

## ADAKLI İLÇESİ'NDE (BİNGÖL) GÖRÜLEN HEYELANLARIN JEOMORFOLOJİK FAKTÖRLERE GÖRE DAĞILIŞI

Vedat AVCİ\*

### Özet

Bu çalışmada Adaklı İlçesi'nde görülen heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılışı incelenmiştir. Adaklı İlçesi, idari olarak Bingöl'e bağlı olup, kuzeyden Şeytan Dağları'nın uzantıları tarafından sınırlanmıştır. Adaklı, tektonik olarak aktif bir alanda bulunmaktadır. Kuzey Anadolu Fayına (KAF) paralel faylar ile Sancak-Uzunpazar (Uzunpazar) Fay Zonu'nun kesişme sahasında yer almaktadır. Bu faylara bağlı olarak eğim değerleri bazı alanlarda 45°'nin üstüne çıkmaktadır. Litoloji geniş alanlarda Üst Miyosen ve Üst Miyosen-Pliyosen aglomera, tuf ve bazaltlardan oluşmaktadır. Jeolojik, jeomorfolojik ve iklim özellikleri nedeniyle Adaklı'da geniş alanlı heyelanlar görülmektedir. Bu heyelanlar tarım alanlarını, karayollarını ve yerleşmeleri etkilemektedir. Bu çalışmada Adaklı İlçesi'nde görülen heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılımını belirlemek amacıyla bazı analizler yapılmıştır. Topoğrafya haritalarının sayısallaştırılması ile Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuş (SYM), SYM'den eğim, baki, yükselti basamakları ve yamaç eğriselliği katmanları elde edilmiş ve yeniden sınıflandırılmıştır. Bu katmanlar heyelan haritası ile zonal istatistiğe tabi tutularak karşılaştırılmıştır. Çakıştırma ile katmanların alt sınıflarının heyelan yoğunluğu bulunmuştur. Analiz sonucuna göre heyelanların % 13'ü 0-5°, % 38'i 5-15°, % 27'si 15-25°, % 17'si 25-35°, % 5'i 35-45° eğim grubunda görülmüştür. Heyelanların % 39'u güney, % 35'i kuzey, % 8'i doğu, % 13'ü batı yönlü yamaçlarda meydana gelmiştir. Yükselti basamaklarına göre değerlendirildiğinde heyelanların % 3'ü 1130-1250 m, % 29'u 1250-1500 m, % 28'i 1500-1750 m, % 14'ü 1750-2000 m, % 18'i 2000-2250 m yükselti basamağında görülmüştür. İç bükey yamaçlarda heyelanların % 36'sı, dışbükey yamaçlarda % 36'sı meydana gelmiştir. Heyelanların önemli bir sorun olduğu Adaklı'da bu çalışma sonuçları dikkate alınarak duyarlılık analizleri yapılmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** Bingöl, Adaklı, Heyelan, Jeomorfolojik Faktör, Coğrafi Bilgi Sistemleri.

\* Yrd. Doç. Dr., Bingöl Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü

## **DISTRIBUTION OF LANDSLIDES IN ADAKLİ DISTRICT (BİNGÖL) BY GEOMORPHOLOGICAL FACTORS**

### **Abstract**

In this study the distributions of landslides observed in Adaklı district have been investigated by geomorphological factors. Being administratively attached to Bingöl, Adaklı is bordered by the extensions of Mount Şeytan to the north. It is located in a tectonically active area. There are Sancak-Uzunpazar (Uzunpınar) Fault and faults parallel to North Anatolian Fault (NAF) in the research field located in the south of NAF Zone (NAFZ). Due to these faults, slope values go over 45° in some areas. Lithology consists of agglomerate, tuff and basalt from Upper Miocene and Upper Miocene-Pliocene in large areas. Due to its geological and geomorphological features, large landslides have been occurred in Adaklı. These landslides has affected agricultural lands, highways and settlements. In this study certain analyses have been carried out to determine the distribution of landslides in Adaklı district according to geomorphological factors. By digitization of topographic maps, Digital Elevation Model (DEM) has been created and slope, aspect, elevation level, curvature layers have been obtained from DEM, and reclassified. These layers have been overlaid with landslide map, associating with zonal statistics. Landslide density of the layers' subclasses have been determined by overlaying. According to the result of analysis, 13 % of the landslides is between 0-5°, 38 % is between 5-15°, 27 % is between 15-25°, 17 % is between 25-35° and 5 % is between 35-45°. 39 % of the landslides came into being on the sides to the south, 35 % came into being on the sides to the north, 8 % came into being on the sides to the east, and 13 % came into being on the sides to the west. When evaluated by elevation levels, 3 % of the landslides is in the range of 1130-1250 m, % 29 is in the range of 1250-1500 m, % 28 is in the range of 1500-1750 m, % 14 is in the range of 1750-2000 m, % 18 is in the range of 2000-2250 m. 36 % of the landslides have come into being on concave sides and 36 % of them on convex sides. In Adaklı where landslide is a major issue, susceptibility analyses must be conducted considering the results of this study.

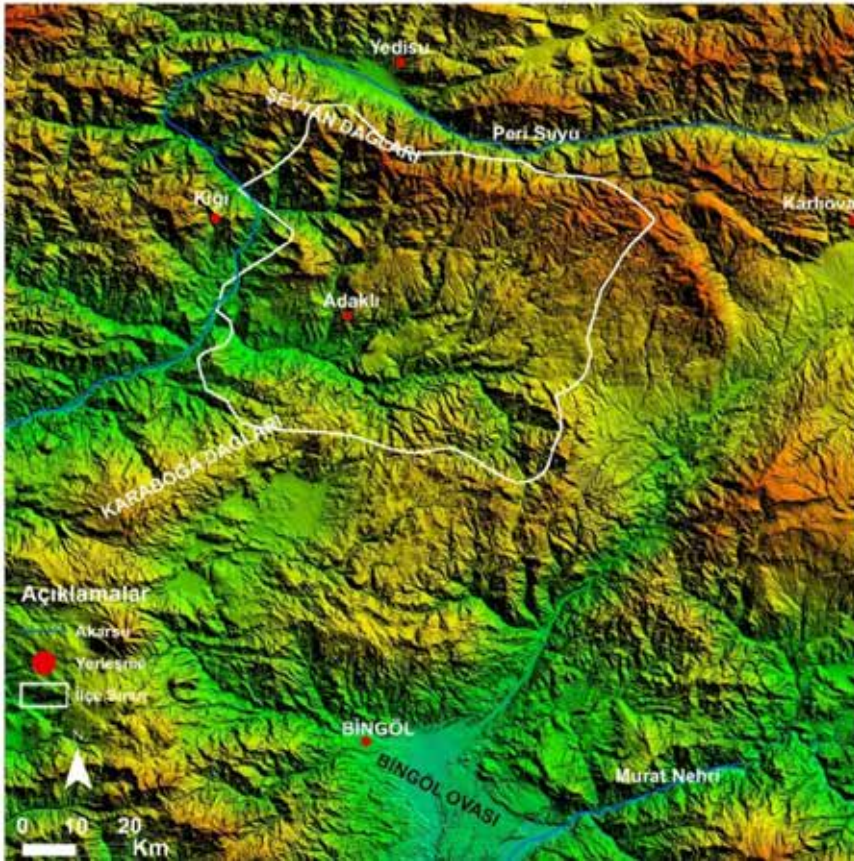
**Keywords:** Bingöl, Adaklı, Landslide, Geomorphological Factor. Geographic Information Systems

## GİRİŞ

Bugün dünyada doğal afetler önemli yıkımlara ve zararlara neden olmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde düzensiz kentleşme ve küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişiklikleri doğal afet riskini artırmaktadır (Vakhshoori ve Zare, 2016). Doğal afetler içerisinde yer alan heyelanlar genellikle dağlık alanlarda yaygındır (Fell ve diğ., 2008) ve dünya genelinde ciddi ekonomik, sosyal ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. 1900-2014 yılları arasında dünyada meydana gelen doğal afetlerin % 40'ını heyelanlar oluşturmaktadır (EM-DAT, 2016).

Heyelan dağılışı ve heyelanla ilgili süreçlerin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar 1980'den sonra Coğrafi Bilgi Sistemleri'ndeki (CBS) gelişmelere bağlı olarak çoğalmış ve bölgesel heyelan analizleri ile heyelanı kontrol eden faktörlerin bir arada değerlendirildiği çalışmalarda artış gözlenmiştir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Bayrakdar ve Görüm 2012; Avcı ve Sunkar, 2016; Cihangir ve Görüm, 2016). Bu alandaki çalışmaların artışıyla birlikte heyelan duyarlılık çalışmaları ve buna yönelik modelleme çalışmaları yapılmıştır (Yılmaz, 2007; Görüm ve diğ., 2008; Nefeslioğlu ve diğ., 2008).

Bu çalışmada Adaklı İlçesi'nde görülen heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılımı değerlendirilmiştir. Adaklı ilçesi, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde yer almaktadır. İdari olarak Bingöl İli'ne bağlı olan ilçenin alanı 858 km<sup>2</sup>'dir (Şekil 1). Adaklı İlçesi'nde Afet ve Acil Durum İl Müdürlüğü'nün verilerine göre can kaybına yol açan heyelanlar meydana gelmiştir. Yapılan arazi çalışmalarında heyelanların aktüel olarak devam ettiği görülmüştür. Bu heyelanlar ilçenin çevre ilçelerle ve Bingöl il merkezi ile olan bağlantısını sağlayan karayolunun zarar görmesine, konutların yıkılmasına ve tarım alanlarının etkilenmesine neden olmaktadır.



