

## HAÇ GEDİĞİ HEYALANININ (KARAIŞALI/ADANA) AĞAÇ HALKALARI YÖNTEMİYLE ANALİZİ\*

*Analysis of Hac Gedigi Landslide (Karaisali/Adana) By Tree Rings Method*

Emre PINARCI  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Hasan ÇETİN  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

### ÖZET

Bu çalışma kapsamında Adana Baseninde yer alan Güvenç formasyonu içerisinde meydana gelen sığ ve düzlemsel bir kayma olan Haç Gedığı heyelanı incelenmiştir.

Heyelanın meydana geldiği zeminden (Ayrılmış Güvenç) alınan örselenmiş ve örselenememiş numunelerle zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Zeminin indeks ve mühendislik özellikleri tespit edilerek zeminin kayma direnci parametreleri belirlenmiş ve heyelanın gerilme durumu ortaya konmuştur.

Çalışma sırasında daha önce meydana gelmiş olan heyelanın geçmişteki hareketi/hareketlerinin yaşını tespit edebilmek için dendrokronolojik analizlerde kullanılmak üzere heyelanın üzerinden 10 adet ve heyelana yakın bir bölgeden kesilmiş 9 adet kızılçam (*Pinus Brutia Ten.*) örneği kullanılmıştır. Denrokronolojik analizlerin sonucunda oluşturulan kronolojiler ve Karaisalı Meteoroloji İstasyonuna ait yağış verileri kullanılarak heyelanın geçmiş hareketinin yaşı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Heyelan, Zemin Mekaniği, Ağaç Halkaları, Dendrokronoloji, Mühendislik Jeolojisi

### ABSTRACT

In this study, a shallow and planar type Hac Gedigi landslide developed in the Guvenc Formation in the Adana Basin has been investigated.

Soil mechanical tests were performed on disturbed and undisturbed samples taken from the unit (Weathered Guvenc Formation) in which the landslide developed.

Engineering characteristics, shear strenght parameters and the state of stress for the landslide have been determined.

In order to determine the age and history of the landslide 10 pine trees (*Pinus Brutia Ten.*) on the slide mass and 9 pine trees adjacent to it were cut for dendrochronological analysis.

The past movement history of the landslide has been determined by means of the chronological data obtained from dendrochronological analysis and meteorological data obtained from the Karaisalı Meteorological Station.

**KeyWords:** Landslide, Soil Mechanics, Tree Rings, Dendrochronology, Engineering Geology

---

\*Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

## Giriş

Kütle hareketleri şeklinde genel olarak adlandırılan heyelanlara ait birçok araştırmacı tarafından değişik tanımlamalar yapılmış olmakla beraber bu tanımlar aslında birbirlerinden çok farklı değildir. Cruden, (1991) heyelanları genel olarak, bir yamaçtaki kaya, toprak zeminin veya molozların yamaç aşağı doğru hareket etmesi olarak tanımlamıştır.

Heyelanların oluşma nedenleri; Jeolojik nedenler (zayıf malzeme, duyarlı malzeme, günlenmiş malzeme, vb.), morfolojik nedenler (tektonik veya volkanik yükselmeler, buzul çekilmesi, vb.), fiziksel nedenler (aşırı yağış, yavaş kar erimesi, vb.), insan etkisi (yamaçlardaki veya topuktaki kazılar, bitki örtüsünün yok edilmesi, sulama, vb.) olarak sayılabilir (Cruden ve Varnes, 1996).

Heyelanlar diğer doğal afetler gibi periyodik olarak tekrarlayan hareketlerdir ve belirli gerçekleşme sıklıkları vardır. Bu nedenle heyelanların geçmişteki hareketlerini belirlemek gelecekteki muhtemel hareketlerinin zamanının ve büyüklüğünün belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada yaşlandırma tekniği olarak kullanılan Dendrokronoloji, yıllık halkalara dayanarak yaş saptama bilimi olarak tanımlanmaktadır. Eski Yunanca'da, "Dendron" odun, "Chronos" tarih ve "Logos" bilim anlamına gelmektedir (Fritts, 1976).

