

# KUZEY İSPANYA, İSPANYOL PİRENELERİ, TREMP HAVZASINDA GÖZLENEN KÜTLESEL HAREKETLERİN HAVA FOTOĞRAFLARIYLA YORUM YÖNTEMLERİ\*

Murat AVCI

*University of IFE, ILE-IFE Department of Geology, Nigeria*

ÖZET. — Bu yazıda, Kuzey İspanya'nın Tremp havzasında alınan hava fotoğraflarından yararlanarak dengesiz alanların gelişmesini inceleyip önceden haber vermede, jeoteknik metotların kullanılmasının bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bir kütleli hareketin hava fotoğrafı ile tanımında kriter, arazi şeklindeki deformasyondur. Bu geometrik ortamın havadan görünüşü, stereoskopa incelendiği zaman çok değerli bilgiler sağlar. Arazide harcanan zaman ve emekleri azaltır ve bir arazi çalışması süresi içinde yaklaşılamayacak bazı problemlerin içine girmeye imkân verir. Hava fotoğrafı ile model alanların (jeoteknik üniteler) görülüp sınırlarının belirlenmesiyle üzerinde ayrıntılı inceleme yapılacak tipik dengesiz alanlar seçilebilir. Alanda başlıca Paleosen kırmızı marnları (Trempe Formasyonu) ile yoğun bir şekilde eklemler gösteren, kompakt Eosen kalkerleri arasındaki iki hassas formasyon sınırı boyunca meydana gelen ciddi problemler görülmeye layık dengesizlik durumu oluşturmaktadır. Tehlikeli yamaç kaymalarına Kuvaterner çökellerinin Paleosen kırmızı marnları ile örtülü olduğu yerlerde de rastlanmaktadır.

## GİRİŞ

Etüt edilen alan, Lerida (Kuzey İspanya) il merkezinin 100 km kadar kuzeyindedir (Şek. 1). Pallaresa nehri Pireneler'den güneye doğru uzanan alanın başlıca akarsuyudur. Conques ve Rucos nehirleri havzanın Pallaresa'ya drenajını yapan ana nehir kolları olmaktadır. İnceleme alanının ana bölümünü meydana getiren Tremp havzası Pireneler'in güney yamaçlarındadır ve 200 km<sup>2</sup> kadar bir alan kaplamaktadır. Kütleli hareketi de içeren erozyon süreci kayaç formasyonlarının çoğunu etkilemekte ve alanın morfolojisini tekrar gençleştirmektedir. Güncel jeodinamik faktörler, herhangi bir mühendislik projesinde inşaat çalışmaları, yapıların korunması ve toprak sıralanmasını muhafaza için incelenmesi gereken önemli gelişmeler göstermektedir. Jeoteknik metotlarla desteklenen havadan fotoğraf alma incelemeleri, jeodinamik ilerlemeleri kaydedip bunların gelecekteki gelişmelerini daha önceden bildirmeye çok yardımcı olur.

## JEOLOJİK YERLEŞİM

Bütün jeolojik formasyonlarda Pirene orojenezinin yol açtığı bir doğu-batı doğrultusu vardır. Alandaki en yaşlı kayaç formasyonu Orta Kretase kristalin kalkerleri, erozyona gösterdiği fazla direnç nedeniyle nispeten biraz yüksek rölüfe sahiptir. Üst Kretasenin yumuşak marnları ve marnlı kumtaşları Orta Kretaseyi uyumlu olarak örter. Alanın büyük bir kısmını yaygın Paleosen kırmızı marnları (Trempe Formasyonu) kaplamaktadır. Bu marnlar oldukça plastiktir ve erozyona dirençleri azdır. Bu nedenle daima alçalarda veya yamaçlarda bulunurlar. Alanda bütün Eosen stratigrafisi temsil edilmektedir. Bunlar iyi tabakalanmış ve yoğun bir şekilde eklemlenmiş kompakt kalkerlerdir ki ayrıca koyu gri renkli plastik marnlarla aratabakalıdır. Paleosen ile Eosen arasındaki sınır keskin ve belirgindir. Kuvaterner döneminde değişik iklim rejimleri, çeşitli arazi şekillerinin oluşmasına ve malzemelerin birikmesine neden olmuştur.

\* Bu bildiri, Eylül 1978'de Madrid, İspanya'da yapılan Üçüncü Uluslararası Jeoloji Mühendisliği Kongresinde sunulacaktır.



Şek. 1 - İnceleme alanının konum haritası.

#### HAVA FOTOĞRAFI YORUM YÖNTEMLERİ

Hava fotoğrafları paleomorfolojik gelişimi hazırlamada çok yararlıdır ki, bu da alanın bütün arazi şekillerinin tam bir resmini sağlar. Çünkü yorumcu bu yolla aynı anda birkaç arazi şeklinin genel manzarasını görmekte ve bunun sonucu olarak bunları karşılaştırıp aralarında morfojenetik bağıntı kurabilmektedir (Avcı, 1977).

İlk etütte laboratuvarında 1 :30 000 ölçekli 24 siyah-beyaz pankromatik hava fotoğrafı kullanılmıştır. Ayrıntılı inceleme 12 fotoğrafın kapsadığı bir alan üzerinde toplanmış, diğer fotoğraflar bazı arazi şekilleriyle çevreleri arasında genel morfojenetik bağlantı kurmada kullanılmıştır.

Hem fotomozayikin hazırlanması hem de fotoğrafların ön tetkiki alanın jeoteknik üniteleri hakkında bilgi verir. Bu üniteler bilinen jeolojik üniteler olup, yüzey değişkenleri erozyon işlemi ile tamamlanmakta, kayaç tipine göre tekrar oluşmaktadır. Aynı jeolojik ünite üzerindeki kalın ve yaygın yüzeysel malzemeler değişik bir jeoteknik ünite meydana getirir (Foto 1, ünite C); çünkü bunlar jeoteknik bakımdan önemli bir rol oynar. Alanda birçok dengesizlik koşuluna uğramış Paleosen kırmızı marınlarını örten pek çok örnek gözlenmiştir. Her ünite ayrı bir model oluşturur ve fotoğrafik gri renklerden kolaylıkla tanınıp sınırları çizilmektedir (Foto 1).

jeoteknik üniteleri tanıyıp sınırlarını çizdikten sonra, önce jeoteknik ünitelerin sınırlarını aslına uydurmak ve tamamlamak, ikinci olarak da erozyon işlemleri ve her üniteye dengesizlik tipi hakkında bilgi edinmek için, stereomodel kullanarak, her ünitenin daha ayrıntılı yorumu yapılır. Bu ilk yorumdan sonra ayrıntılı gözlem yapabilmek için tipik dengesiz alanları seçmeye yarayacak bir numune alma planlanabilir. Bu başlıca arazinin karakteristik özelliğine dayanmakta, böylece aynı dengesizlik koşuluna sahip alanlarda çalışma yapma önlenmektedir.

