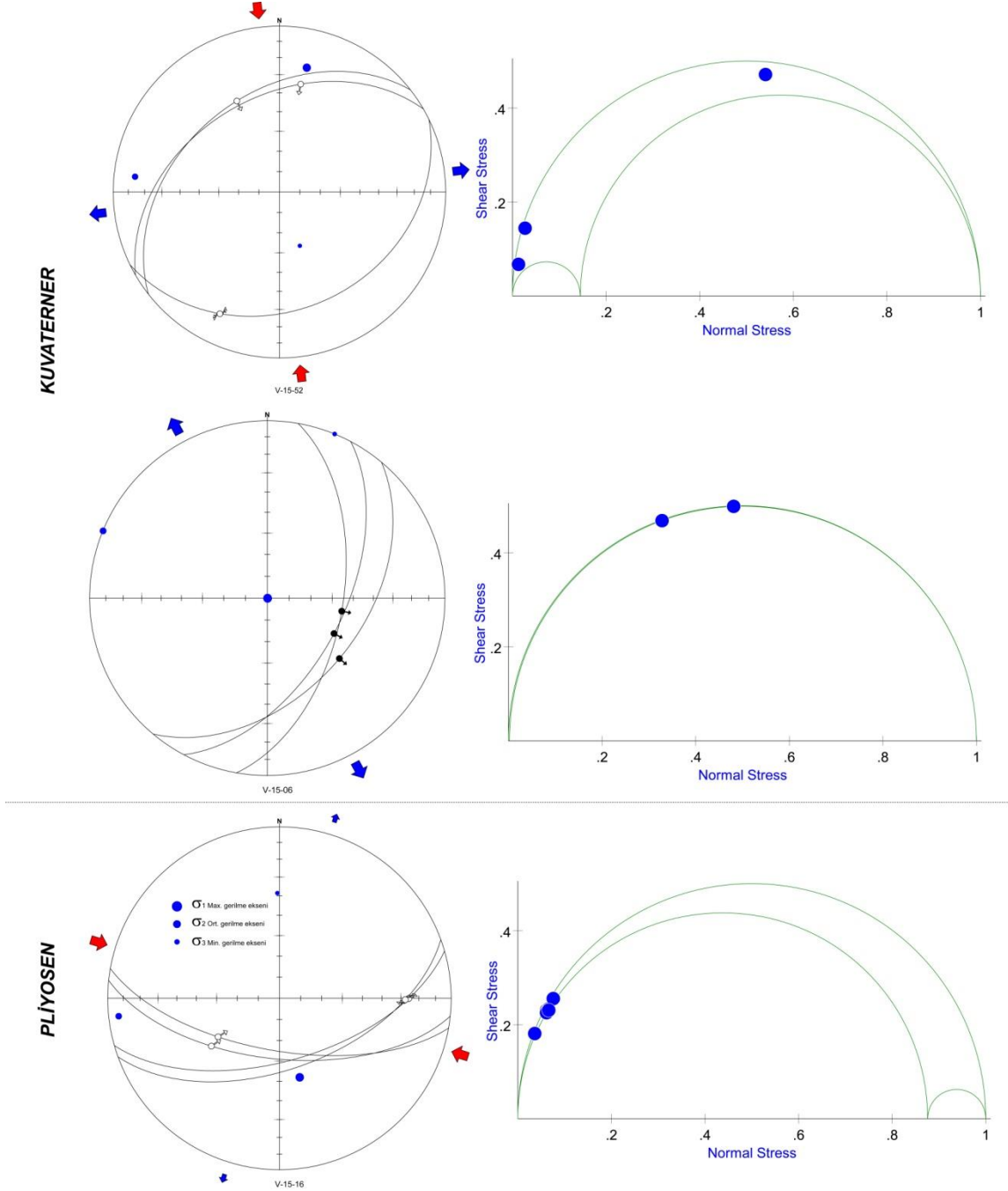
Yapılan arazi çalışmalarında Van Fay zonu boyunca üç farklı noktadan kinematik veri toplanmıştır (Şekil 4.9). Açılan kademeli yarmalarda 6 farklı fay düzlemi ölçülmüş olup, 4 adet fay düzleminde fay çizizi ölçümü yapılmıştır. Normal fayların genel doğrultuları K40-50°D arasında değişirken, ters fayların doğrultuları K80°B ile D-B arasında değişmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Van Fay Zonu -Yeniköşk Fayı alanında yer alan kinematik gözlem noktaları.