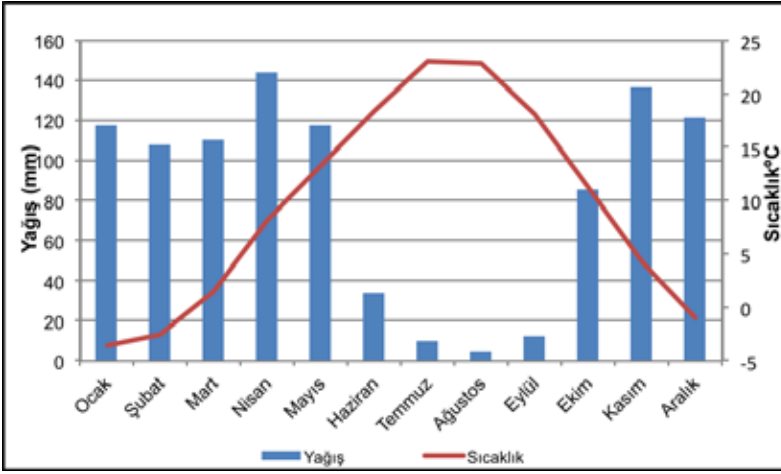
Şekil 1. Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) lokasyon haritası

Adaklı'da litoloji daha çok Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Solhan Formasyonu üyesi aglomera, tuf ve bazaltlardan oluşmaktadır. Heyelanlar bu birimi oluşturan tüfler ile Mollakulaçdere Formasyonu üyesi kilaşı ve marnlar üzerinde görölmektedir. Çünkü tuf, kil ve marn heyelanların en fazla göröldüğü litolojilerdir (Erinç, 2000). Killi tabakalarda az olan basıncın tabakaların su ile dolması sonucu arttığı göröür. Bu taktirde ağırlık da artacak, denge açısı küçülecek ve plastisite sebebiyle sürtünme azalacağından kayma olayı meydana gelecektir (Sür, 1972).

Adaklı İlçesi, farklı fayların kesişme alanında yer almaktadır. KB-GD ve KD-GB doğrultulu bu faylar eğim değerlerinin yükselmesine neden olmuştur. Bu faylara bağlı olarak sismik aktivite de yüksektir. Sismik aktivitenin yüksek olması depremlerin görölmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak depremlerin tetikledikleri heyelanlar da görölmektedir. Çünkü sarsıntılar, taneler arasındaki bağın bozulmasına sebep olabilirler ve neticede kütlelerin birliğinde ya da dahili sürtünmede bir azalma olur ve kayma olayı meydana gelir. Diğer yandan, su ile doymuş haldeki ince kumlu ve killi yöreler, sarsıntılar sonucu yerlerinden ayrılırlar ya da tanelerin hareketleriyle toprak akması şeklinde bir nevi kayma meydana gelir (Sür, 1972).

Hasbağlar ve Gökçeli köylerinin depremler ve tetiklediği heyelanlar nedeniyle yerinin değiştirilmesine karar verilmiştir. Gökçeli köyünün yeri değiştirilmiş ancak yeni yerinde de benzer sorunlar devam etmektedir. Hasbağlar köyünün nakledilmesine karar verilmiş ancak köy sakinlerinin büyük bir bölümü yer değiştirmemiştir.

Karasal iklim özelliklerinin etkili olduğu Adaklı'da yıllık ortalama sıcaklık 9,5 °C ve yıllık yağış miktarı 1001,3 mm'dir (Şekil 2). Ortalama yükseltinin 1900 m olduğu dikkate alınırsa dağlık alanlarda yağışın miktarının çok daha fazla olacağı açıktır. Bu yağış kış mevsiminde kar şeklinde düşmekte, dağlık alanlarda kar kalınlığı birkaç m'yi bulmaktadır.



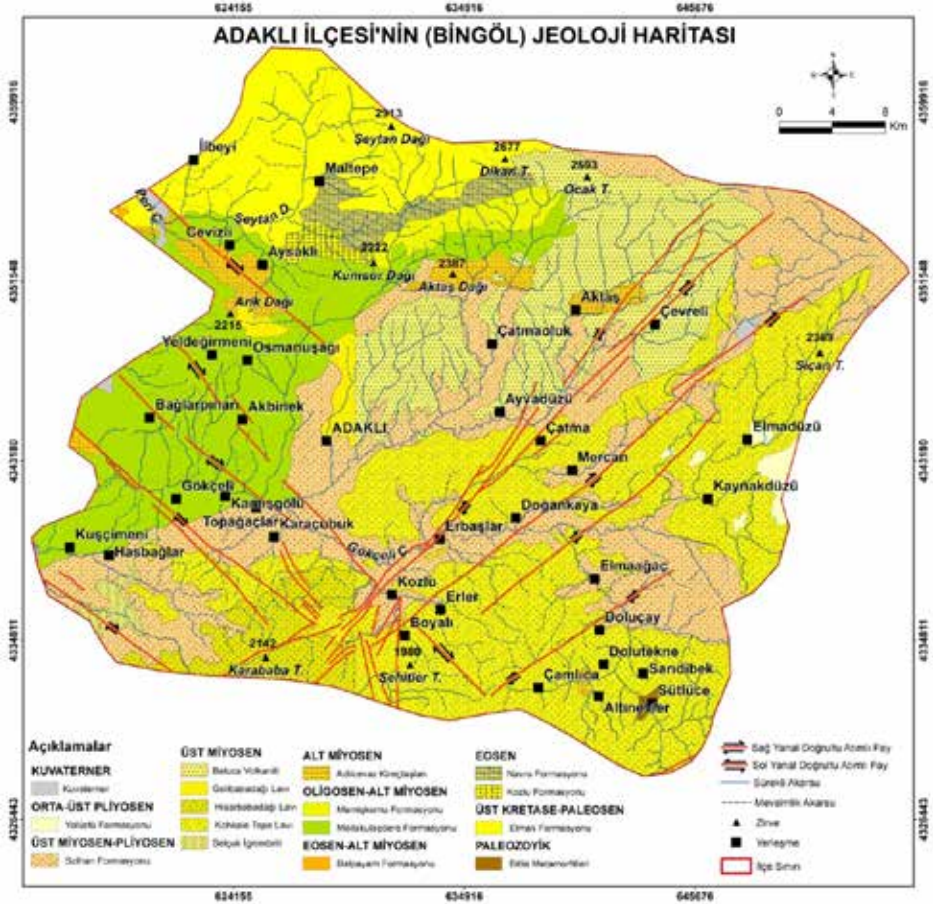
**Şekil 2. Adaklı'da uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık ve yağış grafiği (1975-1996 Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü (DMİ))**

Yağış miktarının fazla olması ve ortalama sıcaklığın düşük olması kuzeyde yer alması ve yükseltinin fazla olması ilgilidir. Yağış miktarının fazla olması ve bu yağışın kışın kar şeklinde düşmesi, ilkbaharda kar erimelerinin meydana gelmesi heyelan oluşumuna neden olmaktadır. Çünkü yağmur ve kar suları hidrostatik basıncı hasil eden seviyeye tesir eder. Seviyenin artması basıncın fazlaşmasına ve dolayısıyla yoğunluğun değişmesine sebep teşkil eder ki, bu da kohezyonun ve dahili sürtünmenin azalması sonucunu doğurur. Genellikle kayma olayları yıl içindeki mutlak olmayan yağışlardan sonra vuku bulur (Sür, 1972).

Adaklı'da eğim değerlerinin yüksek olduğu, litolojinin tüflerden oluştuğu vadi yamaçlarında yağışın ve kar erimelerinin de etkisiyle büyük heyelanlar görülmektedir. Sismik hareketler de bu oluşumu tetiklemektedir.

## 1. JEOLJİK ÖZELLİKLER

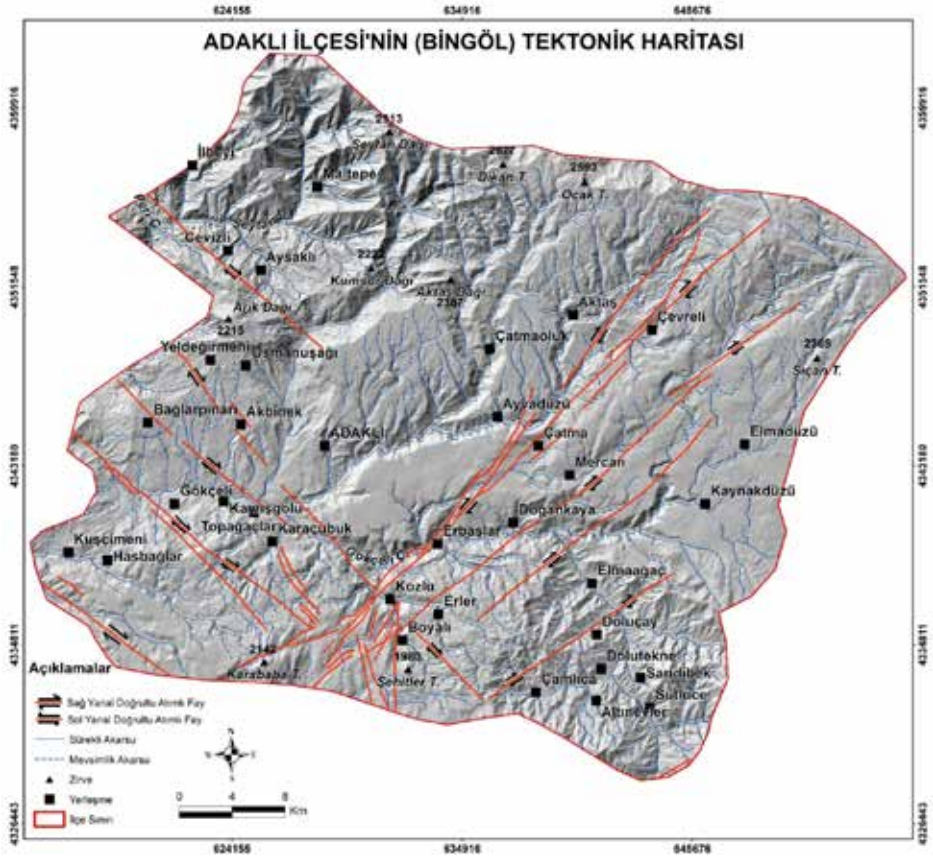
Adaklı İlçesi'nde, Paleozoyik yaşlı Bitlis Metamorfikleri, Üst Kratese-Paleosen dönemli Elmalı Formasyonu, Eosen dönemli Kozlu ve Navru Formasyonu, Eosen-Alt Miyosen dönemli Balpayam Formasyonu, Oligosen-Alt Miyosen dönemli Memişkomu ve Mollakulaçdere Formasyonu, Alt Miyosen dönemli Adilcevaş Kireçtaşları, Üst Miyosen dönemli Baluca Volkaniti, Selçuk İğnimbriti, Kohkale Tepe Lavı, Hisarbabadağı ve Golibabadağı Lavı, Üst Miyosen-Pliyosen dönemli Solhan Formasyonu, Orta-Üst Pliyosen dönemli Yolüstü Formasyonu birimleri ve Kuvaterner dönemine ait alüvyonlar yüzeylemektedir (Tarhan, 2007; Şekil 3).



