

KARLIOVA ÜÇLÜ EKLEMİNDE KODA DALGA ANALİZİ

Coda Wave Analysis in Vicinity of Karlioiva Triple Junction

Fadime SERTÇELİK¹ ve İbrahim SERTÇELİK¹

ÖZET

Bu çalışmada, Erzincan-Karlioiva-Bingöl üçgeni arasında kalan bölgede oluşan 70 adet deprem kullanılarak Koda dalga analizi yapılmıştır. 2006–2008 yıllarında oluşmuş depremlerin B.Ü. KRDEA a ait Bingöl (BINT) istasyonu kayıtları kullanılmıştır. Depremlerin episantır uzaklıkları 15-70 km magnitüdüleri 3.1-4.8 ve derinlikleri 5-20 km arasında değişmektedir. Tek saçılma metodu kullanılan çalışmada, 30sn kesme zamanı ile veriler merkez frekansı 1.5, 3, 6, 9, 12 ve 18 Hz olan Butterworth filtresi ile süzgeçlenmiş, sismogramların koda genliklerinin eğimlerinden koda kalite faktörü $Q_c(f)=45f^{0.76}$ olarak hesaplanmıştır. Düşük Q_0 değeri ve frekansa fazla bağımlılık bölgenin yüksek tektonik aktivitesini karakterize etmektedir.

ABSTRACT

In the study, we analyzed 70 local earthquakes occurred in vicinity of Karlioiva Triple Junction. The data were recorded at the network operated by B.U. Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) during 2006-2008 at Bingöl station (BINT). The earthquake had epicenter distances between 15 and 70 km, local magnitudes ranging from 3.1 to 4.8 and their focal depths ranging from 5 and 20km. The single scattering method was applied. The quality factor (Q_c) calculated at frequencies 1.5, 1.5, 3, 6, 9, 12 and 18 Hz Butterworth filter and a lapse time 30sec. The mean Q_c value calculated was $Q_c(f)=45f^{0.76}$. The relatively low Q_0 and high frequency dependency agree with the values of a region characterized by a high tectonic activity.

GİRİŞ

Sismik kalite faktörü (Q) sismik dalga enerjisi azalımının tanımlanmasında kullanılan boyutsuz bir parametredir (Knopoff, 1964). Sismik dalgaların soğurulmasının nedeni elastik enerjinin ısı yada başka bir enerjiye dönüşmesi (içsel azalım, Q_i^{-1}) kadar heterojen ortamda dalganın saçılması da (saçılma azlımı, Q_{sc}^{-1}) olabilir. Bu iki azalımın ayırt edilmesine yönelik birçok çalışma vardır (Tripathi ve Ugalde 2004; Mukhopadhyay ve diğ., 2006; Ugalde ve diğ., 2007; Hoshiya 1991). Yüksek Q değerleri (>600) tektonik yönden durağan bölgeleri gösterirken düşük Q değerleri (<200) aktif sismik bölgeleri temsil eder. Kalite faktörünün belirlenmesine yönelik birçok metod geliştirilmiştir. Bu metodların temelinde belirli bir hız ve tekdüze bir yer modeli seçilmiştir (Zeng ve diğ., 1991; Fehler ve diğ., 1992). Ancak bu tam olarak doğru değildir. Çünkü heterojenitenin azalımı derinliğin artmasıyla olmaktadır. Bu nedenle kalite faktörünün hesabında kayma zamanının çok dikkatli seçilmesi gerekir (Ibanez ve diğ., 1990; Giampiccola ve diğ., 2002). Kayma zamanı araştırmacılar tarafından 20-60Hz aralığında seçilmektedir. Horasan ve diğ., (1998) Marmara bölgesinde koda dalgası soğurulmasını 50sn kesme zamanı için $Q_c=41\pm 1.07f^{1.08\pm 0.03}$ olarak hesaplamışlardır.