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi doğusunda bulunan yeni sanayi sitesinin (W01-02-03) inşasında kademeli olarak açılan yarmalardan ve eski hastane temelinden kinematik veriler toplanmıştır. Bu yarmalarda alınan ölçümler eski akarsu çökelleri (Pliyosen) içerisinden elde edilmiştir. Genel olarak K80°B doğrultulu sıkışma ve K10°D doğrultulu genişleme bileşenleri sunmaktadır. Topaktaş yakınlarındaki iki lokalite de (W 05 - 06) ölçülen normal ve oblik bileşenli faylar KB-GD yönlü açılma göstermektedir. Bu faylar, bölgenin morfolojisine uygun olarak BGB-DKD uzanımlı, gerilme yönlerine göre de sol yönlü bir doğrultu atımlı bir fay kontrolünde gelişmiş olabilir (Şekil 4.10). Van Fay Zonu üzerindeki (W13-52) lokalitesi, göl taraçalarını kesen KD-GB doğrultulu eşlenik ters faylardan oluşmaktadır (Sağlam Selçuk ve ark., 2017). Bu veriler KB-GD yönlü sıkışma vermektedir. Bu bölge aynı zamanda 23 Ekim 2011 7.2 (Mw) Van Depremi'nin de odak noktasına yakındır. Deprem süresince gerçekleşen deformasyonun INSAR yöntemiyle incelenmesi (Elliot ve ark., 2013) depremin bu sahada DKD doğrultuda uzanan kuzeye eğimli bir ters fay tarafından

gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bu önemli aktif fayın geometrisi ve kinematığı, W13-52 lokalitesinde ki verilerle uyum göstermektedir (Şekil 4.10).



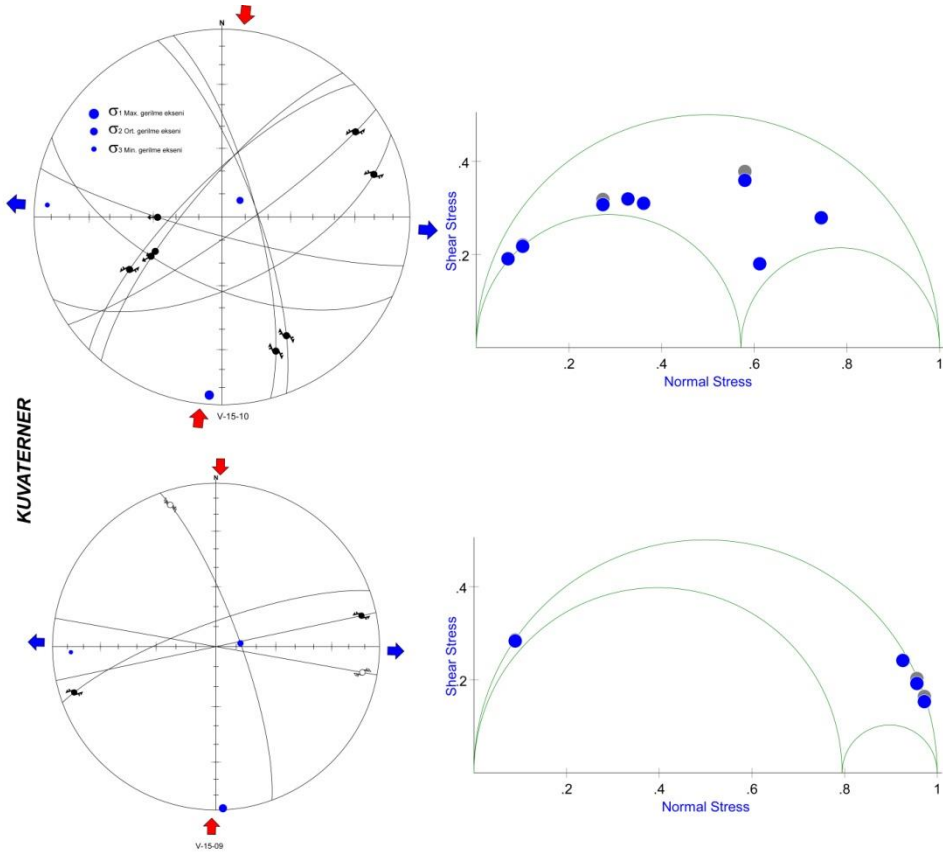
Şekil 4.10. Van Fay Zonu civarından derlenen kinematik verilerinin analizi ve asal gerilme yönleri.

