



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

17/03/2005

KUZULU (SİVAS – KOYULHİSAR) HEYELANI

Dr. Tamer Y. DUMAN

Yük.Müh. Hakan A. NEFESLİOĞLU

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

Doç. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU

Doç. Dr. Harun SÖNMEZ

Hacettepe Üniversitesi

JEOLJİ ETÜTLERİ DAİRESİ

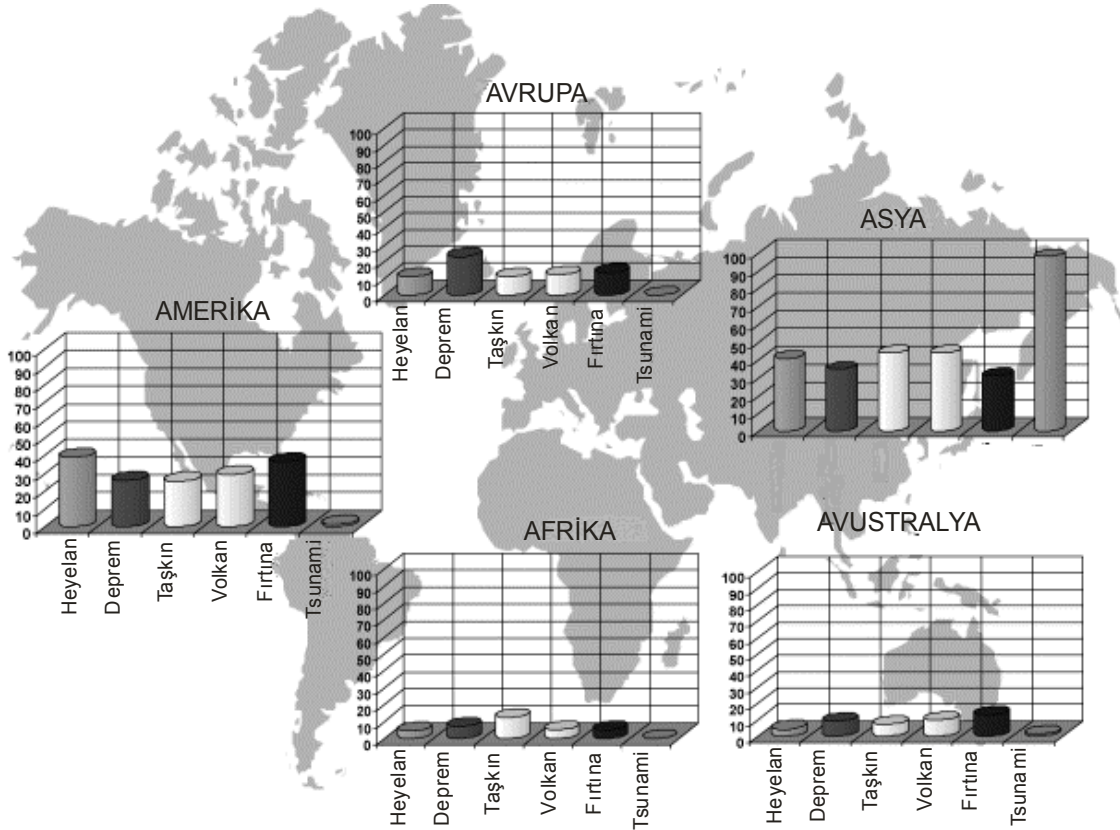
MART 2005

ÖZET

17/03/2005 günü Sivas ili, Koyulhisar ilçesi, Sugözü köyü'nün Kuzulu Mahallesi'nin yerleştiği alanın üst kotlarında büyük ölçekli bir heyelan meydana gelmiştir. Bu heyelan sonucunda 15 kişi toprak altında kalarak hayatını kaybetmiştir. Heyelan sırasında bu can kayıplarının yanı sıra, köy camisi ile 21 ev toprak altında kalarak tamamen tahrip olmuş ve 375 adet hayvan telef olmuştur. Kuzulu heyelanı üst kotlardaki bozunmuş volkanik birimler içerisinde gelişen dairesel (kütlesel) bir yenilmedir. Hareket eden malzemenin topuk bölgesinde depolanabileceği bir düzlük alan bulunmadığından, malzeme Agnus deresinin yan bir drenaj kanalına ulaşmıştır. Son derece dik eğime sahip kanalda malzeme hızlanarak hareket etmiş ve Kuzulu mahallesinin bir bölümünü örtmüştür. Heyelan sırasında hareket eden malzemenin hacmi yaklaşık olarak 12,5 milyon metreküp olarak hesaplanmıştır. Aşırı hızlı heyelan sınıfında yer alan Kuzulu heyelanın yer aldığı alanın bir paleoheyelan bölgesi olduğu saptanmıştır. Aktivitesini sürdürmekte olan Kuzulu heyelanı nedeniyle, Agnus deresi ve Kuzulu mahallesi halen heyelan riski altındadır.

1. GİRİŞ

Genel olarak, bir yamaçtaki kaya, toprak zeminin veya molozların yamaç aşağı doğru hareket etmesi olarak tanımlanan heyelanlar nedeniyle, dünyada her yıl çok sayıda kişinin yaşamını yitirdiği bilinmektedir. Bunun yanısıra, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Avusturya, Fransa, İtalya, İsviçre ve Hindistan'da heyelanlardan kaynaklanan yıllık ekonomik kayıpların 1 ile 5 milyar dolar arasında olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de, doğal afetler nedeniyle, her yıl bir çok insan yaşamını kaybetmekte ve önemli düzeyde ekonomik zararlar oluşmaktadır. Dünya geneli için Alacantara-Ayala (2002) tarafından yapılan bir değerlendirmede (Şekil 1), heyelanlar dünyanın hemen her bölgesinde karşılaşılan doğal tehlikelerdir. Bunun yanısıra, Türkiye'de ise heyelanlar neden oldukları kayıplar açısından depremlerden sonra ikinci sırada yer almaktadır.