Numune alma alanlarında, numune alınan dengesizlik özelliklerinin ölçülebilir değişkenlerini sağlamak üzere maksimum büyüteç kullanarak vadiler, erozyona uğramış çıplak kayalar, dere yatakları ve kötü araziler (badlands) üzerinde durulmuştur, 1 :30 000 ölçekle önemli tanım yapmaya yetecek kadar açık olmayan bazı özellikler görülmüştür. Bu nedenle, daha ufak özellik-

Tablo I - Kütlesel hareketlerin tipi ile bunların fotoğrafik özellikleri ve alanda görülen diğer ilgili bilgiler

Tip	Foto özellikleri	Hava fotoğraflarından tanınan muhtemel nedenler	Jeoteknik tanım	Malzeme ve jeoloji
Kayma	iki yönlü silindirik çıplak kayalar ve arka-ya meyilli basamaklı paralel sırtlar ile karakterize edilmektedir. Bariz topografik anomali gösterirler ve bunlar fotoğraf tonlarına yansımıştır.	Yamacın eteklerindeki yanıl desteklerin doğal erozyon veya yapay kazılarla kaybolması.	Silindir biçimi kayma yüzeyi olan zayıf pekişmiş toprak kütesinin kendi izine paralel yatay bir eksen üzerinde hızlı aşağı doğru hareketi. Çoğunlukla izotropik ayrılma (makaslanma) gücüne sahip malzemeler içinde görülür.	Düzenli tabakalı az pekişmiş kayaç formasyonları.
Heyelân	Tabakalanma yüzeyindeki ani değişimle karakterize edilmektedir ki gri tondaki seviyelerde yansımaktadır. Heyelân tabakası genellikle heyelân yolları sonunda yayılmıştır.	Tabakaların eğimli kenarlarındaki eteklerde heyelâna karşı olan desteğin kaybolması.	Bir kayaç yatağının tabakalanma düzlemine paralel kayması. Sert ve geçirgen kayaçlar marnı örttüğü zaman çok rastlanan bir durumdur.	Meyilli, tabakalı kumtaşı veya kalkerli marn arakatlı kayaç formasyonu.
Kayaç düşmesi	Çoğunlukla masif formasyonların dik kayaç yüzleriyle birleşmiştir. Yamacın eteklerinde birikinti kayaç formasyonu ve tek halde kayaç blokları da görülmektedir.	Altındaki yumuşak tabakaların kaybolması ile üstten sarkan kayaç duvarlarının oluşması.	Tavandan asılı yamaçlardan serbest düşen çeşitli büyüklüklerdeki kayaç blokları.	Yumuşak erozyona uğrayabilir marnları örten bir sert tabaka ve/veya yumuşak tabakalarla arakatlı dirençli ve eklemli kayaç tabakaları.
Kayaç heyelânı	Düzensiz dik bir kopma izi gösterir. Kopmuş döküntüler düzensiz parçalar birikimi ile bir model oluşturur. Fotoğraftaki koyu renk yerlerde de bu durum görülmektedir.	Dere yatağının geriye erozyonu ile blok halindeki desteğin kaybolması ve yukarıdan sarkan kayaç yamaçlarının varlığı.	Yumuşak plastik marnlarla arakatlı eklemli kalker duvardan toplu kayaç düşüşü. Kopma yüzeyleri önceden belirlenmiş eklem yerleridir.	Yer değiştirme düzlemleri marnla arakatlı tabakalı, kompakt kalker.
Toprak akışı	Bunlar yamacın eteklerinde buzul yuvarlağı biçimi bir tümsek meydana getiren buzul akıntılarına benzer. Yüzeysel olduklarında geniş bir çıplak kaya gösterirler. Akıntı özellikle taze olduğunda gri tonlarda açıkça görülebilmektedir.	Aşırı yüklü yamaç ve yüksek su içeriği gri renk tonundan anlaşılabilir. Aynı yamacın eteklerinde dere yatağı erozyonu vardır.	Bunlar genellikle döküntü malzeme ve pekişmemiş marnlarda görülür. Başlangıçta kayma gibi başlayıp, sonra daha önceden oluşan topografyaya uyarak toprak akışına dönüşebilir. Esas olarak fazla suyun dürtüsüyle başlarlar.	Kalın döküntü malzemesi ve pekişmemiş pelitik formasyonlar.
Çamur akışı	Bunlar daha yaygındır. Toprak akışı ile karşılaştırıldığında daha açık ton ile daha büyük tümsek şekilleri göstermektedir. Arazinin kullanımı ve diğer çevre faktörleri eski bir çamur akışı gösterir.	Aşırı su.	Çamur akışları genellikle kayma kütlelerinin veya diğer gevşek malzemelerin fazla suyla tekrar taşınması neticesinde oluşmuşlardır.	Her türlü döküntü malzemesi.
Sürünme (creep)	Önemli bir fotoğraf özelliği yok. Koyu fotoğraf tonlarından yamaçların tümsekli ve morfolojinin kopuk olduğu anlaşılabilir.	Düzensiz yüzey morfolojisi ve yamaç etekleri altındaki oyulmasından, kolüvyal bir yamaç olduğu sonucu çıkarılmaktadır.	Çoğunlukla malzemenin kalınlığını aşmayan yüzey malzemesinin farkedilmeyen hareketi. Hareket hafif kayan tabakanın farklı fiziksel özellikleri nedeniyle başlar ve uzun süreli plastik bir deformasyona yol açar.	Marn formasyonu üzerinde 15°lik bir yamaç oluşturan toprak ve kayaç kırıntıları.

lerin yorumlanabilirliğini geliştirmek üzere numune alınan alanlarda bu fotoğraflar iki katı büyültülmüştür (Foto 2 ve 3). Sonuç fevkalâde yararlı olmuştur, öyleki görülebilen her dengesizlik durumunun neden ve mekanizmasının bazı yönleri bulunabilmiştir. Bu büyültme, kütleli hareketin stereomodelde yorum yapan kişinin gözüne batan bir arazi şekli deformasyonu olduğunu göstermiştir; yani, bu vadi veya herhangi bir arazi şekli içindeki anomalidir (örneğin, bir tepenin veya nehirler arasındaki alanın bir yanının anî olarak kesilmesi). Çeşitli kütleli hareket tipinin yorumundan stereomodel içindeki kütleli hareketin, birçok hallerde, bir kütleli birim yer değiştirmesi şeklinde olduğu sonucu çıkarılmıştır. Bu kütle toprağın bir bölümünden hareket ederek ardında boş ve düzensiz bir yüzey bırakmıştır ki bu yüzey bir kayma yolunun sonunda biriken bir iz halindedir. Bunun sonucu olarak, arazi modeli ve arazi-kullanımbitki topluluğu bir değişim gösterecek, bu durum da fotoğraftaki gri renklere aksedecektir (Ta Liang & Belcher, 1958).

Bu kütleli yer değiştirme arazi şekillerini farklı bir geometri ile deforme edecek; malzeme, kayaç tipi, yamaç açısı ve jeolojik durumun kontrolü altındaki akma, kayma ve düşme gibi farklı jeoteknik üniteler meydana getirecektir. Bu ortamların geometrisi stereovizyondaki üç boyutlu önemlerinden dolayı hava fotoğraflarından yeteri kadar tanınabilir. İşte bu önem nedeniyle kütleli hareket incelemelerinde renkli hava fotoğraflarının siyah-beyaz fotoğrafa üstünlüğü yoktur.

