Kıranşan K. (2022). Kuzey anadolu fay zonu (KAFZ) üzerinde yer alan yedisu havzası (Bingöl) ve çevresinde aktif tektonizmanın jeomorfolojik verilerle belirlenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13(3), 1213-1238.

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Üzerinde Yer Alan Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinde Aktif Tektonizmanın Jeomorfolojik Verilerle Belirlenmesi

Determination of Active Tectonicism with Geomorphological Data in Yedisu Basin (Bingöl) and Its Surroundings on The North Anatolian Fault Zone (NAFZ)

Kemal Kıranşan[1]

Öz

*Yedisu Havzası (Bingöl), Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde oluşmuş çek-ayır tipi bir tektonik havzadır. Yedisu Havzası, coğrafik olarak Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü içerisinde bulunur. Bu çalışmanın amacı, Yedisu Havzası ve çevresinde aktif tektonizmanın jeomorfolojik verilerle belirlenmesidir. Bunun için literatür verileri çeşitli ölçeklerde jeoloji ve topografya haritaları, 5*5 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli, deprem verileri, Google Earth görüntüleri ve saha verileri kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), jeomorfolojik yöntemler ve jeomorfometrik indisler birlikte kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Yedisu Havzası ve çevresinde Yedisu Segmenti ve onun tali kollarının aktifliği nedeniyle çok sayıda morfotektonik yapıların (basınç sırtları, fay diklikleri, kapatıcı sırtlar, asılı vadiler, ötelenmiş dereler, alüvyal yelpazeler, heyelanlar ve taraçalar) oluştuğu görülmüştür. Yedisu Havzası ve çevresinde Üst Miyosen ve Kuvaterner döneminde etkili olan tektonizma, magmatizma ve akarsu süreçleri sahada eğim değerlerinin yüksek olmasına neden olmuştur. Havzanın güneyinde tektonizmanın kuzeye nazaran daha aktif olması sonucunda güneyde bulunan alüvyon yelpazeleri, kuzeyde bulunanlara göre daha fazla yükselti ve eğim değerlerine sahip olmuştur. Yedisu Havzası'nda yer alan Perisuyu Çayı ve kolları üzerinde bulunan taraçalar aktif tektonizma sonucunda deforme olmuş ve tali kollar üzerinde çok sayıda nehir atımları meydana gelmiştir. Yine havza ve çevresinde aktif tektonizmanın tetiklediği birçok heyelan oluşmuştur. Morfotektonik veriler, jeomorfometrik indisler ve depremsellik verilerine göre Yedisu Havzası ve çevresinde Yedisu Segmenti için yeni faylar önerilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Jeomorfoloji, Aktif Tektonik, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Yedisu Havzası (Bingöl)*

Abstract

*Yedisu Basin (Bingöl) is a pull-apart type tectonic basin formed on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). The Yedisu Basin is geographically located within the Upper Euphrates Section of the Eastern Anatolia Region of Turkey. The aim of this study is to determine the active tectonism in Yedisu Basin and its surroundings with geomorphological data. For this, literature data, geology and topography maps at various scales, 5*5 m resolution Digital Elevation Model, earthquake data, Google Earth images and field data were used. In the evaluation of the data, Geographic Information Systems (GIS), geomorphological methods and geomorphometric indices were used together. As a result of the study, it has been observed that many morphotectonic structures (pressure ridges, fault scarps, covering ridges, hanging valleys, offset streams, alluvial fans, landslides and terraces) are formed in Yedisu Basin and its surroundings due to the activity of the Yedisu Segment and its sub-branches. The tectonism, magmatism and fluvial processes that were effective in the Yedisu Basin and its surroundings during the Upper Miocene and Quaternary periods caused the slope values to be high in the area. As tectonism is more active in the south of the basin than in the north, the alluvial fans in the south have higher elevation and slope values than those in the north. The terraces had on Perisuyu Stream and its branches located in the Yedisu Basin have been deformed as a result of active tectonism, and many offset streams have occurred on the secondary branches. Again, many landslides triggered by active tectonism have occurred in and around the basin. According to morphotectonic data, geomorphometric indices and seismicity data, new faults have been proposed for Yedisu Segment in Yedisu Basin and its surroundings.*

Keywords: *North Anatolian Fault Zone (NAFZ), Geomorphology, Active Tectonics, Geographic Information Systems (GIS), Yedisu Basin (Bingöl)*

Submitted: 28 / 05 / 2022
Accepted: 26 / 08 / 2022

[1]Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, kkiransan@bingol.edu.tr, Bingöl, Türkiye, Orcid No: https://orcid.org/0000-0002-6024-4571

Giriş

Doğu Akdeniz ve Türkiye'de Orta-Üst Miyosen'de Bitlis-Zağros Kenet Zonu boyunca Avrasya ve Arap levhalarının çarpışması sonucunda Neotektonik dönem başlamıştır (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981. Bu dönemden günümüze kadar tektonik çarpışmanın sonucu olarak Anadolu levhası, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca kırılmış ve bu kırık hatları boyunca batıya doğru kaçmaya başlamıştır (McKenzie, 1972, Şengör, 1979, 1980). Türkiye'de Neotektonik dönemde oluşmuş en önemli yapılardan biri olan KAFZ, doğuda Karlıova Üçlü Eklemi (KÜE)'nden başlayarak batıya doğru Saroz Körfezi'ne kadar devam eden ve yaklaşık olarak 1400 km uzunluğunda sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir fay zonudur. Varlığı ve etkinliği 27 Aralık 1939 Erzincan depremi ile ortaya çıkan KAFZ hakkında araştırmalar bu dönemden günümüze kadar yapılmaya başlanmıştır (Ketin, 1948, 1957, 1969; Pavoni, 1961; Ambraseys, 1970; Şengör, 1979; Şengör ve Canıtez, 1982; Barka, 1992). Son 60 senede üzerinde büyük depremlerin meydana geldiği KAFZ, tek bir kayma düzlemi olmayıp aksine birçok fay kollarından oluşan ve 500-1000 m ile 8-10 km genişliğinde uzanan bir fay zonu biçimindedir. Fay zonu üzerinde morfolojik olarak aktifliği ortaya koyan birçok veri kaynağı bulunmaktadır. Fayın kolları üzerinde meydana gelen depremlerde 1.5-4.3 m yatay ve 0.5-1.5 m düşey atımlar gözlenmiştir (Ketin, 1969). Son yıllarda KAFZ üzerinde yapılan çalışmalara göre yıllık kayma hızının 10-30 mm arasında olduğu belirtilmektedir (Hubert-Ferrari vd., 2002; Pucci vd., 2008; Aksoy, 2009; Kozacı vd., 2009; Zabci, 2012).

Üst Miyosen-Pliyosen döneminden beri aktif olan KAFZ, Karlıova Üçlü Eklemi'nden batıya doğru depremlerle kırılarak ilerlemiş ve 200.000 yıl önce Marmara'ya ulaşmıştır (Ketin, 1948; Şengör vd., 2005; Emre vd., 2016). KAFZ'nun doğudan batıya doğru depremlerle kırılarak ilerleme düzenini hem tarihsel dönem depremleri ve hem de aletsel dönem depremlerinde görmek mümkündür. Tarihsel dönemler içerisinde ilk olarak sistemli bir şekilde deprem aktiviteleri M.S 29 ile M.S 155 yılları arasında Refahiye'den batıya doğru 1000 km'lik alanda yıkıcı depremlerle görülmüştür. Aletsel dönemde ise 1939 Erzincan depremi ve 1999 Kocaeli ve Düzce depremleri ile 60 yıllık bir dönemde KAFZ, doğudan batıya doğru kırılarak ilerlemiştir. KAFZ içerinde deprem meydana gelmemiş önemli sismik boşluklar 110 km uzunluğundaki Adalar-Avcılar-Kumburgaz segmentleri ve 70-80 km uzunluğundaki Yedisu segmentidir (Sözbilir vd., 2020) (Şekil 1).

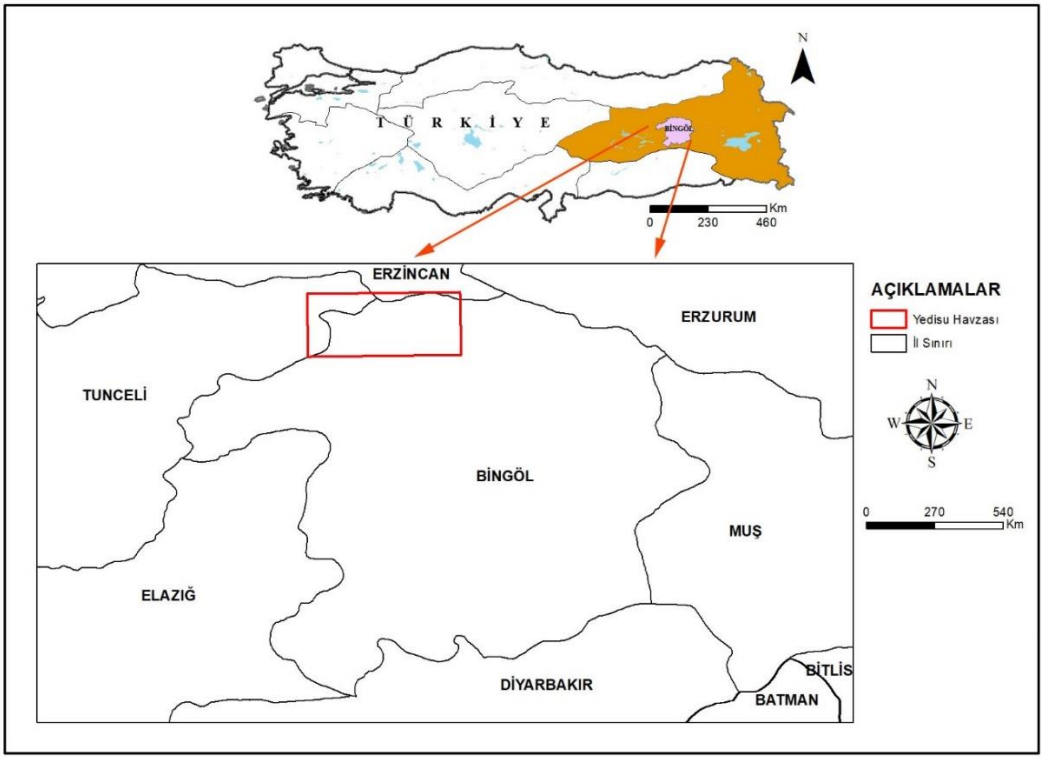


Şekil 1. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Segmentleri ve Bu Segmentler Üzerinde Meydana Gelmiş Depremler (Sözbilir vd., 2020).

Yedisu segmenti, Erzincan'ın Üzümlü ilçesi ile Bingöl'ün Yedisu ilçesi arasında yaklaşık olarak 70 km uzunluğunda K70°B doğrultusunda uzanan bir faydır (Şekil 1). Genelde kademeli (en echelon) bir özellik gösteren Yedisu segmenti üzerinde kapan ve basınç sırtları, ötelenmiş dereler, bel verme gölcükleri, havzalar ve çizgisel vadiler gibi faylara ait olan birçok morfotektonik yapılar görülür (Zabcı vd., 2009). Segment üzerinde tarihsel dönemde en son 1784 yılında gerçekleşen depremde 5000 kişi ölmüş ve 90 km'lik bir yüzey kırığı meydana gelmiştir (Stein vd., 1997). Bu tarihten günümüze kadar olan süre içinde bu segment üzerinde büyük depremler olmadığından bu segment, KAFZ'nun önemli bir sismik boşluğuna karşılık gelmektedir. Bu segment üzerinde 7 büyüklüğünün üzerinde bir deprem beklenmekte ve yaklaşık olarak 2 m'lik bir atım oluşacağı düşünülmektedir. Bu sonuca KAFZ'nun batı bölümündeki (1942 Erbaa-Niksar depremi Ms: 7.1, fay uzunluğu 50 km, atım 1.7 m; 1967 Mudurnu depremi, fay uzunluğu 70 km, büyüklük Ms:7.1, atım ise 1.9 m) deprem verilerinden ulaşılmaktadır. Ayrıca Erzincan'da 1992 yılında meydana gelen depremin oluşturduğu stress birikimi, bu segment üzerinde deprem oluşturma olasılığını artırmaktadır (Barka, 1985).

Yedisu Havzası, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü içerisinde yer alır. Havza içerisinde yer alan ve havzaya adını veren Yedisu ilçesi, idari olarak Bingöl iline bağlı bir ilçe olup, kuzeyinde Erzincan ve Erzurum illeri, doğusunda Karlıova ilçesi, güneyinde Adaklı ve Kiğı ilçeleri, batısında ise Tunceli ili bulunur (Şekil 2). Yedisu Havzası (Bingöl), Türkiye'nin önemli aktif fay zonlarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde meydana gelmiş çek-ayır tipi bir tektonik havza (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988) özelliğindedir. Yedisu Havzası (Bingöl)'nın oluşum ve gelişiminde KAFZ aktif şekilde rol oynadığından havzanın jeomorfolojisi üzerinde bunun izleri çok fazla görülmektedir.

Literatürde Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinde aktif tektonizmanın jeomorfolojik yapı üzerindeki etkilerini morfotektonik veriler ve jeomorfometrik veriler ile ortaya koyan çalışmalar pek yoktur. Ayrıca Türkiye'de KAFZ üzerinde iki önemli sismik boşluklardan biri olan ve kırılma potansiyeli çok yüksek olan Yedisu Sismik Boşluğu için detaylı fay haritalamaları bulunmamaktadır. Bu çalışmada amaç, Yedisu Havzası ve çevresinde aktif tektoniğin jeomorfolojik verilerle belirlenmesidir. Bunun için öncelikle çalışma sahasında aktif tektonizmayı ortaya koyan morfotektonik şekiller araştırılmıştır. Daha sonra aktif tektonizmanın varlığını ortaya koyan jeomorfometrik indisler çalışma sahasına uygulanmıştır. Ayrıca morfotektonik veriler ve jeomorfometrik indis verilerine göre çalışma sahası için bazı fay kolları önerilmiştir.



Şekil 2. Yedisu Havzası ve Çevresinin Lokasyon Haritası

1. Metod ve Malzeme

Bu çalışmada literatür kaynakları, 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları, 1/250.000 ölçekli diri fay haritaları, 1/25.000 ölçekli topografya haritaları, 5*5 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verisi, deprem kataloğu verileri, Google Earth görüntüleri ve arazi verileri kullanılmıştır. Veriler değerlendirilirken Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), jeomorfolojik yöntemler ve jeomorfometrik indisler birlikte kullanılmıştır. Sahanın jeoloji, eğim, fiziki, deprem aktivite ve morfotektonik haritaları ile diğer görsellerin hazırlanmasında CBS yazılımları (Arcgis, Global Mapper), ofis yazılımları (excel) ve grafik yazılımlarından (Adobe photoshop) yararlanılmıştır. 1/100.000 ölçekli ve 1/250.000 ölçekli jeoloji ve diri fay haritaları CBS yöntemleri ile sayısallaştırılarak sahanın jeoloji ve tektonik haritaları oluşturulmuştur. 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından CBS teknikleri ile sahanın sahanın sayısal akarsu, yerleşme ve fay gibi veriler elde edilmiştir. 5*5 m çözünürlüklü SYM verisi ile CBS teknikleri kullanılarak kabartma, eğim, fiziki haritaları ile çeşitli topoğrafik profiller oluşturulmuştur. Deprem kataloğu verilerinden sahanın deprem aktivite haritası elde edilmiştir. Elde edilmiş tüm jeoloji, tektonik, fiziki, eğim, deprem, akarsu haritaları, literatür verileri ve arazi gözlemleri CBS programlarında birlikte değerlendirilerek çalışma sahasının aktif tektoniğinin belirlenmesinde jeomorfolojik özelliklerin etkileri ortaya konulmuştur.