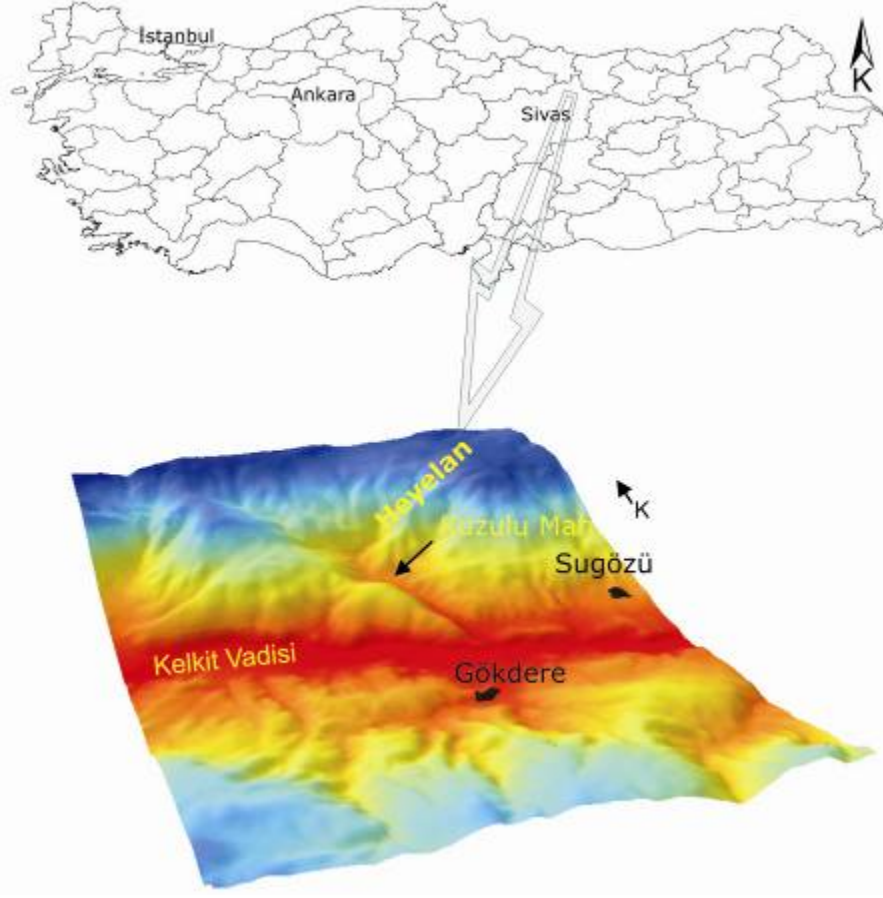
Şekil 1. Dünyada meydana gelen doğal afetlerin kıtalar bazındaki dağılımı (Alacantara-Ayala, 2002)

Heyelanlar, can kayıplarının ve ekonomik zararlarının yanısıra, kentleşmeye zarar vermekte, tarım ve orman alanları ile akarsuların kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ancak, çoğu zaman heyelan zararları, heyelanı tetikleyen en önemli faktörlerden olan deprem ve aşırı yağış süreçleri içerisinde değerlendirilmekte ve bunun sonucu olarak, heyelan zararlarının boyutları olduğundan daha düşük tahmin edilmektedir. Ancak, heyelanlar zaman zaman depremler veya aşırı yağışlar gibi doğal tetikleyici unsurlar olmaksızın da meydana gelebilmektedir. Bu raporun amacı, 17/03/2005 tarihinde Sivas'ın Koyulhisar ilçesi, Sugözü köyü Kuzulu mahallesinde aşırı yağış ve deprem gibi belirgin bir tetikleyici faktör olmaksızın, zamana bağlı olarak gelişen heyelana ilişkin gözlem ve değerlendirmelerin ortaya konulmasıdır. Bu rapor kapsamında, yerinde yapılan gözlemlerin yanısıra, heyelanlı saha ve yakın çevresini içerisine alan alanın sayısal arazi modeli (SAM) ve SAM'dan üretilen morfolojik haritalar ve jeolojik özelliklerden yararlanılmıştır.

2. HEYELANIN COĞRAFİK KONUMU VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Sivas ili, Koyulhisar ilçesi, Sugözü köyünün batısındaki Kuzulu Mahallesi'nin doğu yamacının üst kotlarında meydana gelen heyelan sonucunda hareket eden malzeme doğu-batı doğrultulu dar ve dik bir vadi içerisinde hareketine devam etmiş ve alt kotlardaki kuzey-güney doğrultulu Agnus deresi boyunca yaklaşık 1 km daha hareketini sürdürdükten sonra hareket sonlanmıştır (Şekil 2). Kuzey-güney doğrultulu Agnus deresi çevresinde kurulu olan Kuzulu Mahallesinde 15 kişi hareket eden malzemenin altında yaşamını yitirmiş ve bu raporun hazırlandığı sırada yaşamını yitiren kişilere halen ulaşılammıştır. Kuzulu köyü camisinin yanı sıra 21 ev ve 375 adet hayvan da hareket eden malzeme tarafından tamamen örtülmüştür.

Heyelanın geliştiği bölge tipik karasal iklimin hüküm sürdüğü Orta Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Bölgede genelde yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı iklim koşulları mevcuttur. Bölgedeki ortalama yıllık yağış 400 mm civarında olup, ağırlıklı olarak kış aylarında gerçekleşen bu yağışlar yüksek kotlarda genellikle kar şeklindedir. Bununla birlikte, heyelan öncesinde bölgede etkili bir yağış kayıt edilmemiştir.

