



Frequency Dependent Attenuation of Earthquake Waves Recorded in and around Izmir

Berkay Kalkar¹ and Elcin Gok²

¹ Dokuz Eylul University (DEU), The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Geophysical Engineering, Buca 35390 Izmir

² DEU Engineering Faculty, Department of Geophysical Engineering, Division of Seismology, Buca 35390 Izmir
ORCID: 0000-0002-6187-5471, 0000-0002-2643-1453

Keywords

Izmir, earthquake, attenuation, Coda Q (Qc)

Highlights

- * Earthquake
- * Attenuation of seismic waves
- * Frequency dependence of Coda Q

Acknowledgements

The data is provided from the DEU SeismoLab via Disaster and Emergency Management Authority (AFAD).

Aim

Frequency dependent attenuation characteristics of Izmir and surroundings

Location

Study area is located in and around the Izmir city, Turkey

Methods

Frequency dependent Coda-Q analysis from the earthquakes recorded by Izmir accelerometric network

Results

Frequency dependence of seismic quality factor reveals the heterogeneity in shallow regions of the lithosphere. Tectonic structure is complex and supports the large decomposition in the crustal structure as a results of obtained low Q_0 values.

Supporting Institutions

TUBITAK-106G159, DEU Graduate School of Natural and Applied Sciences

Manuscript

Research Article

Received: 13.05.2020

Revised: 20.06.2020

Accepted: 21.06.2020

Printed: 30.06.2020

DOI

10.46464/tdad.737107

Corresponding Author

Berkay Kalkar

Email: berkaykalkar@gmail.com

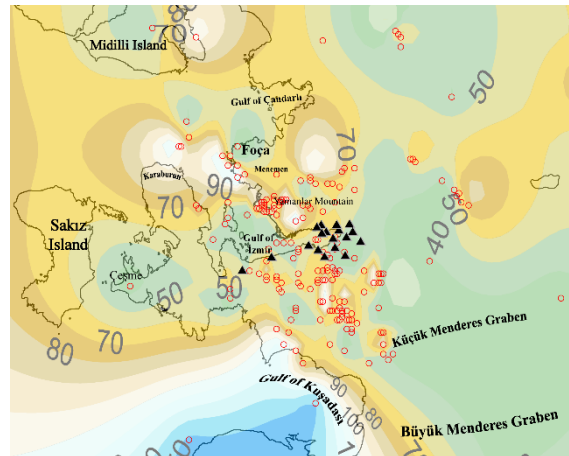


Figure
Distribution of Q_0 values for the 1 Hz central frequency

How to cite

Kalkar B., Gok E., 2020. Frequency Dependent Attenuation of Earthquake Waves Recorded in and around Izmir, Turk. J. Earthq. Res. 2 (1), 92-100, <https://doi.org/10.46464/tdad.737107>



İzmir ve Çevresinde Kaydedilen Deprem Dalgalarının Frekans Bağımlı Soğurulması

Berkay Kalkar¹ ve Elçin Gök²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ), Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca 35390 İzmir

² DEÜ Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü Sismoloji Anabilim Dalı, Buca 35390
ORCID: 0000-0002-6187-5471, 0000-0002-2643-1453

ÖZET

Bu çalışmada İzmir ve çevresinde meydana gelen depremlere ait sismik dalgaların frekans bağımlı soğurulmaları analiz edilmiştir. İzmirNET ağı tarafından kayıt edilen, 2008-2019 yılları arasında oluşmuş ve koda magnitudü $2.3 \leq M_C \leq 5.5$ aralığında değişen 217 adet deprem kullanılmıştır. Sismik dalgaların soğurulma karakteristiği Koda Q ile belirlenmiştir. Koda dalgalarının soğurulması elastik olmayan ortam ve süreksizlikler arasındaki dalga yayını ya da heterojenitenin oluşturduğu saçınımdan kaynaklanmaktadır. Çalışmada elde edilen düşük Q_0 değerleri aktif sismik bölgeleri temsil etmektedir. Ayrıca, sismik kalite faktörünün frekans bağımlılığı gözlenmiştir. Bu durum litosferin sığ bölgelerindeki heterojenitenin yüksek ve karmaşık bir tektonik yapıya sahip olduğunu göstermektedir. İzmir ve çevresinin karmaşık bir tektonik rejime sahip olması, bulunan düşük Q_0 değerlerini destekler ve kabuk yapısındaki ayrışmanın fazla olduğunu gösterir.