Dendrokronoloji çalışmalarının temel malzemesini oluşturan ağaç, her yıl sadece boyuna büyümeyi; aynı zamanda çap artımı da yapar. Ağacın gövdesinde canlı kabuğun hemen altında gövdeyi saran birkaç hücre kalınlığındaki kambiyum tabakasının her yıl bölünmesi sonucu oluşan odun maddesi, içeriye doğru yıllık tabakalar halinde üst üste yığılır (Avcı, 2007). Ülkemizin de içinde bulunduğu ılıman iklim kuşağında, kambiyum tabakası ilkbaharda faaliyete geçip sonbaharda faaliyetine son verdiğinden, her yıl sınırları belirgin bir halka oluşturmaktadır. Bu halkaların genişliği, başta genetik yapı olmak üzere, iklim faktörlerinden sıcaklık ve yağış, arazinin topografik yapısı, denizden yüksekliği, ana kaya ve toprak özelliği, bakı, kapalılık, rüzgar gibi çevre koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Vejetasyon döneminin kesintiye uğradığı iklim bölgelerinde farklı tonlarda ağaç halkaları oluşmaktadır. Bir koyu ve bir açık yıllık halka bir seneyi göstermektedir. Koyu renkte olan halka yaz odunu açık renkte olan ise ilkbahar odunudur (Şekil 1). Yıllık halka genişliklerindeki bir yıldan diğerine meydana gelen bu değişimler, bir türün aynı bölgedeki bireylerinde aynı yönde olmaktadır. Hatta bir cinsin farklı türlerinde, aynı ekolojik koşullarda yetişen farklı cinslerde de, halka genişliğindeki değişimler aynı yönde seyretmektedir. Yıllık halkaların bu özellikleri, dendrokronoloji bilim dalının temelini oluşturmaktadır (Akkemik, 2004).

Heyelanlar, çamur akıntıları ve çığ gibi doğal afetlerin de tarihlendirilmesi, insana etkileri nedeniyle önem taşır. Özellikle yoğun nüfuslanan alanlarda doğal afetlerle ilgili araştırmalar yürütülmektedir. Katastrofik süreçlerle ilgili dendrokronoloji uygulamalarında çoğu zaman iki yaklaşım ayırd edilmektedir. Bunlardan birincisi örneğin bir heyelan üzerinde yetişmiş ağaçların minimum yaşlarının ortaya çıkarılmasıdır. Böylece en eski ağaçların yaşlandırılması, olayın meydana gelişinden sonra geçen zamanı tahmin etmeyi sağlar. İkinci yaklaşım ise

seller, heyelanlar ya da çığlar gibi doğal afetlerden zarar gören canlı ağaçların yıllık halka paternlerinin incelenmesidir (Butler ve ark. 1987).

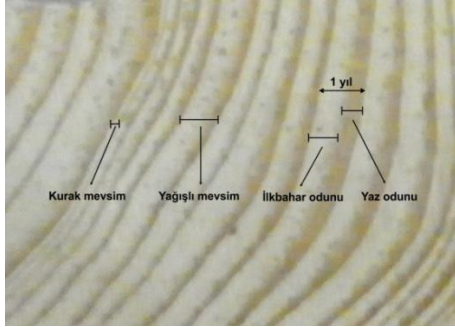
Bu çalışma kapsamında Adana'ya 49 km. uzaklıkta bulunan Karaisalı İlçesinde meydana gelmiş olan Haç Gediği heyelanının Zemin Mekaniği deneyleri eşliğinde ağaç halkaları (dendrokronoloji) kullanılarak yaşlandırması yapılmış ve heyelanın kronolojik gelişimi ile birlikte heyelanın aktivitesi incelenmiştir.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Heyelanın meydana geldiği Güvenç Formasyonuna ait killi birimin ayrılmış ve ayrılmamış kesimlerinden alınan örselenmemiş, örselenmiş numuneler ile heyelan üzerinden (1, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15) ve yakın çevresinden kestirilen ağaçlar (K1, K2, K3 K5, K6, K7, K8, K9, K15) çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır.

Dendrokronolojik analizlerin yapılmasında heyelan üzerinden ve yakın çevresinden kestirilen ağaçları yaşlandırmak amacıyla LINTAB-TSAP ölçüm sistemi (Şekil 1) kullanılmıştır. Ölçüm sonuçlarının eşleştirme (Crossdating) işlemine tabi tutulması için COFECHA, standartlaştırma işlemine tabi tutulması için ARSTAN programı kullanılmıştır.



Şekil 1. İlkbahar odunu, yaz odunu ve yağışlı, kurak mevsimleri temsil eden halkalar



Şekil 2. LINTAB-TSAP ölçüm sistemi

Dendrokronolojik analizlerin sonuçlarının değerlendirilmesinde Karaisalı Meteoroloji İstasyonundan alınan 1950-2002 arasındaki yağış verileri kullanılmıştır.