**Şekil 3. Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) jeoloji haritası (MTA Genel Müdürlüğü jeoloji haritaları Erzincan J 44 ve Erzurum J 45 Paftalarından yararlanılarak çizilmiştir)**

Adaklı İlçesi'nde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Solhan Formasyonu ürünü aglomera, tüf ve bazaltlar geniş alan kaplamaktadır. Bu litolojinin yüzelediği alanlarda heyelanlar yaygın olarak görülmektedir. Heyelanların % 45'inin Solhan Formasyonu biri olan tüfler üzerinde meydana geldiği görülmektedir. Mollakulaçdere Formasyonu birimi kilaşı ve marn heyelanların yaygın olarak görüldüğü diğer birimdir.

Adaklı İlçesi tektonik olarak aktif bir alanda bulunmaktadır. KAF Zonu'nun güneyinde bulunan araştırma sahası KAF'a paralel gelişen faylar ile Sancak Uzunpazar (Uzunpınar) Fay Zonu'nun kesişme alanında bulunmaktadır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) tektonik haritası (MTA Genel Müdürlüğü jeoloji haritaları Erzincan J 44 ve Erzurum J 45 Paftalarından yararlanılarak çizilmiştir)

KAF'a paralel uzanan faylar Arik Dağı (2215 m) ile Karababa Tepesi (2142 m) arasında uzanmaktadır. KB-GD doğrultulu bu fayların uzunlukları 3-20 km arasında değişmektedir. Faylar bazı alanlarda Sancak Uzunpazar Fay Zonu ile kesişmektedir. Kesişme sahaları depremsellik açısından tehlikeli alanları göstermektedir. Sağ yanal atımlı bu fayların düşey bileşeninin de olması eğim değerlerinin yükselmesini sağlamıştır. Adaklı ilçe merkezinin güneyinde ve kuzeyinde bu faylara bağlı olarak eğim değerlerinin 45°'ye ulaştığı diklikler oluşmuştur.

Adaklı İlçesi'nde yer alan diğer bir tektonik yapı Sancak-Uzunpazar (Uzunpınar) Fay Zonu'dur. Doğu Anadolu Fay Sistemi'ne paralel gelişmiş olan KD-GB doğrultulu sol yanal atımlı fayların en önemlilerinden olan ve yaklaşık 40 km uzunluğa sahip, Sancak-Uzunpınar Fay Zonu (Şaroğlu ve diğ. 1987),



Sancak güneybatısındaki Arıcılar (Şoğ) köyü batısı ile Adaklı doğusundaki Çevreli (Uzunpazar) arasında uzanmaktadır. Ötelenmiş dereler, uzamış sırtlar, heyelanlar, fay sarplıkları ve fay gölleri fay zonunun belli başlı morfolojik özellikleridir. Emre ve diğ. (2003), fay zonu boyunca yaptıkları incelemelerde genç vadiler boyunca 50-60 metrelik sol yönlü ötelemeler izlenebildiğini belirtmişlerdir. Bu veriler, Sancak-Uzunpazar Fay Zonu'nun aktif olduğunun kanıtlamaktadır (Dirik ve diğ., 2003). Fay zonunun aktif olması heyelan oluşumu için tetikleyici bir neden olabilmektedir. Hasbağlar ve Gökçeli köyleri ile Sancak-Uzunpazar Fay Zonu'nun geçtiği Kozlu ve Erbaşlar köylerinde yerleşmelere zarar veren heyelanlar meydana gelmiş, günümüzde de heyelan tehdidi altında olan meskenler bulunmaktadır.

## 2. JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLER

Araştırma sahasında dağlık alanlar, platolar, vadiler ana jeomorfolojik birimleri oluşturmaktadır. Çalışma alanını kuzeyden sınırlandıran Şeytan Dağları KB-GD doğrultulu bir uzanımına sahiptir. Dağın uzanışı bölgeyi etkileyen tektonik hatlara paraleldir. Şeytan Dağları ve güney etekleri Toroslar Sistemi'nin en dış kavislerine tekabül etmekte olup Anatolid dağ sistemine dahildir (Ketin, 1945). Engebeli bir görünüme sahip olan Şeytan Dağları volkanik oluşumludur. Şeytan Dağları, idari ve hidrografik bir sınırdır. Dağın kuzeyi Yedisu İlçesi, güneyi ise Adaklı İlçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Kuzey yamaçlarından Peri Suyu Yukarı Havzası'nı, güney yamaçlarında ise aşağı havzasını besleyen akarsular kaynaklanmaktadır. Şeytan Dağları güneyinde yer alan Aktaş Dağı (2387 m), B-D uzanımlı olup, Miyosen yaşlı kalkeleler yüzeylenmektedir. Kuzey ve güney yamaçlarında eğim değerleri 45°'ye ulaşmaktadır. Batı yamaçlarında eğim değerleri düşüktür. Aktaş Dağı'nın güneyinde plato sahaları geniş alan kaplamaktadır. Bu platolar bitki çeşitliliği açısından zengin olduğundan hayvancılık amaçlı kullanılmaktadır. Adaklı batısında yer alan Arık Dağı (2215 m) batı yamaçlarında büyük heyelanlar meydana gelmiştir. Bu heyelanlar Yel değirmeni köyünü etkilemiş ve can kayıplarına neden olmuştur.

Araştırma sahasında volkanik örtünün akarsularca yarılması platoların geniş alan kaplamasını sağlamıştır (Foto 1). Doğuda platoların kapladığı alan daha fazladır. Bu platolar faylarla parçalandığından basamaklı bir görünüme sahiptir. Plato yamaçlarında litolojinin elverişli olması ile heyelanlar görülmektedir.



**Foto 1. Adaklı İlçe merkezinin doğusunda platolar geniş alan kaplamaktadır**

Adaklı ve çevresinin suları Peri Suyu'nun kolları tarafından drene edilmektedir. Gökçeli Çayı, inceleme alanından kaynaklanan en önemli akarsudur. Peri Suyu'nun önemli kollarından olup, Şeytan Dağları'nın güney yamaçlarından kaynaklanmakta ve Özlüce Barajı'na bağlanmaktadır. Gökçeli Çayı Vadisi, bölgedeki tektonik hatları göstermektedir. Vadisi genelde Sancak-Uzunpazar Fayı'na bağlı olarak KD-GB yönlü bir uzanım göstermektedir. Gökçeli Çayı Vadisi, genel olarak dar ve derindir. Vadi boyunca fay diklikleri görüldüğünden eğim değerleri yüksektir. Gökçeli Vadisi, Adaklı İlçe merkezi güneyi ile Özlüce Barajı arasında genişlemektedir. Vadinin bu bölümünde eğim değerleri nispeten azalmaktadır. Yeraltı su miktarının fazla olduğu bu sahada geniş alanlı toprak kaymaları görülmektedir. Toprak kaymaları karayolunu, tarım alanlarını ve yerleşmeleri etkilemektedir.

Jeolojik, jeomorfolojik ve iklim özellikleri nedeniyle Adaklı İlçesi'nde geniş alanlı heyelanlar görülmektedir. Bu heyelanların toplam alanı 57.6 km<sup>2</sup>'yi bulmaktadır. Heyelanlar, Gökçeli Çayı Vadisi ile batıda Hasbağlar çevresi ve Ocak Tepe ile Adaklı arasında akarsu vadilerinde yoğunlaşmıştır (Foto 2, 3). Heyelan nedeniyle Hasbağlar, Gökçeli, Aysaklı, Yel değirmeni, Kamışgölü ve Kuşçimeni köylerinin nakledilmesine karar verilmiştir. Bu yerleşmelerin büyük bir kısmında yöre halkı tarım ve hayvancılıkla uğraştığından yer değiştirmemiştir. Bu yerleşmelerde günümüzde de heyelan olayları görülmektedir.



**Foto 2. Adaklı kuzeybatısında yer alan Yel değirmeni köyünde 1988 yılı Nisan ayında meydana gelen heyelan 10 kişinin ölümüne neden olmuştur**

Adaklı'da heyelanlar ulaşım hatlarına zarar vermektedir. Karayollarının eğimli vadi yamaçlarından geçirilmesi, zaman zaman heyelanların görülmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak karayollarının yeri değiştirilmektedir. Erbaşlar-Adaklı arasında karayolunun (Foto 3-a) çeşitli kesimleri heyelandan etkilenmiştir. Bingöl-Adaklı karayolu 2014 yılı kış mevsiminde meydana gelen heyelandan zarar görmüştür (Foto 3-b). Hasbağlar köyünde de litoloji, akarsu aşındırması, yeraltı su miktarına bağlı olarak meydana gelen heyelanlar köyün Adaklı ile bağlantısını sağlayan karayolunun zarar görmesine neden olmuştur (Foto 3-c). 2015 yılı Aralık ayında yaptığımız arazi çalışmasında sahada yeni heyelanların meydana geldiği görülmüştür. Kozlu-Erbaşlar arasında karayolunun eğimi yüksek yamaçlardan geçirilmesi heyelanlara neden olmuştur (Foto 3-d).