Sürünme (creep), hava fotoğraflarında önemli belirtileri olmayan hareketi fark edilmez kütleli hareketler olup, daha çok yamaçların dalgalı, tümsek ve yarıklı morfolojisi ile koyu benekli gri foto tonlarından yararlanarak çıkarmıştır. Koyu renk bir foto tonu genellikle yüksek nem varlığının belirtisidir ki toprakta sürünme olduğu sonucuna varmada önemli noktalardan biridir. Alanda yapılan arazi çalışmaları esnasında koyu foto tonu ile birlikte uygun yamaç koşullarının da bulunmasının sürünmenin varlığını belirttiği ispatlanmıştır. Ancak, sürünme, toprak kayması ve gerilim çatlaklarının tanınmasında enfraruj renkli hava fotoğrafları daha yararlı olabilir (Norman ve diğerleri, 1975).

Sonuç olarak her dengesizlik tipi fotoğraf imajında belli bir şekli resmeder. Bunların yorumu, kara şekillerinin geometrik durumuna ve stereoskopik imaj üzerinde görülen gri ton derecelerine göre yapılır (Tablo 1).

#### ALANDA GÖZLENEN DENGESİZLİK TIPLERİ

Hava fotoğraflarının laboratuvar incelemesinden sonra bir seri ön harita ve grafikler derlenmiş, bunlar daha sonra araziye götürülmüştür. Arazi çalışmalarının sonuçları, birçok durumda, arazi gözlemlerinin laboratuvarında elde edilen bilgileri doğruladığını göstermiştir. Haritalara alınan büyük yer kaymalarının çoğu 1957 yılından beri alınan hava fotoğraflarına bakarak yorumlanmıştır. Hava fotoğraflarının alınmaya başladığı 1957 den beri 14 yılda kütleli hareketin bir sonucu olarak çok sayıda yamaç bozulması olmuş, bunlar arazi çalışmaları esnasında kaydedilmiştir. Arazi çalışmasından sonra jeoteknik haritayı derlemek için hava fotoğraflarına ait bütün bilgiler ve yorumların karşılaştırmalı analizi yapılmıştır (Şek. 7).

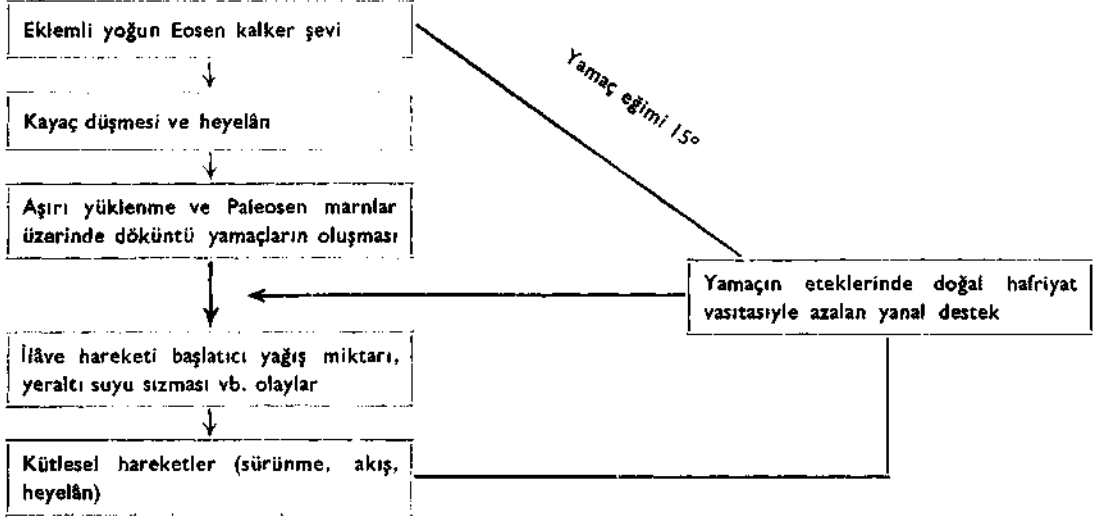
Ayrıntılı bir inceleme için tipik bulunan dört dengesizlik koşulu seçilmiştir. Alanda görülen bu dengesizlik durumlarının oluşmasında birkaç jeolojik ve jeomorfolojik faktör vardır. Bunlar:

1. Yüzeysel malzemelerdeki dengesizlik;
2. Eosen kalkerleri ve Paleosen kırmızı marnları arasındaki dengesizlik;

3. Paleosen kırmızı marınları içindeki dengesizlik;
4. Geçirgen ve geçirgen olmayan arakatlı tabakalardaki dengesizlik.

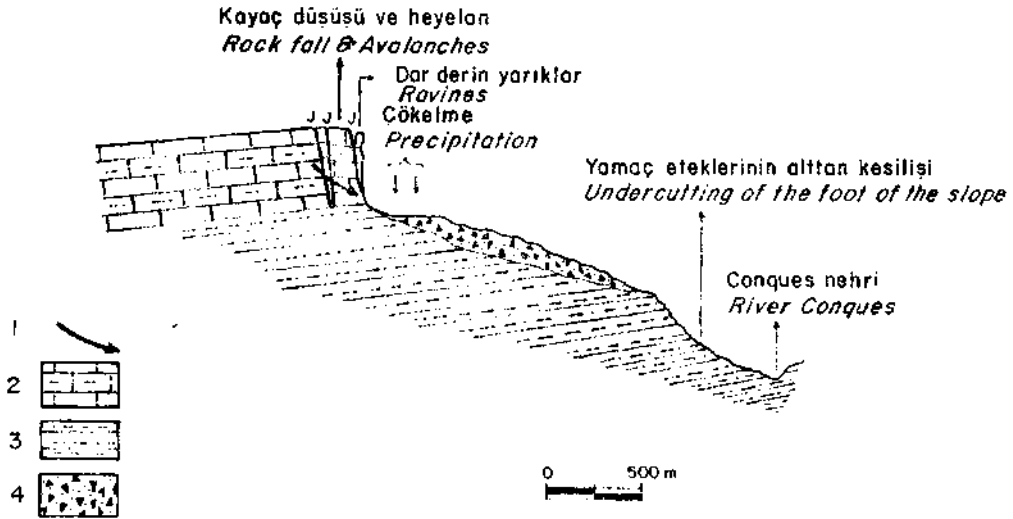
İlk üç durum birbiriyle çok ilgili işlemlerdir ve kendilerine has bir alan içinde devrederler (Foto 3 ve Şek. 2). Bu dengesizlik durumlarının gelişmesi aşağıdaki şemada gösterilmiştir.

Alanın dengesizlik gelişimini gösteren şema



#### JEOTEKNİK AÇIKLAMA

Eosen kalkerler, yoğun, sık eklemli ve marınlı arakatlı kayalardır (Foto 4). Sağnak yağmurlar esnasında eklem yerlerinden süzülen sular arakatlı plastik marınlı şişirir ve ünitenin dengesini bozar. Altındaki formasyon kolayca erozyona uğrayan ve taşınan Paleosen kırmızı marınlardan oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak eklemli Eosen kalker blokları düşer ve/veya daya-



Şek. 2 - Eosen kalker-marınlı ile Paleosen kırmızı marınlı arasında hâkim olan dengesizlik koşullarını etkileyen faktörler,

- 1 - Yeraltı suyu; 2 - Kalker-marn (Eosen); 3 - Kırmızı marınlı (Paleosen); 4 - Kolüvyal malzeme.

nüksüz zon genişse, Eosen-Paleosen kontaklı boyunca kayaç heyelanı olur (Foto 5). Eosen kalkerleri şevinde meydana gelen bu parçalanmalar, Paleosen kırmızı marnlarını aşırı yükler ve değişken kalınlıkta olarak kolüvyal malzemenin birikmesiyle bir yamaç oluştururlar (ortalama 2-4 m). Bunlar açık gri, killi şilttir ve köşeli çakıl, blok ve Eosen kalker kayaç parçalarından ibarettir. Bu malzemenin hamurundan alınan temsil edici bir numunenin laboratuvarındaki analizi, yüksek nem (% 43) ve plastik özelliği (% 39) göstermiştir.