Yeniköşk fayı üzerinde yer alan eski hastane temel kazısı içerisinde birden fazla yarma açılmıştır. Bu lokasyonda 17 farklı noktadan fay düzlemi ölçümü yapılmış, 20

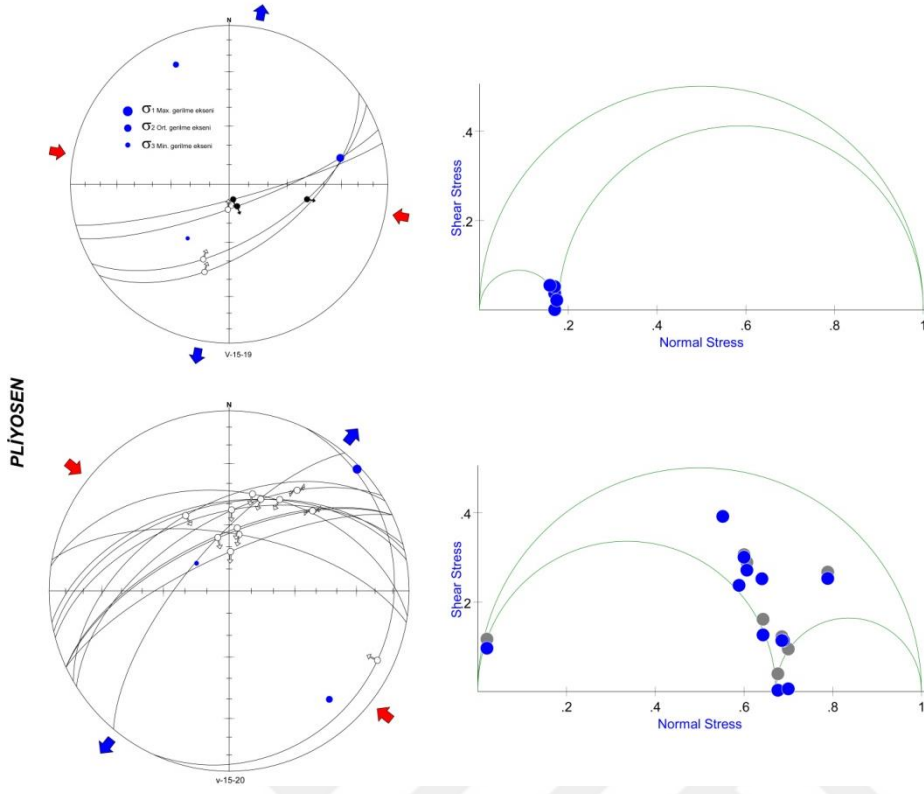
adet fay düzleminde fay çizici ölçümü yapılmıştır. Tüm faylar eğim atımlı ters fay olup, yaklaşık doğrultuları D-B ile  $K80-85^{\circ}B$  arasında değişmektedir (Şekil 4.11).

Anadolu Lisesi temel kazıları sırasında açılan yarmalarda göl taraça çökellerini kesen bindirme fayları gözlenmiştir. Bu gözlem noktasında Yeniköşk fayı net bir şekilde görülmektedir ve toplam atım yaklaşık 80 cm civarındadır. D-B uzanımlı Yeniköşk fayının kontrol ettiği bölgeden beş farklı gözlem noktası tanımlanmış ve kinematik veri derlenmiştir. İki bindirme fayının oluşturduğu sırt olan Ziyaret sırtı, 2173 m yüksekliğindedir. Sırtın üzerinden Beyüzümü köyüne ulaşan yeni yol çalışması nedeniyle birden fazla yol yarması açılmıştır. Açılan yol yarmalarında Kuvaterner yaşlı çökellerin genel olarak normal faylanma ile kesildiği ve ortalama ötelenmenin 80 cm ile 120 cm arasında değiştiği görülmektedir. Karasu Havzasının kuzey yamacında bulunan Yumrutepe, eski göl taraça seviyelerinden oluşmaktadır. Bu seviyeler normal faylar tarafından kesilmekte ve 15-30 cm arasında değişen düşey ötelenme miktarlarına sahiptirler.

Eski hastane temeli (W02-03) inşasında kademeli olarak açılan yarmalardan elde edilen kinematik verilerin analizi  $K50-80^{\circ}B$  arasında sıkışma ve  $K10-40^{\circ}D$  doğrultulu genişleme bileşeni sunmaktadır (Şekil 4.11). Bu yarmalarda alınan ölçümler eski akarsu çökelleri (Pliyosen) içerisinden elde edilmiştir. Yumrutepe lokalitesin de (W-07) ise K-G yönlü sıkışma, D-B yönlü açılma bileşeni vardır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Yeniköşk Fayı civarından derlenen kinematik verilerinin analizi ve asal gerilme yönleri.



Şekil 4.11. (devamı)Yeniköşk Fayı civarından derlenen kinematik verilerinin analizi ve asal gerilme yönleri.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilen bu çalışma ile Van Fay Zonu ve Yeniköşk Fayı'nın tektonik gelişimi, Havzanın çökel ve volkanitleri içerisinde bulunan faylanma verilerinin derlenmesi, kinematik analizi ve zamansal/mekânsal olarak sınıflandırılması yapılmıştır.