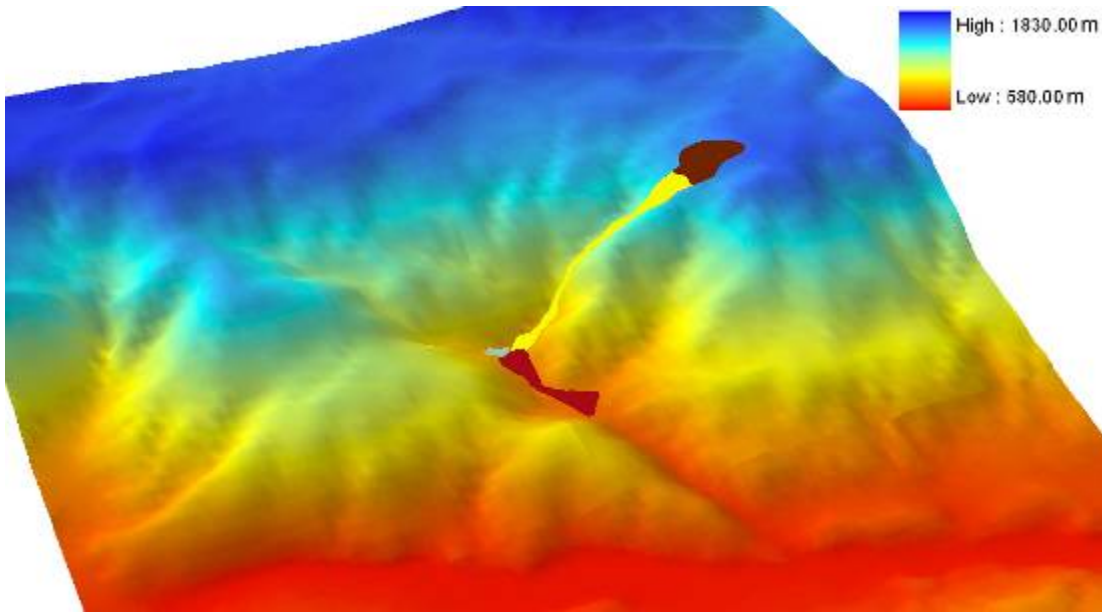


Şekil 2. Kuzulu heyelanının genel coğrafik konumu.

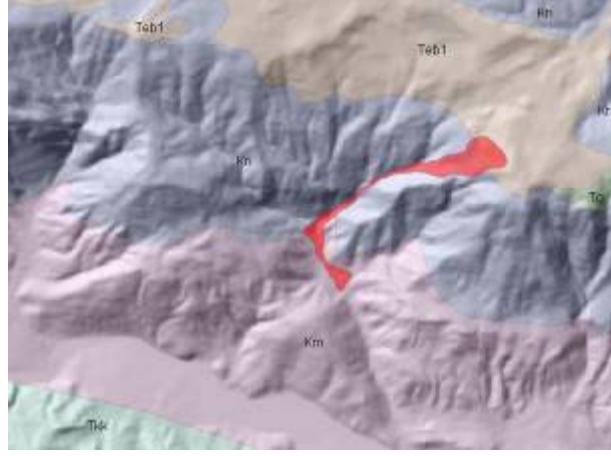
3. JEOLJİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

Heyelanın geliştiği saha Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun yaklaşık 3 km kuzeyinde yer almaktadır. Bu nedenle bölge tipik aktif fay hattı morfolojisine sahiptir. Diğer bir ifadeyle, fay hattının uzandığı doğu-batı doğrultusu boyunca derin bir vadi, bunun kuzey ve güney kesimlerinde ise kısa mesafelerde aniden yükselen bir topografya mevcuttur (Şekil 3). Fay hattının geçtiği vadi ise Türkiye'nin önemi akarsularından Kelkit Irmağının yaklaşık 580 m kotundaki yatağını oluşturmaktadır. Kuzey ve güney kesimlerdeki ikincil akarsu yatakları ise Kelkit Irmağının beslemektedir. Heyelan Kelkit Irmağının kuzeyindeki dağlık alanın 1800 m civarındaki kotlarında meydana gelmiş olup, hareket eden malzeme Kelkit Irmağına boşalan ve 750 m civarında bir kota sahip ikincil drenaj kanallarından

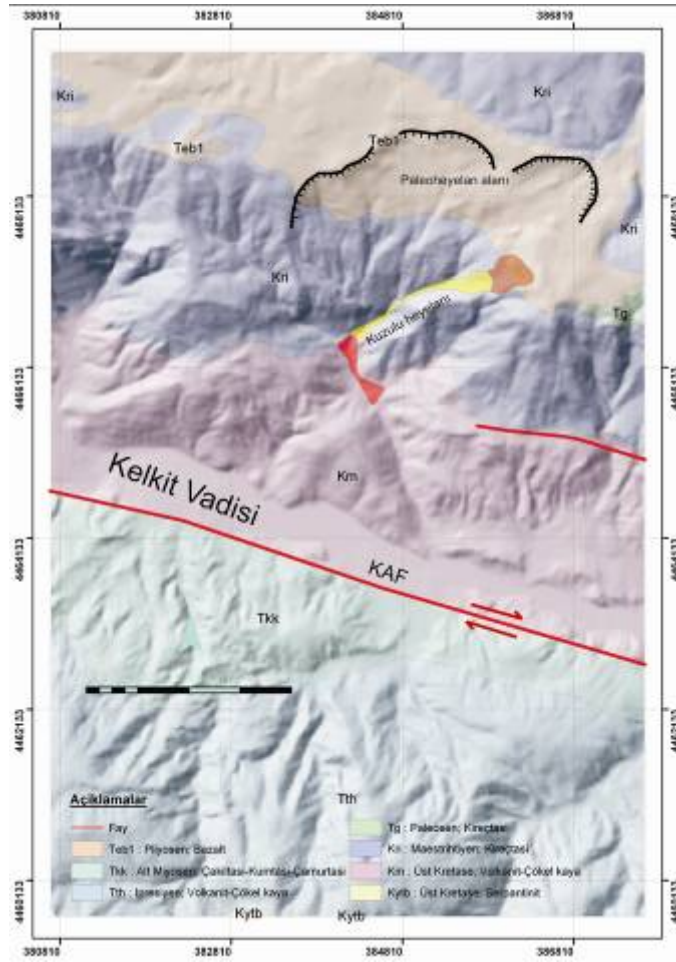
birisi olan Agnus deresi boyunca yaklaşık 600 m kotlarına kadar hareketini sürdürmüştür (Şekil 4). Kuzulu heyelanı ve yakın çevresinin topografya üzerine örtülmüş jeoloji haritası Şekil 5'te verilmiştir. MTA tarafından hazırlanan jeoloji haritasına göre, Kuzey Anadolu Fayının kuzeyindeki bölgede yaşlıdan gence doğru Üst Kretase yaşlı volkanik ve sedimanter birimler, Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşları, Pliyosen yaşlı bazalt ve diğer volkanik birimler yer almaktadır. Alt kotlardaki Üst Kretase yaşlı volkanik ve sedimanter birimler düşük eğime sahip bir morfoloji gösterirken, Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşları son derece dik bir morfoloji sunmaktadır. Bu kireçtaşları tabakalı bir yapıya sahip olup, tabaka eğim yönleri Kuzey Anadolu fay zonunun etkisiyle kısa mesafelerde değişim göstermekle birlikte, genellikle kuzeydoğu'dur. Üst kotlardaki Pliyosen yaşlı volkanik birimler ise özellikle bozunma sonucu önemli kalınlığa sahip bir regolit zonu oluşmuştur. Gerek hava fotoğrafları incelemesi ve gerekse yerinde yapılan gözlemlerle bu volkanik birimlerin daha öncede heyelana neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5). Bu nedenle, Pliyosen yaşlı volkanitler tipik paleoheyelan morfolojisi sunmaktadır. Kuzulu heyelanı ise bu paleoheyelan bölgesinin doğu kesimlerinde ve Pliyosen yaşlı volkanitler içerisinde meydana gelmiştir.