**Foto 3. Adaklı'da yerleşme ve karayolunu etkileyen heyelanlar: a) Erbaşlar-Adaklı, b) Adaklı, c) Kozlu-Erbaşlar, d) Hasbağlar köyü**

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Adaklı İlçesi'nde görülen heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılımını değerlendirmek amacıyla eğim, baki, yükselti ve yamaç eğriselliği faktörleri dikkate alınmıştır. Heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılımını belirlemek amacıyla 10 m çözünürlükte Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur. SYM kullanılarak eğim, baki, yükselti ve yamaç eğriselliği haritaları oluşturulmuş ve yeniden sınıflandırılmıştır. Bu işlem için ArcGIS 10.1 Programı Spatial Analiz modülü kullanılmıştır. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli Erzurum paftası heyelan envanter haritası (Duman vd.,

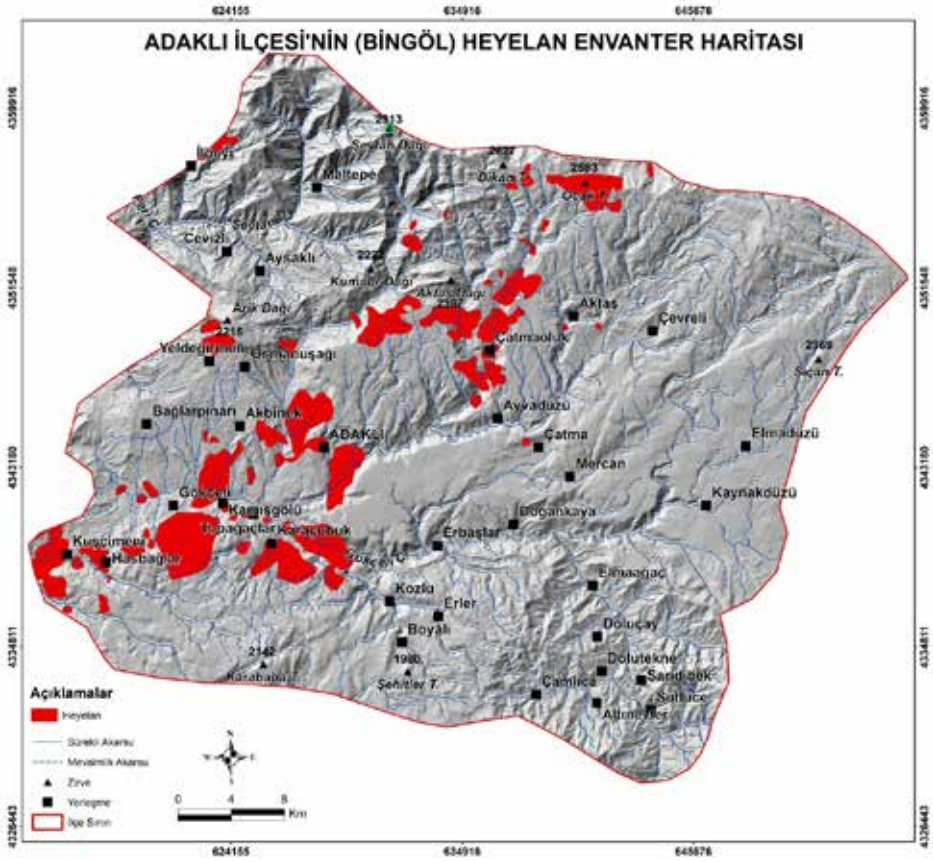
2009), arazi çalışmaları ve Google Earth uydu görüntüsü kullanılarak güncel heyelan envanter haritası oluşturulmuştur. Heyelan envanter haritasını diğer katmanlarla çakıştırabilmek amacıyla, vektör formattan raster formata (10 m) dönüştürülmüştür.

Yeniden sınıflandırılan haritalarla envanter haritası çakıştırılmış ve katmanların alt sınıflarının heyelanlı piksel sayısı bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak katmanların alt sınıflarının heyelan yoğunluğu bulunmuştur. Sonuçta, heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılışı belirlenmiş olup aşağıda ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

### **3.1.Adaklı İlçesi'nde Görülen Heyelanların Dağılışı**

Adaklı İlçesi'nde heyelanlar, Kozlu-Gökçeli, Hasbağlar-Kuşçimeni, Adaklı-Akbinek, Osmanuşağı-Yel değirmeni köyleri arasında ve Çatmaoluk kuzeyi ile Aktaş Dağı (2387 m ) güneyinde görülmektedir. Gökçeli Çayı Vadisi'nin Kozlu-Gökçeli köyleri arasındaki bölümünde kalan Karaçubuk, Topağaçlar, Kamışgölü ve Gökçeli köylerinde büyük heyelanlar görülmektedir. Bu alanda vadinin hem kuzey hem de güney yamaçlarında heyelanlar meydana gelmektedir.

Adaklı'da heyelanlar toplam alanın % 6.72'sini oluşturmaktadır. 72 heyelan toplam 57.6 km<sup>2</sup> alana sahiptir. Bu heyelanların en büyüğü 6.94 km<sup>2</sup>, en küçüğü ise 0.0011 km<sup>2</sup>'dir. Haritalanan en büyük heyelan Gökçeli köyü güneyindedir. En küçük heyelan ise Kozlu köyü güneybatısındadır. Heyelanların ilçenin güneyinde ve kuzeyinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu alanlar Gökçeli Çayı ve yan kollarının oluşturduğu vadilere karşılık gelmektedir. Cihangir ve Görüm (2016) tarafından yapılan sınıflandırma dikkate alınarak heyelanlar büyüklüklerine göre gruplandırılmıştır. Buna göre 1 heyelan çok büyük (>5.1 km<sup>2</sup>), 13 heyelan büyük (5.1-1.0 km<sup>2</sup>), 40 heyelan orta (1.0-0.1 km<sup>2</sup>), 18 heyelan ise çok küçük (<0.001 km<sup>2</sup>) boyuttadır.



**Şekil 5. Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) heyelan envanter haritası (Duman vd., 2009, arazi çalışmaları ve Google Earth Uydu görüntüsünden yararlanılarak oluşturulmuştur)**

Heyelanlı sahalarda eğim ve yükselti basamakları haritaları ile zonal istatistiğe tabi tutularak bazı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre heyelanlı alanların ortalama minimum yükselti değeri 1171, maksimum yükselti değeri 2853, heyelanlı alanların ortalama yükseklik değeri 1687 m olup, çalışma alanının ortalama yükseklik değerinden (1908 m) düşüktür. Heyelan alanlarının ortalama minimum eğim değeri  $5.75^\circ$ , ortalama maksimum eğim değeri  $31.68^\circ$ 'dir. Heyelanlı sahalarda ortalama eğim değeri  $17.44^\circ$ 'dir. Araştırma sahasında ortalama eğim değeri  $15.91^\circ$ 'dir (Tablo 1).

**Tablo 1. Heyelan sahaları ve çalışma alanına ait eğitim ve yükselti değerleri**

	Ort. Min. Eğitim (Derece)	Ort.Mak. Eğitim	Ort.eğitim	Ort. minimum yükseklik	Ort. maksimum yükseklik	Ort.yükselti
<b>Heyelan</b>	5.75	31.68	31.68	1171.5	2853	1687
Toplam	1.5	35.9	15.91	1161	2787	1908

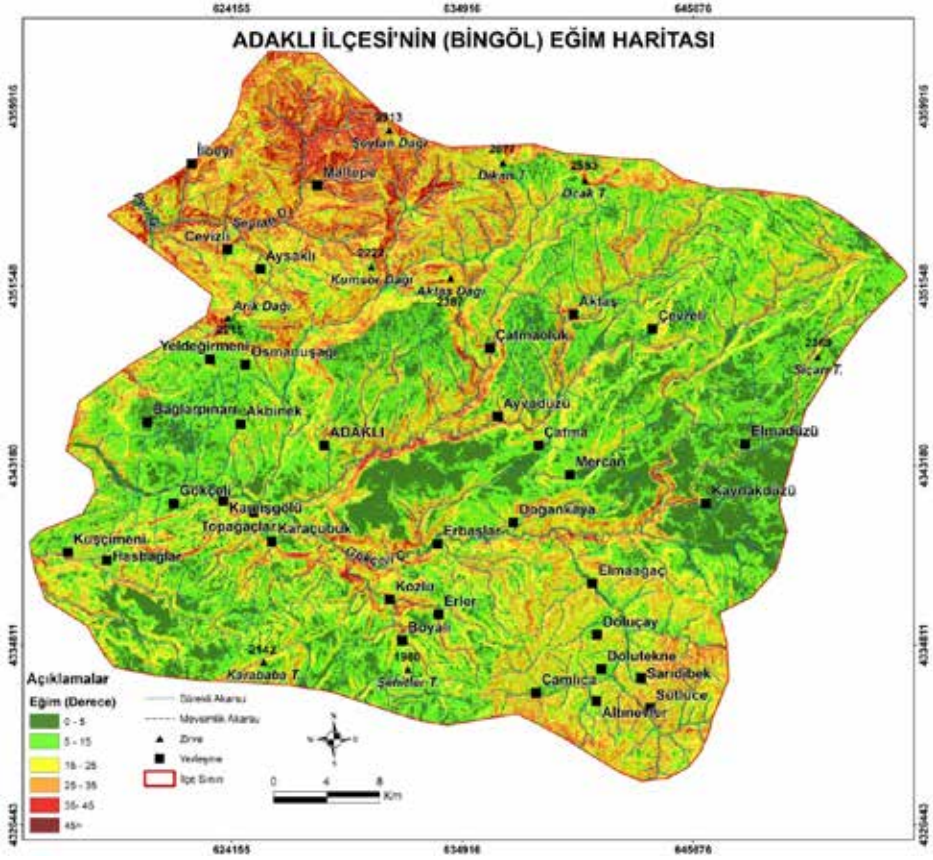
Heyelanlı sahalara ortalama eğitim değeri genel eğitim değerinin üzerindedir. Bu durum heyelan oluşumu üzerinde eğitim faktörünün belirleyici olduğunu göstermektedir. Heyelanların çalışma alanının ortalama yükselti değerinin altında ve eğitim değerlerinin yüksek olduğu alanlarda meydana geldiği görülmüştür.

#### 4. BULGULAR

##### 4.1. Adaklı İlçesi'ndeki Heyelanların Eğitim Gruplarına Göre Dağılışı

Eğitim açısı, yamaç dengesini belirleyen bir faktör olarak CBS uygulamalarında genellikle kullanılmaktadır (Fernandez ve diğ., 2008). Eğitim değerleri arttıkça heyelanların arttığı genel kabul görmektedir.