Çalışma alanının jeolojisi temel kayalar vekarasal-gösel birimler olmak üzere iki grup altında incelenmiştir. İstifin en altında yer alan Havza temel kayalarından Bakışık karmaşığı, Toprakkale Formasyonu ve Van Formasyonu birbirlerinden tektonik dokanla ayrılır. Bu birimler bölgede yoğun bir deformasyon geçirmişlerdir. Birimlerin üzerine yine uyumsuzlukla Havza çökellerini oluşturan eski akarsu çökelleri gelmektedir. Eski akarsu çökelleri birçok noktada yoğun bir deformasyona uğramış ve eğimlenmişlerdir. Havzanın en genç çökellerinden olan eski taraça çökelleri bütün birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelmektedir.

Van Gölü Havzası tektonik açıdan oldukça aktif bir havzadır. Havzanın jeodinamik evrimi birçok aktif fay tarafından kontrol edilmektedir. Van Gölü Havzası'nın Doğu'sunda yer alan aktif faylardan biride Van Fay Zonudur. Bu fay zonu 2011 yılında meydana getirdiği deprem ile Holosen dönemdeki aktifliğini birkez daha ortaya koymuştur. Bu fay yaklaşık olarak 70 km uzunluğunda, 35° kuzey batıya eğimli, yaklaşık K70°B doğrultulu bir bindirme fayıdır (Akyüz ve ark. 2011; Emre ve ark.2011; Mackenzie ve ark., 2016). Emre ve ark., (2013) yılında yaptıkları çalışma ile Van ilini kuzeyinde yer ala Yeniköşk fayını tanımlamışlardır yaklaşık olarak 13 km uzunluğunda güneye doğru eğimli bir bindirme fayıdır.Genel doğrultusu DB ile K80B arasında değişmektedir.

Bu faylar üzerinde yapılan arazi çalışmaları sonucunda 8 farklı lokasyon belirlenmiştir. Bölgenin Pliyosen-Kuvaterner tektonik gelişimini ortaya çıkarmak için 36 farklı fay düzleminden Kinematik veri elde edilmiştir eski akarsu çökelleri (Pliyosen) içerisinde bulunan doğal yarmalardan üç farklı noktadan kinematik veri sağlanmıştır (W1-W2-W3). Organize sanayi (W2) ve Eski hastane temeli lokasyonlarında bulunan çökeller birden fazla ters fay tarafından kesilmiştir. Analiz edilen veriler göstermektedir ki bölgeyi kontrol eden doğrultu atımlı faylar K80B

sıkışma ve K10D açılma bileşeni sunmaktadırlar. Bu verilerin ışığında bölgede Pliyosen döneminde KB-GD transtensional bir tektonik rejimin hakim olduğu görülmektedir.

Eski göl taraça çökeller içerisinde bulunan doğal yarmalardan 21 farklı fay düzleminden kinematik veriler elde edilmiştir. Bu kinematik verilerden en önemlilerinden biri Topaktaş köyünün güneyinde yer almaktadır. Bu lokasyonda 13 farklı fay düzlemi ölçümü yapılmıştır. Aynı zamanda Erciş yolu üzerinde yapılan Anadolu Lisesi temel kazısında beş farklı fay düzlemi ölçümü yapılmıştır .Bu veriler analiz edildiğinde bölgeyi etkileyen tektonik rejimin KKB- GGD sıkışma ve BGB – DKD açılma doğrultusunda geliştiği görülmektedir. Pleyistosen döneminde doğrultu atımlı sıkışmalı tektonik rejimin hakim olduğu görülmektedir