### Metot

Bu yüksek lisans çalışması; arazi öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları (zemin mekaniği ve dendrokronolojik analizler) ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

### Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında, kaymanın gerçekleştiği birim (Ayrılmamış Güvenç) ve üzerinde yer alan (Ayrılmış Güvenç) birimlerden kıvam limitleri, özgül ağırlık

deneyi, tane boyu analizinde kullanılmak üzere örselenmiş ve kesme kutusu deneylerinde kullanılmak üzere örselenmemiş numuneler alınmıştır. Bu numuneler standartlara uygun olarak izole edilmiş ve taşımaya hazır hale getirilmiştir.

Dendrokronolojik analizler için kayan kütlenin belirli kesimlerinden ve heyelan bölgesine yakın olan kaymaya uğramamış olan yerlerden seçilen ağaçlar Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğünden gerekli izinler alınarak kestirilmiştir. Laboratuvara getirilen ağaç kütükleri marangoz atölyesinde inceltip yüzeyleri zımparalanarak halkalarının net bir biçimde görülmesi sağlanmıştır.

### **Laboratuvar Çalışmaları**

Laboratuvar çalışmaları aşamasında heyelanın meydana geldiği zemini sınıflamak amacıyla Atterberg Limitleri (Likit Limit, Plastik Limit, Özgül Ağırlık ve Hidrometre deneyleri, zeminin kayma direnci parametrelerini ( $c$ ,  $\phi$ ) belirlemek amacıyla kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Tüm zemin mekaniği deneyleri ASTM-2003 (American Society of Testing Materials) standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Yıllık halka analizleri İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dendrokronoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler için örnekler LINTAB-TSAP ölçüm sisteminde 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Örnekler ayrı ayrı ölçüldükten sonra eşleştirme (Crossdating) yapılmıştır. Eşleştirme işlemi COFECHA programı (Holmes, 1983) kullanılarak yapılmıştır.

Ağaçların büyüme ve gelişmeleri ile çevresi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle, yıllık halka oluşumları sırasında, ağacın yaşına, bulunduğu ortamın toprak koşullarına, bakısına, eğimine ve kapalılık durumuna göre yıllık halka genişliklerinde uzun dönem trendleri görülmektedir. Bu trendlerin ortadan kaldırılması ve kronolojilerin standart hale dönüştürülmesi gerekmektedir. (Güner, 2010). Standartlaştırma işlemi ARSTAN programı kullanılarak yapılmıştır.

### **Araştırma Bulguları ve Tartışma**

#### **Zeminin İndeks ve Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi**

Kıvam limitlerinin belirlenebilmesi için American Society of Testing Materials ASTM D 4318-00 (2003) standardına göre Casagrande likit limit cihazı kullanılmıştır.

Buna göre likit limit (LL), % 39,8 ve plastik limit (PL), % 19,6 bulunmuştur. Bu değerlerden de plastisite indisi (PI) değeri, % 20,2 bulunarak, zeminin plastik özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Casagrande plastisite diyagramı kullanılarak zeminin cinsi CL (düşük plastisiteli inorganik kil) olarak bulunmuştur.

Araziden numunelerin özgül ağırlık değeri (Gs) 2,63 olarak bulunmuştur.

Tane boyu analizi sonucunda; Kil; % 35,3, Silt; % 36,6, İnce Kum; % 8,6 Orta Kum; % 13,6 İri Kum; % 5,60, Çakıl; % 0,24 olarak bulunmuştur.

USCS zemin sınıflamasına göre tane boyu analizi, kıvam limitleri deney sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde zeminin ML (düşük plastisiteli inorganik killi silt) tipi bir zemin olduğu görülmektedir.

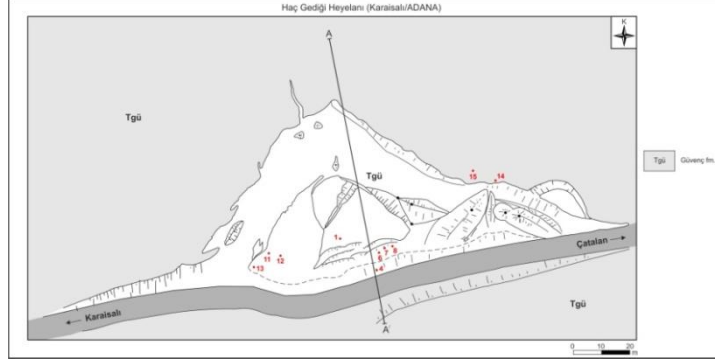
Karaisalı ilçesinde bölgeye düşen aşırı yağışlar sonucunda 5 Ocak 2002 tarihinde Karaisalı-Çatalan yolunun 3+000 km.'sinde düzlemsel sığ derinlikli bir heyelan meydana gelmiştir. Heyelan nedeniyle Karaisalı-Çatalan yolu bir süre ulaşıma kapanmıştır. Karayolları ekipleri tarafından yol ulaşıma açılmıştır ve kayan kütle tamamıyla kaldırılmıştır (Şekil 3).