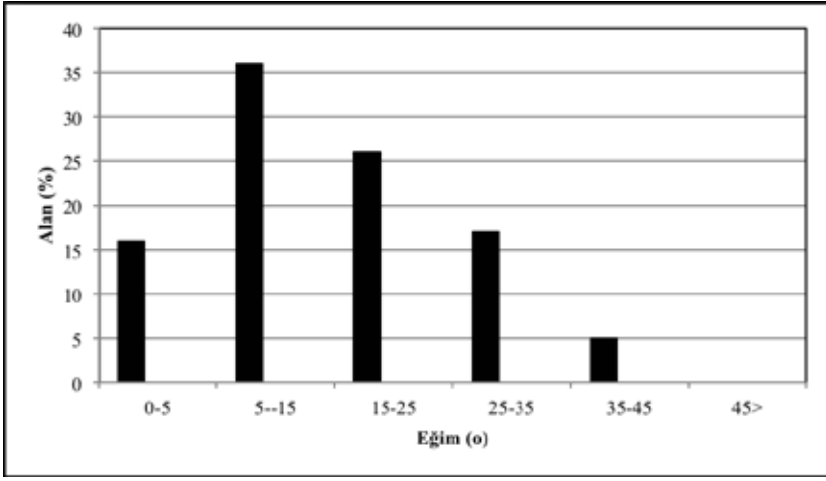
Adaklı İlçesi için SYM kullanılarak oluşturulan eğitim haritasına göre eğitim değerleri 0-68° arasında değişmekte olup, ortalama eğitim değeri 15.91°'dir. Genel olarak eğitim değerleri akarsu vadilerinde ve dağlık alanlarda yükselmektedir. Gökçeli Çayı Vadisi'nin bazı bölümlerinde, Peri Suyu Vadisi'nde ve Şeytan Dağları'nda eğitim 45°'nin üstüne çıkmaktadır. Gökçeli-Karaçubuk ve Kozlu yerleşmeleri arasında kalan saha KAF'a paralel faylar tarafından kesilmiştir. Buna bağlı olarak fay diklikleri oluşmuştur. Bu durum eğitim değerlerini artırmıştır. Gökçeli Çayı ve kolları bazı sahalarda Sancak-Uzunpazar Fay Zonu'na yerleşmiştir. Bu nedenle vadilerinin bazı bölümleri fay dikliklerine karşılık gelmektedir. Buna bağlı olarak eğitim değerleri yükselmektedir. Fay dikliklerinden oluşan yamaçlarda litoloji, iklim özellikleri ve yer altı su miktarına bağlı olarak geniş alanlı heyelanlar görülmektedir. Bunun yanında plato sahalarda ve heyelanlı bölgelerde eğitim değerleri düşmektedir (Şekil 6).



**Şekil 6. Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) eğim haritası**

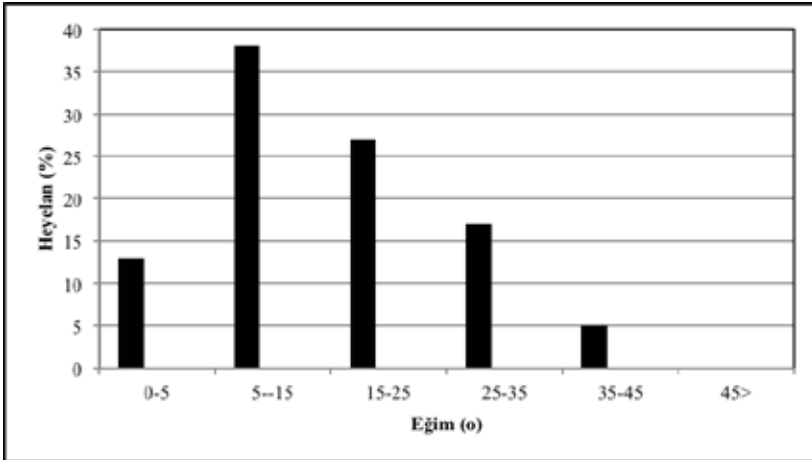
Eğim haritası yeniden sınıflandırılarak 0-5°, 5-15°, 15-25°, 25-35°, 35-45° ve 45°> olarak 6 gruba ayrılmıştır. Yeniden sınıflandırılan eğim haritası raster formattan vektör formata dönüştürülmüş ve her eğim grubunun kapladığı alan bulunmuştur. Buna göre 0-5° ve 5-15° eğim grubu geniş alan kaplamaktadır. Bu durum volkanik plato düzlükleri ve heyelanların geniş alan kaplamasının sonucudur. Gökçeli Çayı ve kollarının volkanik malzeme-yi yarıdığı doğuda plato düzlükleri oluşmuş, buna bağlı olarak eğim değerleri azalmıştır. 0-5° eğim grubu % 16, 5-15° eğim grubu % 36, 15-25° eğim grubu % 26, 25-35° eğim grubu % 17'lik oran kaplamaktadır (Şekil 7).





**Şekil 7. Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) eğitim gruplarının oransal dağılımı**

Adaklı İlçesi'nde heyelanlar ile eğitim grupları arasındaki ilişki zonal istatistik kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre mevcut heyelanların büyük bir kısmı 5-15° eğitim grubunda görülmüştür. Bu durum bu eğitim grubunda yer alan sahalarda diğer koşulların da heyelan oluşumuna uygun olmasına bağlıdır. Heyelanların % 13'ü 0-5° eğitim grubunda, % 38'i 5-15° eğitim grubunda, % 27'si 15-25° eğitim grubunda, % 17'si 25-35° eğitim grubunda % 5'i 35-45° eğitim grubunda görülmüştür (Şekil 8, Foto 4).



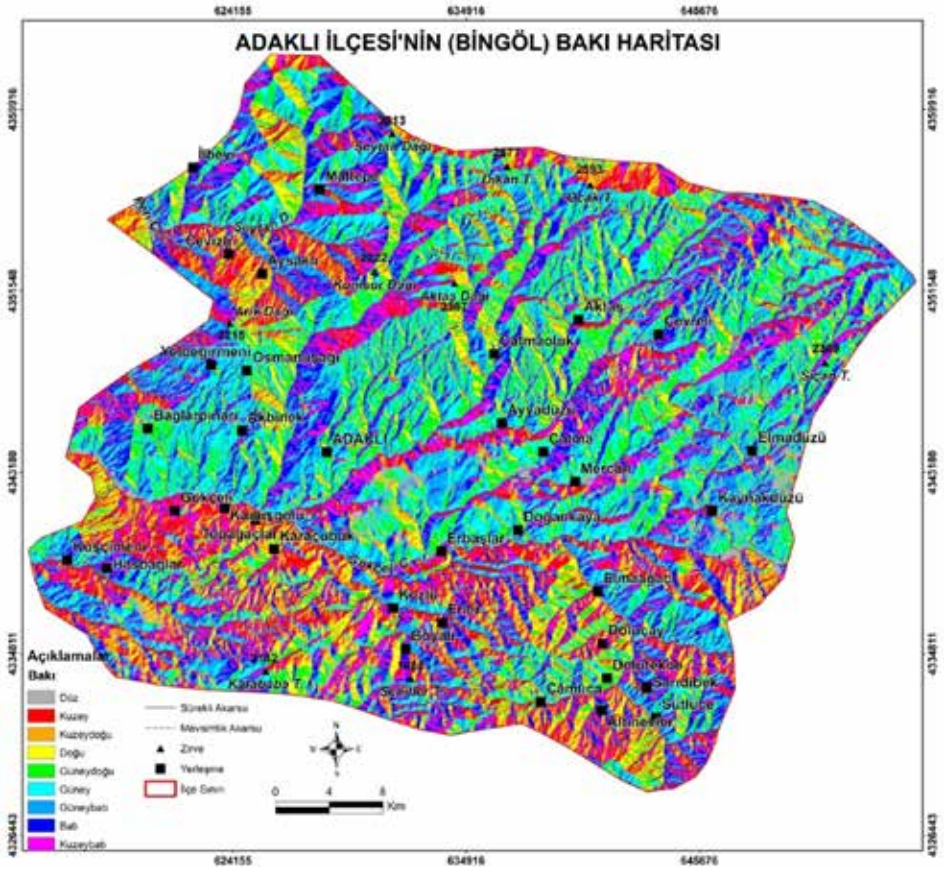
**Şekil 8. Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) heyelanların eğitim gruplarına oransal dağılımı**



**Foto 4. Ayvadüzü ile Adaklı arasında bitki örtüsünün yoğun olduğu eğimli vadi yamaçlarında heyelanlar görölmektedir**

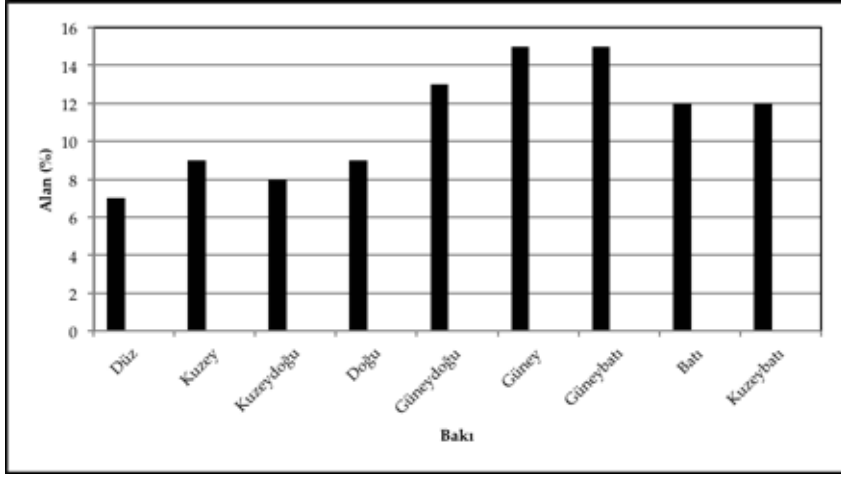
#### **4.2. Adaklı İlçesi'ndeki Heyelanların Bakıya Göre Dağılışı**

Bakı, heyelan oluşumunda dolaylı bir etkiye sahiptir. Diğer faktörlerle ilişkili olarak -örneğin toprak nemliliği, iklim koşulları gibi- heyelan üzerinde etkili olmaktadır (Peralvarez-Dimenez ve diğ., 2009). Adaklı İlçesi için SYM kullanılarak oluşturulan bakı haritasında güney (G-GB-GD) yönlü yamaçların daha fazla alan kapladığı dikkat çekmektedir. Bu durum KB-GD yönlü faylara bağlı olarak meydana gelmiştir. Genel olarak kuzeyde güneye bakan yamaçlar, güneyde ise kuzeye bakan yamaçlar geniş alan kaplamaktadır (Şekil 9).