Bu çalışmanın amacı özetlenecek olursa değişik yaş ve litolojide yer alan jeolojik birimlerden elde edilen veriler sayesinde zamansal ve mekânsal ayırım yapılarak bölgede meydana gelen asal gerilmede ki değişim net olarak saptana bilmiştir. Bu verilere göstermektedir ki Pliyosen döneminde ki sıkışma doğrultusu K40B buna karşın açılma doğrultusu K50D doğrultusundadır aynı zamanda Van Gölü doğusunun Pliyosen döneminde ki tektonik rejimin normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faylanma olduğunu göstermektedir. Pleyistosen dönemine gelindiğinde bölgede hakim olan sıkışma doğrultusunun KKB- GGD olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bölgedeki tektonik rejimin değiştiği ve ters bileşenli atımlı tektonik rejimin etkin olduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Bilgin, A., Elibol, E., Erkal, T., Gedik, İ., Güner, E., Hakyemez, Y., Şen, A., Oğuz, M., Umut, M.; 1991. *Van Gölü Doğu ve Kuzeyinin Jeolojisi*. MTA Rapor No: 9469, Ankara. 94s (yayınlanmamış).
- AFAD; 2011. *Van Depremi (23 Ekim 2011) Raporu*, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara. 81 s.
- Akyüz, S., Zabcı, C., Sancar, T., 2011. *23 Ekim 2011 Van Depremi Hakkında Ön Rapor*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. 25s.
- Aksoy, E., 1988. *Van İli Doğu- Kuzeydoğu Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği* (doktora tezi, basılmamış). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Altiner, Y., Söhne, W., Güney, C., Perlt, J., Wang, R., Muzli M. 2013. A geodetic study of the 23 October 2011 Van, Turkey earthquake. *Tectonophysics*, **588**: 118-134.
- Ambraseys, N., 2009. *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East*. Eighth edition. New York: Cambridge University of Press. 388.
- Ambraseys, N.N. 2001. Reassessment of earthquakes 1900-1999 in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Geophysical Journal International*, **145** (2): 471-487.
- Ambraseys, N.N. Finkel, C., 1995. *The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A historical review, 1500-1800. M.S.* First edition. İstanbul: Eren Yayıncılık. 100.
- Ambraseys, N.N., Finkel, C.F., 2006. *Türkiye’de ve Komşu Bölgelerde Sismik Etkinlikler Bir Tarihsel İnceleme (1500-1800)*, TUBİTAK Akademik Dizi. 252.
- Anderson, E. M., 1951. *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation With Applications to Britain*, Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Angelier, J. 1984. Tectonic analysis of fault slip data sets. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **89** (B7): 5835-5848.
- Angelier, J. 1994. *Fault Slip Analysis and Paleostress Reconstruction*. In: Hancock, P.L. (Ed.), *Continental Deformation*. Oxford: Pergamon Press.
- Arni, P., 1939. *Van Vilayetinin Jeolojisi hakkında rapor*: MTA Rapor, No: 883, Ankara.
- Arpat, E., Şaroğlu, F., İz, H., 1977. 1976 Çaldıran depremi. *Yeryuvarı ve İnsan*, **2**: 29-41.
- Ateş, Ş., Mutlu, G., Özerk, O.Ç., Çiçek, İ., Karakaya Gülmez, F., Bulut Üstün, A., Karabıyıkoglu, M., Osmañealebioğlu, R., Özata, A. ve Aksoy, A., 2007. *Van İlinin Yerbilim Verileri*. MTA, Jeoloji Etüdleri Dairesi, Rapor no: 10961. 152s (yayınlanmamış).
- Aydan, O., Ulusay, R., Kumsar, H., Konagai, K., 2012. *Site Investigation and Engineering Evaluation of the Van Earthquakes of October 23 and November 9, 2011*. Japan Society of Civil Engineers. Technical Report, 143 p.
- Balkaş, Ö., 1980. *Başkale-Gürpınar-Çatak-Van Alanının Jeolojisi ve Petrol Olanakları*, TPAO Rapor no: 1455, Ankara. 123s.