Ayrıca çalışma sahasında aktif tektonik özelliklerin belirlenmesinde jeomorfometrik indislerden hipsometrik eğri ve integral, dağ cephesi sinüslük oranı (Smf), drenaj havzası asimetrisi (AF) ve akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL) uygulanmıştır. Jeomorfometrik indisler uygulanmadan önce çalışma sahası kuzeyde 6 ve güneyde 6 olmak üzere 12 farklı hidrografik havzaya ayrılmıştır. Daha sonra her bir indis için gerekli olan parametreler havza bazında belirlenerek indis uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

Hipsometrik eğriler, üzerinde çalışılan bölgenin yükseklik dağılımını gösterirler. Hipsometrik eğri, toplam yükseklik oranının (h/H= Rölatif Yükseklik), toplam alana (a/A= Rölatif Alan) karşı izdüşürülmesiyle belirlenir. Hipsometrik integral (HI) ise bu eğri altındaki alanı sayısal olarak gösterir. Hipsometrik integral değeri, ortalama ve minimum yükseklik arasındaki farkın,

maksimum ve minimum yükseklik arasındaki farka oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Strahler, 1952). Dağ cephesi sinüslük oranı dağ cephesini oymaya çabalayan aşınma kuvvetleri ile dağ cephesini düzleştirmeye çabalayan tektonik kuvvetler arasındaki ilişkiyi gösteren bir indekstir (Keller, 2002; Bull 2007). Dağ Cephesi Eğrilik Oranı aşağıda gösterilen formülle hesaplanır.

Smf= Lmf / Ls

Smf = Dağ cephesi sinüslüğü

Lmf = Dağ dibinde belirgin eğim kırığı boyunca dağ cephesi boyu.

Ls = Dağ önü düz çizgi uzunluğu.

Drenaj Havzası Asimetrisi, aktif tektonizmanın etkin olduğu akarsu havzalarında drenaj ağları tektonik rejimin etkilerini yansıtırlar ve kendine has özel geometriler ortaya koyarlar. Tektonik tiltlenmeyi (eğimlenmeyi) anlamak için asimetri kavramı ortaya çıkmıştır (Keller ve Pinter, 2002). Asimetri faktörü aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

(AF) =100 (Ar/At)

AF: Asimetri faktörü

Ar = Havza içinde ana akarsu gövdesinin akış yönüne göre sağ alanı

At = Havzanın toplam alanı

Akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL İndeks), akarsuyun gücüyle ilişiklidir. Akarsu yatağının belirli bir kolunda sahip olunan toplamdaki akarsu gücü, onun yatağını aşındırma ve sediment taşıması açısından önemli bir hidrolik değişkendir. Bu güç su yüzeyinin eğiminin ve akımın bir ürünüdür (Keller ve Pinter, 2002). Aşağıdaki formül ile hesaplanır.

SL = (ΔH / ΔL). L

SL: Akarsu uzunluk-gradyan indeksi

ΔH: Kolun yükseklik değişimi

ΔL: Kolun uzunluğu

ΔH / ΔL: Kanal eğimi

L: İndeksin hesaplandığı yerden vadinin en yüksek noktasına kadar olan mesafe

2. Bulgular ve Tartışma

KAFZ'nun en doğu kısmındaki segmentlerden Yedisu Segmenti yaklaşık 70-100 km uzunluğunda olup pek çok araştırmacı tarafından tek bir fay kolu olarak haritalanmıştır. Segment üzerinde 30-70 km arasında atım olduğu belirtilmektedir (Barka vd., 1987; Akyüz vd., 2009; Herece ve Akay, 2003; Allen, 1969; Tutkun ve Hancock, 1990; Emre vd., 2005b). Yine Şengör vd. (2005) tarafından KAFZ'nun özellikle Erzincan ile Yedisu arasında göreceli olarak daha dar bir makaslama zonu boyunca uzandığı, Yedisu ve Karlıova arasında ise yaklaşık 10 km genişliğinde bir zon içerisinde yer aldığı söylenmektedir. Tutkun ve Hancock (1990) ise Yedisu Havzası ve çevresinde Yedisu Segmenti'ni bir fay zonu şeklinde (Çerme Fayı, Karapolat Fayı, Ayanoğlu Fayı) haritalamıştır. Yine Erzincan ve Yedisu arasında ilk arazi araştırmalarını gerçekleştiren Allen (1969) ise Yedisu civarında Perisuyu Çayı'na kuzeyden katılan kollar üzerinde birçok dere ötelenmesinden bahsetmektedir.

Tarihsel dönemde en son deprem 1784 yılında 7 büyüklüğünde meydana gelmiştir. Aletsel dönemde ise en büyük deprem, segmentin batı kısmında Bingöl'ün Kiğı ilçesi sınırları içerisinde 26 Temmuz 1967 yılında (Kiğı Depremi) 6.0 büyüklüğünde gerçekleşmiştir. Bu depremin dışında çalışma alanı sınırları içerisinde segment üzerinde 3 ile 5.3 büyüklüğünde pek çok deprem meydana gelmiştir. Yaptığımız araştırma ve analiz çalışmalarına göre çalışma alanı içerisinde Yedisu Havzası ve çevresinde aktif tektonizma ile ilişkili kapan ve basınç sırtları, ötelenmiş dereler, bel verme gölcükleri, havzalar, çizgisel vadiler, heyelanlar, taraçalar, üçgen yüzeyler, fay diklikleri ve alüvyal yelpazeler gibi çok sayıda şekiller bulunmuştur. Yine Perisuyu Çayı ve kolları üzerinde çok sayıda dere atımları tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma sahasının kuzey ve güneyinde yer alan havzalara uygulanan jeomorfometrik indislerde aktif tektonizmayı ortaya koyan verileri bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre Yedisu Havzası ve çevresinde Yedisu Segmenti tek bir fay kolundan ziyade birden çok koldan oluşan bir fay zonu şeklinde bulunduğu (Tutkun ve Hancock (1990) ve Allen (1969) ile uyumlu olarak) ortaya çıkmıştır.

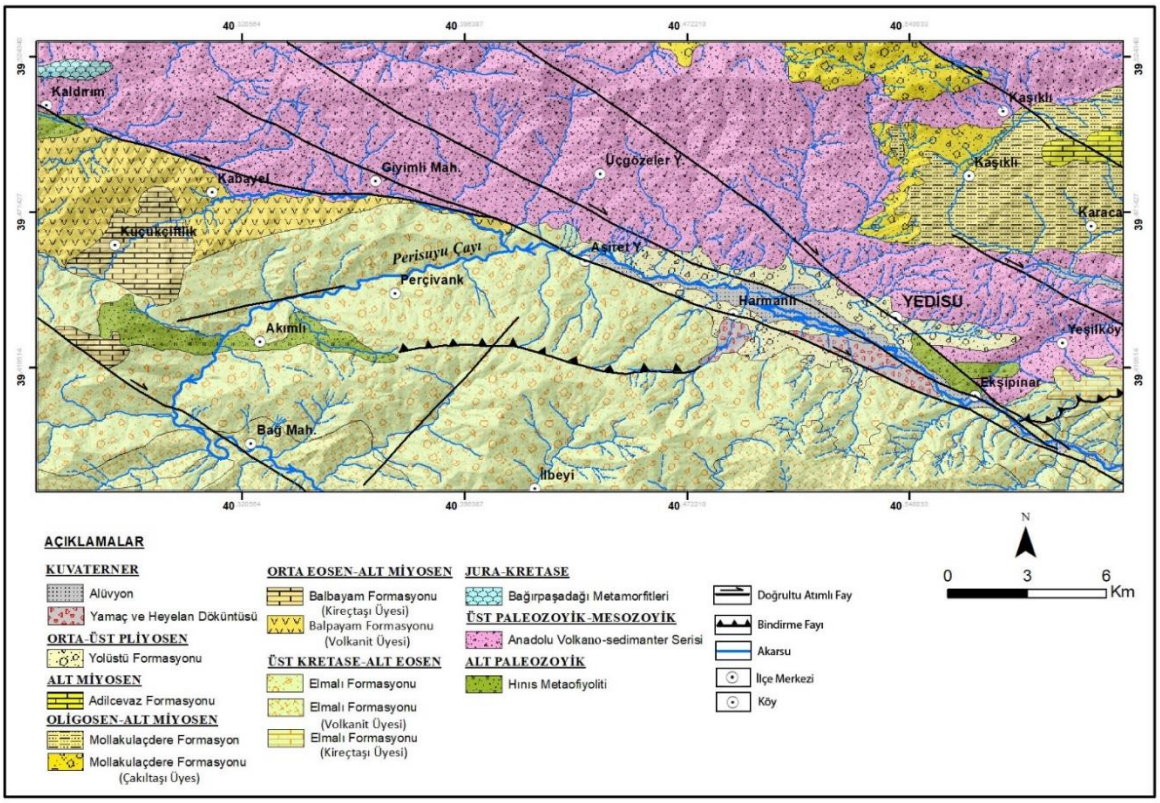
Bu bölümün birinci alt başlığında Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinin jeolojik ve jeomorfolojik ana hatları, ikinci alt başlığında Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinde aktif tektonizmanın jeomorfoloji üzerinde etkileri anlatılmıştır. Üçüncü

alt başlığında morfotektonik veriler, nehir atımları ve aletsel dönem deprem verilerine göre Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinde Yedisu Segmenti yeniden ele alınarak bu segment için bazı fay kolları önerilmiştir. Dördüncü alt başlığında ise Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinde aktif tektonizmanın etkilerini ortaya koymak için hipsometrik eğri ve integral, dağ cephesi sinüslük oranı (Smf), drenaj havzası asimetrisi (AF) ve akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL) gibi jeomorfometrik indisler uygulanmıştır

2.1. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Jeolojik ve Jeomorfolojik Ana Hatları

Yedisu Havzası (Bingöl), Doğu Anadolu'da yer aldığından sahanın jeolojisi, Doğu Anadolu'nun jeolojik gelişimi ile birlikte değerlendirilmelidir. Doğu Anadolu'nun jeolojik gelişimine bakıldığında Paleotektonik dönemde çeşitli orojenezler gerçekleşmiş ve bunların izleri günümüze ulaşmamıştır. Orta Miyosen'de ise Doğu Anadolu'da en son oluşmuş olan Alp Orojenezi'nin oluşturduğu morfoloji, büyük ölçüde aşınmış ve peneplene yakın bir görünüm kazanmıştır. Neotektonik dönemde (Orta Miyosen'den Kuvaterner'e kadar olan süre içerisinde) etkili olan tektonik ve volkanik süreçlerin etkisiyle Doğu Anadolu bugünkü jeolojik ve jeomorfolojik görünümüne ulaşmıştır (Erinç, 1953). Literütürde Doğu Anadolu'nun jeolojik gelişiminde dört farklı dönemden bahsedilir (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984). Birinci dönem, Paleozoyik-Mesozoyik döneme karşılık gelir ve sahanın temelini karşılık gelen gnays, mikaşist ve mermerlerden oluşan metamorfik kayaçlar ile temsil edilir. İkinci dönem Üst Kretase dönemi olup, bu dönemin kayaçları Neotetis'in kuzey kolunun kapanmasının ürünleri olan ofiyolitik melanjdan oluşur. Üçüncü dönem, Eosen-Alt Miyosen dönemi olup, bu dönem ise denizel sedimanter kayaçlar ile temsil edilir ve alttaki birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelir. Dördüncü dönem Üst Miyosen-Kuvaterner dönemidir ve bu dönemin kayaçları ise karasal ve gölsel ortamlarda Neotektonik ve Neovolkanik olaylarla çökelmiş olan volkano-sedimanter kayaçlardır.

Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresi jeolojik gelişim itibariyle Doğu Anadolu ile uyumluluk gösterir. Havza ve çevresinde birinci dönem kayaçları görülmemektedir. İkinci dönem kayaçlarını Hınıs Metaofiyoliti ve Anadolu volkano-sedimanter serisi oluşturur. Üçüncü dönem kayaçları Elmalı Formasyonu, Balpayam Formasyonu, Mollakulaçdere Formasyonu ve Adilcevaz Formasyonundan meydana gelir. Dördüncü dönem kayaçları ise Yolüstü Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ile yamaç/heyelan döküntülerinden oluşur (Şekil 3). Sahanın stratigrafisine bakıldığında en yaşlı kayaçları Alt Paleozoyik yaşlı Hınıs Metaofiyoliti meydana getirir. Bu birim peridotit ve piroksenitlerden meydana gelir (Tarhan, 1989a). Sahada Yedisu ilçesinin doğusunda Ekşipnar köyü civarında, batıda Akımlı ve Kaldırım köyü çevrelerinde yüzeylenir (Şekil 3).

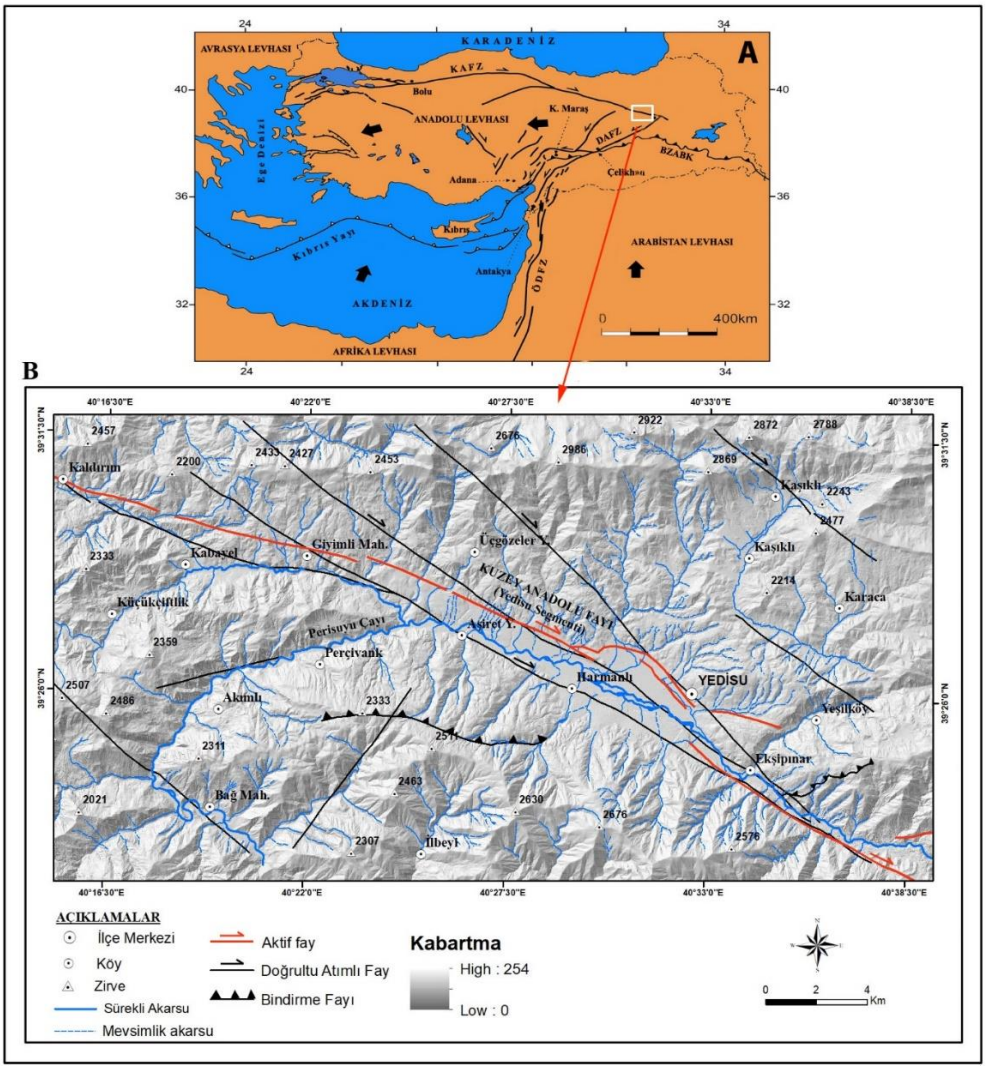


Şekil 3. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Jeoloji Haritası (Tarhan, 1997; Tarhan, 1998 ve Tarhan, 2007'den değiştirilerek hazırlanmıştır).

Bu birimin üzerine uyumsuzlukla Üst Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı Anadolu volkano-sedimanter serisi gelir. Bu birim Neotetis'in kuzey kolunun kapanması ile oluşmuşlardır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu birim farklı kökenli kayaç türleri (magmatik, sedimanter), farklı fasiyes ve ortamlarda (karasal, sığ, neritik, şelf ve derin deniz) çökelmiş yaygın ve sürekli kayaç türlerinden oluşur. Bu birimi sahada meydana getiren kayaçlar ise serpantin, çört ve denizel kireçtaşlarıdır (Tarhan, 2007). Bu birim araştırma sahasının tamamen kuzey kesimlerinde yüzeylenmektedir (Şekil 4). Bu birimin üzerine uyumlu olarak Jura-Kretase yaşlı Bağırpaşadağı Metamorfitleri gelir. Birim mermer, kalkşist ve rekristalize kireçtaşlarından oluşur (Tarhan, 2007). Araştırma sahasında çok sınırlı bir alanda sahanın sadece kuzeydoğu kesimlerinde yüzeylenir. Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı Elmalı Formasyonu açısal uyumsuz olarak bu birimi örter. Bu birim tüflü kireçtaşı, kiltaşı, marn, kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı gibi kayaç türlerinden oluşur ve volkanit ile kireçtaşı üyesi olmak üzere iki alt birimden meydana gelir (Tarhan, 2007). Araştırma sahasının güney, güneybatı ve güneydoğu kesimlerinde çok geniş alanlarda yüzeylenir (Şekil 4).