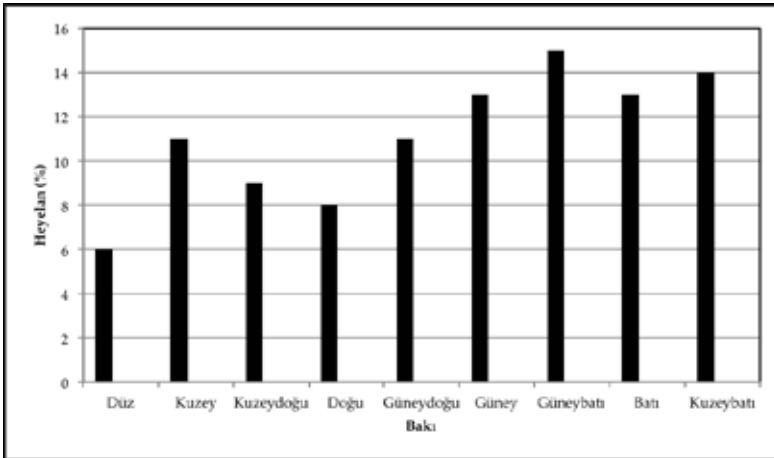
**Şekil 9. Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) baki haritası**

Baki haritası yeniden sınıflandırıldığında düz alanların oranı % 6, kuzey yönlü yamaçların oranı % 30, doğu yönlü yamaçların oranı % 9, güney yönlü yamaçların oranı % 43, batı yönlü yamaçların oranı ise % 12'dir. Baki haritasında, güney yönlü yamaçların oranının yüksek, düz alanların oranının düşük olduğu görülmektedir (Şekil 10).



**Şekil 10. Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) bakı gruplarının oransal dağılımı**

Bakı gruplarına göre heyelan dağılımı değerlendirildiğinde güney yönlü yamaçlarda heyelanların daha fazla meydana geldiği görülmektedir. Heyelanların % 39'u güney yönlü yamaçlarda, % 35'i kuzey yönlü yamaçlarda, % 13'ü batı yönlü yamaçlarda, % 8'i doğu yönlü yamaçlarda görülmüştür (Şekil 11).

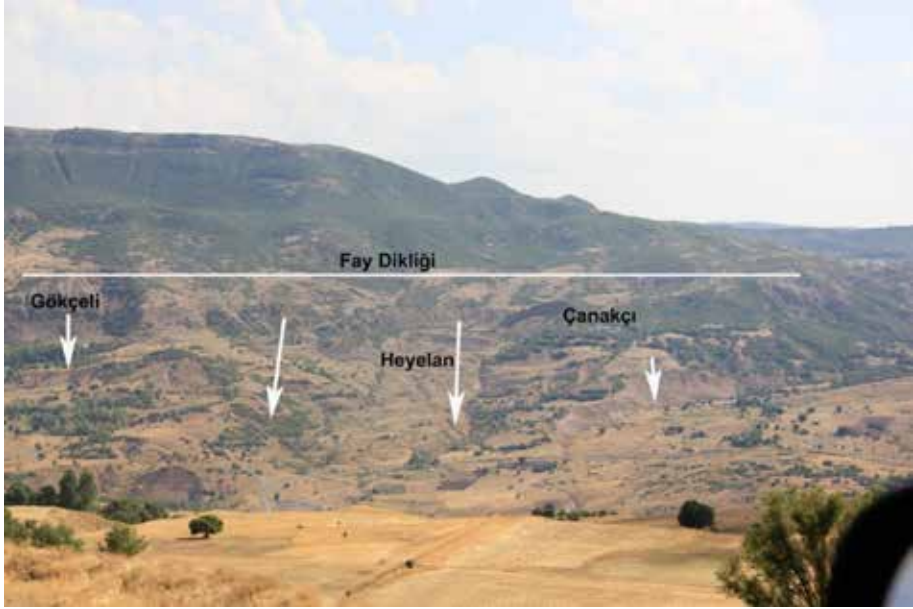


**Şekil 11. Adaklı İlçesi'nde heyelanların bakı gruplarına oransal dağılımı**

Güney yönlü yamaçlarda heyelanların daha fazla görülmesi yağış miktarı ve yağış tipi ile ilgilidir. Zira güney yönlü yamaçlarda yağış miktarı fazla olup, dağlık alanlarda kış mevsiminde kar kalınlığı 3-4 m'yi bulmaktadır. Güney yönlü yamaçlar frontal faaliyetlere bağlı olarak bol yağış almaktadır.

Heyelanların en fazla görüldüğü dönemler ilkbahar ve sonbahardır. İlkbahar mevsiminde kar erimelerine bağlı olarak heyelanlar görülmektedir. Sonbahar mevsiminde yağış miktarının artması heyelanların meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu durumda heyelan oluşumunda yağış tetikleyici bir faktör iken, baki yağış miktarını belirlemesi açısından hazırlayıcı bir faktördür. Bu sonuç heyelanların en fazla görüldüğü dönemler ile uyumludur.

Adaklı İlçesi'nde kuzey yönlü yamaçlarda da heyelanların yaygın olduğu görülmektedir. Çünkü kuzey yönlü yamaçlarda sıcaklık ve buharlaşmanın düşük olmasına bağlı olarak zemin nemliliği yüksektir (Foto 5).

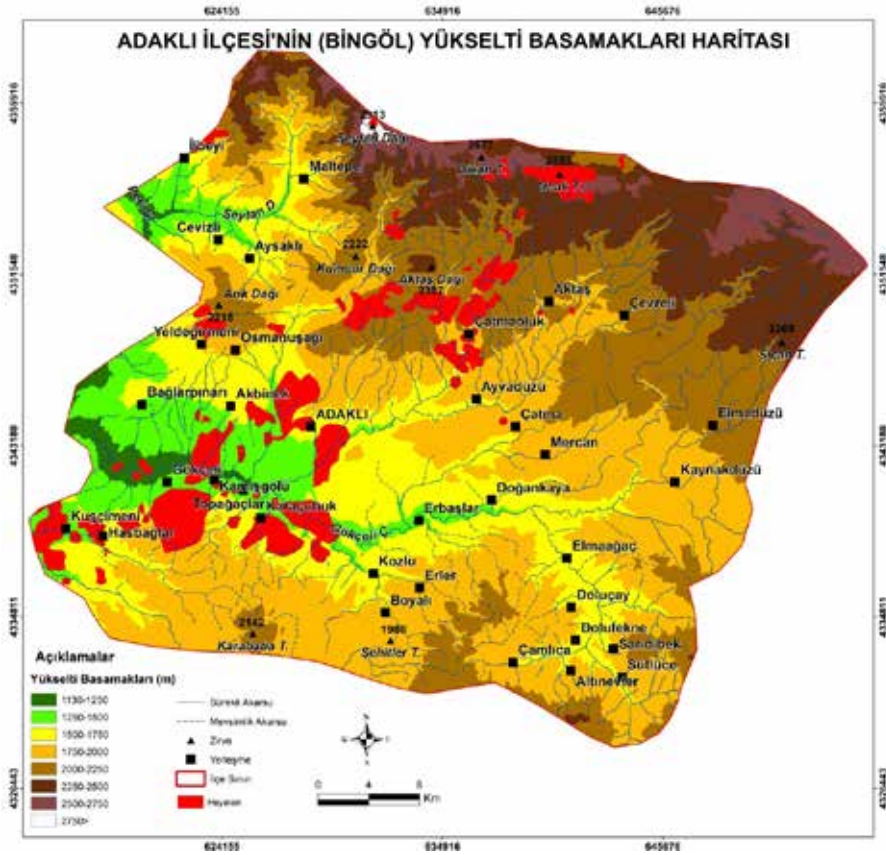


**Foto 5. Gökçeli Çayı Vadisi'nin Çanakçı-Gökçeli arasındaki bölümünde kuzeye bakan yamaçlarda büyük heyelanlar görülmektedir**

#### **4.3. Adaklı İlçesi'ndeki Heyelanların Yükselti Basamaklarına Göre Dağılışı**

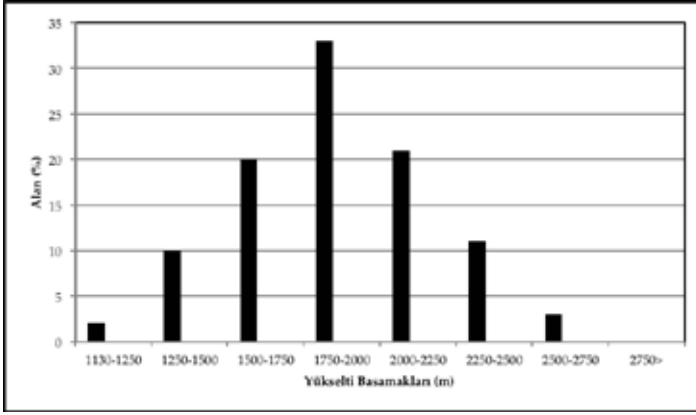
Heyelan oluşumunda yükselti etkisi indirektir. Yükselti, sıcaklık, yağış, donma-çözülme, bitki örtüsü ve toprak oluşumu üzerinde etkili olarak heyelan oluşumunda belirleyici olmaktadır (Jime´nez- Peralvarez ve diğ., 2009). Bu çalışmada yükseltinin bir faktör olarak kullanılması faylanmaya bağlı olarak ortaya çıkan seviye farkları ile ilgilidir. Çünkü relatif rölyefin yani yükselti farkının fazla olduğu sahalara heyelana daha duyarlıdır (Singh, 1989). Çalışma alanının doğusu ve güneybatısı hariç tutulursa oldukça engebeli bir topografya görülmektedir. Fay hatlarına yerleşen Gökçeli Çayı'nın kuzey ve güney yamaçları arasında yükselti farkı bazı alanlarda 1000 m'ye ulaşmaktadır. Adaklı ilçesinde yükselti 1130-2910 m arasında değişmekte, ortalama yükselti

1900 m'ye ulaşmaktadır. SYM kullanılarak yükselti basamakları için 8 sınıf oluşturulmuştur: 1130-1250 m, 1250-1500 m, 1500-1750 m, 1750-2000 m, 2000-2250 m, 2250-2500 m, 2500-2750 m ve 2750-2910 m. Araştırma sahasında ortalama yükseltinin fazla oluşu dikkat çekmektedir. Gökçeli Çayı'nın ağız kısmı dışında yükseltinin fazla olduğu görülmektedir. En yüksek noktalar kuzeyde Şeytan Dağları üzerindedir. Yükseltinin fazla oluşu yanında kısa mesafelerde yükseltide önemli değişim gözlenmektedir (Şekil 12).