Anahtar kelimeler

İzmir, deprem, soğurulma, Koda Q (Q_C)

Öne Çıkanlar

- * Deprem
- * Sismik dalgaların soğurulması
- * Koda Q'nun frekans bağımlılığı

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 13.05.2020
Düzeltilme: 20.06.2020
Kabul: 21.06.2020
Basım: 30.06.2020

DOI

10.46464/tdad.737107

Sorumlu yazar

Berkay Kalkar
Eposta:
berkaykalkar@gmail.com

Frequency Dependent Attenuation of Earthquake Waves Recorded in and around Izmir

Berkay Kalkar¹ and Elcin Gok²

¹ Dokuz Eylül University (DEU), The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Geophysical Engineering, Buca 35390 Izmir

² DEU Engineering Faculty, Department of Geophysical Engineering, Division of Seismology, Buca 35390 Izmir
ORCID: 0000-0002-6187-5471, 0000-0002-2643-1453

ABSTRACT

In this study, frequency dependent attenuations of seismic waves of earthquakes occurred in and around Izmir were analysed. 217 earthquakes which were recorded by IzmirNET network, occurred between 2008 and 2019, and changing local magnitude in the range of $2.3 \leq M_C \leq 5.5$ were used. Attenuation characteristic of seismic waves was determined by using Coda Q. Attenuation of coda waves is caused by inelastic path and wave propagation between the discontinuities or diffraction caused by heterogeneity. Low Q_0 values obtained in the study represent the seismically active regions. Also, frequency dependence of seismic quality factor was observed. This situation shows that the heterogeneity in shallow regions of the lithosphere is high and it has a complex tectonic structure. The fact that Izmir and its surrounding area has a complex tectonic regime supports the obtained low Q_0 values and shows that decomposition in the crust structure is large.

Keywords

Izmir, earthquake, attenuation, Coda Q (Q_C)

Highlights

- * Earthquake
- * Attenuation of seismic waves
- * Frequency dependence of Coda Q

Manuscript

Research Article

Received: 13.05.2020
Revised: 20.06.2020
Accepted: 21.06.2020
Printed: 30.06.2020

