# PALEOSİSMOLOJİK ÇALIŞMALARDA LÜMİNESANS YÖNTEMLERLE YAŞ TAYİNİ TESBİTİ VE KOCAELİ FAYINDAN ALINAN ÖRNEKLER ÜZERİNDE OPTİK UYARMALI LÜMİNESAN YÖNTEM (OSL) İLE YAPILAN BİR ÇALIŞMA

**E. BULUŞ-KIRIKKAYA[1], A. M. ÖZER[2], T. OSKAY[3]**

bulus@kou.edu.tr

**Öz**: Son Yıllarda üst üste gelen depremlerle ülkemizde de paleosismoloji çalışmaları büyük bir önem ve hız kazanmıştır. Paleosismolojinin en çok kullandığı yöntemlerden birini oluşturan hendek açma yöntemi, yüzey faylanması oluşturmuş eski depremleri kaydeden genç çökeller içinden deprem izlerinin araştırılıp bulunmasına dayanır. jeologların genel olarak kullandığı C -14 yöntemine göre bu izleri yaşlandırabilecek odun parçaları ve organik malzeme içeren alanlar araştırılır. Bu nedenle de organik malzemenin bulunmadığı hendekler tarihlendirme çalışması yapılmadan kapatılmaktadır. Oysa lüminesans yöntemler ile inorganik malzemelerle de yaş tayini yapmak mümkündür. Bu çalışmada Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) ve Termolüminesans (TL) Yöntemlerle yapılan tarihlendirmelerden ve Kocaeli Fayı üzerinde açılan bir hendek çalışmasıda belirlenen deprem izlerinin OSL yöntemi kullanılarak tarihlendirilmesinden bahsedilecektir.

Örneklerin OSL büyüme eğrilerindeki artış, üstel bir artıştır. OSL büyüme eğrileri oluşturulurken, doz ekleme (MAAD) ve yenileme (SAR) gibi iki farklı yöntem uygulanmıştır. Bulunan paleodoz değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Örneklerin bir yıl içinde aldığı yıllık doz ve paleodoz değerleri kullanılarak örneklerin yaşları; MAAD yöntemi ile 11311±843 yıl, 9263±691 yıl ve 8218±613 yıl, SAR yöntemi ile 11546±861 yıl, 9441±704 yıl ve 8345±622 yıl bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Deprem, Fay, Lüminesans, Kocaeli, OSL, TL.

## Giriş

Organik ve inorganik malzemelerin tarihlendirilmesinde kullanılabilecek çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan en çok kullanılanı Radyokarbon Tarihlendirme Yöntemi olarak bilinir. Radyokarbon tarihleme, organik malzemelerin yaşını bulmakta kullanılan bir yöntemdir. Ancak çökellerin birikme zamanının direk olarak belirlenmesi yani tarihlendirilmesi için organik olmayan malzemelerle de çalışılabilen daha yeni ve farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunların başında Lüminesans Yöntemler gelir. Mineral yapısında çeşitli nedenlerle tuzaklanmış elektronların ışıkla uyarılarak çıkarılması Optik (ışık) Uyarmalı Lüminesans (OSL), ısıyla uyarılarak çıkarılması ise Termolüminesans (TL) yönteminin temelini oluşturur. Bunlardan özellikle (OSL) yöntemi ile tarihlendirmenin avantajları olduğu çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda , bu yöntemi önemli kılan özelliğin, ışığa maruz kalmanın çökel yığılmalarda saati sıfırlaması olduğu anlaşılmıştır (Huntley et al. 1985, Godfrey-Smith et al. 1988, Rhodes 1988, Aitken 1992, Aitken 1998).

Jeolojik yaşın saptanmasında en önemli noktalardan biri, örneklerin herhangi bir şekilde ısınarak, ya da şiddetli bir ışığa maruz kalarak jelojik devirlere ait birikmiş lüminesansının silinmiş olmasıdır. Bir başka deyişle, TL ve OSL tarihinin saati sıfırlanmış olur. Böylece TL ve OSL ile ölçülen yaş, örneğin en son ısıtıldığı veya son kez ışık gördüğü günden bu yana geçen zamandır.

OSL ve TL ile tarihlemede, kullanılacak örneğin geçen jeolojik zamanlar boyunca doğal çevresinden almış olduğu doz miktarı olan 'doğal doz'u ile bir yılda aldığı doz olan 'yıllık doz'un belirlenmesi en temel ilkedir. Burada jeolojik tarihlemeden bahsedildiği için doğal doz yerine 'paleodoz' kavramı kullanılmaktadır.