Yamacın eteğinde, yanal nehir erozyonu ve dere yatağı açılması, kötü arazi (badlands) ve derecik gibi diğer erozyon faaliyetleri görülmektedir. Bu durum, aşırı yüklenme ile ayrılma (makaslanma) ve alttan kesme ile de geriliminin artmasına yol açmaktadır. Bunun sonucu olarak, kolüvyal malzeme değişik kütleli hareketler biçiminde aşağı doğru hareket eder. Örneğin, sürünme bu yamaç üzerinde devamlı bir olaydır ve kolüvyal malzeme kalınlığını aşmaz (Foto 6 ve 7).

Donma hareketi veya alçak bitkilerin köklerinin neden olduğu toprak ve kayaç kırıntılarının gevşeyip tümsek halini alması, sürünmeyi olumlu yönde etkilemektedir. Tümsek haline gelme nedeniyle bu tabakaların gözenekliliği artacak ve kütleler yüksek su içeriğinden dolayı ağırlaşacaktır. Bunun sonucu olarak, bu tabakalar gravite etkisi altında «hafif kayma» (creep) olduğu sonucu çıkarılacak bazı fiziksel özellikler kazanmaktadır. Foto 6, düz gelişen ve köklerini ardında sürüyerek yamaçtan aşağı doğru hafifçe hareket eden bir sağlıklı ağacı göstermesi bakımından fevkalâde ilgi çekicidir. Bundan başka, eğilmiş ağaç gövdesi (Foto 8) ve etrafı parmaklıkla çevrilmiş direkler gibi kayma hareketinin belirtileri olan durumlara da sık sık rastlanmaktadır.

Tabaka ve döküntü kaymaları ile toprak akışı da gözlenmiştir ve bu yamaçtaki verimli topraklarda tarım yapılmasına zararlı olmaktadır. Toprak akışı kolüvyal yamaçta oluşan özelliklerden biridir. Üst kısımda çoğunlukla geniş bir iz bırakır ve akış kendini topografik duruma uydurup dere yatakları veya vadileri izler veya yamacın alt kısımlarına doğru yayılır (Zaruba& Menci, 1969) (Foto 12). Kolüvyal maddelerin ağırlığı da alttaki marn formasyonunun sabitliğini bozar; aşırı yüklenme, yamaç eteklerinde doğal ve yapay oyulmalar ile makaslanma geriliminin artması nedeniyle derinde kütle hareketine neden olur (Foto 9). Foto 10, yüzey malzemesi içinde kesik çizgilerle gösterilen hat boyunca derine yerleşmiş bir eksene göre kayma eğilimindeki kaymayı göstermektedir. Ancak, kayma devri, alttaki kompakt kayaç formasyonunun direnen güçlerince kırılmakta ve böylece yüzeysel bir kaymaya dönüşmektedir. Bu durumda yol sağlam kayaçlar üzerine kurulduğundan emniyettedir. Toprak kaymasının seyrek de olsa kolüvyal yamaç üzerinde toprak ve çamur akışının ilk safhası olduğuna karar verilmiştir (Foto 11, 12, 13).

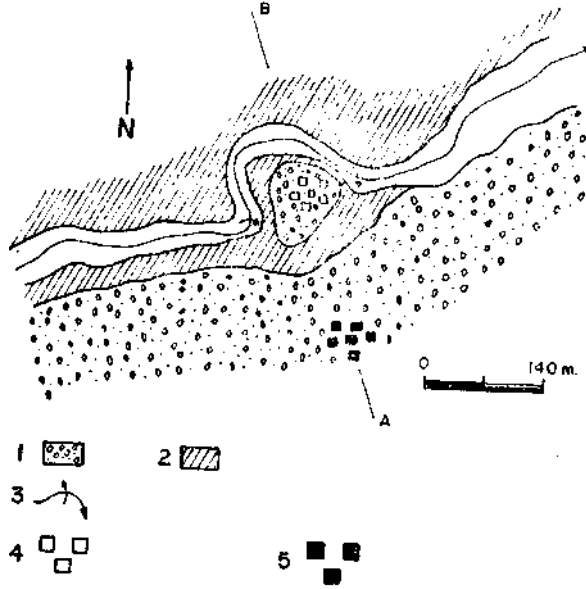
Üst Kretase kumtaşı-kalker-marn arakatlı formasyonda görülen kütle hareketleri, dördüncü dengesizlik grubuna girmektedir; bu tipe ait bir örnek, Tremp rezervuar gölüne dalmış olarak görülmektedir (Foto 14). Hareket, Kretase serinin kalkerli kumtaşı (üstte) ile marn (altta) tabakaları arasındaki tabakalanma düzlemine paralel kayma yüzeyi ile olmuştur. Kaymanın nedeni suyun geçirgen kumtaşı tabakasından genişlemiş plastik marn tabakasına nüfuz etmesi olabilir. Bu şekilde marn ve kumtaşı arasında harekete neden olan bir kayma yüzeyi oluşmaktadır. Kaymayı belki de göl dalgalarının toprak altını oyması hızlandırmaktadır. Ayrıca, kütle hareketinden iki köy (Tendruy ve Puigcergos) zarar görmüştür ve alanda her yağışlı mevsimden sonra birkaç yolun tekrar yapılması gerekmektedir.

### Tendruy'un durumu

1957 yılından beri alınan fotoğrafların laboratuvarında yapılan yorumu, bu köyün tehlikede olduğu ve yerinin değiştirilmesinin acil olarak gerektiğini göstermiştir. Fakat sadece 1969 yılında meydana gelen büyük felâket, köylüleri ve hükümeti bu yerin terk edilmesi gerektiğine inandıra-

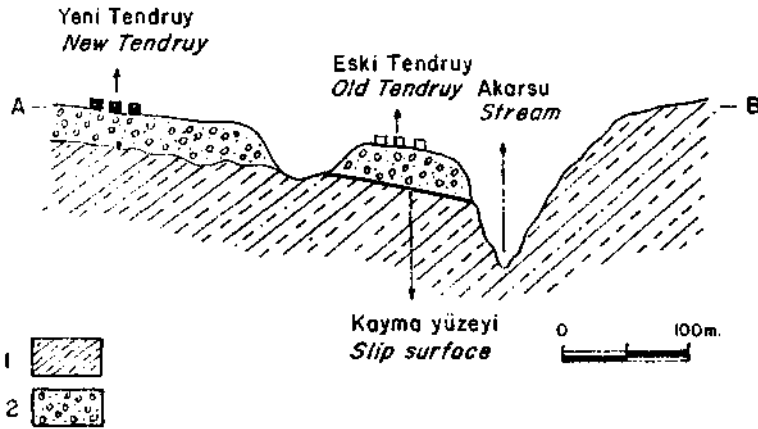
çak şekilde açıkça ortaya çıkmıştır. Bu şekilde stereomodelin üç boyutlu önemine dayanarak, 12 yıl önce foto yorumla durum önceden saptanmış ve köyün kurulduğu yerde yamacın dayanıksızlığını artıran yanal nehir erozyonu bulunmuştur.