Bu çalışmada inceleme alanı olarak Türkiye'nin en uzun ve en aktif iki fayı olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun (DAFZ) kesişim yeri olan Karlioiva üçlü eklemi seçilmiştir. Bölgede daha önce yapılmış bir soğurma çalışması yoktur. Ancak çalışma alanına yakın bir bölgede meydana gelen 13 Mart 1992 depremi artçı sarsıntıları kullanılarak

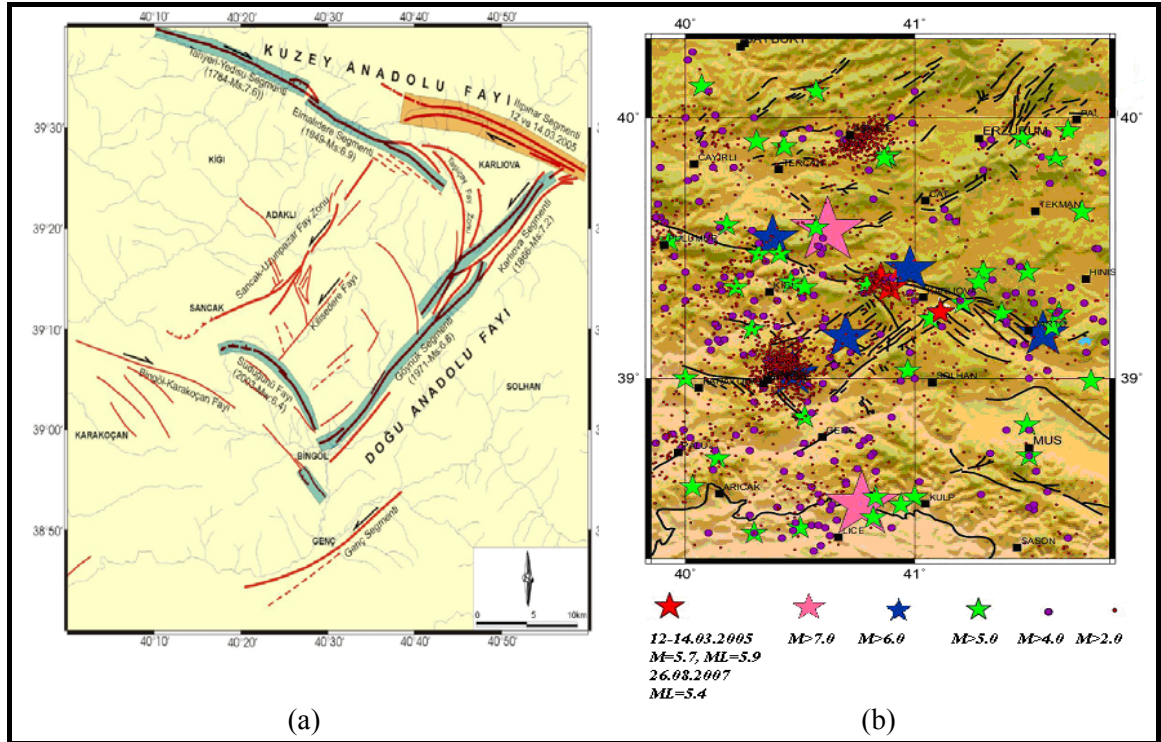
¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Umuttepe Yerleşkesi, İZMİT-KOCAELİ, e-mail: fasert@kocaeli.edu.tr, isert@kocaeli.edu.tr

Akıncı ve Eyidoğan (1996) tarafından 30sn kayma zamanlı S dalgası Q çalışması bulunmaktadır. Bu çalışma 1.5-24Hz frekans aralığında yapılmış ve $Q_s(f)=35f^{0.83}$ olarak belirlenmiştir.