Heyelan meydana geldikten kısa bir süre sonra araziye gidilerek heyelanın detay haritası (Şekil 4) ve enine kesiti çizilmiştir (Şekil 5). Heyelan Ayrışmamış Güvenç birimi içerisinde meydana gelen  $K80^0D$  doğrultulu,  $10^0$  GD'ya eğimli düzlemsel sığ bir kaymadır. Heyelan yamaç dışına doğru tabakalanmış olan Güvenç Formasyonunda (Ayrışmamış Güvenç) meydana gelmiştir. Yamaç yağışların da etkisiyle doymun hale gelerek, direncini yitirmiş ve zayıf tabakalanma zonu boyunca hareket etmiştir. Çizilen heyelan kesiti kullanılarak kayma düzlemi üzerinde kalınlığın en fazla olduğu noktadan birimlerin kalınlıkları ölçülmüştür.

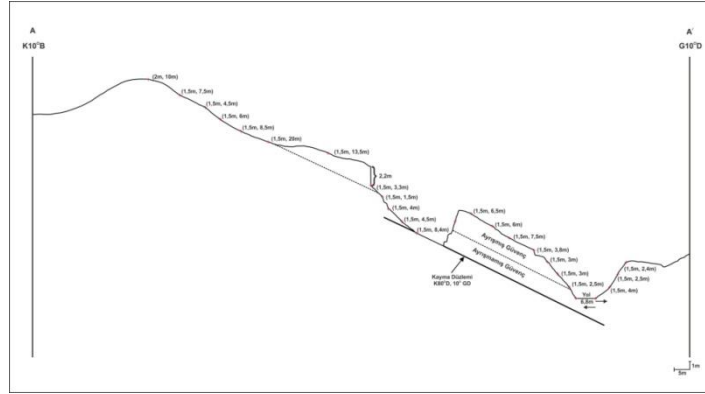


Şekil 3. Heyelan bölgesinin genel görünümü

Büro çalışmaları aşamasında çizilen enine kesitten yararlanılarak heyelanın kütesinin maksimum olduğu yerde birimlerin tespit edilen kalınlıkları, laboratuvar aşamasında bulunmuş olan birim hacim ağırlıkların ortalaması ile çarpılarak kayma düzlemi üzerinde etkin olan düşey örtü gerilmesi ( $\sigma_v$ ) ve yanal gerileme ( $\sigma_h$ ) hesaplanmıştır. Heyelanın zeminin aşırı yağış nedeniyle doymun hale gelmesi bunun neticesinde boşluk suyu basıncının artması sonucunda meydana geldiği düşünüldüğünden hesaplamalarda doymun birim hacim ağırlıklar ( $\gamma_d$ ) kullanılmıştır.



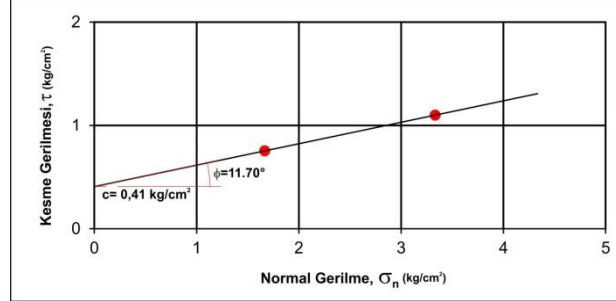
Şekil 4. Haç Gediği Heyelanının detay haritası (Kırmızı noktalar kızılcçam örnekleme noktalarını göstermektedir)



Şekil 5. Haç Gediği Heyelanının A-A' güzergahında enine kesiti

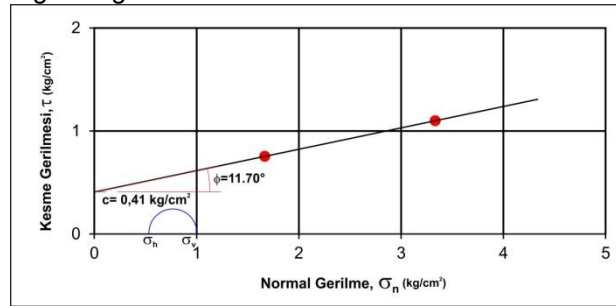
Heyelanın içinde olduğu Güvenç Formasyonu'na (Ayrışmamış) ait killi siltli zeminin kırılma zarfını elde etmek ve kaymanın mekanizmasını belirleyebilmek için kesme kutusu deneyi konsolidasyonlu-drenajsız (CU) olarak yapılmıştır. Heyelan kayma düzlemi boyunca ani şekilde gerçekleştiğinden CU kesme kutusu deneyinin arazi şartlarını temsil edeceği düşünülmüştür.