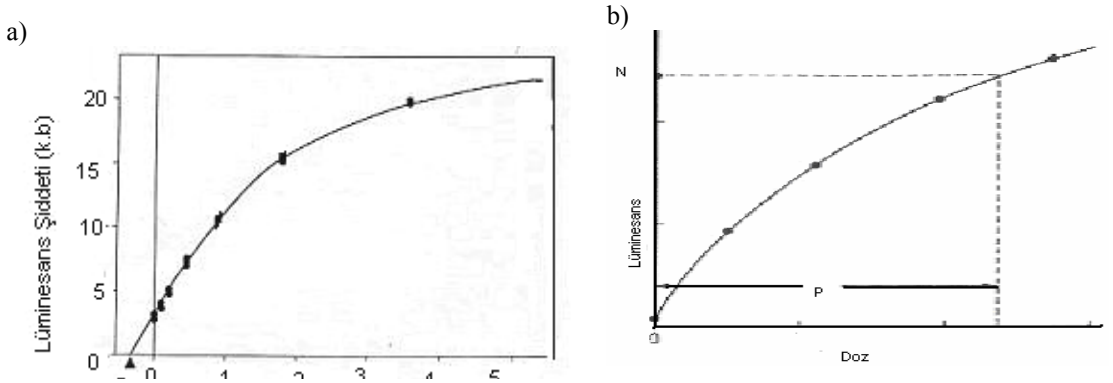
### Kullanılan Yöntem

Paleodoz, laboratuvarda bilinen bir radyasyonla elde edilmiş OSL ve TL ile aynı örneklerin sahip oldukları doğal OSL

[1] Kocaeli Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen ve Matematik Alanları Öğretimi, Kocaeli.
[2] Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Ankara
[3] Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Kocaeli

ve TL in karşılaştırılması ile elde edilir. Örneklerden elde edilen doğal OSL ve TL, alfa ve beta parçacıkları, gama ve kozmik ışınları tarafından oluşturulur (Aitken 1985).

Tuzak yoğunluğu ile orantılı olan lüminesans şiddeti, doza göre ölçeklendirilmedikçe örneğin absorpladığı doz yani yaşı belirlenemez. Belirlenen bir gelecekteki tuzaklanmış elektron sayısı bilinirse, şimdiki tuzaklanmış elektron sayısının yardımıyla geçmiş zaman dilimi hesaplanabilir. Doğal bir örneği gelecekteki tuzaklanmış elektron yoğunluğuna ulaştırmak için yapılması gereken iş, örneği yapay olarak ışınlamaktır (Zeller et al. 1967). O halde seçilen örnek bir beta ya da gama kaynağıyla ışınlandığı zaman kaynaktan gelen beta ya da gama ışınları, şimdiki tuzaklanmış elektron yoğunluğunu gelecekteki durumuna götüren bir zaman makinesi gibi çalışır. Bu yönteme 'doz ekleme yöntemi'denir (Aitken 1985, Ikeya 1993).
Mejdahl (1988) ve Barabas et al. (1988) tarafından geliştirilen dozla büyüme eğrilerinin dozla doygunluğa erişen değerlere kadar elde edildiği bir üstel eğri (Şekil 1.a) biçiminde de olabileceği kabul edilmiştir.




Şekil 1.a) Doz ekleme yöntimi ile paleodoz bulma b) yenileme yöntemi ile paleodoz bulma (Aitken 1985).

Yenileme (regenerasyon) yöntemi Bu metod için doğal sayımların alınacağı örneklerin bulunduğu grup dışındaki diğer grupların hepsi ışıkla uyarılarak OSL sinyalleri sıfırlanır. Doz hızı bilinen bir kaynakla çeşitli dozlarda dozlanan örneklerden elde edilen OSL sonuçları ile doğal örneklerin verdiği OSL sonuçları direk karşılaştırılarak bu metodla paleodoz elde edilir (Şekil 1.b).

*Yıllık dozun bulunması*
Örnekteki radyoaktif elementlerin derişiminin saptanmasıyla yıllık doz hızı hesaplanabilir. Bu hesaplama için $^{232}$Th, $^{238}$U ve $^{40}$K miktarlarının ve nemin tespiti gereklidir (Aitken 1985, Godfrey-Smith at Al. 1988, Banerjee at Al. 1999). Uranyum, toryum ve potasyum tespiti dışında gama spektrometresi yardımıyla veya gama Termolüminesans Dozimetreleri (TLD) sonucuyla da doz hızı hesaplanabilmektedir (Rhodes 1988).