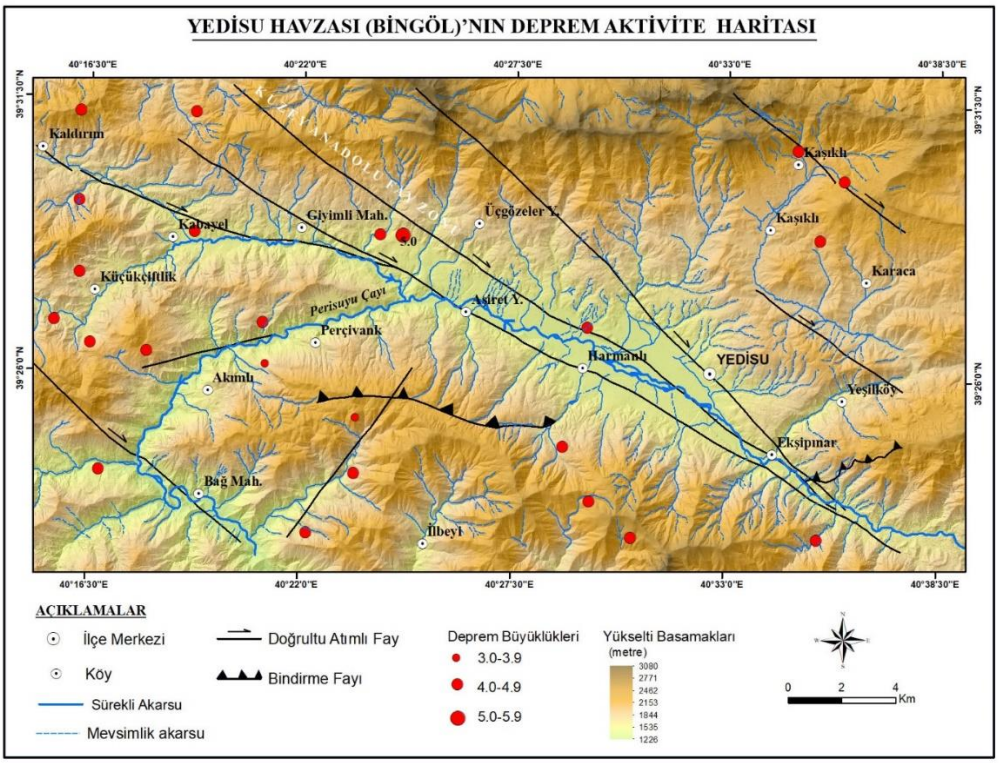
Bu birim uyumlu olarak Orta Eosen-Alt Miyosen yaşlı Balpayam Formasyonu tarafından örtülür. Formasyonu oluşturan kayaçlar, tüflü kireçtaşı, mikritik kireçtaşı, kiltaşı, marn, kumtaşı, çamurtaşı, lav ve piroklastiklerden meydana gelir (Tarhan, 2007). Araştırma sahasının batı kesimlerinde yüzeylenir. Bu formasyon uyumlu olarak Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Mollakulaçdere Formasyonu tarafından örtülür. Bu birim marn, kiltaşı, kumtaşı, tüflü marn, kireçtaşı, çamurtaşı ve piroklastik kayaçlardan oluşur. Karasal, evaporit ve denizel ortamlarda çökelmişlerdir. Bu birim çakıltaşı üyesi alt birimden meydana gelir (Tarhan, 2007). Araştırma sahasının daha çok kuzeydoğu kesimlerinde yüzeylenir. Alt Miyosen yaşlı Adilcevaz Formasyonu bu birimi uyumlu olarak örter. Birim tüf içerikli resifal kireçtaşı, tüfit, kalkaranit, kumtaşı, çakıltaşı ve marndan oluşur (Tarhan, 2007). Araştırma sahasının kuzey-kuzeydoğu kesiminde çok sınırlı bir alanda yüzeylenir. Bu birimin üzerine uyumsuz olarak Orta-Üst Pliyosen yaşlı Yolüstü Formasyonu gelir. Bu birim çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, kiltaşı, marn ve gölsel kireçtaşlarından oluşur (Tarhan, 2007). Araştırma sahasında Yedisu Havzası'nın kenar kesimlerinde yüzeylenir. Bu birimin üzerine yine uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı heyelan ve yamaç dökütüleri ile alüvyonlar gelir. Bu birimler havzanın orta kesimlerinde Perisuyu Çayı'nın vadi tabanında yüzeylenirler (Şekil 3).

Doğu Anadolu'da Orta Miyosen'de kıta-kıta çarpışmasıyla Neotektonik dönem (Şengör vd., 1980) başlamıştır. Bu dönemde Doğu Anadolu'da sıkışma tektonik rejimi başlamış ve bunun sonucunda bölgede doğu-batı doğrultulu kuzey ya da güneye eğimli yüksek açılı bindirmeler, doğu-batı uzanımlı kıvrımlar, KD-GB uzanımlı sol yönlü doğrultu atımlı faylar, KB-GD uzanımlı sağ yönlü doğrultu atımlı faylar, kuzey-güney yönlü açılma çatlakları ve bu çatlaklardan çıkan yaygın volkanitler oluşmuştur (Şaroğlu ve Güner, 1981). Bu çerçevede Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinde Doğu Anadolu'nun tektonik gelişimiyle uyumlu neotektonik yapılar meydana gelmiştir. Bunlar bindirme fayları ile sağ ve sol yanal doğrultu atımlı faylardır. Bindirme faylarından biri havzanın güneyinde Şeydan Dağları civarında Elmalı Formasyonu içerisinde bulunur. Diğer ise havzanın doğusunda KD-GB doğrultusunda Elmalı Formasyonunda yer alır. Sağ yanal doğrultu atımlı faylar, Yedisu Havzası'nda kuzeyden güneye doğru KB-GD doğrultusunda uzanış gösterirler ve bu faylar KAFZ sistemine bağlı faylar olup aktiftirler. DAFZ sistemine bağlı sol yanal doğrultu atımlı faylar havzada KD-GB doğrultusunda uzanış gösterirler ve sahada sınırlı alanda bulunur. (Tarhan, 2007). Yedisu Havzası (Bingöl)'nda yer olan bir diğer önemli tektonik yapı, KAFZ içerisinde yer alan Yedisu Segmenti'dir. Bu segment, yaklaşık olarak 70-80 km uzunluğunda olup aktif bir fay özelliğindedir (Şekil 4).



Şekil 4. A) Doğu Akdeniz Bölgesi'nin aktif tektonik unsurları (Oklar Levhaların Hareket Yönlerini Göstermektedir BAZBK: Bitlis-Zağros Aktif Bindirme Kuşağı DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu; KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu; ÖDFZ: Ölüdeniz Fay Zonu). B) Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Tektonik Haritası (Siyah renkli faylar Tarhan, 2007'ye göre kırmızı renkli faylar ise MTA 2012 Türkiye Diri Fay Haritaları Erzurum ve Erzincan paftalarına göre çizilmiştir).

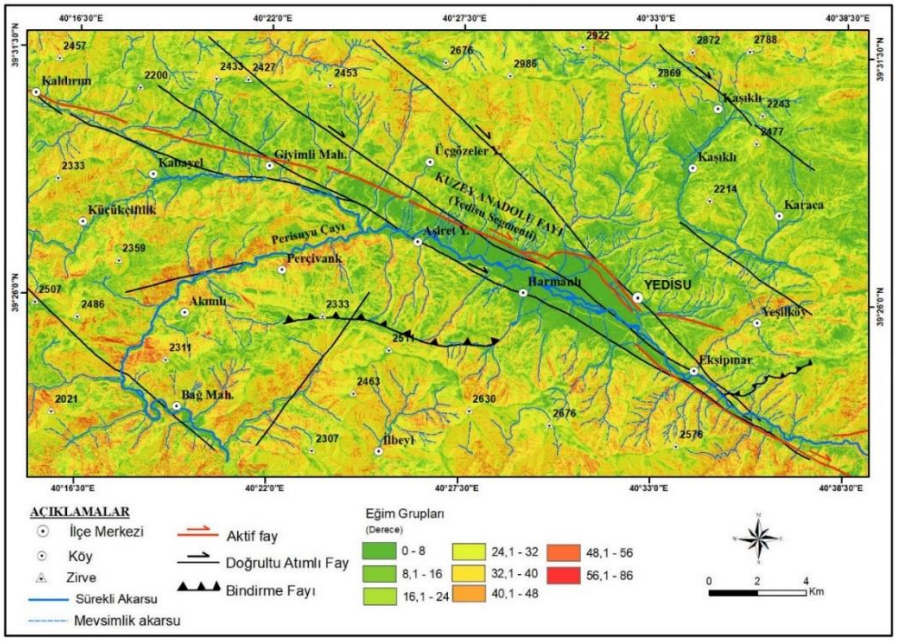
Yedisu Havzası (Bingöl) içerisinde yer alan Yedisu Segmenti, KAFZ'nda yer alan iki sismik boşluktan biri olup kırılma potansiyeli çok yüksek olan bir segmenttir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Yedisu Havzası ve çevresinde tarihsel dönemlerde M.S 800'lü yıllardan 1800'lü yıllara kadar birçok büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden en son ve en yıkıcı olanı 1784 gerçekleşmiştir. Bu depremin 7-8 dakika kadar sürdüğü, Erzincan, Muş, Erzurum ve Bingöl çevrelerinde yoğun yıkımlara neden olduğu ve yaklaşık olarak 12000 civarında insanın öldüğü bildirilmektedir (Ambraseys ve Finkel, 2003). Paleosismolojik verilere göre Yedisu Segmenti için deprem tekrarlanma aralığı 245 ± 55 yıl olarak belirlenmiştir (Akyüz vd., 2009). Aletsel dönem depremlere bakıldığında bu segment üzerinde meydana gelmiş en büyük deprem, 26 Temmuz 1967 yılında (Kiğı Depremi) 6.0 büyüklüğünde meydana gelmiştir. Deprem ciddi maddi hasara neden olmuş ve 100 civarında insan hayatını kaybetmiştir. Deprem sonucunda 4 km'lik yüzey kırığı ve 20 cm'lik sağ yönlü yanal atım oluşmuştur (Ergin vd. 1971, Ambraseys 1975, Tchalenko 1977). Bunun dışında günümüze kadar olan süre içerisinde sahad 3-5 büyüklüğünde küçük ve orta ölçekli depremler görülmektedir (Şekil 5).



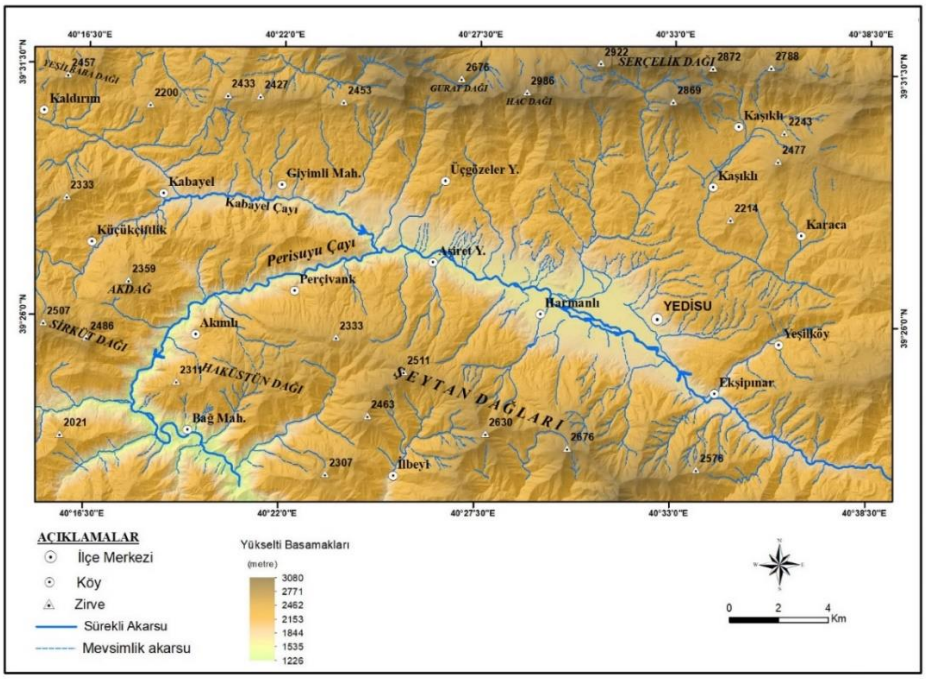
Şekil 5. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Deprem Aktivite Haritası (Deprem verileri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi BDTİM Deprem Sorgulama Sistemi'nden indirilmiştir 1900-2021).

Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinin jeomorfolojik özelliklerinin oluşmasında Üst Miyosen'den Kuvaterner dönemine kadar olan süreç içerisinde meydana gelen tektonizma, magmatizma ve akarsu süreçleri başlıca etken olmuştur (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984). Havzada eğim değerleri kısa mesafeler boyunca değişim gösterir. Neotektonik hareketler bu durumun oluşmasında etkili olmuştur. Havzada eğim değerlerinin arttığı yerler faylar tarafından kesilen sahalar karşılık gelir. Havzanın orta bölümlerinde eğim değerleri 0-8° arasında olup havzanın kenarlarına doğru gidildikçe bu değerler artmaktadır. Eğim değerlerinin yüksek olduğu sahalar akarsular tarafından derin yarılmış vadiler ve faylar tarafından kesilmiş yamaçlar olup buralarda eğim değerleri 48-86° arasındadır (Şekil 6). Yedisu Havzası (Bingöl), orta bölümlerinin alçak olması, çevre kesimlerinin de yüksek dağlar ile çevrili olması yönüyle jeomorfolojik havza karakteri göstermektedir. Sahada yer alan temel jeomorfolojik üniteler yüksek dağlık alanlar, plato alanları, ovalar, boğazlar, vadi tabanları, ovalar, taraçalar, birikinti koni ve yelpazeleridir. Havzanın çevresinde yükselti 2000-3000 m arasında olan yüksek dağlar bulunur. Bunlar kuzeyde Yeşilbaba Dağı (2457 m), Gurat Dağı (2676 m), Hac Dağı (2986 m) ve Serçelik Dağı (2922 m); güneyde Sirküt Dağı (2507 m), Haküstün Dağı ve Şeytan Dağları (2676 m)'dır (Şekil 7).

Havzada platolar daha çok doğu ve batı bölgelerinde bulunur. Havzada bulunan en önemli Yedisu Ovası'dır. Ovanın kuzey-güney yönündeki genişliği yaklaşık 3.5-4 km, doğu-batı yönündeki uzunluğu ise yaklaşık 10 km'dir. Ovanın güney ve kuzey kesimleri faylarla sınırlanmış olup yükselti güney kesimde daha fazladır. Havzada bulunan bir diğer önemli jeomorfolojik birim boğazlar ve derin vadilerdir. Bunlar çoğunlukla fay zonlarının olduğu yerlerde meydana gelmişlerdir. Sahada birçok yerde görülmelerine rağmen en önemli boğaz, Perisuyu Çayı tarafından sahanın batı kesiminde oluşturulmuştur. Yine sahanın doğusunda Yeşilköy ile Ekşipınar köyleri arasında Perisuyu'nun bir kolu tarafından dar ve derin bir boğaz oluşturulmuştur. Taraçalar, sahada görülen önemli bir morfolojik birim olup, Perisuyu Çayı tarafından Yedisu Ovası içerisinde oluşturulmuşlardır. Bunlar Perisu Vadi tabanının her iki tarafında 2-3 basamak halinde görülürler. Havzada dikkat çeken en önemli morfolojik birim, alüvyal koni ve yelpazeleridir. Bunlar Yedisu Havza'sının tabanında hem kuzey hem de güney kesimlerde sıralı bir şekilde görülürler. Güney tarafta olanları kuzey göre daha belirgin ve daha fazla eğim değerlerine sahiptirler.