Kesme kutusu deneyinde bulunan değerler ile çizilen kırılma zarfından (Şekil 6) zemine ait kohezyon (c)  $0,41 \text{ kg/cm}^2$ , içsel Sürtünme Açısı  $11,7^{\circ}$  olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Zemine ait kırılma zarfı

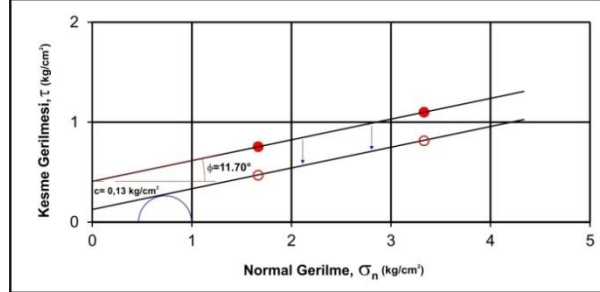
Hesaplanan  $\sigma_h$  ve  $\sigma_v$  değerleri kullanılarak Mohr dairesi çizilmiştir. Şekil 7'da görüldüğü gibi çizilen Mohr dairesi kırılma zarfına değmemektedir. Kaymanın oluşabilmesi için dairenin yenilme anı parametreleri kullanılarak çizilmiş olan kırılma zarfına değmesi gerekir.



Şekil 7. Mohr dairesi

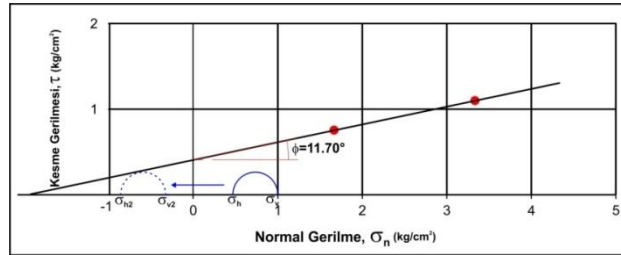
Bu bölgede heyelanın daha önce meydana geldiği yöre halkıyla yapılan görüşmelerden öğrenilmiştir. Bu sebeple heyelanın rezidüel (kalıntı) gerilmeler altında oluştuğu düşünülmüştür. Bu olasılık kırılma zarfının aşağı çekilerek kırılma zarfına değmesi ile mümkündür (Şekil 8).

Daha önce heyelan meydana gelen ince taneli (killi, siltli) zeminlerde meydana kaymalarda rezidüel kohezyon ( $c_r$ ) her zaman 0 olmamaktadır. Bu olasılığın gerçekleşmesi durumunda kohezyon ( $c$ )  $0,13 \text{ kg/cm}^2$ 'ye düşecektir.



Şekil 8. Kırılma zarfının aşağıya çekilmesi ile Mohr dairesine değmesi

Diğer durum bölgeye düşen aşırı yağışların zeminin boşluk suyu basıncını artırması sonucunda heyelanın meydana gelme olasılığıdır. Bu durumda Mohr daresi boyutları değişmeden sola doğru kayarak kırılma zarfına değecektir. (Şekil 9).



Şekil 9. Mohr daresinin sola doğru kaydırılarak kırılma zarfına değmesi

Boşluk suyu basıncındaki ( $u$ ) aşırı artış sonucunda oluşan gerilme yamaçtaki kütlenin düşey gerilmesini ( $\sigma_v$ ), buna bağlı olarak yatay gerilmesini ( $\sigma_h$ ) aşmıştır. Bunun sonucunda da kayma düzlemi boyunca kütle düzlemsel olarak hareket ederek heyelanı meydana getirmiştir. Heyelanın bu ikinci olasılıkla gerçekleşmesi durumu göz önüne alınırsa oluşan aşırı boşluk suyu basıncı düşey gerilmeyi ( $\sigma_{v2}$ )  $-0,33 \text{ kg/cm}^2$ , yatay gerilmeyi ( $\sigma_{h2}$ )  $-0,87 \text{ kg/cm}^2$ ye düşürecektir.