BÖLGENİN TEKTONİĞİ VE SİSMİSİTESİ

Erzincan-Karlıova-Bingöl üçgeni Türkiye'nin en önemli iki transform fayı olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile Doğu Anadolu Fayı (DAF)'nın birleşme bölgesinde yer alır. İki transform fay arasındaki bölgede KDGB ve KB-GD uzanımlı çapraz fay sistemlerinin gelişmiş olduğu bu alan Türkiye'de aktif fay yoğunluğunun en fazla olduğu bir bölgedir.

Karlıova üçlü birleşme noktası yakın çevresindeki aktif faylar Şekil 1a'da gösterilmiştir. Varto-Erzincan arasında KAF, Varto-Kaynarıpınar ve Elmalı-Tanyeri olmak üzere iki ana geometrik bölümden oluşur. Varto-Kaynarıpınar bölümü kendi içerisinde Varto ve Ilıpınar olmak üzere iki segmente ayrılır.



Şekil 1a. Karlıova-Bingöl-Kiğı arasındaki diri fay haritası. Sarı bantlar olasılıkla 12 ve 14 Mart 2005 Karlıova depremlerine kaynaklık eden fayları, mavi bantlar ise 1784-günümüz arasında yıkıcı deprem üretmiş fayları göstermektedir (Emre ve diğ.2005)

Figure 1.a. Map of faults between Karlıova-Bingöl and Kiğı. Yellow bands show the faults causing 12 and 14 March 2005 Karlıova earthquakes and blue bands indicate the faults produced severe earthquakes from 1784 to present (Emre et al., 2005)

Şekil 1b. Karlıova ve civarında 1900 yılından günümüze kadar olan depremler (www.koeri.boun.edu.tr)

Figure 1b. Earthquakes have been occurred from 1990 to present in Karlıova region (www.koeri.boun.edu.tr)

Ilıpınar segmenti ise KAF'nın DAF ile kesiştiği Kargapazarı yöresinden başlar ve batıda Kaynarıpınar köyü doğusuna kadar uzanır. KAF Elmalı-Erzincan arasında ise yine iki segmentten

oluşur. Bunlardan Elmalıdere segmenti Yedisu ile Karlıova batısındaki Turnadağı arasında yaklaşık 30 km uzunluğundadır. Daha batıda yer alan Tanyeri-Yedisu segmenti ise 70 km uzunluğundadır. Bingöl-Karlıova arasında DAF zonu ise Karlıova ve Göynük olmak üzere iki segmentten meydana gelmektedir (Emre ve diğ.,2005).Karlıova-Bingöl-Kiğı üçgeninde tarih boyunca yıkıcı depremler olmuştur. Ayrıca bölgede 1900 yılından sonra oluşan depremler ve son 3 yılda meydana gelen etkili depremler Şekil 1 b’de harita üzerinde gösterilmiştir.