Şekil 6. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Eğim Haritası

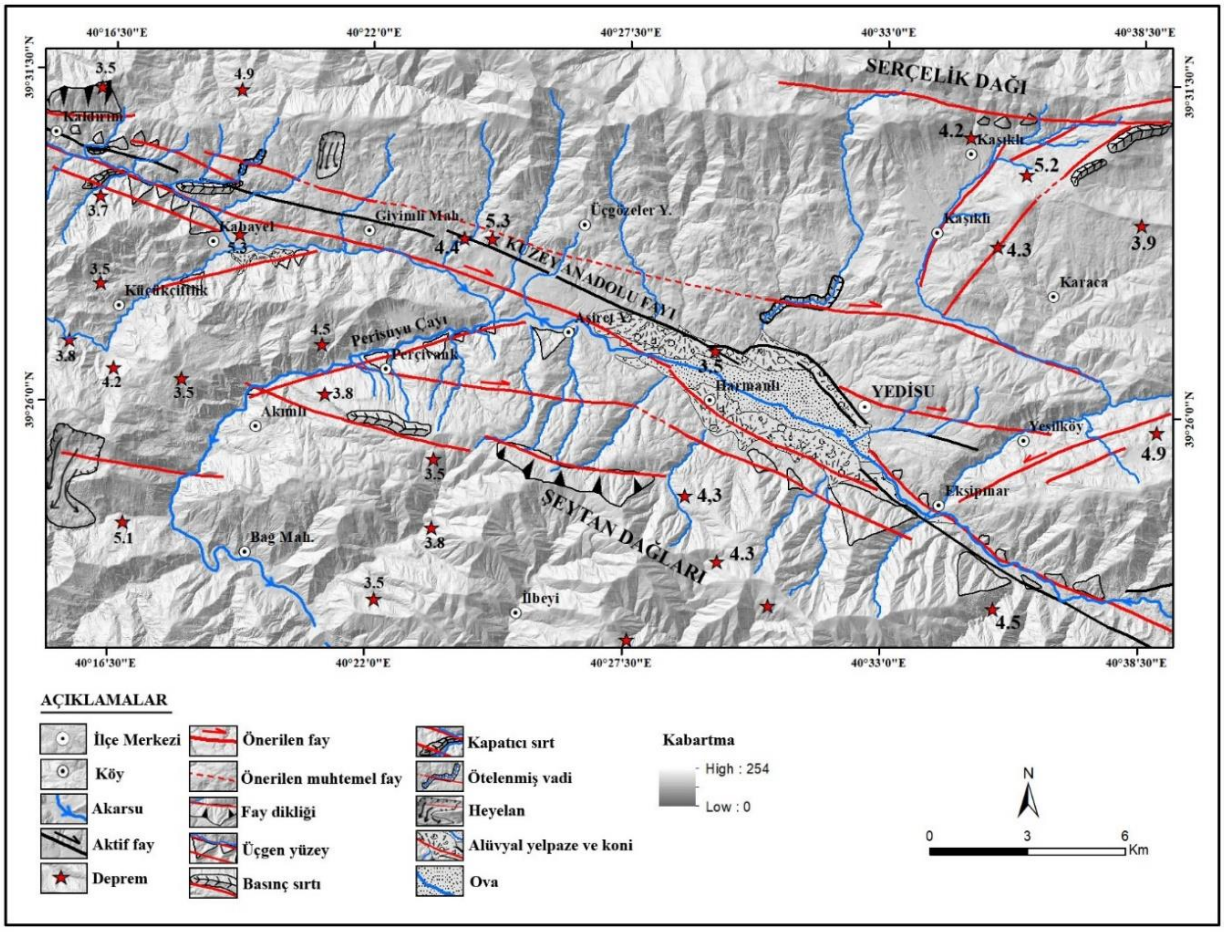


Şekil 7. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Fiziki Haritası

2.2. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinde Aktif Tektonizmanın Jeomorfolojik Yapı Üzerindeki Etkileri

Yer bilimlerinde tektonik terimi, yerkabuğunun deformasyonu ile ilişkili şekilleri, yapıları ve süreçleri ifade eder. Aktif tektonik ise insanlığın hayatını önemli derecede etkileyecek bir zaman ölçeğinde yerkabuğunda meydana gelen deformasyon süreçlerine karşılık gelir (Keller ve Pinter, 2002). Tektonik jeomorfoloji, tektonik süreçlerle meydana gelen şekilleri, jeomorfolojik prensiplerle inceleyen bir bilimdir. Herhangi bir sahanın jeolojik gelişiminde aktif tektoniğinin rolünün anlaşılmasında jeomorfolojik kayıtlar temel araştırma kaynağı sunarlar. Aktif faylanma fay sarplığı, çizgisel çöküntü alanları, çizgisel uzamış vadiler, ötelenmiş drenajlar, terkedilmiş akarsu kanalları, basınç sırtları, kapanma sırtları, eğimlenmiş yamaçlar, kaynak suları, taraçalar, alüvyal yelpazeler, asılı vadiler, grabenler, ve çek-ayır havza gibi farklı ölçeklerde şekiller meydana getirir (McCalpin, 1986; Burbank ve Anderson, 2011; Keller ve Pinter, 2002).

Yedisu Havzası (Bingöl), Türkiye'nin en uzun ve en önemli aktif fay zonu olan KAFZ üzerinde oluşmuş olan çek-ayır tipi bir tektonik havza karakterindedir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). İçerisinde Yedisu ilçesinin de bulunduğu havza yaklaşık olarak 20-25 km^2'lik bir alan kaplar. Havzanın orta kesimlerinde bulunan Yedisu Ovası, KAFZ tarafından oluşturulmuş bir tektonik ova olması nedeniyle KAFZ'nun uzanışına paralellik göstererek KB-GD doğrultusunda yayılış gösterir. Güneyden kuzeye doğru eğimli olan ovanın yüzeyinde yükselti 1400-1570 m arasında değişir. Aktif tektonizma, Yedisu Havzası ve çevresinin jeomorfolojik yapısı üzerinde çok önemli etkilerde bulunmuştur. Havzada bulunan önemli morfotektonik birimler, basınç sırtları, kapatıcı sırtlar, fay diklikleri ve basamakları, asılı vadiler, çizgisel vadiler, çizgisel çöküntü alanları, ötelenmiş sırtlar ve dereler, alüvyal yelpazeler, heyelanlar, havzalar ve taraçalardır (Şekil 8). Fay diklikleri (fault scarps), aşınma öncesinde fayın hareketi sonucunda oluşan ve fay düzleminin ortaya çıktığı yüksek eğimli yamaçlardır. Bu fay diklikleri, fayların tekrar aktif hale gelmesiyle meydana gelen depremler sonucunda kosismik yüzey kırıkları ve düşey atımlar sonucunda ortaya çıkarlar (Keller ve Pinter, 2002; Bingöl, 1986). Yedisu Havzası ve çevresinde fay diklikleri yaygın şekilde görülen şekiller arasında bulunur. Bunlardan en tipik olanı havzanın güneyinde Şeytan Dağları civarında ve havzanın batısında Kaldırım köyü kuzeyinde görülür (Şekil 9). Asılı vadiler (Hanging valleys), fay dikliklerinin yeni tektonik hareketler ile gençleşmesi sonucunda, daha önceden kurulmuş olan konsekant akarsuların vadilerinin fay dikliği önünde belli bir yükseltide askıda kalmasıyla oluşan vadilerdir (Atalay, 1973). Yedisu Havzası'nda asılı vadiler fay dikliklerinin olduğu alanlarda bulunmakla birlikte yaygın olarak orta ve kuzey kesimlerindeki dağlık bölgelerde faylanmaya bağlı olarak oluşmuşlardır (Foto 1). Araştırma sahasının çok geniş bir alan olması ve asılı vadilerin de daha küçük şekiller olması nedeniyle morfotektonik haritasında asılı vadiler gösterilememiştir.



Şekil 8. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Morfotektonik Haritası

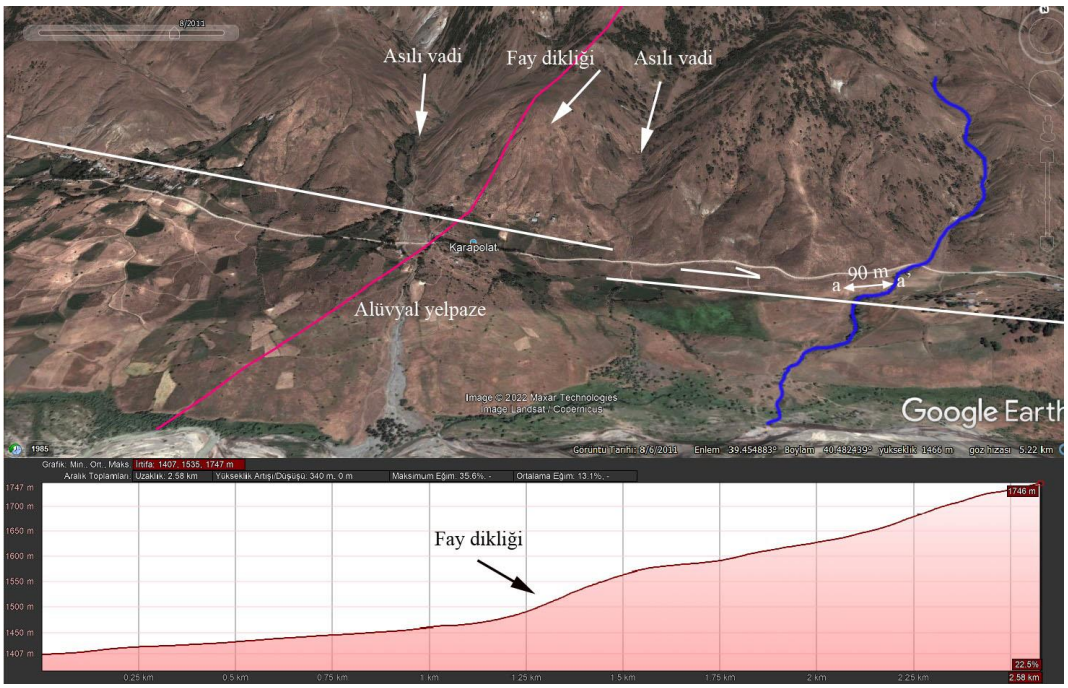


Foto 1. Yedisu Havzası'nda Karapolat Köyü Civarında Görülen Fay Diklikleri, Asılı Vadiler ve Akarsu Atımları

Alüvyal yelpazeler (Alluvial fan), fay diklikleri üzerinde arazinin eğimine uygun olarak akan konsekant akarsu ve kollarının aşındırdığı malzemeyi eğimin azaldığı yerde biriktirmesiyle oluşan koni ve yelpaze biçimindeki şekillerdir. Bu şekillerin oluşumunda faylanma ve erozyonal süreçler birlikte etkili olurlar. Dağ önü havzalarında bu şekiller, aktif faylanma, tiltlenme, yükselmenin jeomorfik belirteçleri olarak kullanılabilirler (Keller ve Pinter, 2002; Hoşgören, 1993). Yedisu Havzası'nda alüvyal koni ve yelpazeler, Perisuyu Çayı vadisinin her iki tarafında ana akarsuya katılan yan kollar tarafından yaygın şekilde oluşturulmuşlardır. Bu aüvyal koni ve yelpazelerin büyük çoğunluğu eski alüvyon yelpazesi özelliğinde olup Pliyosen yaşlı sedimanter çökellerden meydana gelirler. Bunlar üzerinde günümüzde aşınım süreçleri etkili olmaktadır. Bir kısmı ise yeni alüvyon yelpazesi karakterinde olup Kuvaterner yaşlı alüvyon çökellerinden oluşurlar. Havzanın kuzeyinde sıralı şekilde 3 tane büyük alüvyal yelpaze bulunmakta olup ana vadi tabanı ile yaklaşık 50-60 m'lik bir yükselti farkına sahiptir. Yine bunlar üzerinde eğim değerleri güneye nazaran daha düşüktür. Havzanın güneyinde ise 4 tane alüvyal yelpaze bulunur ve bunlar üzerinde eğim değerleri çok yüksektir. Ayrıca bu yelpazeler ile Perisuyu Çayı'nın vadi tabanı arasında yükselti farkı 60-120 m arasında değişir. Havzanın kuzeyinde bulunan alüvyal yelpazeler ile güneyinde bulunanlar arasında yaklaşık 70-160 m'lik bir yükselti farkı bulunur. Bu durumun oluşmasında Yedisu Havzası'nın güneyden sınırlayan fay kolunun kuzeyde bulunan fay koluna göre daha aktif olması ile açıklanabilir. Havzanın güneyinde daha aktif olan fay, havzanın kuzeye doğru tiltlenmesine neden olmuştur. Bu özellik havzada içerisinde K-G doğrultusunda alınan profillerde belirgin olarak görülebilmektedir (Foto 2-3) (Şekil 9). Yine bu durum ileriki bölümlerde açıklanacak morfometrik analizlerde de göze çarpmaktadır.