DOI

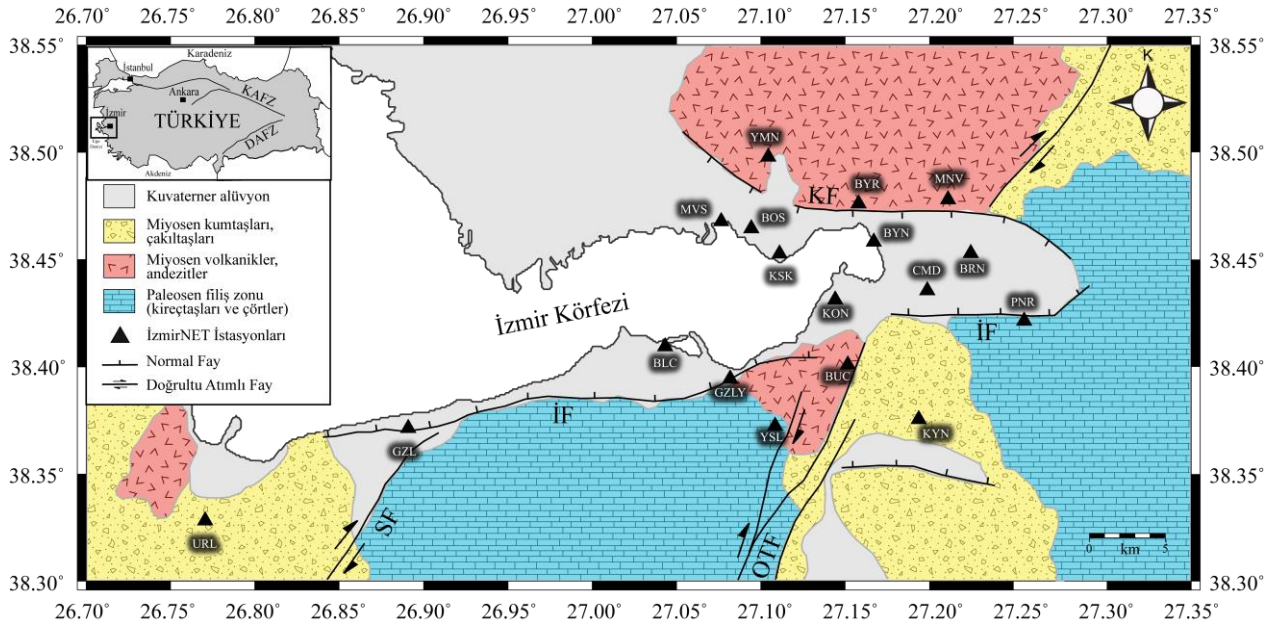
10.46464/tdad.737107

Corresponding Author

Berkay Kalkar
Email:
berkaykalkar@gmail.com

1. GİRİŞ

Yer içerisindeki soğurma karakteristiğini anlamak amacıyla yapılan çalışmalarda sismik kalite faktörü (Q) kullanılmaktadır. Q değeri, ortamın homojen bir yapıda olup olmadığını işaret eder ve bu değer yüksek olması enerji kaybının az olmasını göstermektedir. Yüksek Q değerleri tektonik açıdan durağan, düşük Q değerleri ise aktif sismik bölgeleri temsil eder. Q değeri birimsizdir. Kabuk ve manto yapısının anlaşılabilmesi için meydana gelen elastik dalga yayımının ve bu dalgaların maruz kaldığı soğurma özelliklerinin araştırılması önemlidir. Sismik dalgaların soğurulması, özellikle kabuk içerisindeki heterojenite ve elastik olmayan etkiler sebebiyle dalga enerjisinin zaman ve uzaklıkla azalmasıdır (Knopoff ve MacDonald 1958). Soğurulmanın anlaşılmasıyla kabuk içerisindeki süreksizliklerin fiziksel özellikleri, sıcaklık değişimleri gibi durumlar belirlenmiş olur. Sismojenik bir ortama ait soğurma özelliği, kabuk yapısının plastisitesi ve heterojenitesinin sebep olduğu sismik dalga genliğindeki azalma miktarı ile ifade edilmektedir. Çalışmada kullanılan kuvvetli yer hareketi deprem istasyonlarının bulunduğu alan 38.00°-38.75°K enlemleri ile 26.30°-27.50°D boylamları arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır. İzmirNET deprem istasyonları, genellikle körfez çevresindeki yerleşim alanlarına yakın ve deprem üretilebilirliği yüksek tektonik unsurları çevreleyecek şekilde kurulmuştur. Ayrıca istasyonlar bölgenin farklı zemin özelliklerini tanımlamak amacıyla değişik jeolojik özelliklere sahip bölgelerde yer almaktadır (Şekil 1). İzmirNET ağı, yaklaşık 50x20 km boyutundaki bir alana kurulmuş 18 adet ivme-ölçerden meydana gelmektedir (Gök ve Polat 2011). İstasyonlar Güralp CMG-5TD ivme sensör ve kayıtçı düzeneğinden oluşmaktadır. İzmir Körfezi ve kıyı Ege'de 2008-2019 yılları arasında kaydedilen depremler ile Koda Q karakteri incelenmiştir.



Şekil 1: İzmirNET ağı ve İzmir Körfezi çevresinin jeolojik unsurları (Gök ve diğ. 2012). KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, İF: İzmir Fayı, KF: Karşıyaka Fayı, OTF: Orhanlı-Tuzla Fayı, SF: Seferihisar Fayı

Farklı araştırmacılar tarafından Batı Anadolu ölçeğinde yapılan çalışmalarda Koda Q'nun frekans bağımlılığı gözlenmiştir. Akinci ve diğ. (1994) Batı Anadolu için yapmış oldukları koda dalgalarının sönümlenmesi adlı çalışmada Gebze istasyonunda kayıt edilmiş 116 depremi, tek izotropik saçılma modeli ile 1.5, 3, 6, 8 ve 10 Hz merkezli bantlarda değerlendirmiştir. Koda Q değerleri, 10'ar saniye aralıklarla 30 ile 190 s gecikme zamanlarında elde edilmiştir. Batı Anadolu'daki Q_c , frekans ve gecikme zamanına bağımlılığı ortaya konmuştur. 30 saniyelik