*Jeoteknik açıklama.* — Eski Tendruy köyü, Paleosen kırmızı marnları örten siğ bir fosil nehir kanalının nehir tarafındaki kenarında yer alan bir tepe üzerine kurulmuştur. Fosil kanal malzemesi pekişmemiş kumlu çakıldır ve elle dokunulduğunda ufalanır. Çakıl yatağının en alçak yerinde yeni bir akarsu oluşmuş ve fosil kanalın yüzeyini 30 m kadar oymuştur. Köyün batısında plan ve kesitten görüldüğü kadar orta derinlikte terk edilmiş bir vadi vardır. Köy bu şekilde marn üzerindeki çakıl zemini ile tamamen izoledir (Şek. 3 ve 4).



Şek. 3 - Tendruy'un durumunun plandaki görünümü

- 1 - Çakıl; 2 - Marn; 3 - Yanal nehir erozyonu  
4 - Eski köy; 5 - Yeni köy.



Şek. 4 - Şekil 3 ün plan görünümü üzerinde A-B hattı boyunca enine kesiti.

- 1 - Marn (Paleosen); 2 - Çakıl.

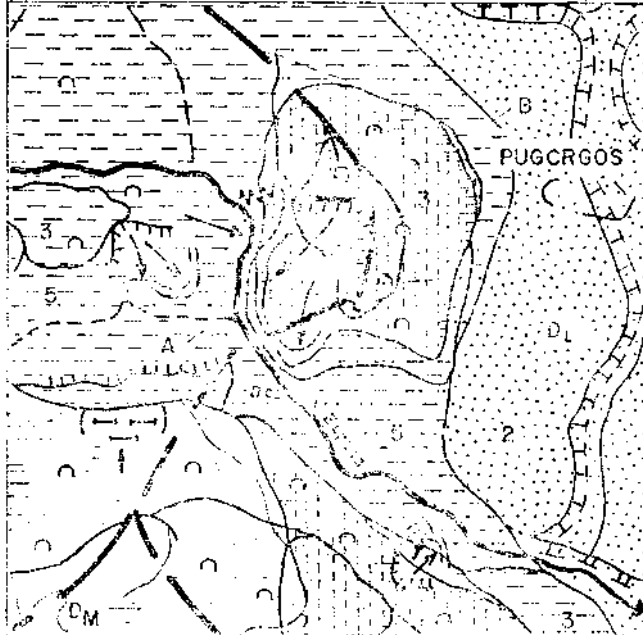
Çakıl ve akındaki marn arasındaki kontakt doğuya doğru 7° kadar eğimlidir. Bu durum, çakıl formasyonu ve altındaki marnların doğu kısmı boyunca bölgeye hâkim olan mevcut akarsuyun yanal olarak altını oyması ve düşey olarak kesmesi nedeniyle dengesizlik yaratmıştır. Şurası da iyi bilinmektedir ki, suyun üstteki geçirgen tabakadan süzülmesi, alttaki geçirgen olmayan tabakada bir kayma yüzeyi meydana getirebilir. Sabitliği bozan bu koşulların bir araya gelmesi sonucu, tepe ve köy doğuya, nehre doğru ağır ağır kaymaya başlamıştır.

Eski köy halen durmaktadır. Düzensiz bir yüzeyi vardır ve çok çatlaklı ve girintili çıkıntılı duvarlar gözle görülebilir. Henüz harabe olmamışsa da, içinde gezinmek tehlikelidir. Köy birkaç yıl içinde tümüyle kayabilir. Yeni köy daha güneyde sağlam bir yerde kurulmuştur.

### Puigcergos'un durumu

Buradaki tehlikeli durumun nedeni de, Eosen kalker-marn formasyonunu etkileyen bir toprak kaymasıdır. Eski Puigcergos köyü bir kalıntı tepe üzerinde kurulmuştur. Tepenin yüksekliği 100 m kadardır ve tepenin güneybatısında akan B<sup>co</sup>. de Espona nehri tepeye son şeklini vererek onu oymuş ve daha güneyde yer alan tepelerden onu ayırmıştır. Litolojik olarak tepe güneydeki Eosen kalkerlerinin bir uzantısıdır (Şek. 5). B<sup>co</sup>. de Espona'nın düşey olarak kesmesi, olgunluk safhasına ulaştığı ve hafif bir gradyanla tanımladığı için önemsizdir. Diğer taraftan yanal olarak oyması özellikle yağmurlu mevsimlerde çok önemlidir, çünkü o zamanlar oldukça geniş havzası (ortalama 7 km<sup>2</sup>) nedeniyle fazla boşalma gözlenmektedir.

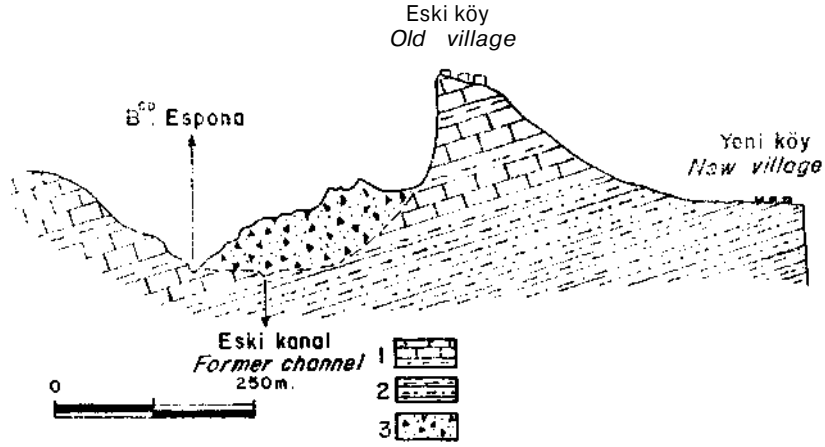
B<sup>co</sup>. de Espona'nın akış yönü düzdür ve tepeye ulaşana kadar hemen hemen doğuya doğru akar ve tepe nehrin güneye doğru dönmesini zorunlu hale getirir. Kanalın bu noktasında yanal erozyon açıkça en fazla hale gelir ve akıntı tepenin eteklerini aşındırır. Yanal kesme ilerledikçe, dengesizliğin ilk işareti olarak, tepenin üstünde pek çok çatlaklar görülür. Yaklaşan bu



Şek. 5 - Puigcergos'un yanal nehir erozyonu ile başlayan toprak kaymasının planı.



tehlikenin açık belirtilerinin ikazı ile köylüler daha doğuda düz ve sağlam bir yere yerleşmişlerdir. Yağmur suyunun çatlaklardan alttaki Paleosen marnlarına süzülmesi (Şek. 6), dengesizlik durumunu artırmış ve sonuçta kaymaya yol açmıştır (Foto 15). Bunun sonucu olarak ortaya çıkan kopmuş kütle anomalisi büyüktür ve stereovizyonda açıkça görülebilir (Foto 2).



Şek. 6 - Şekil 5 teki planın A-B hattı boyunca alınan enine kesiti.  
1 - Kalker ve marnlar (Eosen); 2 - Kırmızı marnlar (Paleosen);  
3 - Döküntü.