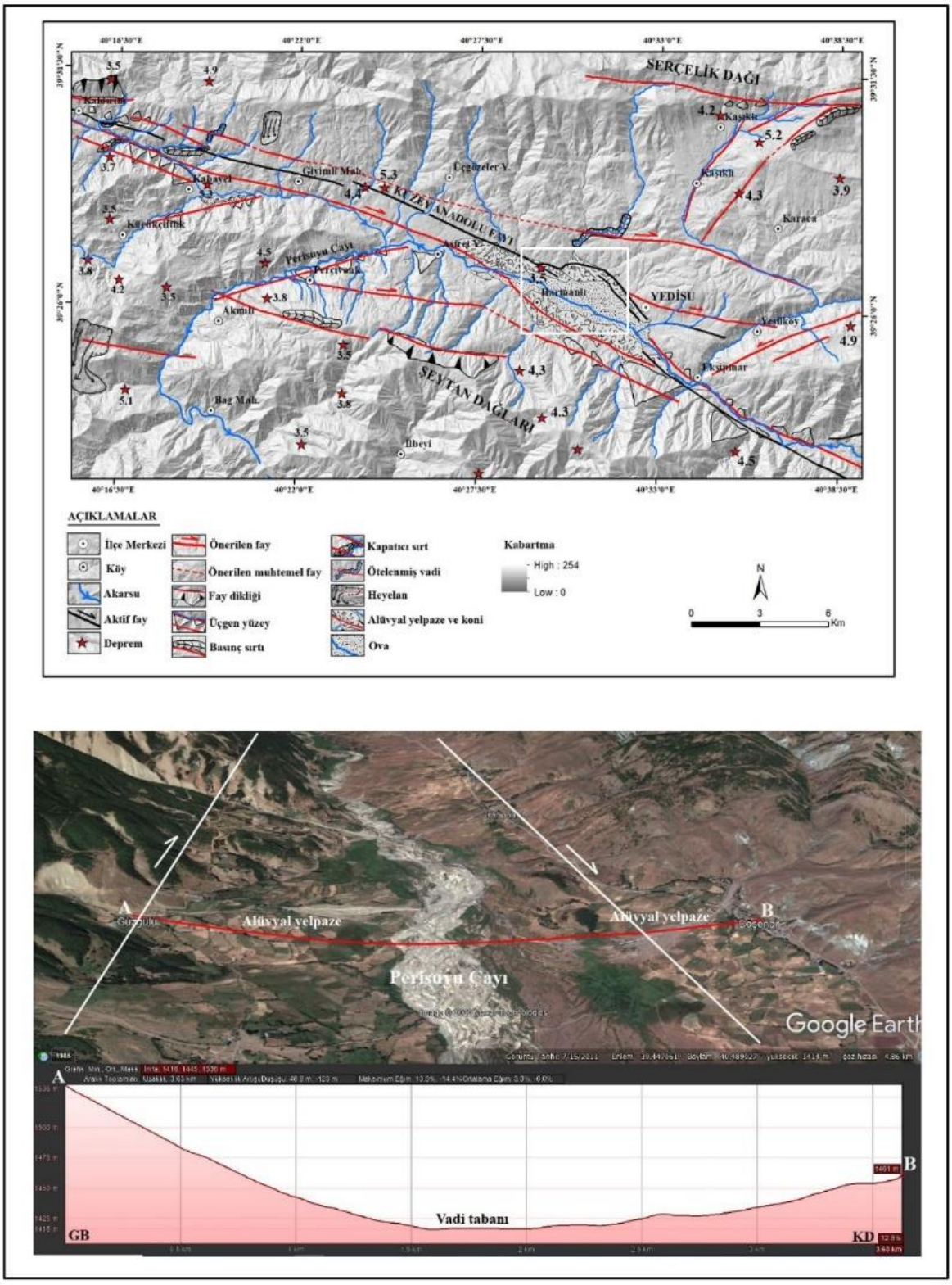
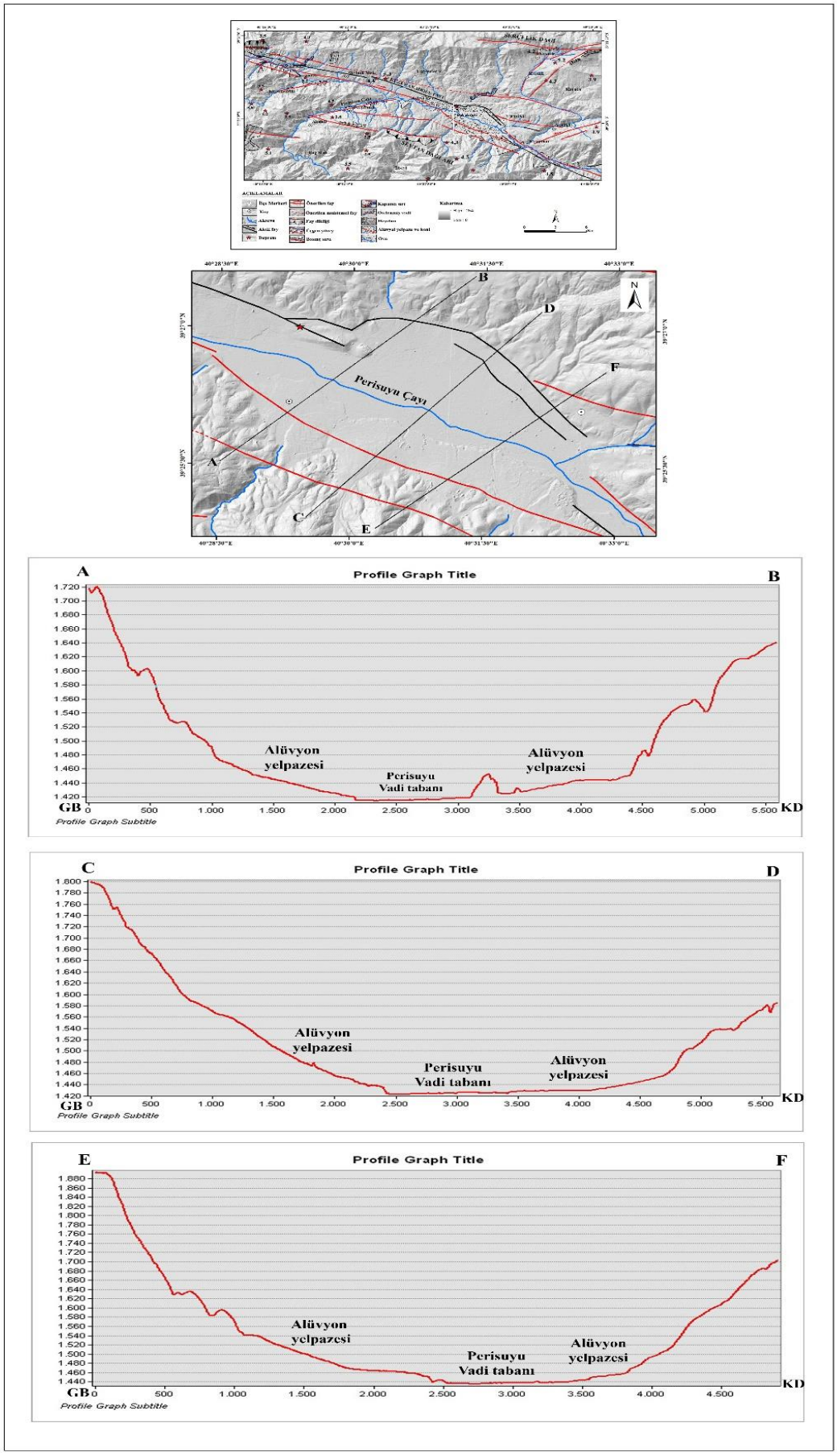


Foto 2. Yedisu Havzası'nda Havzanın Kuzey ve Güneyinde Bulunan Alüvyal Yelpazeler Arasındaki Eğim ve Yükselti Farkını Gösteren Uydu Görüntüsü ve Profil



Şekil 9. Yedisu Havzası'nda Alüvyal Yelpazeler Üzerinde KD-GB Doğrultusunda Alınmış Profiller



Foto 3. Yedisu Havzası'nın Güneyinde Bulunan Alüvyal Yelpaze ve Üçgen Yüzeyler (Google Earth Fotolardan Cemal Seyis'ten Alınmıştır).

Fay Façetaları (Üçgen yüzeyler-triangular facet), normal faylarla sınırlı havzalardaki dikey hareket ve akarsu vadilerindeki aşındırma üçgen yüzeylerin oluşumuna neden olur. Üçgen yüzeyler, dağları drene eden vadiler arasında meydan gelen yüksek tepe biçimli düz yüzeyler olup, aktif faylarla ilişkili dağ önünün karakteristik şekilleridir (Keller ve Pinter, 2002). Yedisu Havzası ve çevresinde fay façetaları, çok yaygın şekilde görülmekle beraber en tipik olanları havzanın kuzeybatısında Kabayel ile Kaldırım köyleri arasında; havzanın orta ve güneydoğu kesimlerinde Harmanlı ile Ekşipınar köyleri arasında ve havzanın kuzeyinde bulunan Serçelik Dağı'nın güney eteklerinde görülürler (Şekil 8) (Foto 3-4).

Basınç sırtları (Pressure ridges), herhangi bir fay zonu içerisinde fay kolları arasında sıkışmayla oluşmuş küçük eğimli sahalardır. Bir fay, önceden oluşmuş basınç sırtlarının içinden geçtiği yerlerde kapatıcı sırtlar oluşabilir (Keller ve Pinter, 2002). Yedisu Havzası ve çevresinde sağ yanal atımlı KAFZ'nun Yedisu Segmenti ve sol yanal atımlı diğer tali faylara bağlı olarak görülen en yaygın morfotektonik şekiller basınç sırtlarıdır. Sahada irili ufaklı pek çok basınç sırtı olmakla birlikte en belirgin olanları havzanın güneybatısında Şeytan Dağları civarında, batıda Kabayel köyü çevresinde ve kuzeydoğuda Serçelik Dağı'nın doğu taraflarında görülür (Şekil 8) (Foto 5).

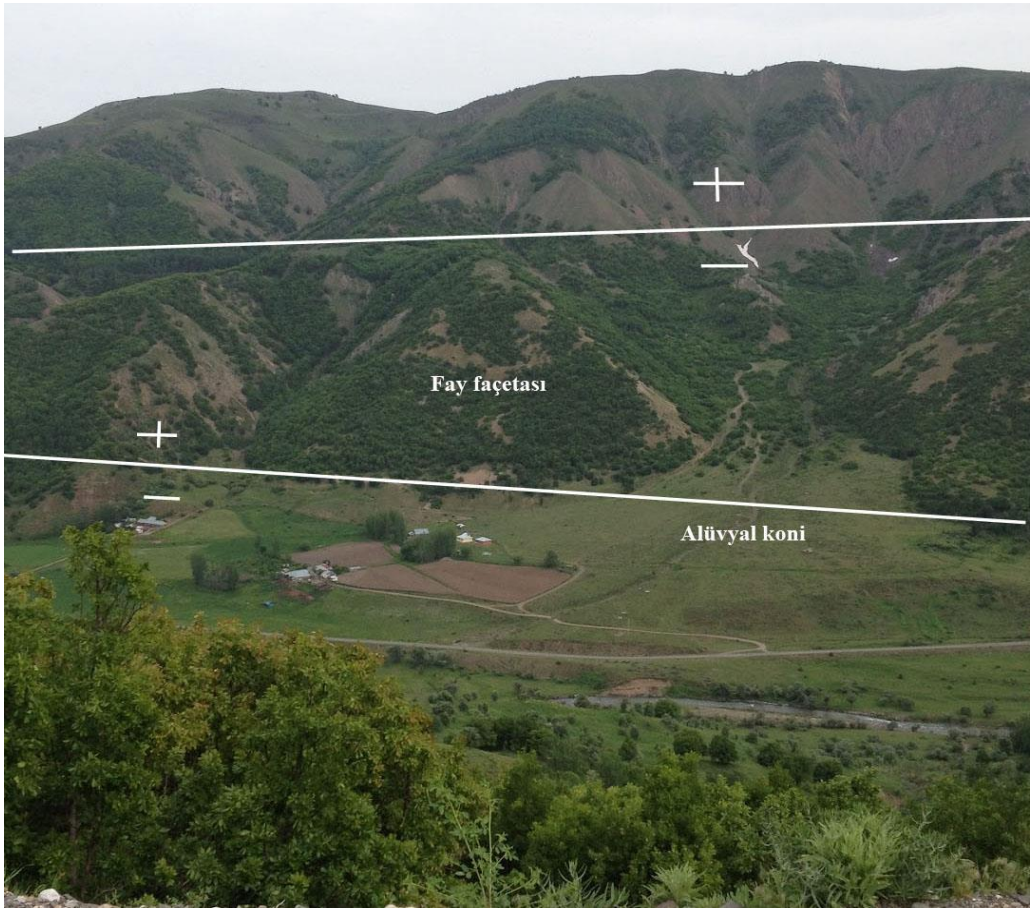


Foto 4. Yedisu Havzası (Bingöl)'nın Batısında Kabayel Köyü Civarında Aktif Faylanmayı Gösteren Fay Façetaları ve Alüvyal Koniler (Google Earth Fotolardan Özkan Özkaynak'tan Alınmıştır).

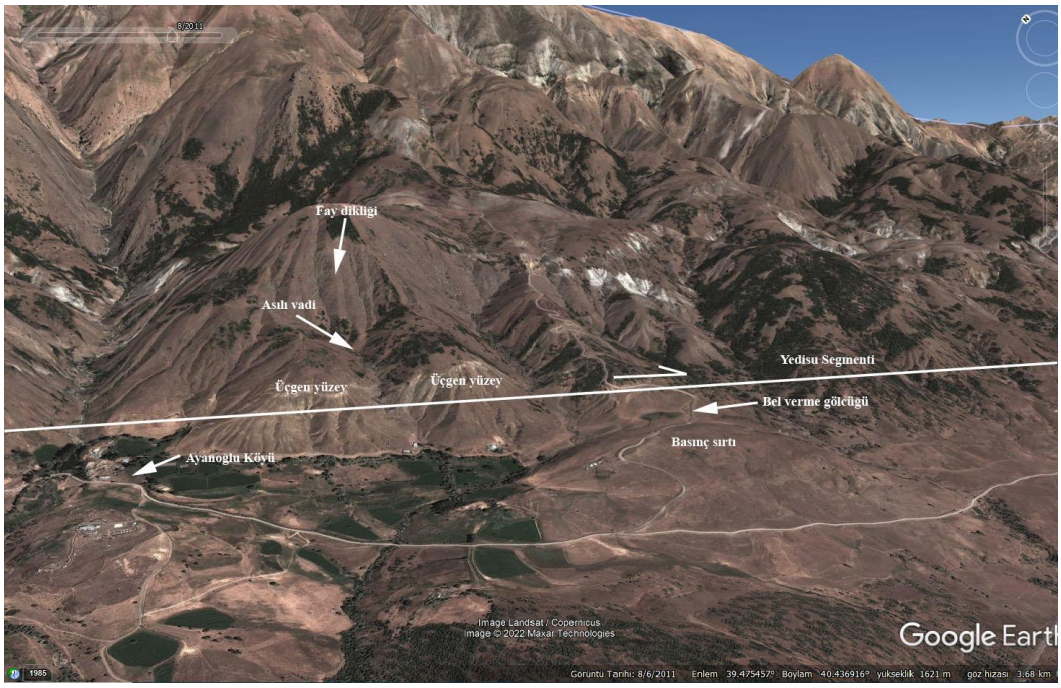


Foto 5. Yedisu Havzası (Bingöl)'nın Batısında Ayanoğlu Köyü Civarında Aktif Faylanmayı Gösteren Basınç sırtı, Üçgen Yüzeyler, Bel Verme Gölcüğü ve Fay Dikliği

Kapatıcı Sırtlar (Sürgü sırtları, kapan sırtı), (shutter ridges) fayın topografyayı değiştirip derelerin karşısına tepeleri getirdiği yerlerdeki sırtlardır. Bu topografya, yaygın bir şekilde faya dik olarak bulunan akarsular tarafından oyulduğundan kapatıcı sırtlar, bükülmüş akarsularla beraber bulunabilirler (Burbank ve Anderson, 2011). Yedisu Havzası'nda çeşitli boyutlarda birçok kapatıcı sırt bulunur. Araştırma sahasında söz konusu kapatıcı sırtların olduğu alanlarda akarsularda da önemli oranlarda atımlar gerçekleşmiştir (Şekil 8). Ötelenmiş Vadiler ve Akarsular (Offset walley and streams), faylar tarafından yer değiştirilmiş akarsulardır. Bu akarsular, göreceli olarak yer değiştirmenin yönlerini gösterirler. Atımlar, birkaç depremin kümülatif atımını yansıtırlar. Son aşamada fay izinde başı kopmuş bir akarsu üreterek fay zonu boyunca daha doğrusal bir yönde aşındırma yapabilirler (Keller ve Pinter, 2002). Doğrultu atımlı faylar boyunca akarsu yönlerinde meydana gelen sapmalar ve vadilerdeki ötelenmeler faylardaki hareketin göstergelerinden biridir ve bu yapılar aktif ve genç tektonik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Şengör, 2017). Ötelenmiş vadiler ve akarsular, Yedisu Havzası'nda çok fazla rastlanılan şekillerdendir. Bunlar, havzanın hemen her tarafında çeşitli ölçeklerde görülürler (Foto 1). Bunlarla ilgili detaylı açıklamalar ve gerekli görseller "Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinin Önerilen Aktif Fayları" isimli alt başlıkta verilecektir.