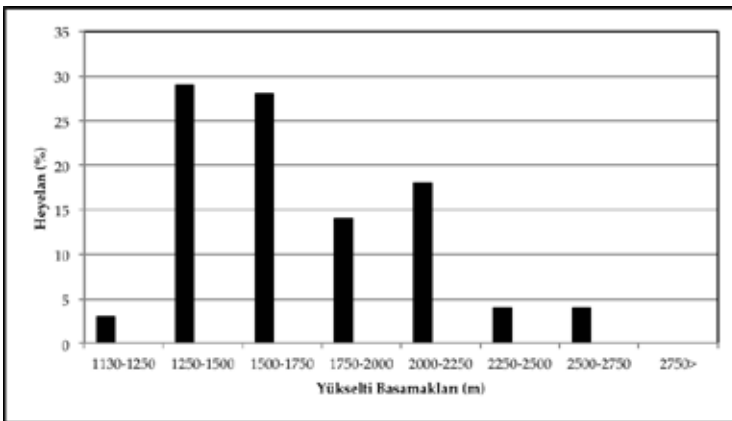
Şekil 12. Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) yükselti basamakları haritası

Yükselti basamakları haritasına göre 1750-2000 m ve 2000-2250 m yükselti gruplarının kapladığı alan fazladır. Bu yükselti basamağında volkanik platolar geniş alan kaplamaktadır. 1500-1750 m yükselti basamağının oranı % 20, 1750-2000 m yükselti basamağının kapladığı oran % 33, 2000-2250 m yükselti basamağının kapladığı oran % 21'dir. 2500 m ve daha fazla yükseltiye sahip alanların oranı % 3'dür (Şekil 13).



**Şekil 13. Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) yükselti basamaklarının oransal dağılımı**

Heyelanların yükselti basamaklarına dağılımı değerlendirildiğinde 1250-1500 m ve 1500-1750 m yükselti basamaklarında daha fazla meydana geldiği görülmektedir (Şekil 14). 1250-1500 m yükselti basamağı Gökçeli Çayı Vadi-si'nin aşağı bölümüne karşılık gelmektedir. 1500-1750 m yükselti basamağı alçak plato sahalarına karşılık gelmektedir. Düşük yükseltilerde heyelanların yaygın olması akarsu aşındırmasına bağlı olarak yamaç dengesinin bozulması, eğim değerlerinin artması ve yamaçların suya doymun hale gelmesi ile ilgilidir. Bunun yanında eğimin düşük olduğu alanlarda biriken yağmur ve kar sularının tabakaların suya doymunluğunu artırması da heyelan oluşumunu kolaylaştırmaktadır (Foto 6). Çünkü paleo-heyelan kütleleri içerisindeki çukur alanlara biriken kar ilkbaharda erimekte ve tüflerin içerisine sızmaktadır.



**Şekil 14. Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) heyelanların yükselti basamaklarına oransal dağılımı**



**Foto 6. Adaklı güneybatısında yer alan Hasbağlar köyünde yağış ve yeraltı suyuna bağlı olarak heyelanlar görülmektedir**

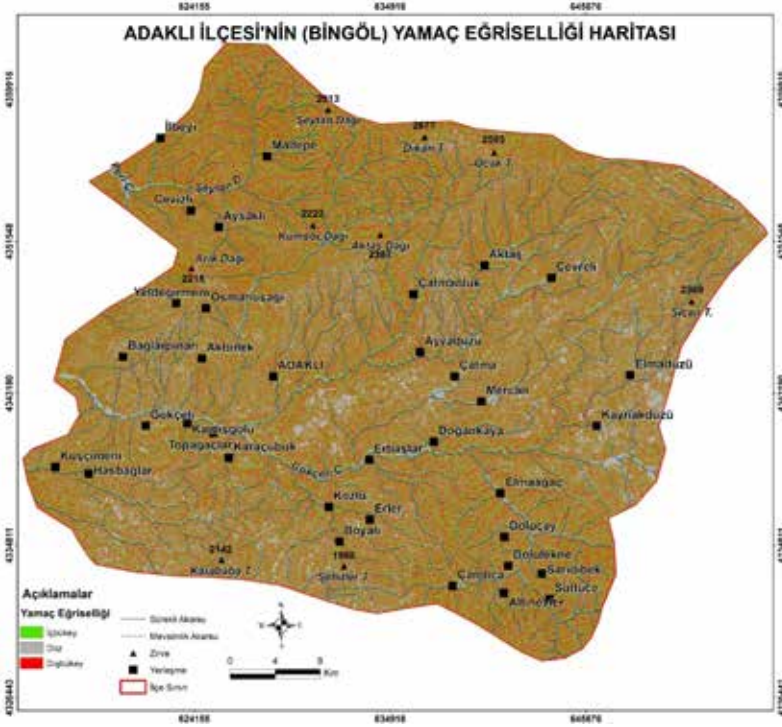
Heyelanların % 29'u 1250-1500 m yükselti basamağında, % 28'i 1500-1750 m yükselti basamağında, % 14'ü 1750-2000 m yükselti basamağında, % 18'i 2000-2250 m yükselti basamağında görülmüştür. Heyelanların % 8'i 2250 m'den daha yüksek alanlarda görülmüştür. Alçak sahalarda yer alan vadi yamaçlarında yüzeye çıkan kaynak suları da heyelan oluşumuna neden olmaktadır.

#### **4.4. Adaklı İlçesi'ndeki Heyelanların Yamaç Eğriselliğine Göre Dağılışı**

Yamaç eğrisellikleri ile ortaya konan yamaç şekillerinin iç bükey veya dış bükey olması durumu, heyelanların oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Yamaçlardaki topografik düzensizlikler gerilim dağılımını olumsuz yönde etkilemekte ve bu da duraysızlara sebep olabilmektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

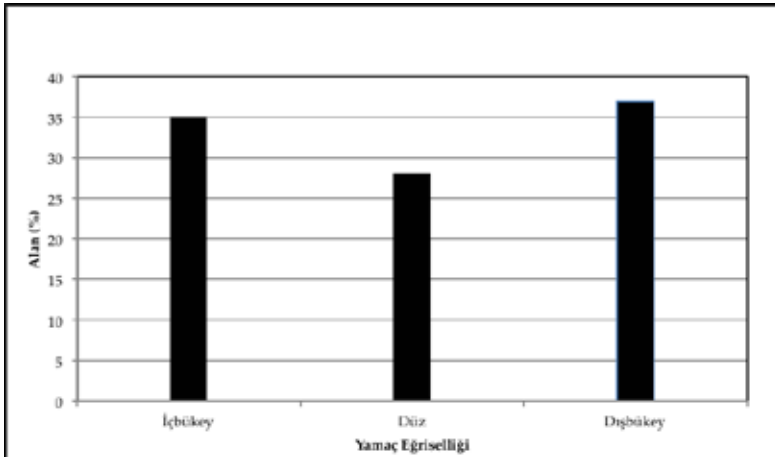
Adaklı'da yamaç eğriselliği değerleri -33 ile 40 arasında değişmektedir. Yamaç eğriselliğinde negatif değerler içbükey yamaçları, pozitif değerler dışbükey yamaçları göstermektedir (ArcGIS Desktop Help, 2016). SYM'den üretilen plan yamaç eğriselliği haritasına göre dış bükey yamaçlar içbükey yamaçlara ve geçiş sahalarına göre daha geniş alan kaplamaktadır (Şekil 15). Yamaç eğriselliği sonuçlarına göre iç ve dış bükey yamaçların oranı yüksek çıkmış olup bu değerler heyelan oluşum şeklini belirlemiştir.





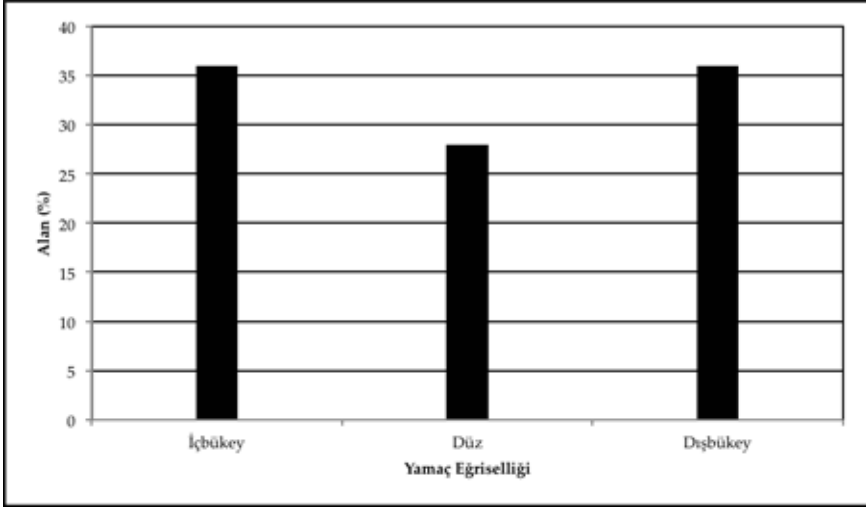
**Şekil 15. Adaklı İlçesi'nin (Bingöl) yamaç eğriselliği haritası**

Dış bükey yamaçların oranı % 37, içbükey yamaçların oranı % 35, geçiş alanlarının oranı % 28'dir (Şekil 16).