Şekil 3. Kuzulu heyelanının topografya üzerindeki genel sınırları.

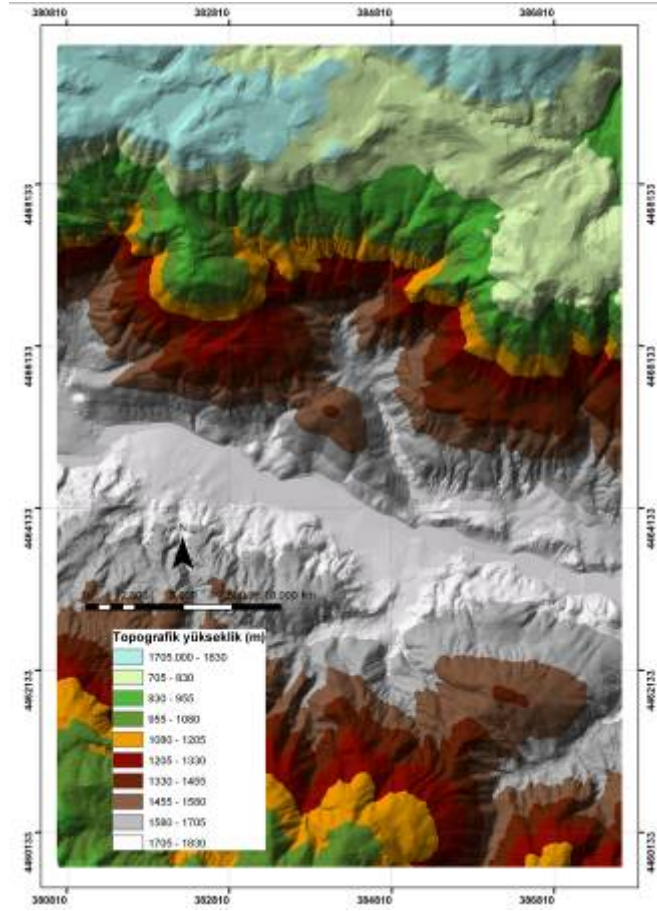


Şekil 4. Kuzulu heyelanının topografik kabartı haritasına örtülmüş jeoloji haritası üzerindeki alansal sınırları (Km: Üst Kretase – volkanik ve çökel kayalar; Kri: Maestrihtiyen - kireçtaşı. Tsb1: Pliyosen - bazalt).

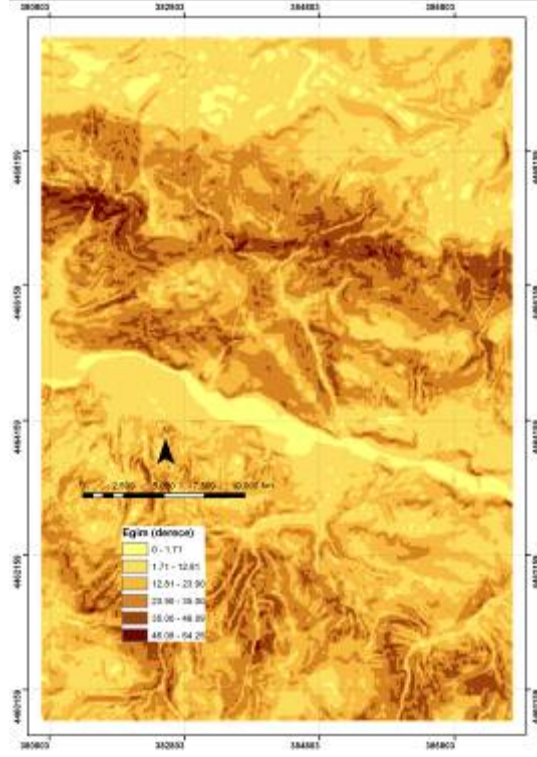


Şekil 5. Heyelan alanı ve yakın çevresinin topografik kabartı haritası üzerine örtülmüş jeoloji haritası.

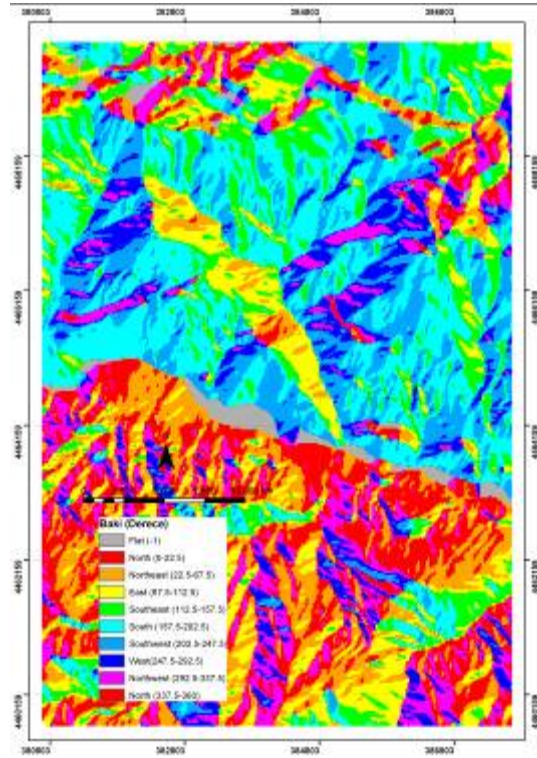
Kuzulu heyelanın da içinde yer aldığı alanın genel topografik ve morfolojik özellikleri 1/25000 ölçekli sayısal arazi modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Buna göre incelenen alandaki topografik yükseklik değerleri 580 ile 1830 m arasında değişmekte olup, ortalama değer 1115 m'dir (Şekil 6). Topografik yükseklikteki bu değişime bağlı olarak, incelenen alanın eğim değerleri de yüksektir (Şekil 7). Eğim değerleri 0-64 derece aralığında değişmekte olup, ortalama değer 18.5 derecedir. Ancak, Kuzulu heyelanının meydana geldiği kesimde eğim değerleri 20 derece civarında olup, Agnus deresine malzemeyi taşıyan kanalın eğimi 35 dereceden yüksektir. Sahanın yamaç eğim yönü değişim göstermekle birlikte, genel fizyografik eğilim doğu-batı'dır (Şekil 8). Bu durum, incelenen sahada doğu-batı doğrultusuyla yer alan Kuzey Anadolu Fayının konumuyla ilişkilidir. Kuzulu heyelanının geliştiği lokasyonda ise yamaçların eğim yönü kuzeybatı-güneybatı aralığında değişmektedir.