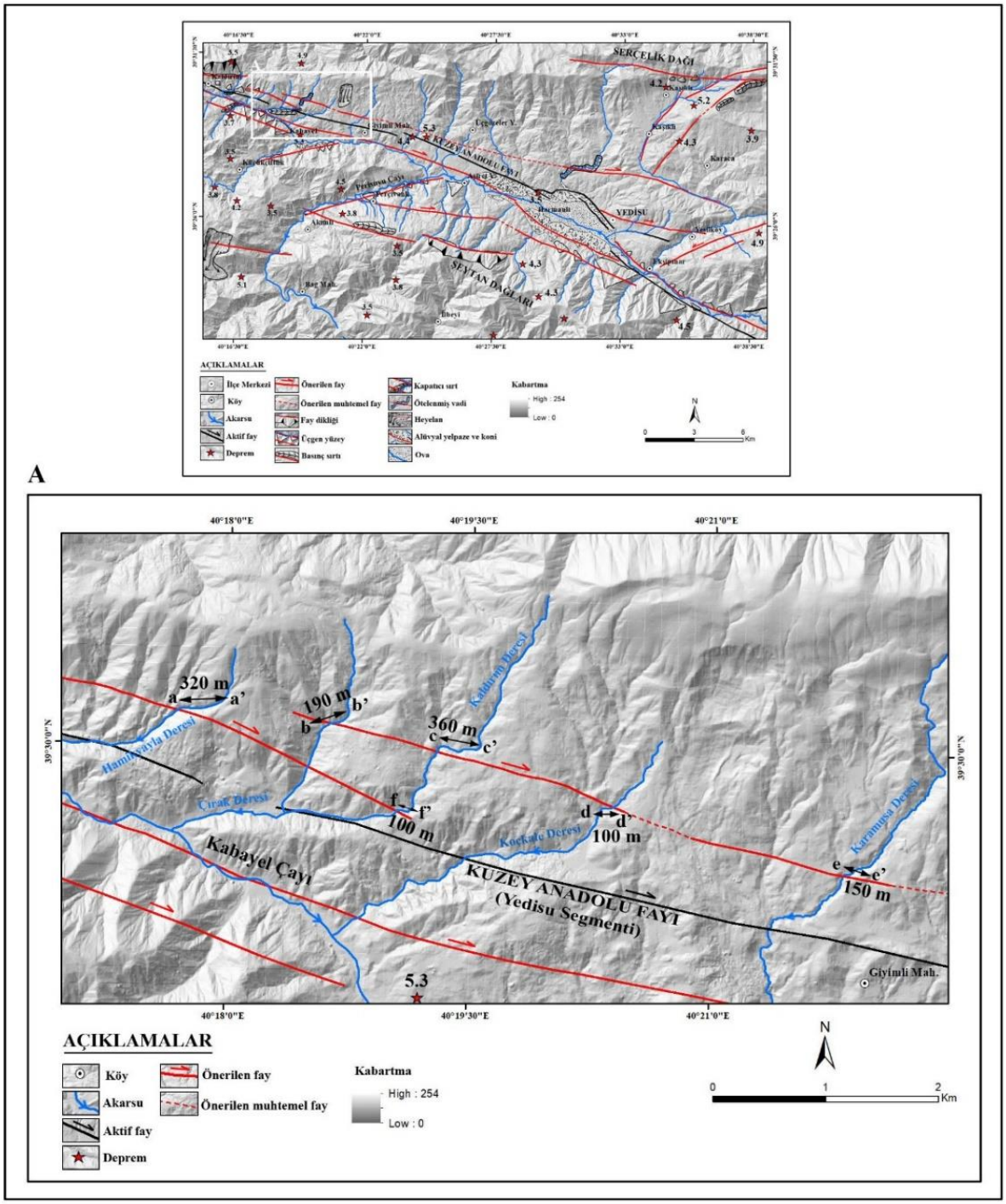
Çöküntü ve bel verme gölcükleri, fay zonlarında sıklıkla bulunurlar ve genellikle fay zonundaki iki kolun arasında oluşan çökmeyle ilişkilidirler (Keller ve Pinter, 2002). Yedisu Havzası'nda büyük çaplı çöküntü gölleri görülmemektedir. Ancak çok sayıda bel verme gölcükleri sahanın çeşitli yerlerinde göze çarpar. Küçük alanlar kapladığı için morfotektonik haritada gösterilememiştir. Bunlardan bazıları havzanın batısında Ayanoğlu köyü civarında bulunurlar (Foto 5). Yine Kabayel Deresi'nin Perisuyu Çayı'na karıştığı sahaya yakın yerde birkaç tane çöküntü göllerine rastlanılmaktadır. Akarsu Taraçaları (Terraces), alüvyal çökellerin oluşturduğu, güncel taşkın ovalarından topoğrafik olarak daha yüksekte konumlanan düzlükler olarak tanımlanmaktadır (Pazzaglia, 2013). Taraçalar, iklim ve tektonik kaynaklı olmakta birlikte karma faktörlerin de şekillendirdiği taraçalar da gelişebilmektedir. Dolgu taraçaları ve alüvyal taraçalar olmak üzere ikiye ayrılırlar (Keller ve Pinter, 2002). Yedisu Havzası'nda akarsu taraçalarının en iyi gözlendiği sahalar, Perisuyu Çayı vadi tabanın her iki tarafında bulunurlar. Bu taraçalar 2-3 basamak şeklinde vadi tabanının her iki tarafında gözlenirler. Çok dar alan kapladıkları için morfotektonik haritada gösterilememişlerdir. Yedisu Ovası'nda yer alan bu taraçalar, aktif tektonizmadan dolayı eğimlenerek ilksel konumlarını kaybetmişlerdir.

Heyelanlar (Landslides), kayaçlardan, döküntülü malzemeden veya topraktan oluşan malzemenin, yer çekimin etkisiyle bulunduğu yerden ayrılarak yer değiştirmesi olarak adlandırılırlar (Erinç, 2010). Heyelanlar, yağışlar, ani kar erimeleri, depremler ve antropojenik süreçler sonucundan tetiklenebilirler (Glade vd., 2000; Larsen ve Simon, 1993). Yedisu Havzası'nda aktif tektonikle ilişkili heyelanlar özellikle fay zonları üzerinde yer alırlar. Bu heyelanlardan bir tanesi havzanın batısında Perçivank köyü civarında Perisuyu vadi tabanının kuzey kesiminde bulunur. Yine havzanın güneybatı kesiminde Bağ Mahalesi'nin batısında fay ile ilişkili bir diğer heyelan bulunur. Yine havzanın kuzeyinde Üst Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı Anadolu volkano-sedimanter serisi içerisinde fay ve litoloji ile ilişkili heyelanlar görülebilmektedir (Şekil 8).

2.3. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinde Önerilen Aktif Faylar

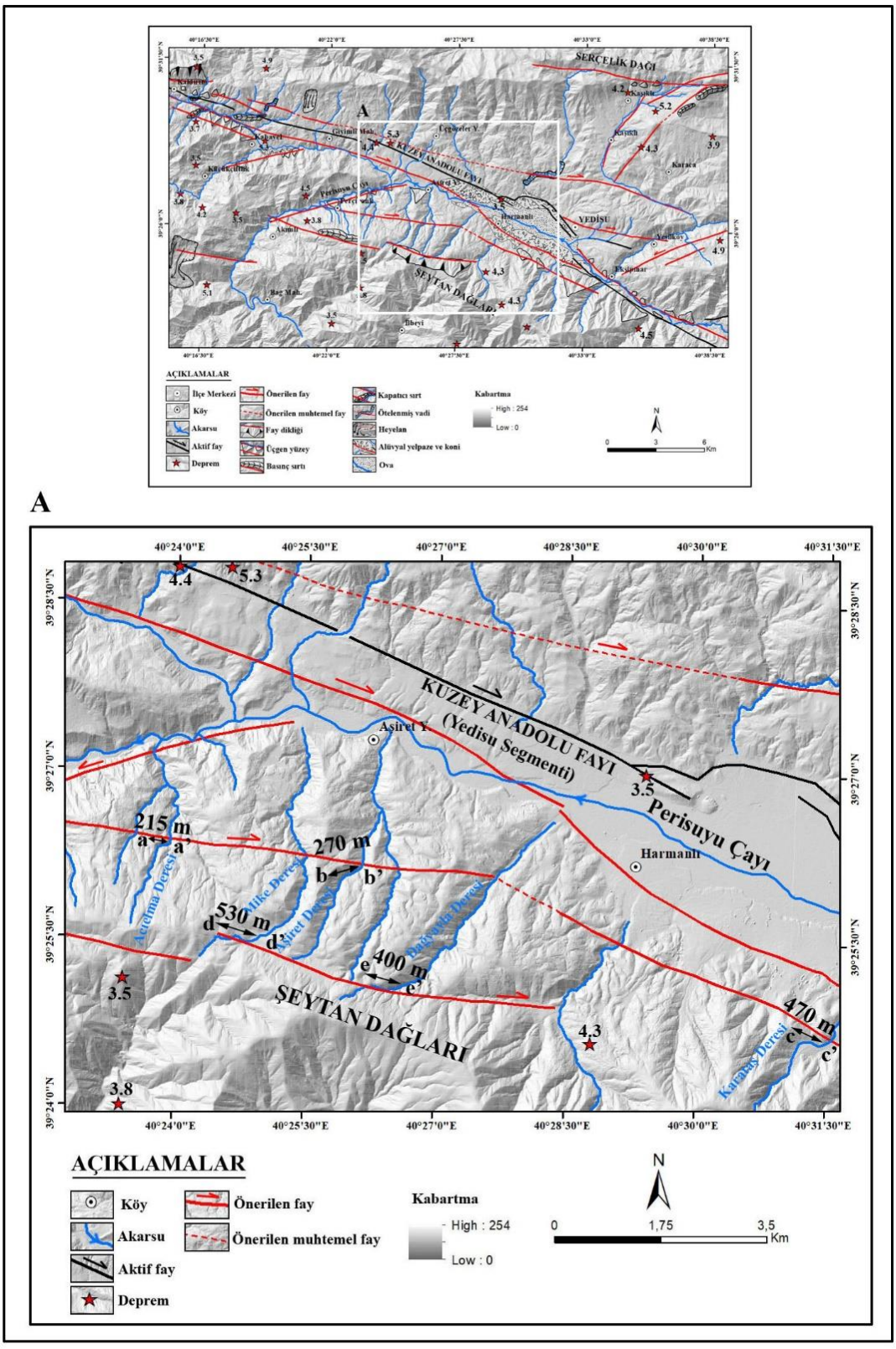
Bu bölümde Yedisu Havzası ve çevresinde morfotektonik veriler, nehir atımları ve aletsel dönem deprem verilerine göre Yedisu Segmenti yeniden ele alınarak segment için bazı fay kolları önerilmiştir. Ayrıca sol yanal doğrultu atımlı bazı konjigat fay kolları da havza içerisinde tanımlanmıştır. Fay kollarının tespitinde öncelikle nehir atımları göz önünde bulundurulmuş daha sonra morfotektonik ve deprem verileri hesaba katılmıştır. Buna göre çalışma alanı doğu, orta ve batı bölgeler olmak üzere 3 bölüm halinde incelenmiştir.

Çalışma alanının batı bölümünde Perisuyu Çayı'nın önemli kollarından olan Kabayel Çayı'nın tali kolları üzerinde çok sayıda nehir atımları tespit edilmiştir. Bu kollardan Koçkale Deresi üzerinde 100 m; Kaldırım Deresi'nde 100 m ve 360 m; Çırak Deresi'nde 190 m; Hamikyayla Deresi'nde ise 320 m sağ yanal atımlar bulunur. Yine bu bölgede nehir atımlarının olduğu alanlarda aktif faylanmayı işaret eden çok sayıda morfotektonik birimler yer alır (Şekil 10).



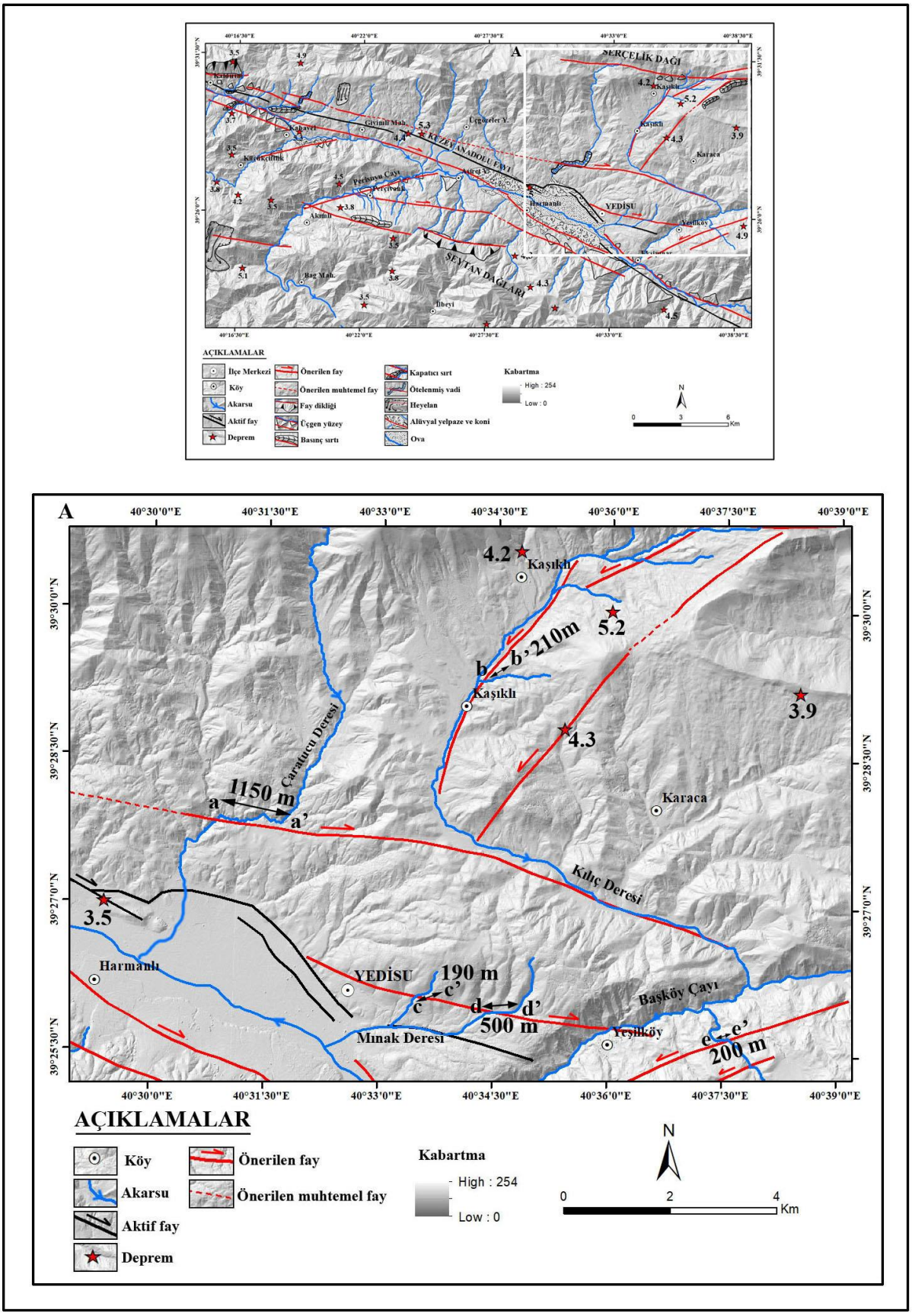
Şekil 10. Yedisu Havzası ve Çevresinde Sahanın Batı Bölümünde Önerilen Fay Kolları ve Bunların Üzerinde Görülen Nehir Atımları.

Çalışma alanının orta bölümünde Perisuyu Çayı'na güneyden katılan tali kollar üzerinde nehir atımları tespit edilmiştir. Bunlardan Acıelma Deresi üzerinde 215 m; Aşiret Deresi üzerinde 270 m; Mike Deresi üzerinde 400 m; Dağyayla Deresi üzerinde 400 m ve Karataş Deresi üzerinde 470 m nehir atımları bulunur. Yine bu nehir atımlarının olduğu yerlere yakın kesimlerde çeşitli morfotektonik şekiller ve depremler yer alır (Şekil 11).



Şekil 11. Yedisu Havzası ve Çevresinde Sahanın Orta Bölümünde Önerilen Fay Kolları ve Bunların Üzerinde Görülen Nehir atımları.

Çalışma alanının doğu bölümünde Perisuyu Çayı'na kuzey ve kuzeydoğudan katılan tali kollar üzerinde nehir atımları tespit edilmiştir. Bunlardan Çaratucu Deresi üzerinde 1150 m; Mınak Deresi'nin kolları üzerinde 90 ve 500 m sağ yanal ötelenmeler belirlenmiştir. Yine bu bölümde Başköy Çayı'na güneydoğudan katılan kol üzerinde 200 m ve Kılıç Deresi'ne doğudan katılan kol üzerinde ise 210 m sol yanal ötelenme tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Yedisu Havzası ve Çevresinde Sahanın Doğu Bölümünde Önerilen Fay Kolları ve Bunların Üzerinde Görülen Nehir Atımları.