**Şekil 16. Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) yamaç eğriselliği gruplarının oransal dağılımı**

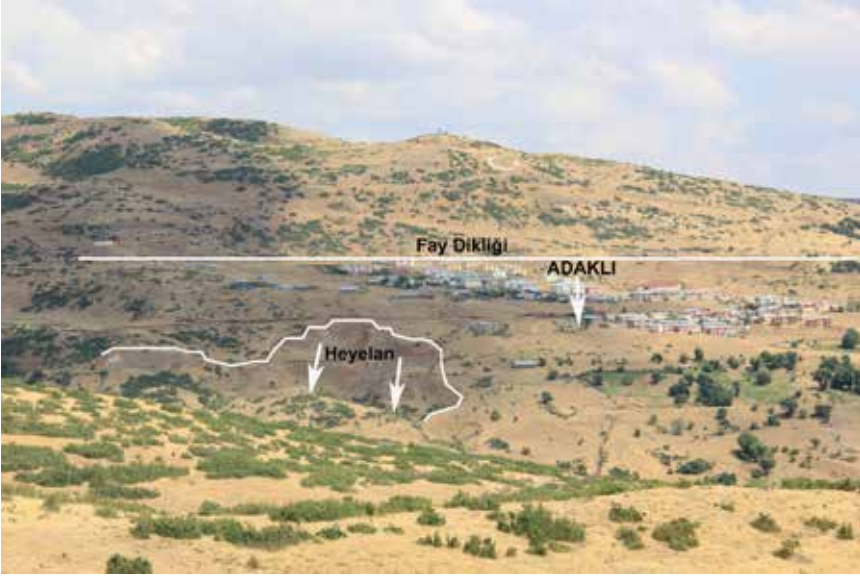
Saha genelinde içbükey yamaçların üzerinde dairesel, dışbükey yamaçların üzerinde kayma şeklinde heyelanlar gelişmiştir. Heyelanların yamaç eğriliği gruplarına göre dağılımı değerlendirildiğinde oran içbükey yamaçlarda % 36, dışbükey yamaçlarda % 36 ve geçiş alanlarında % 28'dir (Şekil 17).



**Şekil 17. Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) heyelanların yamaç eğriliği gruplarına oransal dağılımı**

Eski heyelanların yeniden harekete geçmesini, bu heyelandan önceki şartlara atfedersek iç bükey yamaçlarda heyelanların artmasının başlıca sebebi, yüzey sularının bu alanlarda dış bükey yamaçlara oranla daha fazla oyalanmaları ve yereyin geçirimsizliği oranında az veya çok yeraltı suyu koşullarını etkileyerek heyelanlar üzerinde etkili olmasından ileri gelmektedir. Ayrıca heyelan sonrasında gelişen morfolojinin her heyelan kütlelerinde olduğu gibi konkav olması da iç bükey yamaçlarda heyelanların görülmesinin diğer bir nedenidir (Görüm, 2006).

Gökçeli Çayı ve kollarının içbükey yamaçları aşındırması sonucu Kozlu ile Gökçeli köyleri arasında dairesel kaymalar görülmektedir (Foto 7). Dairesel kaymaların yaygın olması içbükey yamaçların yer altı suyu açısından zengin olması ve akarsuların aşındırması ile yamaç stabilitesinin bozulmasına bağlıdır. Dağlık alanlarda kar yağışının fazla olması ve karın ilkbahar döneminde erimesi vadi yamaçlarından çok sayıda kaynak suyunun çıkmasını sağlamıştır. Kaynak suları da heyelanlara zemin hazırlamaktadır.



**Foto 7. Adaklı İlçe merkezinin batısında içbükey yamaçlarda dairesel kaymalar görülmektedir.**

Dış bükey yamaçlarda heyelanların görülmesi bu yamaçlarda eğim değerlerinin yüksek oluşunun sonucudur. Gökçeli Çayı Vadisi'nin aşağı çığırında az eğimli plato yüzeyi üzerinde büyük heyelanlar görülmektedir. Bu durum düz alanlarda heyelanların oranını artırmıştır.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada CBS ile yapılan analizlerle, Adaklı İlçesi'nde heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılımı belirlenmiştir. Bu amaçla heyelan oluşumunda etkili olan faktörlerin araştırılmasından ziyade jeomorfolojik faktörlere göre dağılım ortaya konulmuştur. Jeomorfolojik faktörler kapsamında eğim, bakı, yükselti ve yamaç eğriselliği ile heyelan ilişkileri incelenmiştir. Bu amaçla çalışma alanına ait SYM oluşturulmuş, SYM'den eğim, bakı, yükselti ve yamaç eğriselliği haritaları elde edilmiş ve yeniden sınıflandırılmıştır. Faktör haritaları ile heyelan envanter haritası karşılaştırılarak sayısal sonuçlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre heyelanların % 78'i eğimin 5-25° arasında olduğu alanlarda görülmektedir. Kısmen az eğimli alanlarda heyelanların yoğun olması diğer faktörlerle (iklim, yeraltı su koşulları, litoloji ve tektonik) ilgilidir.

Heyelanların % 39'u güney yönlü yamaçlarda, % 35'i kuzey yönlü yamaçlarda, görülmüştür. Güney yönlü yamaçlarda heyelanların daha fazla görülmesi yağış miktarı, yağış tipi ve kar erimeleri ile ilgilidir. Güney yönlü yamaç-

larda yağış miktarı ve kar kalınlığı fazladır. Kuzey yönlü yamaçlarda zemin nemliliğinin yüksek oluşu heyelan oluşumunu kolaylaştırmaktadır.

1250-1500 m ve 1500-1750 m yükselti basamaklarında daha fazla meydana geldiği grlmektedir. Bu yükseltiler alçak sahalardaki vadi yamaçlarına karşılıklı gelmektedir. Vadi yamaçlarında yzeyeye çıkan kaynak suları heyelan oluşumuna neden olmaktadır. Heyelanların % 71'i yükseltisi 2000 m'den düşük olan alanlarda görülmüştür. Adaklı'da içbükey yamaçların üzerinde dairesel, dışbükey yamaçların üzerinde kayma ve akma şeklinde heyelanlar gelişmiştir.

Adaklı İlçesi'nde heyelanların jeomorfolojik faktörlere göre dağılışı değerlendirildiğinde, faktörler ile heyelan dağılışı arasında birebir ilişki olduğu grlmektedir. Jeomorfolojik faktörler dışında incelenen alanının tektonik açıdan çok hareketli olan bir sahada yer alması, uygun litoloji ve depremlerin sık görülmesi nedeniyle çok yoğun heyelan oluşumu grlmektedir. Oluşan heyelanlar can kayıplarına yol açmış, ulaşım hatları, tarım alanları ve yerleşmeleri etkilemektedir. Bu nedenle yöre için duyarlılık çalışmaları yapılmaktadır.

Bu alışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "BAP-893-264-2015" nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden tr BAP Birimine teşekkür ederiz.

**Kaynakça**

- ArcGIS Desktop Help, (2016). Environmental Systems Research Institute (ESRI).
- Avcı, V. ve Sunkar, M., 2016. *The Distribution of Landslides in the Valley of Murat River between Bingöl and Palu (Elazığ) according to Geomorphological Factors, 4th International Geography Symposium 23 - 26 May, 2016 / Kemer, Antalya.*
- Bayraktar, C.; Görüm, T. (2012). *Yeşil Göl Heyelanı'nın Jeomorfolojik Özellikleri ve Oluşum Mekanizması. Türk Coğrafya Dergisi, (59), 1-10*
- Cihangir, M. E.; Görüm, T., (2016). *Kelkit Vadisi'nin Aşağı Çığırında Gelişmiş Heyelanların Dağılım Deseni ve Oluşumlarını Kontrol Eden Faktörler, Türk Coğrafya Dergisi, 66, 19-28.*
- Dirik, K.; Yürür, T.; Demirbağ, H., (2003), *1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Değerlendirme Raporu*, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendislik Bölümü, Ankara.
- Duman, T. Y.; Olgun, Ş.; Çan, T.; Nefeslioğlu, H.A.; Hamzaçebi, S.; Elmacı, H.; Durmaz, S.; Çörekçioğlu, Ş. (2009). *1/500000 Ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası Erzurum Paftası*. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü. Ankara.
- EM-DAT (*The International Disaster Database*), (2016), Available online: <http://www.emdat.be/> (accessed on 2 February 2016).
- Emre, Ö.; Herece, E.; Doğan, A.; Parlak, O.; Özaksoy, V.; Çıplak, R.; Özalp, S.; (2003). *1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Değerlendirme Raporu*, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Rapor No:10585, Ankara.
- Erinç, S. (2000). *Jeomorfoloji I*. İstanbul: Der Yayınları
- Fell, R.; Corominas, J.; Bonnard, C.; Cascini, L.; Leroi, E.; Savage, W.Z. (2008). *Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Eng. Geol. 102, 85-98.*
- Fernández, T.; Irigaray, C.; El Hamdouni, R.; Chacón, J. (2008). *Correlation between natural slope angle and rock mass strength rating in the Betic Cordillera, Granada, Spain. Bull Eng Geol Environ 67:153-164. doi:10.1007/s10064-007-0118-x*
- Gökçeoğlu, C.; Ercanoğlu, M. (2001). *Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere Belirsizlikler. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, 5(23), 189-206.*
- Görüm, T. (2006). *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Çevresi (İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.*
- Görüm, T.; Gönencgil, B.; Gökçeoğlu, C.; Nefeslioğlu, H. A. (2008). *Implementation of reconstructed geomorphologic units in landslide susceptibility mapping: the Melen Gorge (NW Turkey). Natural Hazards, 46(3), 323-351.*
- Ketin, İ. (1945). *Tunceli kuzeydoğusunda Şeytandağları ve yakın civarının jeolojik yapısı, İÜFF Mecmuası, B4, 288-297.*
- Nefeslioğlu, H. A.; Duman, T. Y.; Durmaz, S. (2008). *Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). Geomorphology, 94(3), 401-418.*

- Jime'nez-Pera lvarez, D.J.; Irigaray, C.; El Hamdouni, R.; Chaco'n, J., (2009). *Building models for automatic landslide-susceptibility analysis, mapping and validation in ArcGIS*, *Nature Hazards*, 50, 571-590
- Singh, V. P. (1989). *Hydrologic Systems, Watershed Modeling*. vol. II, Prentice-Hall, New Jersey, 320p.
- Sür, Ö. (1972). *Heyelan olaylarına sebep olan faktörler ve bunların Türkiye'de etkili olduğu alanlar*. *Coğrafiya Araştırmaları Dergisi*, 5-6.
- Şaroğlu, F.; Emre, O.; Aydoğan, B. (1987). *Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri*, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Derleme Rapor No: 8174, 228-230.
- Tarhan, N. (2007). *1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Erzincan J44 ve Erzurum J 45 Paftası*, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Vakhshoori, V.; Zare, M., (2016), *Landslide susceptibility mapping by comparing weight of evidence, fuzzy logic, and frequency ratio methods*, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Vol. 7, No. 5, 1731-1752
- Yılmaz Ç. (2007). *GIS-based landslide susceptibility mapping in Devrek (Zonguldak-Turkey)*, Master Thesis, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University.