Şekil 6. Heyelan alanı ve yakın çevresinin topografik yükseklik haritası.



Şekil 7. Heyelan alanı ve yakın çevresinin eğim haritası.

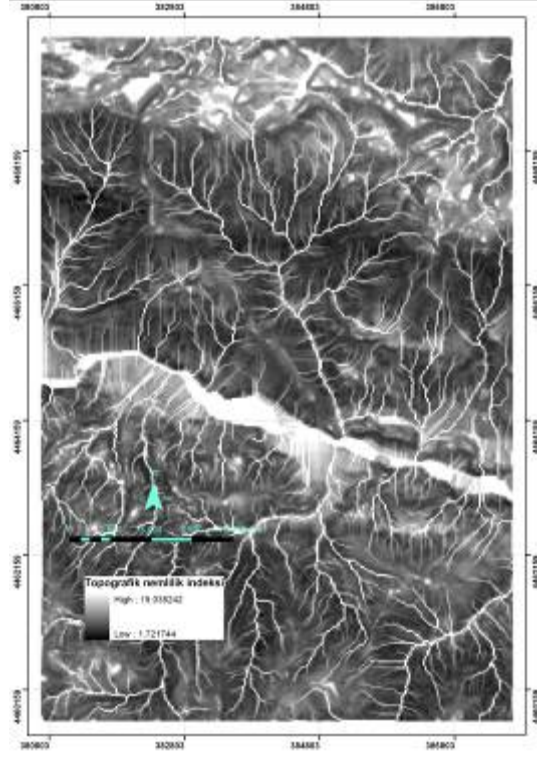


Şekil 8. Heyelan alanı ve yakın çevresinin yamaç eğim yönü haritası.

Bir sahadaki jeolojik malzemenin doygunluğuna ilişkin yorumlarda kullanılan göstergelerden birisi “topografik nemlilik indeksi”dir. Bu nedenle sahanın topografik nemlilik indeksi haritası da oluşturulmuştur (şekil 9). Buna göre, topografik nemlilik indeksi genel olarak Kelkit Irmağı vadisiyle kuzeydeki volkanik birimler içinde yüksektir. Bu durum, özellikle eski bir heyelan alanı olan kuzeydeki yüksek kesimlerin önemli çukur alanları içerdiğine ve buna bağlı olarak bu kesimlerdeki yağışların önemli bir bölümünün yüzey akışına geçmemesine ve malzeme içine süzülmesine işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle, Kuzulu heyelanının bulunduğu lokasyonda yağışlar genellikle kar şeklinde olup, bahar aylarında kar erimesi sonucu oluşan suların tamamına yakını malzeme içine szlmektedir. Bu durum alt kotlarda yer alan bir çok su boşalımlarıyla (su kaynağı) da doğrulanmaktadır. Suyun malzeme içerisine szlmesi, hem malzeme içerisinde gözenek suyu basınçlarının artmasına hem de malzemenin dayanımının azalmasına neden olmaktadır. Üst kotlarda meydana gelen Kuzulu heyelanının topuğundaki ikincil drenaj kanalı boyunca uzun mesafe katederek hareket etmesinin nedeninin araştırılması amacıyla sahanın akış aşındırma indeksi haritası oluşturulmuştur (şekil 10). Buna göre, akma şeklindeki hareketin oluştuğu kanalın akış aşındırma indeksi 9’dan fazla olup, bu değer kanalın son derece yüksek hızdaki akışlara neden olabilecek bir potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

4. KUZULU HEYELANININ ÖZELLİKLERİ VE MEKANİZMASI

17.03.2005 günü meydana gelen Kuzulu heyelanı 1800 m kotlarında volkanik birimlerin bozunma zonu içerisinde dairesel (kütlesel) yenilme şeklinde başlamıştır (şekil 11). Yenilme yüzeyinin dairesel olduğunun göstergesi olan geriye doğru eğimlenmiş (tiltlenme) ağaçlar heyelanlı kütle içerisinde belirgin biçimde izlenebilmektedir (şekil 12). Bunun yanısıra, yenilme yüzeyi yakından incelendiğinde hareketin etkisiyle yüzeyin kayganlaşmış olduğu ve hareket yönünü gösteren hareket çizgileri açık bir şekilde izlenebilmektedir (şekil 13). şekil 14’te heyelanın ta bölgesinden itibaren, malzemenin depolandığı bölüme kadarki bir hattın topografik ve jeolojik kesiti görülmektedir. Ayrıca bu kesit üzerinde sahada tespit edilebilen yaklaşık yenilme yüzeyleri ile depolanan malzeme de gösterilmektedir. Buna göre, dairesel yenilme şeklinde başlayan heyelanın



Şekil 9. Heyelan alanı ve yakın çevresinin topografik nemlilik indeksi haritası.