Yaş= Paleodoz/ yıllık doz (1)

*Örnek Çalışma*
*Örnek Alımı ve Hazırlanması*
Tarih öncesi depremlerle ilgili oldukça kesin ve güvenilir bilgiler son yıllarda oldukça gelişme gösteren paleosismolojik çalışmalar ile elde edilebilmektedir. Deprem üreten diri faylar boyunca hendek açma yöntemi paleosismolojinin en çok kullandığı yöntemelerden biridir. Bu yöntem, yüzey faylanması oluşturmuş eski depremleri kaydeden genç çökeller içinden deprem izlerinin araştırılıp bulunmasına dayanır. Hendek açılırken fay izi birkaç metre duyarlılıkla saptanır. Deprem izlerinin jeolojik kayıtlarda saklanmasını sağlayacak uygun çökelim alanları seçilir (Demirtaş ve Erkmen 2000). Bu çalışmada kullanılan örnekler Kocaeli Kullar-Yaylacık mevkiinde Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Bölümü ile Yunanistan -Aristotle University of Thessaloniki'nin birlikte açmış oldukları hendekteki tespit edilen deprem izlerinden alınmıştır Daha sonra bu hendeğin stratigrafisi Tutkun ve Pavlides (2001) tarafından çizilmiştir.

OSL ile ölçümü yapılacak örneklerin tanelerinin gün ışığına maruz kalmaması en önemli noktadır (Aitken 1998). Bu nedenle örneklerin ışık görmemesi için metal silindirlerle toprak oyularak çıkarılmış, kalın siyah mat torbalara konulmuş ve laboratuvar koşullarında kırmızı ışık altında çevresi kazınarak kalan kısımlar ölçümler için kullanılmıştır.

Bu çalışmada 9010 MODEL Optical Dating System (Littlemore scientific Engineering –ELSEC) cihazı kullanılmıştır (Resim4.1). Cihaz, bilgisayar kontrol sistemi, arayüz (interface) modülü, örnek tablası, örnek tablasının yerleştirildiği modül, örnek aydınlatıcısı ve fotoçoğaltıcı (PM) tüp olmak üzere 6 ana parçadan oluşmaktadır .

Doz ekleme ve yenileme yöntemileriyle yaş tayini için örneklerin yapay olarak ışınlanması gerekir. Bu çalışmada, beta ışınlaması yapılmıştır. Bu nedenle de yarı ömrü 28 yıl olan Sr-90 radyoizotopu kullanılmıştır. Kullanılan kaynağın doz hızının 0.0386 Gy/s dir.

*Yıllık Dozun Bulunması*
Bu çalışmada, yıllık doz hızına alfadan gelen katkılar alfa sayma cihazı ile, betadan gelen katkılar alfa cihazı ve potasyum tayini ile, gama katkıları ise gama dozimetreleri ile saptanmıştır. Bu ölçümlere geçmeden önce yaşı oldukça etkilemesi nedeniyle topraktaki nemin tayininin yapılmasında yarar vardır. Örneklerdeki yıllık doz miktarı toprağın nem miktarı hesaba katılarak bulunmuş ve Tablo1. de gösterilmiştir.

*Paleodozun bulunması*
Örneklerin tarihlendirilebilmesinde yıllık doz hızının belirlenmesinin yanısıra örnekte tarih boyunca biriken doz miktarının hesaplanması gerekir.Bu çalışmada örneklerin doz-cevap eğrileri hem doz ekleme yöntemi ile hem de yenileme yöntemiyle elde edilmiş ve eğrilerden saptanan paleodoz miktarları ve (1) denklemi kullanılarak hesaplanan yaşlar Tablo1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. Örneklerin paleodoz , yıllık doz hızı ve yaş değerleri.

| örnek | OSL yöntemiyle (MAAD) paleodoz (Gy) | OSL yöntemiyle (SAR) paleodoz (Gy) | Yıllık doz (Gy/ky) | OSL yöntemiyle (MAAD) yaş (yıl) | OSL yöntemiyle (SAR) yaş (yıl) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28.607 | 29.2 | 2.529 | 11311 | 11546 |
| 2 | 23.055 | 23.5 | 2.539 | 9080 | 9255 |
| 3 | 22.650 | 23 | 2.756 | 8218 | 8345 |