- Blumenthal, M.M., Van der Kaaden, G., Vlodayetz, V.I., 1964. Catalogue of the active volcanoes of the World including solfatara fields: Part XVII Turkey and the Caucasus. *International Association of Volcanology*, **17**: 1-23.
- Bott, M.H.P., 1959. The mechanics of oblique slip faulting. *Geological Magazine*, **96** (02): 109-117.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis. *Geodinamica Acta*, **14** (1-3): 3-30.
- Carey-Gailhardis, E., 1979. Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. *Revue de Géologie dynamique et de Géographie physique*, **21**: 57-66.
- Cisternas, A., Philip, H., Bousquet, J.C., Cara, M., Deschamps, A., Dorbath, L., Dorbath, C., Haessler, H., Jimenez, E., Necessian, A., Rivera, L., Romanowicz, B., Gvishiani, A., Shebalin, N.V., Aptekman, I., Arefiev, S., Borisov, B.A., Gorshkov, A., Graizer, V., Lander, A., Pletnev, K., Rogozhin, A.I., Tatevossian, R., 1989. The Spitak (Armenia) earthquake of 7 December 1988: Field observations, seismology and tectonics. *Nature*, **339** (6227): 675-679.
- Çelebi, E., Aktaş, M., Çağlar, N., Özocak, A., Kutanis, M., Mert, N., Özcan, Z., 2013. October 23, 2011 Turkey/Van–Ercis earthquake: structural damages in the residential buildings. *Natural Hazards*, **65**: 2287–2310.
- Çukur, D., Krastel, S., Schmincke, H., Sumita, M., Çağatay, N., Meydan, A.F., Damcı, E., Stockhecke, M., 2014. Seismic stratigraphy of Lake Van, eastern Turkey, *Quaternary Science Reviews*, **104**:63-84.
- Degens, E., Wong, H., Kempe, S., Kurtman, F., 1984. A geological study of Lake Van, Eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, **73** (2): 701-734.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Saroglu, F., Şengor, A.M.C. 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone (Turkey). *Geological Society London*, **19**: 1-36.
- Dhont, D., Chorowicz, J. 2006. Review of the neotectonics of the Eastern Turkish-Armenian Plateau by geomorphic analysis of digital elevation model imagery. *International Journal of Earth Sciences*, **95** (1): 34-49.
- Djamour, Y., Vernant, P., Nankali, H.R., Tavakoli, F. 2011. NW Iran-eastern Turkey present-day kinematics: Results from the Iranian permanent GPS network. *Earth and Planetary Science Letters*, **307**: 27-34.
- Doğan. B., Karakaş A. 2013. Geometry of co-seismic surface ruptures and tectonic meaning of the 23 October 2011 M w 7.1 Van earthquake (East Anatolian Region, Turkey). *Journal of Structural Geology*, **46**, 99-114.
- Dresen, G. 1991. Stress distribution and the orientation of Riedel shears. *Tectonophysics*, **188** (3): 239-247.
- Emre, O., Duman, T.Y., Ozalp, S., Elmaci, H., 2011. *23 Ekim 2011 Van Depremi Saha Gözlemleri ve Kaynak Faya İlişkin Ön Değerlendirmeler*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Olgun, Ş., Elmacı, H., 2013. *Türkiye Diri fay haritası serisi*. Van (NJ 38-5) paftası, Seri no:52, MTA, Ankara.
- EMSC, 2011. Avrupa Ortadoğu Sismoloji merkezi. <http://www.emsc-csem.org/#2>  
Erişim tarihi: 01.04.2013
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z., 1967. *Türkiye ve civarının deprem kataloğu (MS. 11-1964)*. İTÜ, Maden Fakültesi, İstanbul, Arz Fiziği Enstitüsü yayınları.
- Foley, E.J., 1938. *Geology of the Van Area*. MTA Genel Müdürlüğü, No: 883.
- Görür, N., Çağatay, N.M., Zabcı, C., Sakiñç, M., Akkök, R., Şile, H., Örcen, S., 2015. The Late Quaternary Tectono-Stratigraphic Evolution of The Lake Van, Turkey. *Bulletin Of The Mineral Research and Exploration*, **151**: 1-46.
- Horasan, G., Boztepe-Güney, A., 2007. Observation and analysis of low frequency crustal earthquakes in Lake Van and its vicinity, eastern Turkey. *Journal of Seismology*, **11**: 1-13.
- Karakhianian, A.S., Trifonov, V.G., Philip, H., Avagyan, A., Hessami, K., Jamali, F., Bayraktutan, M.S., Bagdassarian, H., Arakelian, S., Davtian, V., Adilkhanyan, A., 2011. Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran. *Tectonophysics*, **380**, 189–219.
- Ketin, İ., 1977. Van Gölü ile İran Sınırı Arasındaki Bölgede Yapılan Jeoloji Gözlemlerinin Sonuçları Hakkında Kısa bir Açıklama. *Tür. Jeol. Kur. Bülteni*, **20** (2): 79-85.
- Koçyiğit, A., 1985a. Karayazi Fayı. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **28**: 67-72.
- Koçyiğit, A., 1985b. Muratbağı-Balabantaş (Horasan) arasında Çobandede Fay kusaginin jeotektonik özellikleri ve Horasan-Narman depremi yüzey kırıkları. *Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi, Seri A* (2): 17-33.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonic of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, **14** (1-3): 177-195.
- Koçyiğit, A., 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, **62**: 586-605.
- KOERI, 2011-2012. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. "Son depremler". <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst5.asp>  
Erişim tarihi: 25.03.2014.
- Konagai, K., Ulusay, R., Kumsar, H., Aydan, O., Celebi, M., 2012. The characteristics of seismic, strong motion and structural damage of the 2011 Van-Erciş Earthquake. *Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake*, 1-4 March 1-4 2012, Tokyo, Japan. 1902-1913.
- Kraner, F., 1959. Van gölü doğu bölgesinin jeolojik etüdü. *Tür. Jeol. Kur. Bül. 7*(1): 30-58.