Şekil 10. Heyelan alanı ve yakın çevresinin akış aşındırma indeksi haritası.

topuk bölgesinde hareket eden malzemenin depolanacağı bir alan olmadığından, heyelan kütlesi kireçtaşları içerisindeki drenaj kanalına dolmuştur. Yenilme yüzeyinin derinliği yer yer 150 m'ye kadar ulaşmaktadır. Kütleli yenilme alanı yaklaşık 167000 m² olduğu ve ortalama yenilme derinliği de 75 m alındığında (Şekil 14), hareket eden malzemenin hacmi yaklaşık 12,5 milyon metreküp olarak hesaplanmıştır. Drenaj kanalına ulaşan bu örselenmiş malzeme, kanalın eğiminin yüksek olması (Şekil 14) ve çevresindeki su kaynaklarının da beslemesiyle, hızlanarak aşağıya doğru akma şeklinde hareketini güneybatı yönünde sürdürmüş ve Agnus deresine ulaşmıştır. Agnus deresine ulaştığı kesimden itibaren malzeme depolanmaya başlamış ancak Agnus deresinin katkısıyla hareketine bir miktar daha devam ederek ve Kuzulu mahallesinin bir kısmını da örterek ani hareketini sonlandırmıştır. Üst kotlardaki ana heyelanın topuğundan itibaren, malzemenin durduğu son nokta arasındaki mesafe yaklaşık 1800 m'dir. Yerel halktan alınan bilgilere göre, hareketin sesi algılandıktan itibaren Kuzulu mahallesine malzemenin ulaşması 5 dakikadan daha az bir sürede gerçekleşmiştir. Bu durumda hareketin hızı yaklaşık 6 m/sn olup, Varnes (1978) sınıflamasına göre aşırı hızlı heyelandır. Bu tip heyelanlar katastrofik özellikte ve çarptığı yapıları tamamıyla yıkma gücünde olup, ani ve hızlı gelişmeleri nedeniyle, insanların kaçabilme şansı ise hemen hemen olanaksızdır (Varnes, 1978). Nitekim, Kuzulu heyelanında da bu olaylar gerçekleşmiş olup, malzemenin hareket yolunda bulunan 15 kişi kaçmayı başaramamış ve malzemenin altında kalarak hayatını kaybetmiştir. Hareket eden malzeme akma kanalından Agnus deresine ulaştığı noktada birikmeye başlamış ve alanı yaklaşık 6900 m² olan bir heyelan gölü oluşturmuştur (Şekil 15).

Birikim zonunda malzemenin kalınlığı topuğun güney kesimlerinde 10 m'den başlayıp kuzeye doğru yer yer 100 m'yi geçmektedir. Birikim zonunun alanı 121 bin metrekare olarak hesaplanmış olup, ortalama 80 m kalınlık dikkate alındığında 9.7 milyon metreküp hacmindeki bir malzeme Agnus deresinde ve Kuzuluk mahallesinin bir kesimini örtmüş durumdadır. Heyelanın kaynak bölgesinde hareket eden malzeme miktarı 12.5 milyon metreküp olarak hesaplanmıştır. Hareket eden malzemenin kabarma faktörü de 1.2 olarak alındığında, depolanan alandaki malzemenin hacminin 15 milyon metreküp olması



Şekil 11. Kuzulu heyelanının üst kotlardaki genel görünümü.



Şekil 12. Kuzulu heyelanının taç kısmı, kayma yüzeyi ve geriye doğru eğimlenmiş (tilt etmiş) ağaçlar.

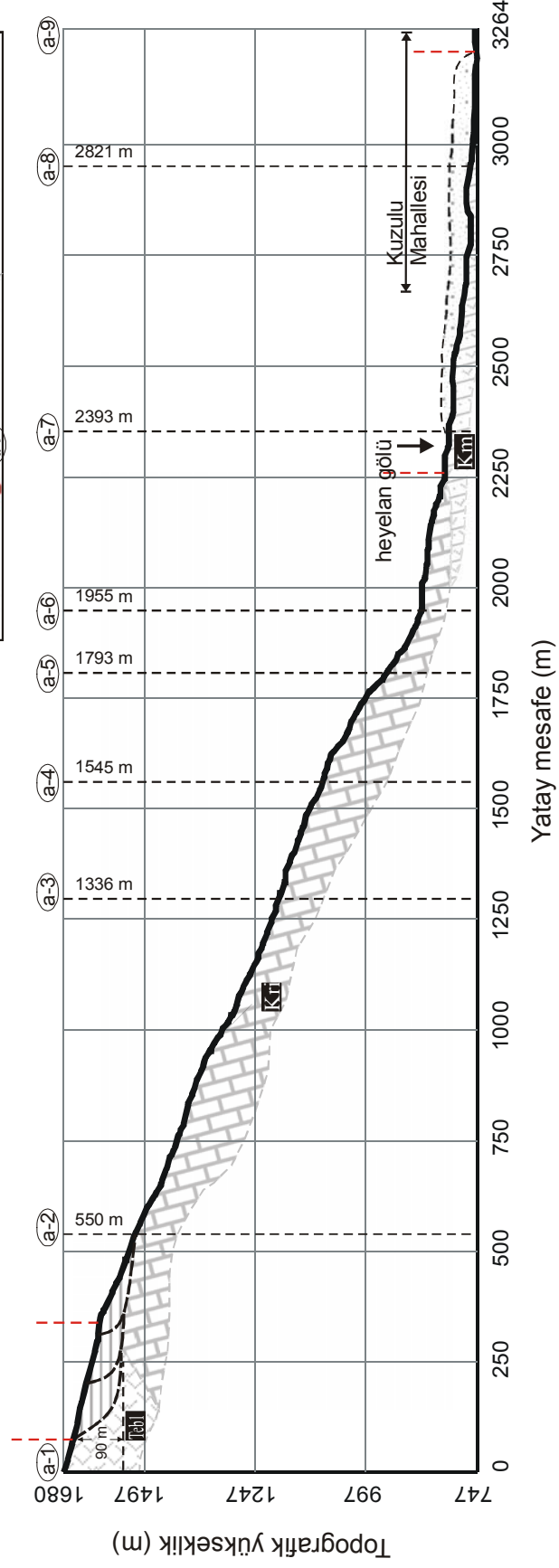
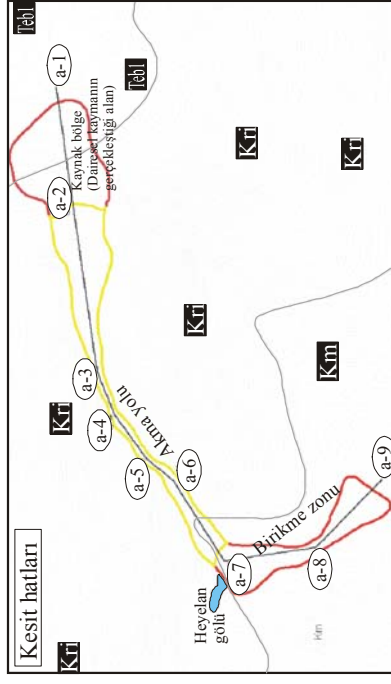


Şekil 13. Yenilme yüzeyinin yakından görünümü.