#### TEŞEKKÜR

Bu inceleme, yazar Hollanda, Delft, ITC'de iken yapılmıştır.

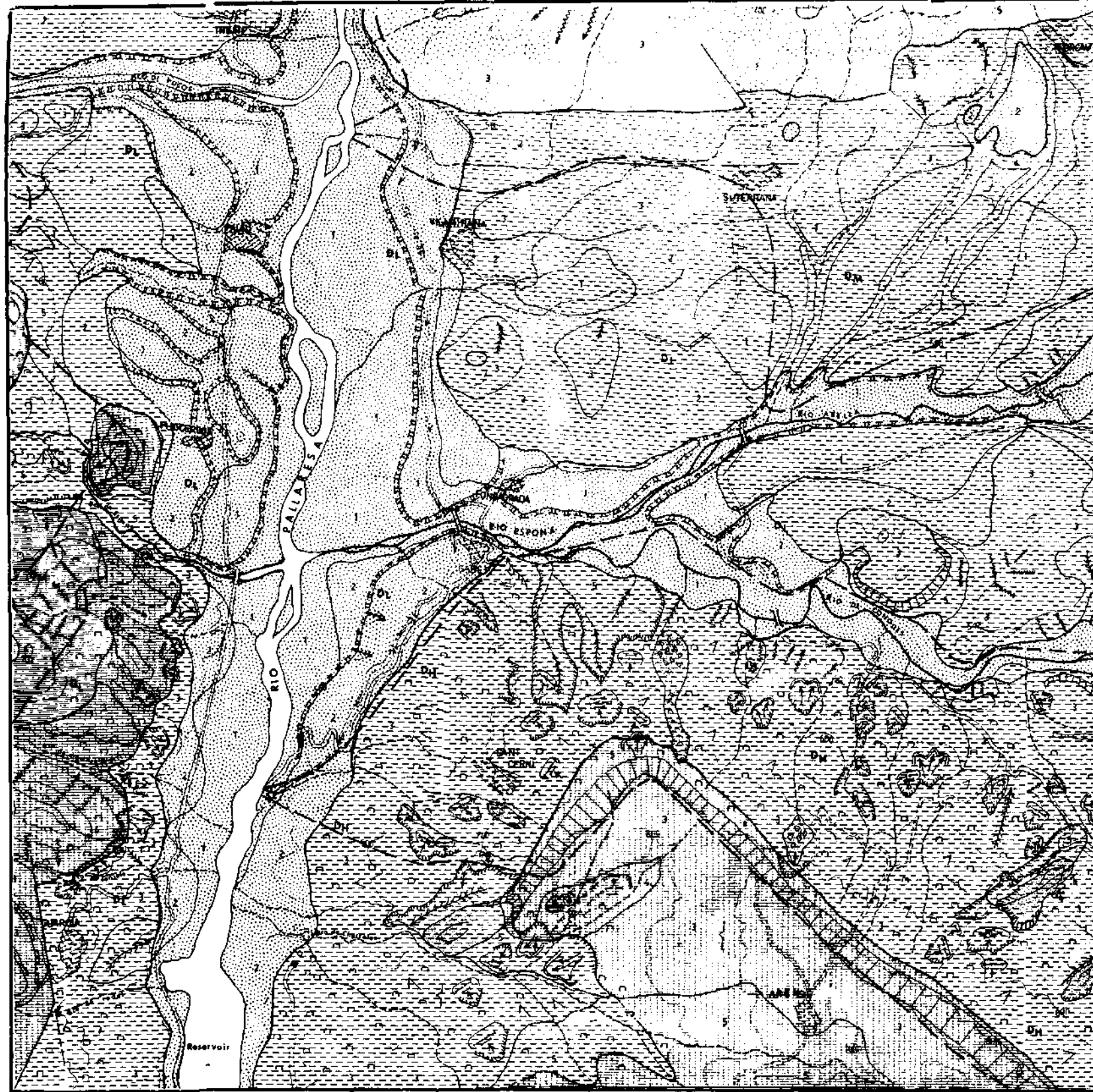
Bu çalışmanın hazırlanmasında Prof. H. Th. Verstappen'in büyük yardımları olmuştur ve yazar kendisine içten teşekkürlerini sunar. Ayrıca yazar, Uluslararası Hava Etütleri ve Yerbilimleri Enstitüsüne (ITC) ve malî yardımlarından dolayı Maden Tetkik ve Arama Enstitüsüne şükranlarını sunar.

Yayına verildiği tarih, 3 nisan 1978

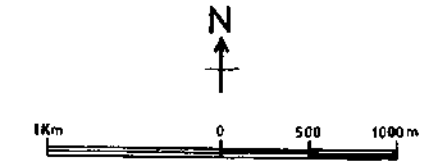
Çeviren: Leylâ OKAY

#### REFERANSLAR

- AVCI, M. (1977): İspanya, Tremp havzasında mühendislik amacı ile kullanılan taneli yapı malzemelerinin hava fotoğrafı yorumu. M.T.A. Derg., no. 89, Ankara.
- NORMAN, T. ve diğerleri (1975): Factors affecting the detection of slope stability with air photographs in an area near Sevenoaks. Kent. Q. ji. Engng. Geo/., vol. 8, pp. 159-176.
- Ta-LIANG & BELCHER, D.j. (1958): in ECKEL, E.B. ed. Landslides and engineering practice. Highway Research Board special report 29, NAS-NRC Publication, 544, pp. 69-93.
- ZARUBA & MENCL (1969): Landslides and their control. AcoDEM/o, Prague and E/sev/er, Amsterdam.



## JEOTEKNİK HARİTA TREMPE - İSPANYA



- ALÜVYON
- TRAVERTEN
- KUMTAŞI, KONGLOMERA
- MARN
- ALVEOLİNLİ KİREÇTAŞI VE MARN
- İÇİNDE BAZI KUMTAŞI KİREÇTAŞI BANTLARI OLAN MARN
- KALKERLİ KUMTAŞI
- MARN VE MARNLI KİREÇTAŞI
- KRİSTALİN KİREÇTAŞI

### DİĞER SEMBOLLER

- DİK YAMAÇ
- TERAS KENARI YÜKSEKLİKİ 1-5 m. ARASINDA
- TERAS KENARI YÜKSEKLİKİ 5-10 m. ARASINDA
- KIRIK YAMAÇ
- İHTİZAMSIZ YAMAÇ
- SİLÇİK AŞINDIRMASI
- DEREÇİK AŞINDIRMASI
- SÜRÜNME
- YER KAYMASI
- ROTASYONAL KAYMA
- YER AKMASI
- ÇAMUR AKMASI
- TAŞ KAYMASI
- YÜKSEK POTANSİYELLİ YER KAYMA BÖLGELERİ
- ALÇAK POTANSİYELLİ YER KAYMA BÖLGELERİ
- YANLANMASINA NEHİR AŞINDIRMASI
- KARST KAYNAĞI
- AKIŞSIZ DOLİN
- AKIŞLI DOLİN

### YAMAÇ SINIFLARI

1	0 - 2°
2	2 - 5°
3	5 - 15°
4	15 - 30°
5	>30°

### DRENAJ SIKLIĞI

DREN SINIF ARALIĞI	DRENAJ SIKLIK TIPI	SEMBOL
0.6 - 1.6	DÜŞÜK	D <sub>L</sub>
1.6 - 2.5	ORTA	D <sub>M</sub>
>2.5	YÜKSEK	D <sub>H</sub>

--- DRENAJ SINIF SINIRI

### TOPOGRAFYA

- İZOHİPSLER
- YOLLAR
- KANAL
- ELEKTRİK JENERATORU
- BORU HATTI
- NEHİRLER
- OTURMA ALANLARI

Şek. 7 - jeoteknik harita. Tremp, İspanya.