## Sonuç

Burada örnek alınan hendekten S.Pavlides([1]) tarafından alınan organik örneklerle radyokarbon yöntemi kullanılarak elde edilen yaşlar, 1.örnek için 11800± 40 ve 3.örnek için de 120±40 yıl olarak bulunmuş (Radiocarbon Analysis of the University of Georgia-Stable Isotope Ratio Analysis d13 C) ve bu çalışmada bulunan üç ayrı yaş ile karşılaştırılmıştır. Değerler incelendiğinde örnek 1'in sonucunun hata sınırları içinde olduğu görülmüştür. Örnek 2'nin alındığı yerden $^{14}C$ ile bir sonuç elde edilemediğinden, karşılaştırma yapılamamıştır. Örnek 3 için ise $^{14}C$'le bulunan değerin çok küçük olduğu görülmektedir. $^{14}C$ yöntemi ile tarihleme yapılırken en önemli faktör malzemenin organik olmasıdır. Örnek 2 de olduğu gibi bazan tesbit edilen yerde organik malzeme bulunmadığı zaman o yerin tarihlemesi yapılamadığı gibi, bazan da o bölgeye dışardan organik bir malzemenin taşınma olasılığı yüksektir. Örnek 3'de de tarihlerin bu kadar farklı olması $^{14}C$ için kullanılan malzemenin alındığı noktaya farklı bir zamanda taşınmış olma olasılığını güçlendirmektedir.

Bu çalışmada tek bir hendekten alınan örnekler değerlendirilmiştir. Oysa fay hareketliliği hakkında bir sonuca varmak için fay boyunca açılacak bir çok hendeğin stratigrafisi çıkarılarak tesbit edilen noktalardan alınan örneklerin yaşlarının bulunması gerekir ve fayın geçmiş hareketliliği konusunda bir fikir elde edilebilir.

**Tesekkür**
Kocaeli Fayı üzerinde açılan hendekten örneklerin alınması ve stratigrafisinin çizilmesi konusunda yardımlarını esirgemeyen Selanik Üniversitesi Jeoloji bölümü öğretim üyesi Prof Dr. Pavlides ve Çanakkale Üniversitesi Mühendislik Dekanı Prof Dr. Zeki Tutkun'a sonsuz tesekkürlerimi sunarım.

**KAYNAKLAR**

1. AITKEN M.J., 1985. Thermoluminescence Dating. 118 London.

2. AITKEN, M.J., 1992. Optical Dating, Quat. Science Rev., 11, 127-131.
3. AITKEN M.J., 1998. An Introduction to Optical Dating Oxford University Press, London. P.37-50, 61-69, 87-102.
4. BANERJEE, D., SUNGHVI, A. K., KANCHAN PANDE, GOGTE, V. D. and CHANDRA B. P., 1999. Towards a Direct Dating of Fault Gouges Using Luminescence Dating Techniques- Methodological Aspects.
5. BARABAS, M., BACH, A. and MANGINI, A., 1988. An Analytical Model for the Growth of ESR Signals, Nucl. Tracks Radiat. Meas., 14, ½, 231-235.
6. DEMİRTAŞ, R., ERKMEN, C., 2000. Kuzey Anadolu Fayı Sapanca –Gölcük Segmentinde Paleosismolojik Çalışmalar. Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara, 149.
7. GODFREY-SMITH, D. I., HUNTLEY, D. J. and CHEEN, W., H., 1988. Optical Dating Studies of Quartz and Feldspar Sediment Extracts. Quat. Science Rev., 7, 373-380.
8. HUNTLEY, D. J., GODFREY-SMITH, D. I. And THEWALT, M. L. W., 1985. Optically Dating of Sediments. Nature, 313, 105-107.
9. IKEYA, M., 1993. New Applications Electron Spin Resonance, Dating Dosimetry and Microscopy, World Scientific Pub. Co. Pte. Ltd.
10. MEJDAHL, V., 1988. Long-term Stability of the TL Signal in Alkali Feldspars. Quat. Science Rev., 7, 357-360.
11. RHODES, E. J., 1988. Methodological Considerations in the Optical Dating of Quartz. Quat. Science Rev., 7, 395-400.
12. TUTKUN, Z., and PAVLİDES, S., 2001. Small Scale Contractional-Extentional Structure and Morphotectonics Along the Fault Traces of İzmit (Turkey). Bull. Geol. Soc. Greece, 34/1 345-532.
13. VISOCEKAS, R., CEVA, T., MARTI, C., LEFAUCHEUX, F. and ROBERT M. C., 1976. Tunneling Prosses in Afterglow of Calcite. Physica Status Solidi A 35. 315-327.
14. ZELLER, E.J., LEVY, P.W. and MATTERN, P. L., 1967. Geologic Dating by Electron Spin Resonance. Proceedings of the Symposium on Radioactive Dating and Low-Level Counting, 531-540. IAEA, Wein.