- Kuzucuoğlu, C., Christol, A., Mouralis, D., Doğu, A.F., Akköprü, E., Fort, M., Brunstein, D., Zorer, H., Fontugne, M., Karabıyıköğlü, M., 2010. Formation of the Upper Pleistocene Terraces of Lake Van (Turkey). *Journal of Quaternary Science*, **25**(7), 1124-1137.
- Lahn, E., 1946. "Van Mintikası Yer Sarsıntıları Hakkında Not (Temmuz-Aralık 1945)", MTA Mecmuası, 1/35, 126-132.
- Lahn, E., 1948. *Contribution a l'Etude Geologique et Geomorphologique Des Lacs de la Turquie*. Publ. Inst. D'Etudes et de Recherches Minières en Turquie, Ankara.
- Langbein, W.B., 1961. *Salinity and Hydrology of Closed Lakes*. U.S. Geology Survey Professional paper 412, Washington. 20.
- Litt T, Krastel S, Sturm M, Kipfer R, Örçen S, Heumann G, Franz SO, Ülgen UB, Niessen F (2009) 'PALEOVAN', international continental scientific drilling program (ICDP): site survey results and perspectives. *Quat Sci Rev*, **28**:1555–1567.
- Mackenzie, D., Elliott, J.R., Altunel, E., Walker, R.T., Kurban, Y.C., Schwenninger J.-L., Parsins, B., 2016. Seismotectonics and rupture process of the MW 7.1 2011 Van reverse-faulting earthquake, Eastern Turkey, and implications for hazard in regions of distributed shortening. *Geophysical Journal International Advance Access*, 1-56.
- Maxon, J.K., 1937. *Oil Possibilities of District Around Lake Van*. MTA, Arşiv no: 243 (yayımlanmamış).
- Okay, A.I., Zattin, M., Cavazza, W. 2010. Apatite fission-track data for the Miocene Arabia-Eurasia collision. *Geology*, **38**: 35-38.
- Okuldaş, C., Uner, S., 2013. Alaköy Fayı'nın Jeomorfolojik Özellikleri ve Tektonik Etkinliği (Van Gölü Havzası – Doğu Anadolu). *Yerbilimleri*, **34** (3), 161-176.
- Özalp, S., Aydemir, B.S., Olgun, Ş., Şimşek, B., Elmacı, H., Evren, E., Emre, Ö., Aydın, M.B., Kurtuluş, O., Öcal, F., Can, A.Z., Yanmaz, M.N., Apa, R., Duman, T.Y. 2016. Tectonic Deformations In The Quaternary Deposits Of The Lake Van (Edremit Bay), Eastern Anatolia, Turkey. *Bulletin Of The Mineral Research and Exploration*, **153**, 45-62.
- Özkaya, İ., 1977. *Hakkari-Yüksekova Bölgesi Jeolojisi*. TPAO Arama Grubu, Rapor No: 1129, İstanbul. 17.
- Özkaymak, Ç., 2003. Van Şehri ve Yakın Çevresinin Aktif Tektonik Özellikleri (yükseklisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Bozkurt, E., Dırık, K., Topal, T., Alan, H., Çağlan, D. 2011. 23 Ekim 2011 Tabanlı-Van Depreminin Sismik Jeomorfolojisi ve Doğu Anadolu'daki Aktif Tektonik Yapılarla Olan İlişkisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **35** (2): 175-199.
- Perinçek, D., 1990, Hakkari İli ve dolayının stratigrafisi, GDA Türkiye. *TPJD Bülteni*, **2**(1), 21-68.
- Rebai, S., Philip, H., Dorbath, L., Borissoff, B., Haessler, H. and Cisternas, A., 1993. Active tectonics in the lesser Caucasus: coexistence of compressive and extensional structures. *Tectonics*, **12** (5): 1089-1114.

- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111 -140.
- REDPUMA, 2003. İsviçre Sismoloji Merkezi web sayfası, [http://seismo.ethz.ch/moment\\_tensor](http://seismo.ethz.ch/moment_tensor).
- Sağlam, A., 2003. *Van Gölü Doğusu ve Güneydoğusunda Yüzeyleyen Van Formasyonunun Stratigrafisi, Paleontolojisi ve Çökelme Ortamları*. (yükseklisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Sağlam-Selçuk, A., Erturaç, M.K., Nomade S., 2016. Geology of the Caldiran Fault, Eastern Turkey: Age, slip rate and implications on the characteristic slip behaviour. *Tectonophysics*, **680**:155-173.
- Savcı, G., 1980. Doğu Anadolu Volkanizmasının Neotektonik Önemi. *Yeryuvarı ve İnsan*, 46-50.
- Selçuk, L., Aydın, H., 2012. Kuvaterner Yaşlı Alüvyal Zeminlerin Kuvvetli Yer Hareketine Etkisi: 2011 Van Depremleri. *Jeoloji Muhendisliği Dergisi*, **36** (2): 75-97.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Koçak, D., Altınok, Y., 1981. *Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (MÖ 2100-MS 1900)*. TÜBİTAK Projesi (TBAG), Ankara:
- Sunal, G., Tüysüz, O., 2002. Palaeostress analysis of Tertiary post-collisional structures in the Western Pontides, Northern Turkey. *Geological Magazine*, **139** (3): 343-359.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Ögeler; Tektonik, Volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **24**: 39-50.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, **107**: 73-94.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., 1987. *Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri*, MTA raporu, Ankara.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, G., Erdoğan, R., 1984. Horasan-Narman depreminin jeolojik özelliği ve Doğu Anadolu'da depreme yönelik çalışmaların gerekliliği, *Kuzeydoğu Anadolu I. Ulusal Deprem Sempozyumu*. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 349-360.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, **75**(3-4): 181-190,193-199,203-241.
- Şengör, A.M.C., Kidd, W.S.F., 1979. Post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics*, **55**(3-4): 361-376.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study. In: T.R. Biddle