Foto 1 - Stereogram, yüzey şekillerinin A (Eosen kalkerler), B (Paleosen kırmızı marnlar) ve C de (kırmızı marnları örten yüzeysel malzemeler.) olduğu gibi nasıl jeoteknik sınırları belirlediğini göstermektedir.

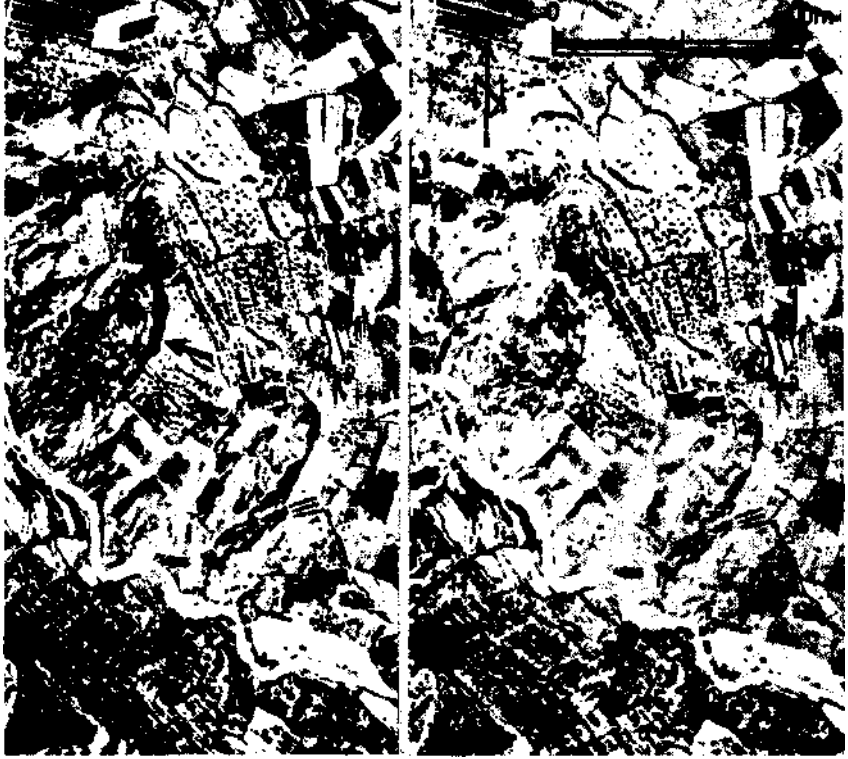


Foto 2 - Oklu Şekil 3 ün Puigcergos kaymasını gösteren stereogram.

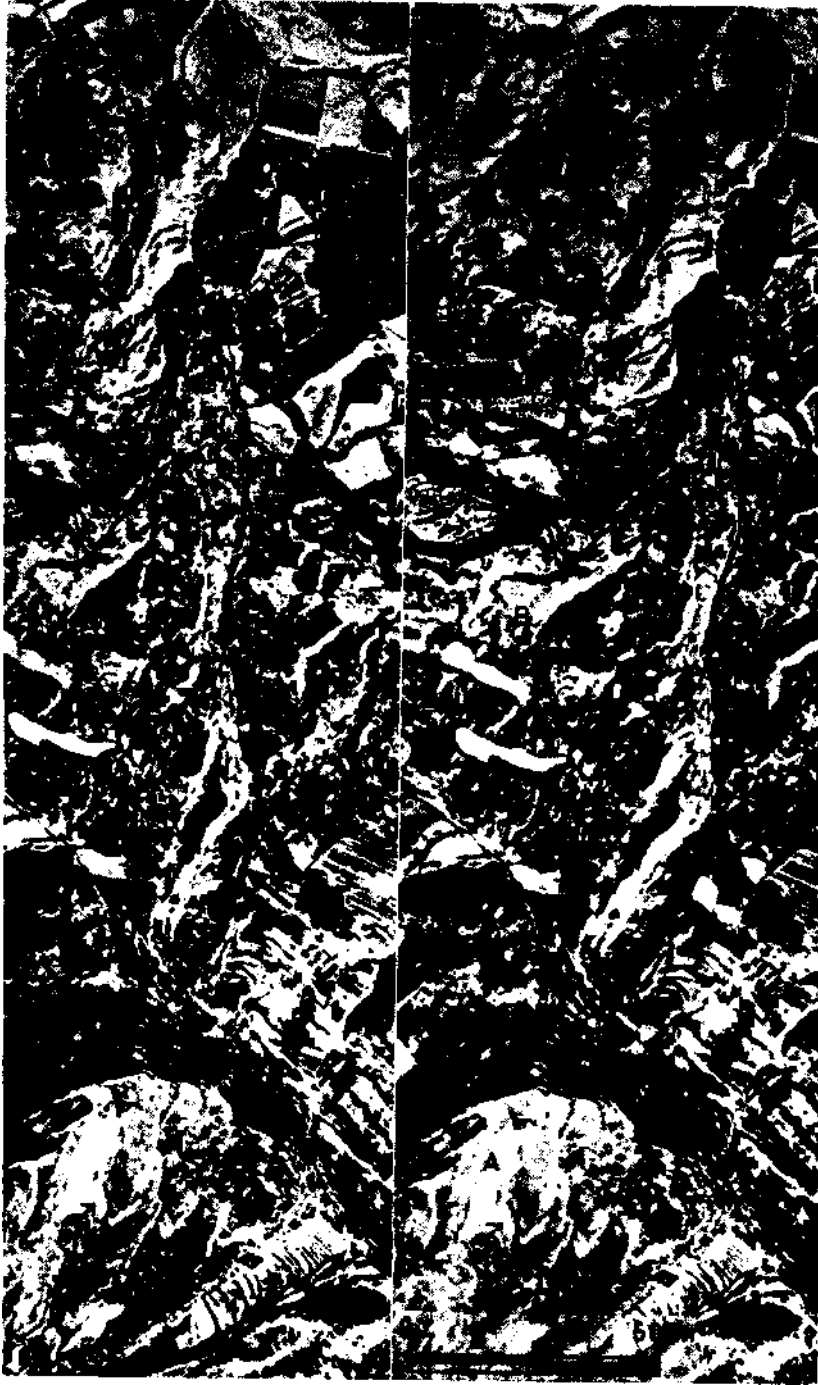


Foto 3 - Eosen kalkerleri (A) ile Paleosen marlıları (B) arasında yamaç harap olmasını gösteren stereogram. Ok, Foto 9 ve 10 daki toprak akışını belirtmektedir.



Foto 4 - Eosen kalker-marn arakatlı formasyonun fotoğrafı. Foto 5 teki kayaç heyelanından sonra yo! yeniden yapılmıştır.