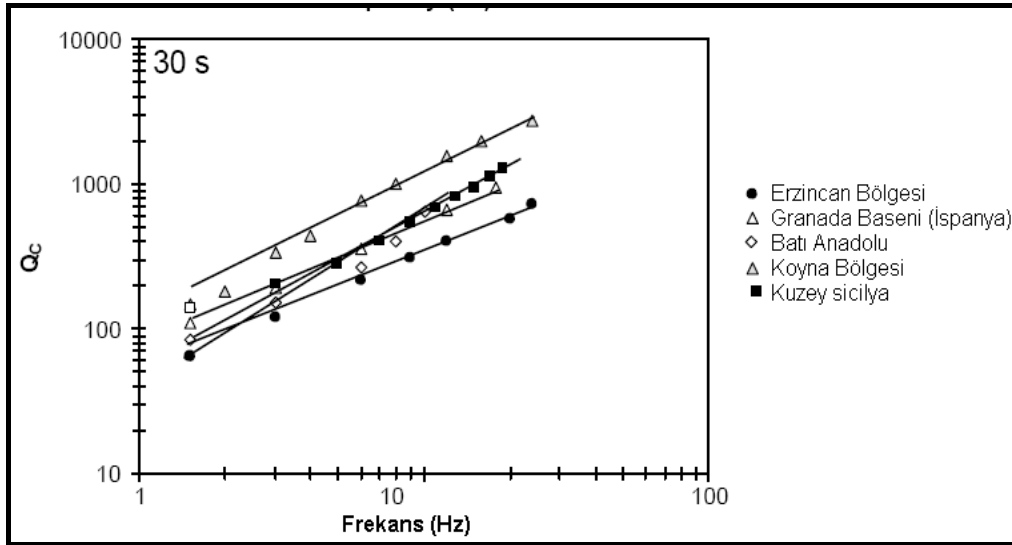
YÖNTEM

Bu çalışmada ilk olarak Aki and Chouet (1975) tarafından kullanılan ve daha sonra Sato (1977) tarafından geliştirilen Tek Saçılma Metodu kullanılmıştır. Koda dalgası S dalgasının lokal depremlerde kabuk ve mantodaki heterojenite nedeniyle saçılması ile oluşmaktadır. Frekans arttıkça Q_c değerleri de artış göstermektedir (Şekil 2).

Tek saçılma modelinde koda dalgasının genlik azalımı zamanın fonksiyonu olarak,

$$A(f, t) = C(f)t^{-\alpha} \exp(-\pi f t/Q_c) \quad (1)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada $A(f,t)$ belirli bir merkez frekansta (f) süzölmüş koda dalga genliği; t , kayma zamanı; Q_c koda dalgası kalite faktörü; $C=2(2\Delta f)^{1/2}$ dir. Ayrıca α cisim, yüzey ve saçılan dalgalar için 1.0, 0.5, veya 0.75 dir (Sato and Fehler, 1998). Bu nedenle denklem (1) de $\alpha = 1$ konulup logaritma alınırsa,



Şekil 2. Dünyada bazı volkanik ve tektonik bölgelerde Q_c nin frekans bağımlılığı. 30 sn kesme zamanı için Q_c değimi, Erzincan Bölgesi (Akıncı ve Eyidoğan, 1996); Granada Baseni (Del Pezzo ve diğ., 1995); Batı Anadolu (Akıncı ve diğ., 1994); Koyna Bölgesi (Gupta ve diğ., 1998); Southeastern Sicily (Giampiccola ve diğ.,2004) için hesaplanmıştır

Figure 2. Frequency dependence of Q_c for several tectonic and volcanic areas in the world. Q_c calculated Erzincan Region (Akıncı and Eyidoğan, 1996); Granada Basin (Del Pezo et al., 1995); Koyna Region (Gupta et al., 1998); Western Anatolia (Akıncı et al., 1994); Southeastern Sicily (Giampiccola ve diğ.,2004) for lapse time (30sn)