İncelenen bu iki durum göz önüne alınırsa; daha önceden hareket eden bir heyelan olduğundan meydana gelen kayma rezidüel gerilmeler etkisi altında meydana gelmiştir. Heyelanın meydana geldiği dönemde bölgeye düşen aşırı yağışlar zeminin boşluk suyu basıncını artırmış ve yamaçtaki tutucu kuvvetleri azaltarak kaymanın meydana gelmesine sebep olmuştur. Görülmektedir ki daha önceki kayma nedeniyle kayma direnci azalmış olan birim yağışlar nedeniyle suya doygun hale gelmiş, bunun neticesinde boşluk suyu basıncı artmış ve stabilitesini kaybederek harekete geçmiştir. Yukarıda bahsedilen iki olasılığın bir arada gerçekleşerek heyelanı meydana getirdiği anlaşılmaktadır.



### Yıllık Halka Analizleri

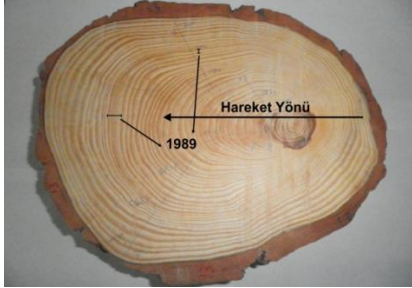
Heyelanın üzerinden alınan tüm kızılçam örneklerinde eksantrik büyüme (özün ağacın ortasında olmaması) ve reaksiyon odunu oluşumu gözlenmiştir (Şekil 10). Reaksiyon odunu ağaçlarda, eğim, rüzgar, kar yığılması ve toprak kayması gibi bir yönlü etkiyle gövdenin bir tarafında meydana gelen odun oluşumudur (Akkemik, 2004). Reaksiyon odunu oluşumu aynı zamanda hareketin yönünü göstermektedir (Şekil 11). Kayma sonucunda kütle hareketinin ağaca uyguladığı baskı, hareketin geldiği yönde halka genişliklerini daraltmakta tam aksi yönde halka genişlikleri artırmaktadır. Heyelan bölgesine yakın bir bölgeden aynı eğime, aynı bakıya ve aynı zemin yapısına sahip bölgeden alınan örneklerin hiçbirinde reaksiyon odunu oluşumu gözlenmemiş olması reaksiyon odunu oluşumunun sebebinin geçmişte meydana gelmiş bir heyelan olduğuna işaret etmektedir.



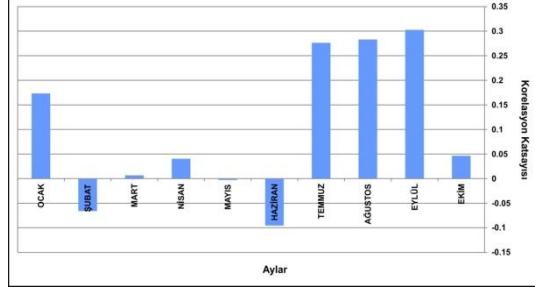
Şekil 10. "4" ve "K15" numaralı ağaçlardan alınan disk şeklindeki örnekler

Dendrokronolojik analizlerde 2 adet kronoloji oluşturulmuştur. İlk kronoloji heyelan üzerinden kesilen ağaçlardan oluşturulan kronolojidir (HAH). İkinci kronoloji heyelanın meydana geldiği bölge ile aynı eğime, aynı bakıya ve aynı zemin yapısına sahip bölgeden kesilen ağaçlarla oluşturulmuş kronolojidir (HAK). Oluşturulan kronolojiler Karaisalı Meteoroloji İstasyonundan alınan yağış verileri ile karşılaştırılmıştır.

Halka oluşumu ile bölgeye düşen yağışlar arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 12). Buna göre en yüksek korelasyon katsayıları Eylül, Ağustos, Temmuz ve Ocak aylarından elde edilmiştir. Şubat ve Haziran aylarında ise negatif korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Bu katsayılardan anlaşılmaktadır ki Şubat ve Haziran aylarında düşen yağışlardan halka genişliğini negatif yönde etkilenmektedir. Bölgede en kurak aylar olan Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında halka genişliğinin yağış ile pozitif korelasyon içerisinde olduğu görülmektedir. Bu durum halka genişliğini artıran faktörün yağışlardan daha çok mekanik bir etki olduğu görüşünü desteklemektedir.