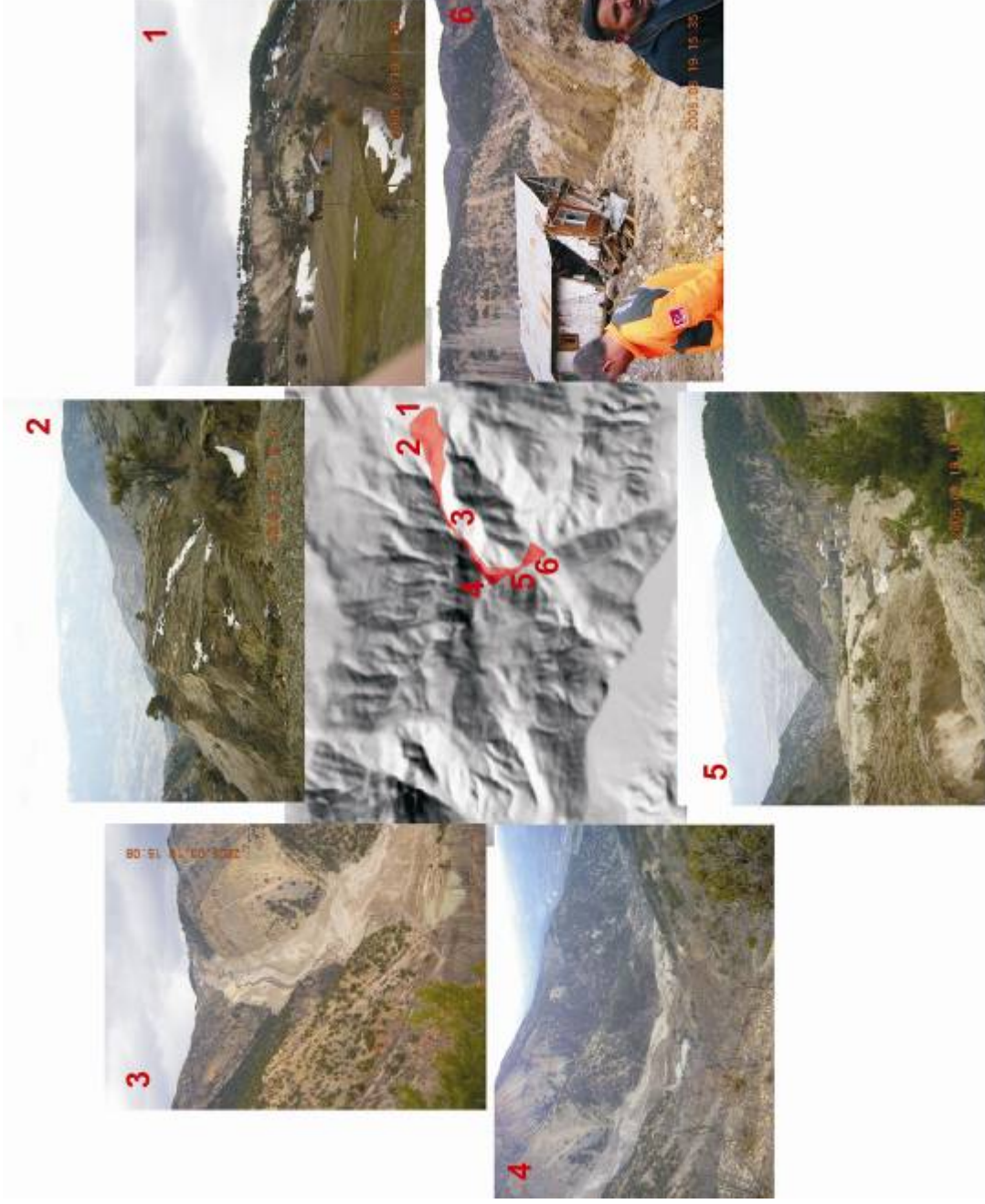
gerekirdi. Ancak aradaki 5.3 milyon metreküp malzemenin bir kısmı heyelan gölü altında kalmış, geriye kalan kısmı ise yaklaşık debisi $2 \text{ m}^3/\text{sn}$ olan Agnus deresi tarafından taşınarak Kelkit ırmağına ulaştırılmıştır.

Kuzulu heyelanının çevresel etkilerinden birisi de önemli miktardaki bir orman alanını tahrip etmesidir. Landsat TM görüntüsü kullanılarak (Şekil 16) yapılan değerlendirme sonucunda yaklaşık 47 bin m^2 'lik orman alanının heyelan tarafından tamamen tahrip edildiği saptanmıştır.

Sahada 19.03.2005 tarihinde yapılan değerlendirmeler sonucunda, önemli miktarda kütleli sınırlandırıcı tansiyon çatlakları tespit edilmiş (Şekil 17) olup, heyelanın aktivitesini ciddi biçimde sürdürdüğü ve arama-tarama çalışmalarının son derece riskli