$$\ln A(f, t) = \ln C(f) - \ln(t) - \pi f t/Q_c(f) \quad (2)$$

$$\ln(A(f, t), t) = \ln C(f) - \pi f t / Q_c(f) \quad (3)$$

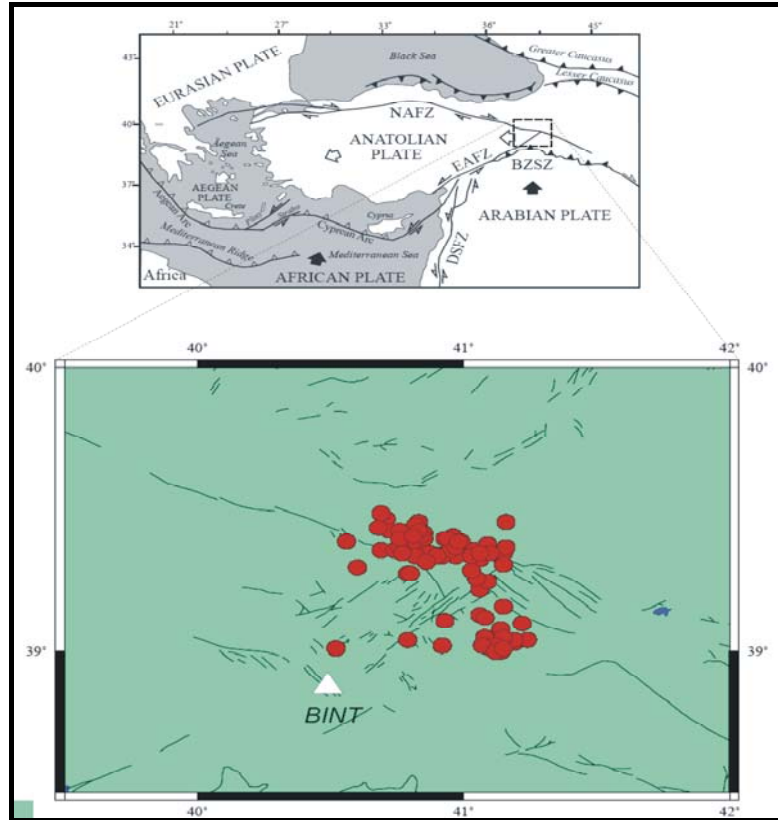
olur. $\ln[A(f, t) * t]$ ve t grafiğinde saçılmış değerler arasından geçirilen doğrunun eğiminden, Q_c ,

$$Q_c(f) = \pi f / b \quad (4)$$

olarak hesaplanır. Burada b eğimi göstermektedir. $Q_c(f)$ ' in hesaplanmasında koda zarfının kayan bir zaman penceresindeki RMS genlikleri kullanılır. Bu zaman penceresi S dalgasının kodaından seçilir. Başlangıç zamanı S dalgasının geliş zamanının 2 katı olarak ($2t_s$) alınarak belirlenir. Bunun nedeni koda dalgasının kaynaktan etkilenmesini engellemektir (Rautian and Khalturin, 1978). Frekans arttıkça ortalama Q_c değerlerinin kesme zamanına bağımlılığı da artmaktadır. Farklı kesme zamanları için ortalama Q_c değerlerinin frekans bağımlılığı bölgedeki fay zonlarının neden olduğu üst kabuktaki güçlü heterojenliklere karşılık gelmektedir.