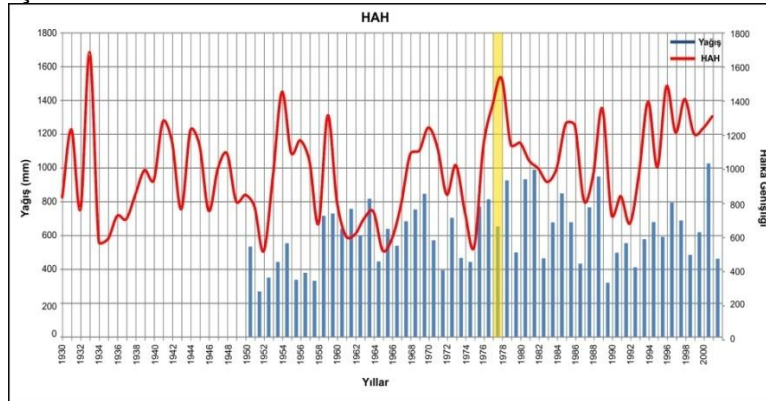


Şekil 11. Reaksiyon odunu oluşan yöndeki halka genişliği ve hareket yönü

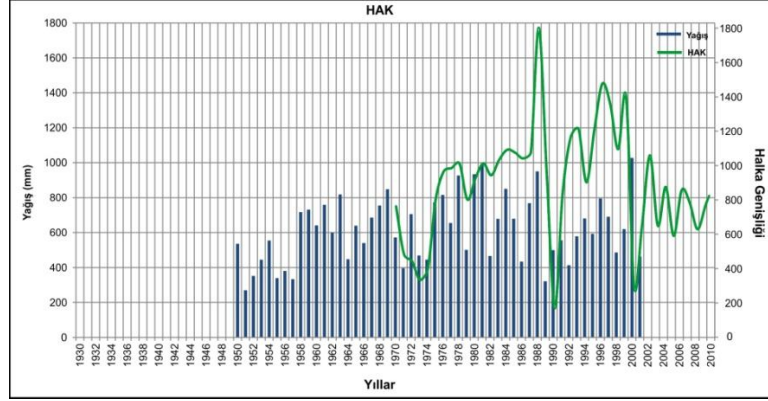


Şekil 12. Korelasyon katsayıları

Oluşturulan kronolojiler ile yağış verileri aynı grafik üzerinde gösterildiğinde HAK kronolojisinin yağış verileriyle tam bir uyum içerisinde olduğu görülmektedir, her halka genişliği o yılın yağış artış veya azalışıyla uyumludur (Şekil 13). HAH kronolojisinde ise belirli kesimlerdeki uyumsuzluk dikkati çekmektedir. HAH kronolojisinin HAK kronolojisine göre yağışa daha duyarlı olduğu grafiklerden görülmektedir (Şekil 13, Şekil 14). HAH kronolojisinde özellikle 1977 yılında bölgeye bir önceki yıldan daha az yağış düşmesine rağmen halka genişliğinin aşırı bir derecede arttığı gözlenmektedir (Şekil 13). Eğer ağacın üzerinde herhangi bir fiziksel etki (rüzgar, çığ, heyelan vb.) yoksa halka genişliklerinin yağışla aynı yönde seyretmesi beklenir. HAK kronolojisinde bu durum gözlenmemekle beraber halka genişliğinin yağışla doğru orantılı bir şekilde arttığı ve azaldığı gözlenmektedir. Bu durum HAH kronolojisinde mekanik bir etkinin bu uyumsuzluğu meydana getirdiğini göstermektedir. Halka genişliği ve yağış verileri arasındaki 1977 yılından önce ve sonra bir uyumsuzluğun görülmemesi 1977 yılında bir heyelanın meydana geldiğine işaret etmektedir.



Şekil 13. Bölgeye düşen yağışlar ve HAH kronolojisi (Sarı renkli bölge halka genişliği ve yağış arasındaki uyumsuzluğu göstermektedir)



Şekil 14. Bölgeye düşen yağışlar ve HAK kronolojisi

### Tartışma ve Sonuçlar

Daha önce birçok heyelanın meydana geldiği Güvenç Formasyonunda meydana gelen Haç Gediği heyelanında 2002 yılında meydana gelen heyelanın ardından çalışılmaya başlanmıştır. Bölge halkıyla yapılan görüşmelerde daha önce Haç Gediği mevkiinde heyelan meydana geldiği öğrenilmiştir. 2002 yılında meydana gelen heyelanda, kaymanın rezidüel streslerin etkisi altında mı yoksa yağışların etkisiyle zeminin suya doygun hale gelip, boşluk suyu basıncının aşırı artmasıyla mı meydana geldiği ve heyelanın geçmişteki hareketi/harektlerinin yaşı araştırılmaya çalışılmıştır.