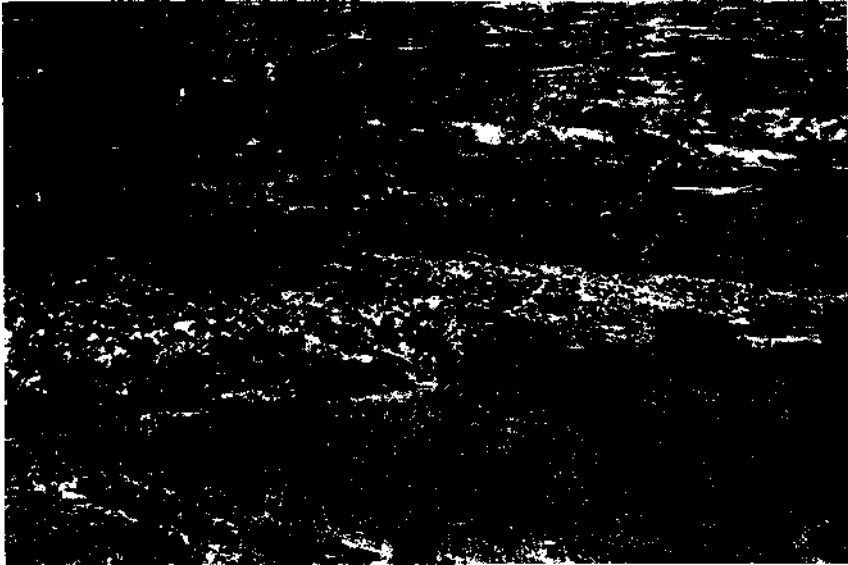


Foto 5 - Foto 4 teki kayalardan sükülen kayaç heyelanı.



Foto 6 - Fotoğraf, ağaçların köklerini göstermektedir, kökler toprağın Paleosen kırmızı marnları örten kolüvyal malzeme içinde sürünmesini gösterir.



- Fotoğraf, yukarıdan sarkan bitki örtüsünü göstermektedir, bu da Paleosen kırmızı, marnlar, üzerindeki kayma düzeyinin köklerin son bulunduğu derinliğe kadar uzandığına işaret etmektedir



Foto 8 - Fotoğraf, eğilmiş ağaç gövdelerinin sürünme belirtisi olduğunu göstermektedir.



Foto 9 - Paleosen kırmızı marnlarda aşırı yüklenme ve yanal nehir erozyonu nedeniyle çift toprak kayması.



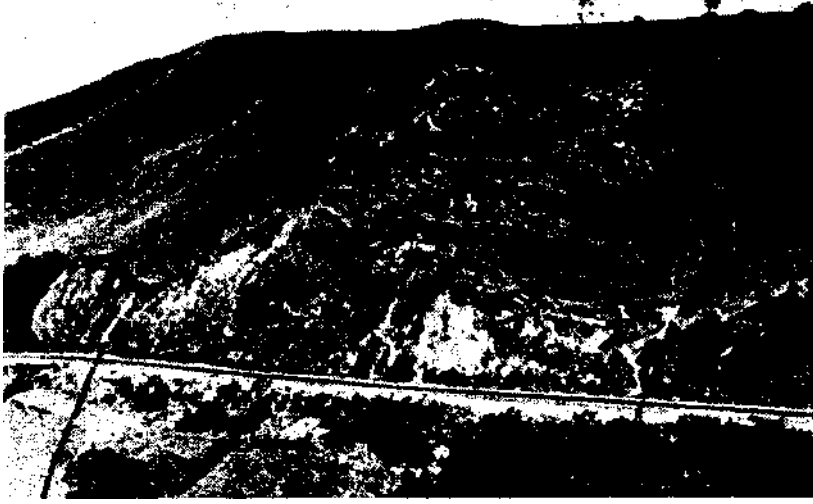


Foto 10 - Fotoğraf, kesik çizgi hattı boyunca derinde uzanan ekseninde, kayma eğiliminde olan yüzeysel bir kaymayı göstermektedir.



Foto 11 - Geriye doğru dere yatağı erozyonu nedeniyle bir toprak akışına dönüşen Paleosen kırmızı marnlarında toprak kayması.



Foto 12 - Foto II deki toprak akışının alt kısmı.



Foto 13 - Fotoğraf, akışın tepesinde oluşan izden koparılan kayma malzemesinin tekrar taşınmasının sonucu olan çamur akışını göstermektedir.

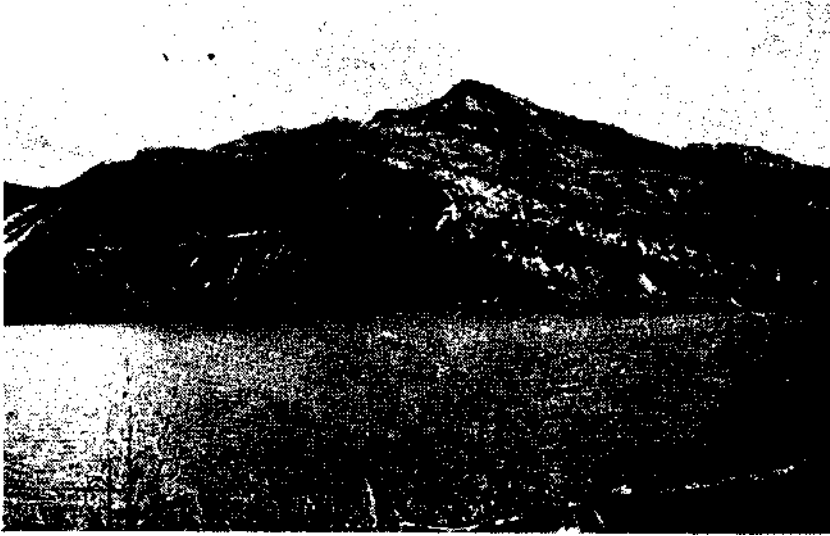


Foto 14 - Kretase serisinde tabakalanma düzlemine paralel bir kayma.

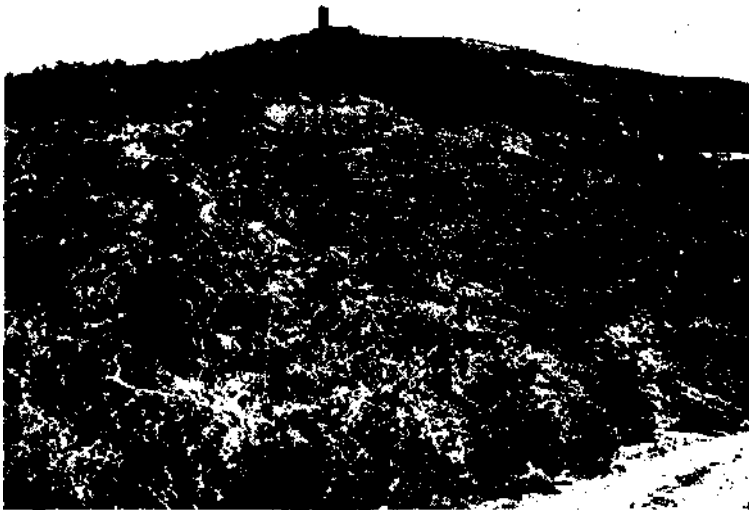


Foto 15 - Fotoğraf, Eosen kalker-marn arakatkılı formasyonu etkileyen Puigcergos toprak kaymasını göstermektedir.