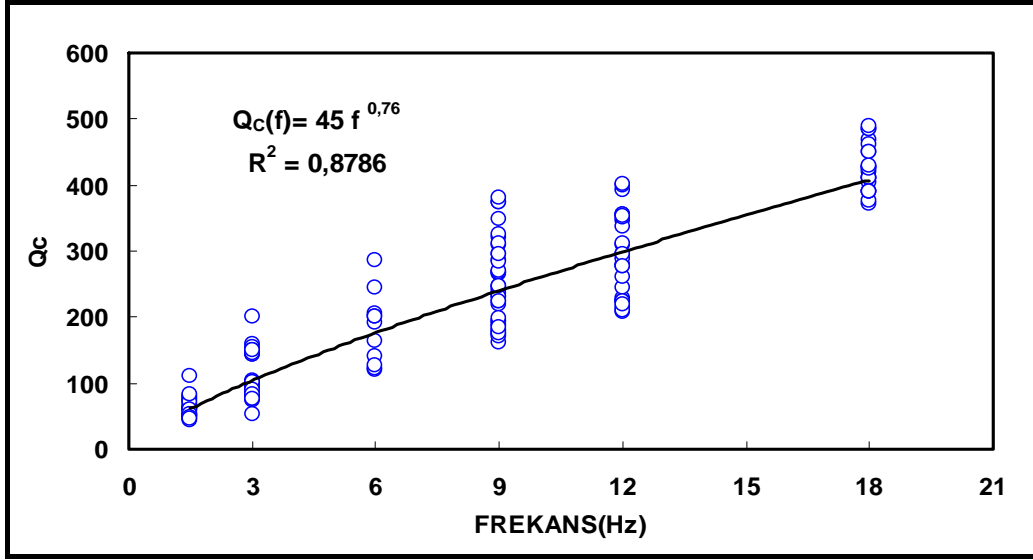
KODA DALGASI ile Q' un BELİRLENMESİ

Bu çalışmada B.Ü Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDEA) Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM) tarafından Bingöl (BINT) istasyonu kayıtları kullanılmıştır. 70 deprem ($3.1 < ML < 4.8$) 2006 -2008 yılları arasında oluşmuştur (Şekil 3). BINT istasyonunda SS1 tipi tek bileşen sismometre bulunmaktadır. Örnekleme aralığı 0.02sn dir. Depremlerin episantır uzaklıkları 15-70km ve derinlikleri 5-20km arasında değişmektedir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan deprem ve istasyonların konumu
Figure 3. Location of earthquakes and station used in this study

Bu çalışmada, sinyal/gürültü oranı 2 ve daha büyük olan sismogramlar seçilmiştir. Zaman penceresinin uzunluğu, koda Q'nun azalımı ile ilişkilidir. Çalışmada kayma pencere uzunluğu 30sn olarak alınmıştır. Sismogramın seçilen kısmı, merkez frekansları 1.5, 3.0, 6.0, 9.0, 12 ve 18.0 Hz olan sırayla 1, 2, 4, 6, 8, 12 Hz bant genişliğinde 8 kutuplu ardışık Butterworth süzgeç kullanılarak filtrelenmiştir (Şekil 4). Ayrıca lokal depremlerde S dalga kodası genlikleri yatay ve düşey bileşenlerde çok az fark etmektedir (Sato and Fehler, 1998). Bu çalışmada düşey bileşen kayıtları kullanılmıştır.



Şekil 4 30 sn kayma zamanı için seçilen frekans aralığında (1.5-18 Hz) Q_c değişimi
Figure 4. Q_c variation in the selected frequency bands (1.5–18 Hz) for lapse time (30 sec)

SONUÇLAR

Karlıova üçlü eklemünde meydana gelmiş depremler kullanılarak yapılan çalışmada $Q_c(f)=45f^{0.76}$ olarak belirlenmiştir. $Q_c(f)$ Şekil 5 de görüldüğü gibi frekansla artış göstermektedir. Q_0 'ın 46 gibi düşük bir değer olması ve frekansa bağımlılığın yüksek olması bölgenin aktif tektonik yapısına bağlı olduğunu ve 30 sn kesme zamanı alınarak daha önce yapılmış çalışmalarla da uyum göstermektedir. Giampiccolo ve diğ.,(2004) tarafından Sicilya'nın güneydoğusundaki volkanik alanda yaptığı çalışmanın yanısıra Akıncı ve Eyidoğan (1996)'ın Erzincan bölgesinde, Akıncı ve diğ., (1994)'ın Batı Anadolu'da, Gupta ve diğ.(1998)'nin Koyna bölgesinde, Del Pezo ve diğ., (1995) Mt Etna ve Granada baseninde yaptıkları çalışma sonuçları ile bu çalışmada bulunan sonuçlar karşılaştırıldığında çalışma alanının diğer çalışma alanları gibi aktif olduğu sonucunu varılmaktadır (Şekil 2). Q_0 'ın düşük çıkması litosferin üst kesimindeki heterojenitenin çok olduğunu göstermektedir. İki önemli fayın birleşme noktasında bu değerler bölgenin kırıklı ve yüksek gerilimli olduğuna işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

AKI K., CHOUET B., 1975. Origin of coda waves: source, attenuation and scattering effects, J. Geophys. Res. 80, 3322–3342.