2.4. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinde Aktif Tektonizmayı Ortaya Koyan Jeomorfometrik Analizler

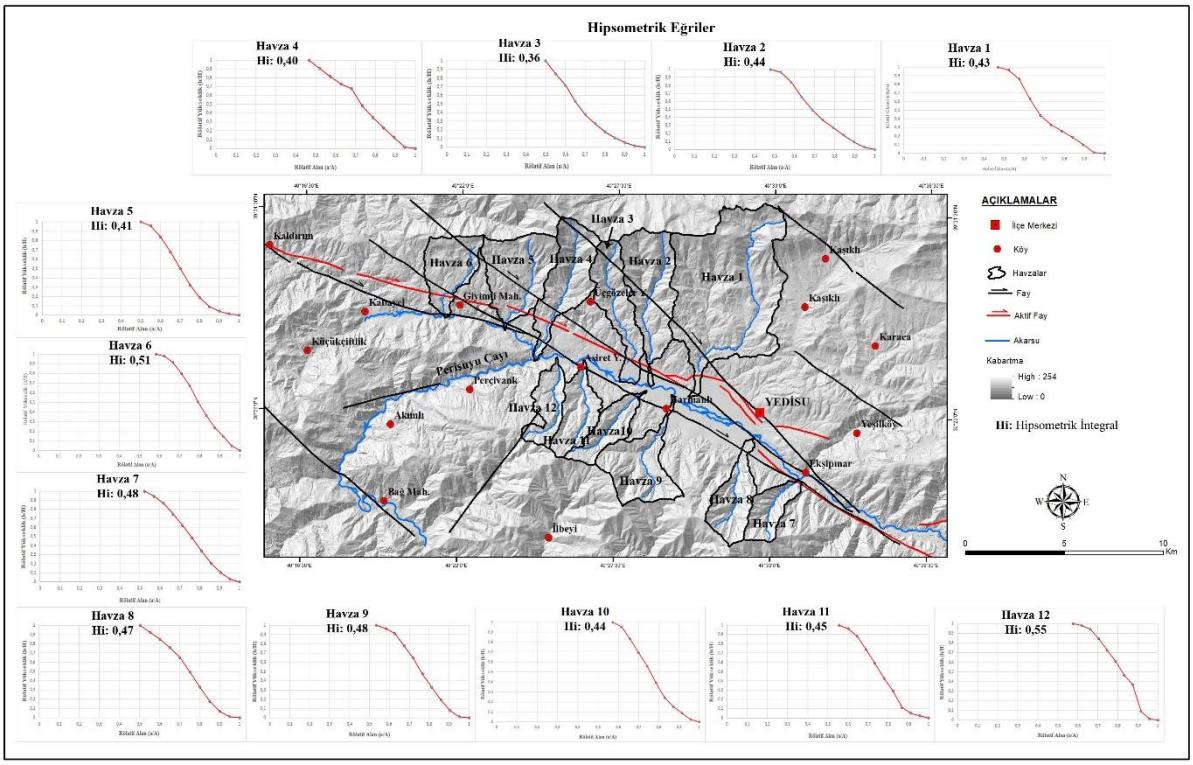
Tektonizmanın aktif olduğu alanlarda drenaj ağları, akarsu aşındırması ve süreçleri, havza asimetrisi ve drenaj tipleri, kıvrılma ve kırılma gibi tektonik kuvvetlerin etkisiyle ilksel yapılarından uzaklaşarak farklı özelliklere dönüşürler (Cox, 1994). Aktif tektonizmanın etkisi sonucu oluşan bu özellikler jeomorfometrik indisler yardımıyla ortaya konulabilir. Aktif tektonik tarafından oluşturulmuş deformasyonların belirlenmesi ve sınıflandırılmasında bu indisler yaygın olarak kullanılmaktadır (Keller ve Pinter, 2002). Akarsu havzalarının boyut, yükselti ve eğim gibi sayısallaştırılabilir özelliklerinden yararlanılarak elde edilen veriler jeomorfometrik indis formülleri ile birlikte değerlendirilerek hesaplanmaktadır. Bu çalışmada Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinde aktif tektonizmanın etkilerini ortaya koymak için hipsometrik eğri ve integral, dağ cephesi sinüslük oranı (Smf), drenaj havzası asimetrisi (AF) ve akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL) uygulanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresi İçin Hesaplanan Jeomorfometrik İndisler

Drenaj Alanı	Toplam Alan (km^2)	Smf	Hİ	AF	SL
Havza 1	36.83	1.48	0.43	69.59	1116.20
Havza 2	13.16	1.56	0.44	56.53	1702.76
Havza 3	8.38	1.56	0.36	48.44	1576.61
Havza 4	10.84	1.85	0.40	50.92	1715.05
Havza 5	12.25		0.41	65.14	1119.12
Havza 6	7.90		0.51	61.01	766.77
Havza 7	4.82		0.48	38.58	1398.49
Havza 8	6.43	1.23	0.47	44.63	1157.41
Havza 9	9.74	1.51	0.48	53.18	1077.09
Havza 10	5.34		0.44	58.23	748.03
Havza 11	6.48		0.45	32.87	659.00
Havza 12	5.26		0.55	36.69	682.96

Hipsometrik eğrinin biçimi, akarsu havzasının jeomorfolojik gelişim dönemi ile yakından bağlantılıdır. Yaşlı havzalarda bu eğri içbükey, olgun havzalarda S şeklinde ve genç havzalarda ise dışbükey görünümündedir (Strahler, 1952; Ohmori, 1993).Yüksek hipsometrik integral değeri genç topografik bölgeleri işaret ederken; düşük değerler ise yaşlı topografları göstermektedir (Keller ve Pinter, 2002).

Çalışma sahasında hipsometrik eğri ve integral hesaplamaları için öncelikle sahaya ait 5*5 çözünürlüklü SYM verisi kullanılarak saha; kuzeyde 6, güneyde 6 olmak üzere 12 farklı havzaya ayrılmıştır. Genel olarak bakıldığında kuzeyde yer alan havzaların hipsometrik eğrileri çoğunlukla içbükey iken; güneydekiler ise çoğunlukla dışbükey bir görünümdedirler. Yine hipsometrik integral değerleri ise kuzeyde düşük (ort. 0.42), güneyde ise yüksek (0.47) değerlerdedir (Şekil 13). Bu veriler, havzanın kuzeyinde tektonizmanın güneye göre daha az aktif olduğunu ve havzanın güneyinde aktif tektonik süreçlerin daha ön planda olduğunu göstermektedir. Bu veri, havzanın güneyinde aktif tektonik ile ilişkili morfotektonik şekillerin kuzey göre daha fazla olması verileri ile uyumluluk göstermektedir. Ayrıca çalışma sahasında Yedisu Segmenti'nin aktif kollarının belirlenmesi bu veri önemli bir dayanak olmaktadır.



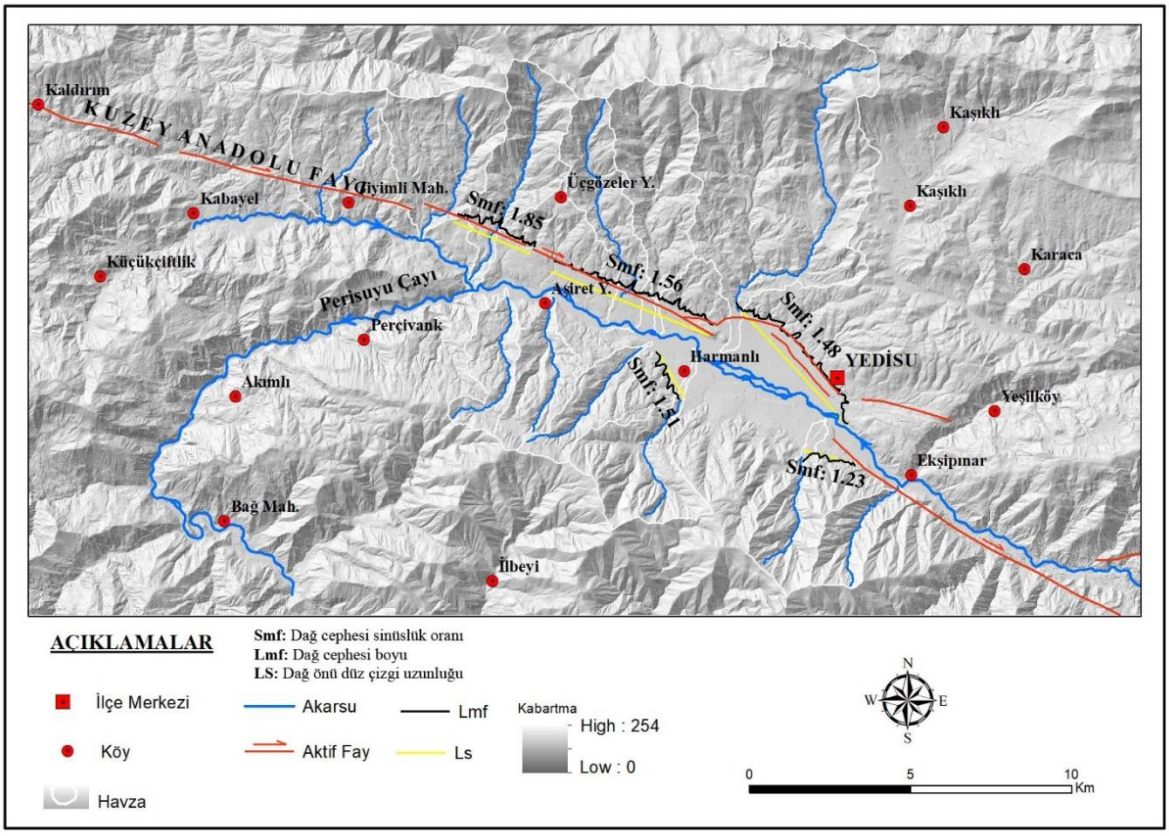
Şekil 13. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinde Hesaplanan Hipsometri Eğri ve İntegral Değerleri.

Aktif tektonik alanlarda aktif fay ile jeomorfolojik süreçler arasındaki ilişkiyi sayısal olarak gösteren indislerden biri dağ cephesi sinüslük oranıdır. Bu indeks, dağ cephesini oymaya çabalayan aşınma kuvvetleri ile dağ cephesini düzleştirmeye çabalayan tektonik kuvvetler arasındaki ilişkiyi gösteren bir indekstir (Bull 2008). Aktif tektonizma sonucu yükseltilen dağ cepheleri düzgün gidişleri ve düşük Smf değerleri ile karakterize olurlar. Tektonizmanın pasif olduğu dağ cepheleri ise erozyonal kuvvetler tarafından tahrip edildiklerinden düzensiz şekiller ve yüksek Smf değerleri gösterirler (Keller ve Pinter, 2002). Bu indis çalışma sahasının kuzey, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerine uygulanmıştır. Buna göre 1.23 ile 1.85 arasında değerler bulunmuştur (Tablo) (Şekil 14). Havzanın kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde indis değerlerinin yüksek olması ve dağ cephelerinin düzensiz şekiller oluşturması buralarda erozyonal süreçlerin tektonik süreçlerden daha baskın olduğunu gösterir. Havzanın güneydoğu kesiminde ise indis değerlerinin düşük olması ve dağ cephelerinin düzenli şekiller oluşturması burada aktif tektonik süreçlerin ön planda olduğunu göstermektedir.

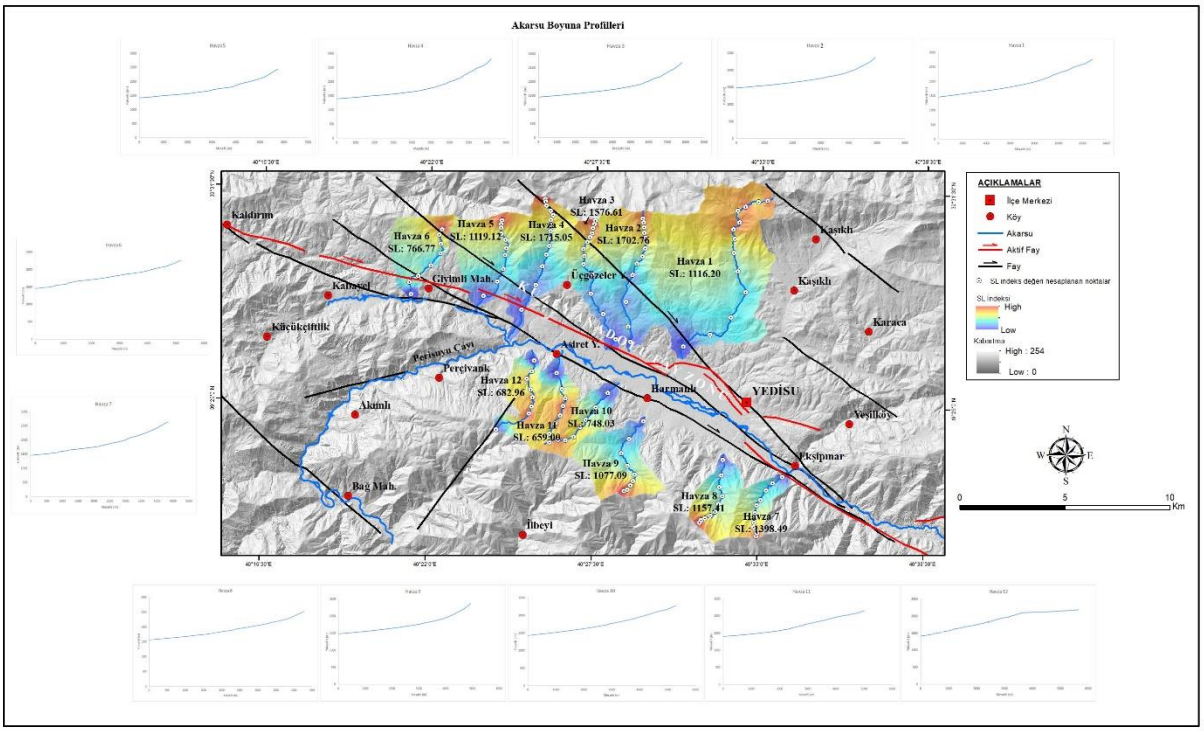
Aktif tektonik sahalarda akarsu drenaj ağları tektonizmanın izlerini taşırlar. Aktif tektonizmayı ortaya koyan indislerden biri de Drenaj Havzası Asimetrisidir. Bu indis ile bir akarsu havzasında akış yönü istikametine dik yöndeki tiltlenme (eğimlenme) niceliksel olarak ortaya konulabilir. Akarsu havzalarında asimetrilik sadece aktif tektonik faktörlerle değil kayaçların litolojik özellikleri, iklim ve bitki örtüsü faktörleri tarafından da oluşturulabilmektedir. Litoloji, iklim ve bitki örtüsü faktörleri sabit olarak kabul edildiğinde asimteri faktörü değerinin 50 civarında olması tektonizmanın zayıf olduğunu ve havzanın simetrik bir şekle sahip olduğunu gösterir. Asimetri faktörü değerinin 50'den uzaklaşması ise havzada tektonizmanın aktif olduğunu ve asimetrik bir havza şeklinin geliştiğini ortaya koyar (Keller ve Pinter, 2002). Buna göre çalışma sahasına asimetri faktörü indisi uygulandığında değerler 32.87 ile 69.59 arasında değişir (Tablo 2). Sahada kuzeyde yer alan havzalar içerisinde 4 numaralı havzada asimetri değeri 50.92, güneyde yer alan havzalar içerisinde ise 9 numaralı havzada asimetri değeri 53.18'dir. Bu iki havza dışında sahada bulunan diğer havzalarda asimetri değeri 50'den düşük ya da yüksek olduğundan bu havzalarda tektonizma kaynaklı eğimlenme ve asimetrik havza şekli belirgindir.

Aktif tektonik sahalardaki deformasyonu ölçmek için kullanılan bir diğer indis, Akarsu Uzunluk - Gradyan İndeksi (SL)'dir. Bu indeks bir akarsu havzasının bir veya birden çok bölümünde yer alan akarsu gücü, litoloji, tektonik ve eğim arasındaki ilişkileri ortaya koyar Akarsu yüzey gradyan, yatak eğimiyle doğru orantılıdır. SL indeksi kanaldaki eğim değişikliklerine karşı son derece hassas olup; havzadaki aktif tektonik olasılığı, kayaçların dirençliliği ve topografyanın değerlendirilmesi açısından önem arzeder. Litolojik açıdan homojen sahalarda düşey bileşeni zayıf olan doğrultu atımlı fay zonlarında düşük SL değerleri ortaya çıkarken; düşey bileşenin yüksek olduğu doğrultu atımlı fay zonlarında ya da normal faylarda SL değerleri yüksek olmaktadır (Keller ve Pinter, 2002). Çalışma sahasında SL değerlerine bakıldığında en yüksek değer 1715.05 ile 4 numaları havzada görülürken; en düşük değer ise 659 ile 11 numaralı havzada görülür (Şekil 15). Çalışma sahasında litolojinin homojen bir yapıda olmaması SL değerlerinin farklılaşmasında etkili olmuştur. Sahada yer alan akarsu

havzalarında SL değerleri çoğunlukla havzaların yukarı çığırlarında görülmektedir. Ayrıca SL indeksinin yüksek olduğu alanlar ile tarafımızdan önerilen faylar ve morfotektonik veriler birbirleriyle uyumluluk göstermektedir.