- and Christie-Blick (Editors), Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. *Soc. Econ. Palaeontol. Mineral., Spec. Publ.*, **37**: 227-264.
- Şengör, A.M.C., Özeren, M.S., Keskin, M., Sakıncı, M., Özbakır, A.D., Kayan, İ., 2008. Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens. *Earth-Science Reviews*, **90**: 1-48.
- Şenel, M., Acarlar, M., Çakmakçoğlu, A., Dağcı, Z., Erkanol, D., Örcen, S., Taşkıran, M.A., Ulu, Ü., Ünal, M.F. ve Yıldırım, H., 1984. **Özalp (Van)-İran sınırı arasındaki alanın jeolojisi (Başkale-K52)**. MTA Rap. No: 7623, Ankara.
- Tan, O. 2004. Kafkasya, Doğu Anadolu ve Kuzeybatı **İran Depremlerinin Kaynak Mekanizması Özellikleri ve Yırtılma Süreçleri**, (doktora tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tan, O., Tapırdamaz, M.C., Yörük, A. 2008. The earthquake catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **17**(2): 405-418.
- Taşkın, B., Sezen, A., Tuğsal, U.M., Erken, A., 2012. The aftermath of 2011 Van earthquakes: evaluation of strong motion, geotechnical and structural issues. *Bulletin of Earthquake Engineering*, **11**: 285-312.
- Tchalenko, J., 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geological Society of America Bulletin*, **81** (6): 1625-1640.
- Ternek, Z., 1953. Van Gölü Güneydoğu Bölgesinin Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, **4**: (2):1-27.
- TUBİTAK, 2011. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi. web sayfası <http://www.mam.gov.tr/>.
- Ulusay, R., Kumsar, H., Konagai, K., Aydan, O., 2012. The Characteristics of Geotechnical Damage by the 2011 Van-Erciş Earthquake. *Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake*, 1-4 March, 2012, Tokyo, Japan. 1926-1937.
- USGS, 2011. Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Dairesi web sayfası, <http://www.usgs.gov/>; USGS: United States Geological Survey.
- Utkucu, M., Budakoğlu, E., Yalçın, H., Durmuş, H., Kalkan, H., Gülen, L., 2011. **23 Ekim 2011 Van Depremi (Mw=7.2) Hakkında Ön Rapor**. Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği bölümü, 10 s.
- Üner, S., 2003. **Van Gölü doğusu (Beyüzümü-Göllü dolayı) Pliyo-Kuvaterner Yaşlı Karasal Çökellerin Sedimentolojisi**. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Üner, S., Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T., Üner, T., 2010. Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu. *Yerbilimleri*, **31** (1): 53-66.
- Wallace, R.E., 1951. Geometry of shearing stress and relation to faulting. *The Journal of Geology*, 118-130.
- Wong, H., Finckh, P., 1978. **Shallow Structures in Lake Van, in the The Geology Lake Van**. edited by E.T. Degens, F. Kurtman, MTA, 20-29.



Yılmaz, Y., Şaroğlu, F., Güner, Y., 1987. Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*, **134**: 177-199.





## ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Van'da doğdu. İlk orta ve lise öğretimini Van'da tamamladı. 2009 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesinde Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Bölümden 2013 yılında mezun oldu. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Şu an itibariyle Van Karayolları 11.Bölge Müdürlüğünde Ar-Ge Başmühendisliği birimde jeoloji mühendisi olarak çalışmaktadır.



**YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU**

**Tarih:** 22/02/2018

**Tez Başlığı / Konusu: VAN FAY ZONU VE YENİKÖŞK FAYININ KİNEMATİK ANALİZİ**  
**(VAN GÖLÜ DOĞUSU)**

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 57 sayfalık kısmına ilişkin, 23/05/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 (dokuz) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimededen daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

23/05/2018

Adı Soyadı: Eren AKKÖPRÜ

Öğrenci No: 139101111

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Tezli Yüksek Lisans

Statüsü: Y.Lisans  Doktora

**DANIŞMAN ONAYI**  
UYGUNDUR

**ENSTİTÜ ONAYI**  
UYGUNDUR

Dr.Öğr. Üyesi Azad SAĞLAM SELÇUK