AKINCI A., EYİDOĞAN H., 1996. Frequency-dependent attenuation of S and codawaves in Erzincan (Turkey), Phys. Earth Planet. Int. 97, 109–119.

- AKINCI A., TAKTAK G.A. ve ERGİNTAV S., 1996. Batı Anadolu bölgesinde koda dalgalarının soğurulması, *Jeofizik*, 10, 57-66.
- DEL PEZZO E., IBANEZ J., MORALES J., AKINCI A. and MARESCA R., 1995. Measurements of intrinsic and scattering seismic attenuation in the crust, *Bull. seism. Soc. Am.*, 85, 1373–1380.
- EMRE Ö., ÖZALP S., YILDIRIM C., ÖZAKSOY V., DOĞAN A., 2005. 12 ve 14 Mart 2005 Karhova Depremlerinin Değerlendirilmesi, MTA. Raporu.
- FEHLER M., HOSHIBA M., SATO H. and OBARA K., 1992. Separation of scattering and intrinsic attenuation for the Kanto-Tokai Region, Japan using measurements of S-wave energy versus hypocentral distance, *Geophys. J.Int.*, 108, 787–800.
- GIAMPICCOLO E., TUSA G., LANGER H., GRESTA S., 2002. Attenuation in southeastern Sicily (Italy) by applying different coda methods, *J. Seismol.* 6, 487–501.
- GIAMPICCOLO E., GRESTA S., RASCONA F., 2004. Intrinsic and scattering attenuation from observed seismic codas in southeastern Sicily (Italy), *Phys. Earth Planet. Int.* 145, 55–66.
- GUPTA S.C., TEOTIA S.S., GAUTAM N., 1998. Coda Q estimates in the Koyna region, India. *Pure Appl. Geophys.* 153, 713–731.
- HORASAN G., KAŞLILAR A., BOZTEPE A., and TÜRKELLI N., 1998. S- wave attenuation in the Marmara Region, northwestern Turkey, *Geophysical Research Letters*, 25 (14), 2733-2736.
- HOSHIBA M., 1991. Simulation of multiple scattered coda wave excitation based on the energy conservation law, *Phys. Earth Planet. Inter.* 67, 123–136.
- IBANEZ J.M., DEL PEZZO E.D., MIGUEL F., HERRAIZ M., ALGUACIL G., MORALES J., 1990. Depth-dependent seismic attenuation in the Granada zone (South Spain), *Bull. Seismol. Soc. Am.* 80, 1232–1244.
- KNOPOFF, L., 1964. *Q.Reviews of Geophysics*, 2(4), 625-660.
- MUKHOPADHYAY S., TYAGI C., RAI S., 2006. The attenuation mechanism of seismic waves in northwestern Himalayas *Geophys. J. Int.* 167, 354–360.
- RAUTIAN T.G., KHALTURIN V.I., 1978. The use of the coda for determination of earthquake source spectrum, *Bull. Sismol. Soc. Am.* 68, 923–948.
- SATO H., FEHLER M., 1998. *Seismic Wave Propagation and Scattering in the Heterogeneous Earth*, Springer and Verlag, New York, 308 .
- SATO H., 1977. Energy propagation including scattering effects: single isotropic scattering approximation, *J. Phys. Earth* 25, 27–41.
- TRIPATHI J.N., UGALDE A., 2004. Regional estimation of Q from seismic coda observations by the Gauribidanur seismic array (southern India), *Phys. Earth Planet. Inter.* 145, 115–126.

UGALDE A., TRIPATHI JN., HOSHIBA M., RASTOGI B.K., 2007. Intrinsic and scattering attenuation in western India from aftershocks of the 26 January, 2001 Kachch earthquake, *Tectonophysics* 429 111–123.

ZENG Y., SU F., AKI K., 1991. Scattered wave energy propagation in a random isotropic scattering medium theory, *J. Geophys. Res.* 96, 607–619.

www.koeri.boun.edu.tr