Şekil 14. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinde Smf İndisinin Uygulandığı Sahalar



Şekil 15. Yedisu Havzası (Bingöl) ve Çevresinde SL İndisinin Uygulandığı Sahalar

Sonuç ve Değerlendirme

KAFZ'nun doğu bölümünde yer alan Yedisu Segmenti Erzincan'ın Üzümlü ilçesi ile Bingöl'ün Yedisu ilçesi arasında yaklaşık olarak 70 km uzunluğunda olup KAFZ'nun önemli sismik boşluklarından biridir. Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü içerisinde yer alan Yedisu Havzası, Türkiye'nin önemli aktif fay zonlarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde meydana gelmiş çek-ayır tipi bir tektonik havza özelliğindedir. Doğu Anadolu'nun jeolojik ve tektonik gelişimi ile uyumlu olan Yedisu Havzası ve çevresinde Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanjlar, Eosen-Alt Miyosen yaşlı denizel sedimanterler ve Üst Miyosen-Kuvaterner karasal ve gölsel çökeller bulunur. Yedisu Havzası (Bingöl) ve çevresinin jeomorfolojik özelliklerinin oluşmasında Üst Miyosen'den Kuvaterner dönemine kadar olan süreç içerisinde meydana gelen tektonizma, magmatizma ve akarsu süreçleri başlıca etken olmuştur. Bu süreçler, havza ve çevresinde eğim değerleri kısa mesafelerde değişiklik göstermesine neden olmuştur. Havza ve çevresinin suları Perisuyu Çayı ve kolları tarafından drene edilir.

Yedisu Havzası ve çevresinde Yedisu Segmenti ve onun tali kollarının aktifliğini ortaya koyan çok sayıda jeomorfolojik veriler (basınç sırtları, fay diklikleri, kapatıcı sırtlar, asılı vadiler, ötelenmiş dereler, alüvyal yelpazeler, heyelanlar ve taraçalar) elde edilmiştir. Havzanın güneyinde yer alan alüvyon yelpazelerinin kuzeyde yer alanlara göre daha fazla eğim ve yükselti değerlerine sahip olması tektonizmanın havzanın güney kesiminde kuzeye göre daha aktif olduğunu göstermiştir. Yedisu Havzası'nda yer alan Perisuyu Çayı ve kolları üzerinde bulunan taraçalar aktif tektonizma sonucunda deforme olmuş ve tali kollar üzerinde çok sayıda dere atımları meydana gelmiştir. Yine havza ve çevresinde aktif tektonizmanın tetiklediği birçok heyelan oluşmuştur.

Yedisu Havzası ve çevresinde aktif tektonizmayı gösteren çok sayıda morfotektonik birimlerin olması, Perisuyu Çayı'nın tali kolları üzerinde çok sayıda dere atımlarının görülmesi, çalışma sahasının kuzey ve güneyinde yer alan havzalara uygulanan jeomorfometrik indislerde aktif tektonizmayı ortaya koyan verilerin bulunması, aletsel dönemde küçük ve orta ölçekli depremlerin meydana gelmiş olması, gibi tüm bu bilgi ve bulgulara göre Yedisu Havzası ve çevresinde KAFZ'nun Yedisu Segmenti'nin tek bir koldan oluşmadığı aksine birçok koldan oluşan bir fay zonu şeklinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum herhangi bir sahada aktif fayların belirlenmesinde jeomorfolojik verilerin daha çok göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca bu çalışmada elde edilmiş sonuçlar, Türkiye'de KAFZ üzerinde iki önemli sismik boşluklardan biri olan ve kırılma potansiyeli çok yüksek olan Yedisu Sismik Boşluğu için çok önemlidir. Yine Yedisu Havzası ve çevresinde Yedisu Segmenti için elde edilmiş olan bu sonuçlar, tüm kamu ve özel kurumlar tarafından sahada yapılması düşünülen planlama ve uygulamalarda göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Kaynakça

Aksoy, M. E. (2009). *Active Tectonics and paleoseismology of the Ganos Fault Segment and seismic characteristics of the 9 August 1912 Mürefte Earthqıake of the North Anatolian Fault (Western Turkey).* Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü ve IPGS, İstanbul ve Strasbourg.

Akyüz, H.S., Altunel, E., Zabcı, C., Sançar, T., Çakır, Z., Yalçıner, Ç. ve Gutsuz, P. (2009). *Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerindeki Yedisu Sismik Boşluğu ve Karlıova Fayı (Bingöl) Üzerinde Paleosismolojik ve Morfotektonik Araştırmalar.* TÜBİTAK Proje No: 106Y174

Allen, C. R. (1969). *Active Faulting in Northern Turkey.* Contribution No. 1577, Division of Geological Sciences, California Institute of Technology 32.

Ambraseys, N. N. (1970). *Some characteristic features of the Anatolian Fault Zone*. Tectonophysics 9, 143-165.

Ambraseys, N. (1975*). Studies in historical seismicity and tectonics.* Geodyn. T oday, 7–16, Pub. R. Soc. London.

Ambraseys, N. N. ve Finkel, C. F. (2003). *Türkiye ve komşu bölgelerde sismik etkinlikler; bir tarihsel inceleme 1500-1800.* Tübitak Yayınları Akademik Dizi-4.

Atalay, İ. (1973). Sultandağları ile Akşehir ve Eber Gölleri havzalarının strüktüral, jeomorfolojik ve toprak erozyonu etüdü. Doktora tezi (basılmış), Yeni Desen Mat., Ankara.

Barka A. (1985). Kuzey Anadolu Fay Zonundaki bazı Neojen-Kuaterner havzalarının jeolojisi ve tektonik evrimi. Ketin Simp. Kitabi, Turk. ¨ Jeol. Kurumu, Ankara, pp. 209–27.

Barka, A.A., Toksoz, M.N., Gulen, L. & Kadinsky-Cade, K. (1987). *Segmentation, seismicity, and earthquake potential of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone*. Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Center of Hacettepe University. 14. pp. 337–352.

Barka, A. A. ve Kadinsky-Cade, K. (1988). *Strike-slip fault geometry in Turkey and Its influence on earthquake activity. Tectonics.* 7(3). pp. 663-684.

Barka, A. A. (1992). *The North Anatolian fault zone*. Annales Tectonicae 6, 164-195.

Bingöl, E. (1986). *Doğrultu atım sorunu ve jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 28.

Bull, W.B. & McFadden, L.D. (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions: Proceedings of the Eight Annual Geomorphology Symposium, pp. 115–138.

Bull, W. B. (2008). *Tectonic geomorphology of mountains: A New Approach to Paleoseismology,* 316 pp., Malden, USA.

Burbank, D. W. & Anderson, R. S. (2001). *Tectonic geomorphology.* Malden, MA: Blackwell Science.

Cox, R. T. (1994). *Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment*, Geological Society of America Bulletin, V. 106, p. 571-581.

Emre, Ö., Özalp, S., Yildirim, C., Özaksoy, V. ve Doğan, A. (2005b). *12 ve 14 Mart Karlıova Depremleri'nin Değerlendirilmesi,* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., & Çan, T. (2016). *Active fault database of Turkey.* Bulletin of Earthquake Engineering, 1-47.

Ergin, K., Güçlü, U. ve Aksay, G. (1971). *Türkiye ve dolaylarının deprem kataloğu (1965-1970).* İTÜ Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları, No: 28.

Erinç, S. (1953). *Doğu Anadolu Coğrafyası*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Erinç, S. (2010). *Jeomorfoloji I*. Der Yayınları, İstanbul.

Glade, T., Crozier, M., & Smith, P. (2000). *Applying probability determination to refine landslide-triggering rainfall thresholds using an empirical, Antecedent Daily Rainfall Model*. Pure and Applied Geophysics 157(6-8), 1059-1079.

Herece, A. ve Akay, E. (2003). *Kuzey Anadolu Fay (KAF) Atlası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın, Ser. 2, Ankara.

Hoşgören, M.Y. (1993). *Jeomorfolojinin ana çizgileri*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını, No: 3132, İstanbul.

Hubert-Ferrari, A., Armijo, R., King, G., Meyer, B. & Barka, A. (2002). *Morphology, displacement, and slip rates along the North Anatolian Fault,* Turkey, J. Geophys. Res., 107, ETG 9-1-ETG 9-33.

Kozacı, O., Dolan, J. F. ve Finkel, R. C. (2009). *A late Holocene slip rate for the central North Anatolian fault, at Tahtaköy, Turkey, from cosmogenic 10 Be geochronology: Implications for fault loading and strain release rates*, J. Geophys. Res., 114, 1-12.

Keller, E. A. ve Pinter, N. (2002). *Active tectonics, earthquakes, uplift and landscape*, 2nd edition, USA: Upper Saddle River, Prentice Hall.

Ketin, İ. (1948). *Uber die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums.* Geologische Rundschau 36, 77-83.

Ketin, İ. (1957). *Kuzey Anadolu Deprem Fayı*. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi 15, 49- 52.

Ketin, İ. (1969). *Kuzey Anadolu Fayı Hakkında*. Maden Tetkik ve Arama Dergisi 72, 1-27.

Larsen, M. C., & Simon, A. (1993). *A rainfall intensity-duration threshold for landslides in a humid-tropical environment Puerto Rico.* Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, 75(1-2), 13- 23.

Maden Tetkik Arama ve Genel Müdürlüğü, (2012). 1/250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Erzurum ve Erzincan Paftaları.

McCalpin, J. (1986). *Quaternary tectonics of the Sangre de Cristo and Villa Grove Fault Zones, in Contributions to Colorado Seismicity and Tectonics: A 1986 Update*. Colorado Geological Survey Special Publication 28, 59-64.

McKenzie, D. (1972). *Active tectonics of the Mediterranean region*. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 30 (2). 109-185.

KOERI: Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, http://www.koeri.boun.edu.tr/

Ohmori, H. (1993). *Changes in the hypsometric curve through mountain building resulting from concurrent tectonics and denudation*. Geomorphology 8, 263–277.

Pavoni, V. N. (1961). *Die Nordanatolische Horizontalverschiebung*. Geologische Rundschau 51, 122-139.

Pazzaglia, F.J. (2013). *Fluvial Terraces,* in, John F. Shroder (Editor-in-chief), Wohl, E. (Volume Editor). Vol 9, Fluvial Geomorphology, San Diego: Academic Press, p. 379-412.

Pucci, S., De Martini, P. M. ve Pantosti, D. (2008). *Preliminary slip rate estimates for the Düzce segment of the North Anatolian Fault Zone from offset geomorphic markers*, Geomorphology, 97, 538-554.

Stein, R.S., Barka, A.A. & Dieterich, J.H. (1997). *Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering,* Geophysical Journal International, 128, 594-604.

Strahler, A.N. (1952). *Hypsometric (area-altitude curve) Analysis of Erosional Topography*. Geological Society of America Bulletin, 63, 1117-1141.

Sözbilir, H., Tatar, O., Çakır, R., Eski, S., Softa, M., Duran, İ., Akgün, M., Utku, M. ve Koçbulut, F. (2020). *14 Haziran 2020 Bingö-Karlıova Depremi Ön İnceleme Raporu,* Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi Diri Fay Araştırma Grubu

Şaroğlu F., Emre, Ö., & Kuşçu, İ. (1992a). *Active fault map of Turkey*. Ankara, Turkey: General Directorate of Mineral and Research Exploration of Turkey Publication (MTA).

Şaroğlu, F., Emre, E., & Kuşçu, İ. (1992b). *The East Anatolian Fault zone of Turkey*. Annalae Tectonicae 6, 99-125

Şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1981). *Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler*, Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri. Türkiye Jeololji Kurumu Bülteni 24/2, 39-50.

Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1984). Doğu Anadolu'nun neotektoniği ve ilgili magmatizması. Türkiye Jeoloji Kurumu Ketin Simpozyumu Bildiriler Kitabı, 149-162.

Şengör, A.M.C. and Canıtez, N. (1982). *The North Anatolian Fault.* In: H. Berekhemer and K. Hsü (Editors), Alpine Mediterranean Geodynamics, Geodynamics, pp. 205-216.

Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Gorur, N., Le Pichon, X. ve Rangin, C. (2005). *The North Anatolian Fault: A New Look.* Annual Review of Earth and Planetary Sciences 33, 37-112.

Şengör, A.M.C. (2017). *Diversion of River Courses Across Major Strike-Slip Faults and Keirogens*. Active Global Seismology: Neotectonics and Earthquake Potential of the Eastern Mediterranean Region, 225.

Şengör, A. M. C. (1979). *The North Anatolian transform fault: Its age, offset and tectonic significance.* Journal of Geological Society London, 136, 269–282.

Şengör, A.M.C. (1980). *Türkiye neotektoniğinin esasları*. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayınları, S.40.

Şengör, A. M. C., & Yilmaz, Y. (1981). *Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach*. Tectonophysics 75, 181–241.

Tchalenko, J.S. (1977). *A reconnaissance of the seismicity and tectonics at northern border of the Arabian plate (Lake Van region).* Revue de Geologie Dynamique et de Geographie Physique, 19: 189-208.

Tarhan, N.(1989a). Hınıs-Varto (Erzurum-Muş) dolayının jeolojisi ve petrolojisi (Yayımlanmamış Doktora Tezi), İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tarhan, N. (1997). 1/100000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Erzincan J-45 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Tarhan, N. (1998). 1/100000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Erzincan İ-45 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Tarhan, N. (2007). 1/100000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Erzincan J-44 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Tarhan, N. (2007). 1/100000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Erzincan İ-44 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Tutkun, S. ve Hancock, P. (1990).*Tectonic landforms expressing strain at the Karlıova continental triple junction (E Turkey).* Annales Tectonicae IV, 182-195.

Zabci, C., Akyüz, H.S., Sançar, T., Karabacak, V., Altunel, E. and Yalçıner, Ç. (2009). *Paleoseismicity and Morphotectonic aspects of the Yedisu Seismic Gap ofthe North Anatolian Fault Zone (Turkey).* Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-8545.

Extended Abstract

Aim and Scope

Yedisu Basin (Bingöl) is a pull-apart type tectonic basin formed on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), one of Turkey's most important active fault zones. The aim of this study is to determine the active tectonics in and around the Yedisu Basin with geomorphological data. For this, first of all, morphotectonic shapes revealing active tectonism in the study area were investigated. Then, geomorphometric indices revealing the existence of active tectonism were applied to the study area. In addition, some fault branches were suggested for the study area according to morphotectonic data and geomorphometric index data.

Methods

In this study, literature resources, 1/100,000 scaled geological maps, 1/250,000 scaled active fault maps, 1/25,000 scaled topography maps, 5*5 m resolution Digital Elevation Model (DEM) data, earthquake catalog data, Google Earth images and terrain data used. While evaluating the data, Geographic Information Systems (GIS), geomorphological methods and geomorphometric indices were used together. GIS software (Arcgis, Global Mapper), office software (excel) and graphic software (Adobe photoshop) were used in the preparation of geology, slope, physical, earthquake activity and morphotectonic maps of the field and other images. In addition, hypsometric curve and integral, mountain front sinusivity ratio (Smf), drainage basin asymmetry (AF) and stream length-gradient index (SL) were applied to determine the active tectonic features in the study area.

Findings

According to our research and analysis studies, there are many shapes such as closing and pressure ridges, offset streams, undulation ponds, basins, linear valleys, landslides, terraces, triangular surfaces, fault scarps and alluvial fans related to active tectonism in and around the Yedisu Basin in the study area found. Again, many offset streams were detected on Perisuyu Stream and its tributaries. In addition, data revealing active tectonism were found in the geomorphometric indices applied to the basins located in the north and south of the study area. According to the findings obtained in this study, it was revealed that the Yedisu Segment in and around the Yedisu Basin is located in the form of a fault zone consisting of multiple branches rather than a single fault branch (consistent with Tutkun and Hancock (1990) and Allen,1969).

Conclusion

Numerous geomorphological data (pressure ridges, fault scarps, pressure ridges, hanging valleys, offset streams, alluvial fans, landslides and terraces) revealing the activity of the Yedisu Segment and its sub-branches have been obtained in and around the Yedisu Basin. The fact that the alluvial fans in the south of the basin have higher slope and elevation values than those in the north showed that tectonism is more active in the southern part of the basin than in the north. Perisuyu Stream located in the Yedisu Basin and the terraces on its branches have been deformed as a result of active tectonism and many streams have occurred on the secondary branches. Again, many landslides triggered by active tectonism have occurred in the basin and its surroundings. According to all these information and findings, it has been concluded that the Yedisu Segment of the NAFZ in and around the Yedisu Basin does not consist of a single branch, on the contrary, it is in the form of a fault zone consisting of many branches. This situation revealed that geomorphological data should be taken into consideration more in the determination of active faults in any area. In addition, these results obtained for the Yedisu Segment in and around the Yedisu Basin should be taken into account in the planning and implementations that are thought to be made on the site by all public and private institutions.