Zeminin kayma direnci parametrelerini belirlemek için laboratuvarında direkt kesme kutusu deneyi (CU) yapılmıştır. Zemine ait kohezyon (c)  $0,41 \text{ kg/cm}^2$ , İçsel Sürtünme Açısı  $11,7^\circ$  olarak bulunmuştur.

Çizilen Mohr daireleri ile heyelanın gerçekleştiği andaki kayma parametreleri tespit edilmiştir.

Heyelanın geçmiş hareketlerinin zamanını bulabilmek için dendrokronolojik analizler yapılması kararlaştırılmış ve heyelan üzerinden bazı kızılçam ağaçları kestirilmiştir. Bu ağaçlardan alınan örnekler kullanılarak heyelan olan (HAH) ve olmayan (HAK) bölgeye ait iki adet kronoloji oluşturulmuştur. Oluşturulan bu iki kronoloji ve Karaisalı Meteoroloji İstasyonundan alınan yağış verileri bir arada değerlendirilmiş ve bölgede 1977 yılında bir kaymanın meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

2002 yılında heyelanın meydana geldiği dönemde bölgeye düşen aşırı yağışlar zeminin boşluk suyu basıncını artırmış ve şevin stabilitesini büyük ölçüde azaltmıştır, aynı zamanda heyelanın daha önceden meydana gelmiş olduğu tespit edildiğinden kayma rezidüel stresler etkisi altında gerçekleşmiştir. Bu durumda heyelanın daha önce irdelenen iki koşulun da etkisi altında meydana gelmiş olduğu ortaya konmuştur.

### **Kaynaklar**

- AKKEMİK, Ü. 2004. Dendrokronoloji İlkeleri - Biyolojik Temelleri – Yöntemleri - Uygulama Alanları, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul.
- AVCI, M., 2007. Dendrokronoloji ve Coğrafyacıların Kuvaterner Çalışmaları Açısından Önemi. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu (TURQUA VI) 16-18 Mayıs 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul s.116
- AYTUĞ, B. ve KILIÇ, A. 1993. Contribution D'une Étude Dendrochronologique Á La Constataion De L'âge Du Lac Sülük (Bolu), Proceeding 5th Optima Meeting, Istanbul 8-15 September, 1986: 119–233, İstanbul.
- BUTLER, D.R., MALANSON, G.P. ve OELFKE, J.K. 1987. Tree-Ring Analysis And Natural Hazard Chronologies: Minimum Sample Sized And Index Values, Professional Geographer 39 (1): 41-47.
- CRUDEN, D.M., 1991. A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43, 27-29.
- CRUDEN, D.M., VARNES D. J., 1996. Landslides Types and Processes. In: Turner A.K. & Schuster R.L. (Eds.) Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press, WA, 36-75.
- FRITTS, H. C., 1976, Tree Rings and Climate, Academic Press London.
- GÜNER, H. T., 2010, Sakarya Havzası Akım Verilerinin Dendroklimatolojik Yöntemlerle Rökonstrüksiyonları, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 107 s.
- HOLMES, R. L., 1983, Computer-assisted quality control in tree-ring data and measurements. Tree-ring Bulletin, 43, 69-78.
- KÖSE, N., AYDIN, A., AKKEMİK, Ü., YURTSEVEN, H. ve GÜNER, T., 2010, Using tree-ring signals and numerical model to identify the snow avalanche tracks in Kastamonu, Turkey, Natural Hazard
- VARNES, D. J., 1978. Slope Movements, Type And Processes. In Schuster, R.L., Krizek, R.J. (Eds.), Landslide Analysis and Control. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, Washington D.C.

### **Teşekkür**

Çalışmalarımnda bana her türlü desteği gösteren, değerli önerileri ile başarı göstermemi sağlayan ve gerekli imkânları sunan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hasan ÇETİN'e teşekkür ederim.

Yıllık halka analizlerinin yapılması için İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dendrokronoloji laboratuvarının tüm olanaklarını kullanmamı sağlayan, fikir ve önerileriyle beni yönlendiren Sayın Prof.Dr. Ünal Akkemik'e ve Yrd. Doç. Dr. Nesibe Köse'ye teşekkür ederim.