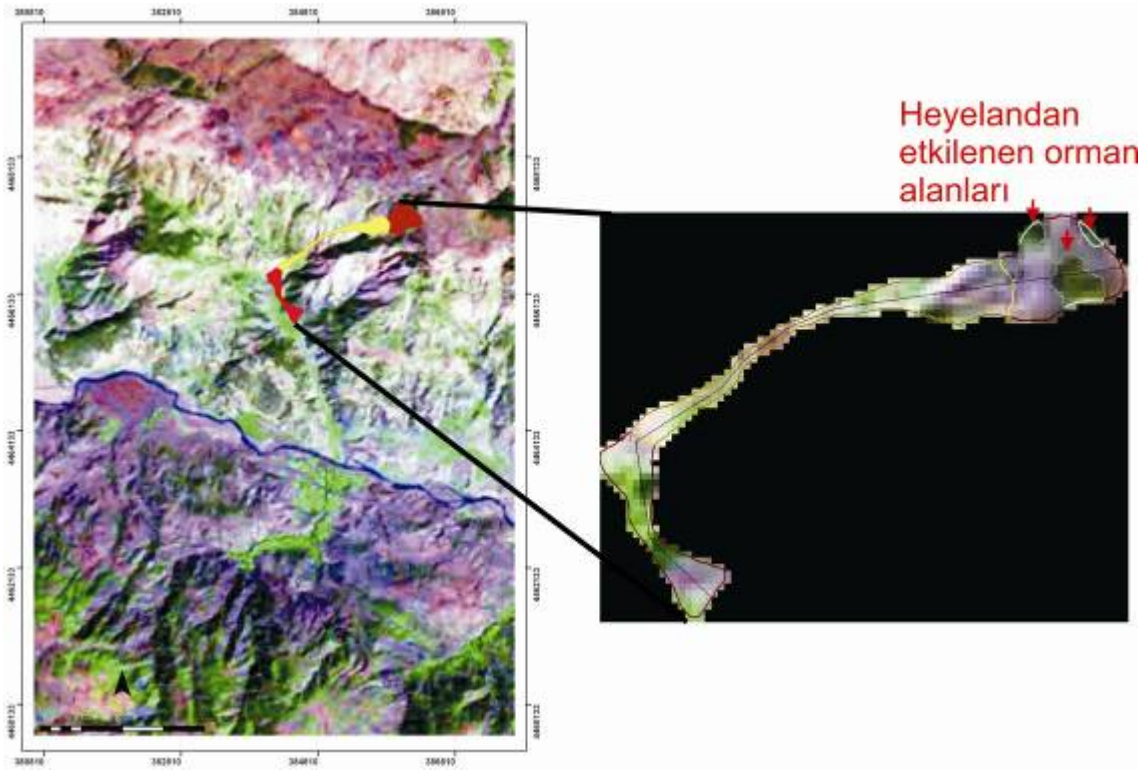


Şekil 14. Heyelan alanının genel topografik ve jeolojik kesiti.



Şekil 15. Kuzulu heyelanının farklı noktalarından görünümüler.

olduğu ve bu çalışmalara son verilmesi gerektiği konusunda görüş bildirilmiştir (Tatar vd., 2005). 24/03/2005 günü meydana gelen ikinci heyelanda ise yaklaşık 5 milyon metreküp malzemenin daha kayarak Kuzulu mahallesinde 13 evin tamamen yıkımına neden olmuştur. Ayrıca, paleoheyelan alanı olarak tespit edilen alanın doğu bölümündeki gerilim çatlakları dikkate alındığında yaklaşık 20 milyon metreküp malzemenin kayma potansiyeline sahip olup, tetikleyici bir faktöre bağlı olarak kayabilecektir.



şekil 16. Heyelan alanı ve yakın evresinin Landsat TM görüntüsü ile heyelandan etkilenen orman alanları.



Şekil 17. Heyelan tacının arka kesimlerinde gözlenen tansiyon çatlakları.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerek saha gözlemleri ve gerekse yapılan analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, ulaşılan sonuç ve öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- (a) 17/03/2005 günü meydana gelen Kuzulu heyelanı üst kotlardaki bozunmuş volkanik birimler içerisinde gelişen dairesel (kütlesel) bir yenilmedir. Hareket eden malzemenin topuk bölgesinde depolanabileceği bir düzlük alan bulunmadığından, malzeme Agnus deresinin yan bir drenaj kanalına ulaşmıştır. Son derece dik eğime sahip kanalda malzeme hızlanarak hareket etmiş ve Kuzulu mahallesinin bir bölümünü örtmüştür. Bunun sonucunda 21 ev ve bir cami tamamen toprak altında kalmıştır.
- (b) Hareket eden malzemenin hızı yaklaşık 6m/sn olup, “aşırı hızlı heyelan” sınıfındadır. Bunun sonucunda, 15 insan kurtulmayı başaramamış ve toprak altında kalarak hayatını kaybetmiştir.
- (c) Yaklaşık 1800 m kotlarında başlayan heyelanın kaynak bölgesinden hareket eden malzeme 12.5 milyon metreküptür. Depolanma bölgesinde biriken malzemenin miktarı ise 9.7 milyon metreküp olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kabarma faktörü de

- 1.2 olarak dikkate alındığında, depolanma bölgesinde malzemenin 15 milyon metreküp olması gerekmektedir. Aradaki 5.3 milyon metreküp malzemenin bir kısmı heyelan gölü altında kalmış, daha ağırlıklı olarak da Agnus deresi tarafından taşınmıştır.
- (d) Heyelan altında kalan insanları arama çalışmaları, risk altında olduğu için, durdurulmuştur. Bu gözlemi doğrulayan ikinci heyelan 24/03/2005 günü meydana gelmiş ve yaklaşık 5 milyon metreküp malzeme daha kayarak Kuzulu mahallesinde 13 evin tamamen toprak altında kalmasına neden olmuştur.
- (e) 24/03/2005 günü meydana gelen ikinci heyelana rağmen, bölgedeki heyelan aktivitesi devam etmekte olup, paleoheyelan alanının doğu kesimleri harekete hazır durumdadır. Sahadaki gerilim çatlakları dikkate alınarak yapılan ilk değerlendirmelerde yaklaşık 20 milyon metreküplük bir malzemenin daha kayması, gerekli koşullar oluştuğunda, büyük olasılıkla gerçekleşecektir.
- (f) Tüm bu bulgular dikkate alındığında, Agnus deresi ve Kuzulu mahallesinin önemli bir heyelan riski altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle ilk önlem olarak bölgenin insan girişine kapatılması, can güvenliği açısından önemlidir.

6. KAYNAKLAR

- Alacantara – Ayala, I., 2002. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47 (2-4), 107-124.
- Tatar, O., Gürsoy, H., Gökçeoğlu, C., Koçbulut, F., Duman, T.Y., Kök, S., Süllü, H., Şenyurt, A., ve İleri, N., 2005. 17 Mart 2005 Sivas İli Koyulhisar İlçesi Sugözü Köyü Kuzulu Mahallesi Heyelanı 2. Değerlendirme Raporu. <http://www.koyulhisar.gov.tr/bulten3.doc>.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds.), TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 11-33.

TEŐEKKÜR

Yazarlar, heyelan bölgesine ulaştırılmasındaki katkılarından ve sağladıkları destekten dolayı Afet İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼'ne, Afet İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼, Afet Et¼t ve Hasar Tespit Dairesi Başkanı Ayhan CİFTCİ'ye teőekk¼r ederler.