gecikme zamanında Q_c 'nin frekans bağımlılığı $Q_c(f) = 50.7f^{1.01}$ ve 190 saniyelik gecikme zamanında $Q_c(f) = 183.2f^{0.76}$ bulunmuştur. Sahin (2008), Güneybatı Anadolu'da yapmış olduğu Koda Q çalışmasında 0.75, 1.5, 3.0, 6.0, 12 ve 24 Hz merkez frekanslarında Q_0 değerinin 30 ile 180 arasında ve n değerini ise 0.55 ile 1.25 arasında değiştiğini saptamıştır. Güneybatı Anadolu için Koda Q-frekans ilişkisini ise $Q_c = (102 \pm 8)f^{0.82 \pm 0.07}$ şeklindeki bağıntı ile vermiştir. Akyol (2015), Batı Orta Türkiye'de yapmış olduğu koda dalgası soğurulmasının kesme zamanı bağımlılığı adlı çalışmasında, koda kalite faktörünü (Q_c), 5 merkez frekans (1.5, 3, 5, 7, 10 Hz) ve 8 kesme zamanı (25 saniyeden 60 saniyeye kadar) için tek izotropik saçılma modeliyle belirlemiştir. Q_0 değeri 32.7 ile 82.1 arasında değişirken n değerleri ise sırasıyla 25 ve 60 s' lik gecikme zamanlarında 0.91 ile 0.79 arasında değiştiğini saptamıştır. Tek izotropik saçılma modeliyle elde edilmiş frekans bağımlı Q_c bağıntısı 40 saniyelik bir kesme zamanı için $Q_c = (49.6 \pm 1.0)f^{0.85 \pm 0.02}$ şeklindedir.

Bu çalışmada, daha önce yapılmış çalışmalardan farklı olarak İzmir ve çevresinde meydana gelmiş depremlere ait sismik dalgaların frekans bağımlı soğurulmasını yeni bir istasyon ağı ve veri seti ile yerel olarak değerlendirilecektir.

2. KODA-Q ANALİZİ

Sismik kalite faktörü (Q) sismik dalga enerjisinin azalımının tanımlanmasında kullanılan boyutsuz bir parametredir (Knopoff 1964). Koda dalgalarının oluşum mekanizmaları üzerinde ilk çalışma Aki (1969), Aki ve Chouet (1975) tarafından yapılmış ve Aki (1980) tarafından kodanın oluşumu üzerine modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden tek saçılma modeli günümüze değin birçok araştırmacı tarafından yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Koda dalgalarından elde edilen kalite faktörü Q, tektonik olarak aktif ve durağan bölgelerin ayrımını en iyi gösteren değişkendir. Yüksek Q değerleri (>600) tektonik yönden durağan bölgeleri gösterirken düşük Q değerleri (<200) aktif sismik bölgeleri temsil eder (Aki ve Chouet 1975). Kodanın oluşum mekanizmasıyla ilgili olarak Sato (1977) tarafından geliştirilen tek saçılma modeli, soğurulma hesapları için kullanılmıştır.

İlk olarak Aki ve Chouet (1975) tarafından ortaya konulan ve sonrasında Sato (1977) tarafından geliştirilen tekil saçılma modeli esas alındığında, koda dalgasının genlik azalımının zamana ve frekansa bağlı olan fonksiyonu Denklem 1'de verilmektedir. Bu denklem merkez frekans belirtilerek;

$$A(f, t) = ct^{-\alpha} \exp\left(\frac{\pi ft}{2Q_c}\right) \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $A(f, t)$; belirli bir merkez frekansta (f) süzgeçlenmiş koda dalgası genliği, t; kayma zamanı, Q_c ; koda dalgası kalite faktörü, α ; soğurma katsayısı ve c ise hızdır. Hız; $c = 2\sqrt{2\Delta f}$ 'e eşittir. Soğurma katsayısı α cisim dalgaları için 1, yüzey dalgaları için 0.5 ve saçılan dalgalarda 0.75 olarak kabul edilmektedir (Sato ve Fehler 1998). Cisim dalgalarının saçılması ele alındığından $\alpha = 1$ olarak kabul edilecektir. İki tarafın logaritması alınır;

$$\ln A(f, t) = \ln c(f) - \ln(t) - \left(-\frac{\pi ft}{Q_c(f)}\right) \quad (2)$$

Denklem 2 elde edilir. Her bir saçıcıdan gelen ışın yolu dikkate alındığında, hesaplanan koda dalgası soğurma değeri frekansa bağımlı olarak Denklem 3'teki gibi ifade edilir;

$$Q_c(f) = \frac{\pi f}{b} \quad (3)$$

Burada b eğimi ifade etmektedir. Koda dalgası kalite faktörü hesaplanırken sinyalin koda dalgasını temsil eden bölümün genlikleri kullanılır. Koda dalga penceresinin uzunluğu, deprem büyüklüğü, istasyonun depremin dış merkezine olan uzaklığı gibi etkilere bağlıdır. Bunun

yanında koda dalgasının başlangıç zamanı ise yine depremin büyüklüğü ve dış merkez uzaklığı gibi parametrelerle ilişkilidir. Bu zaman, S dalgasının varış zamanının oluş zamanı ile arasındaki farkın iki katı alınarak belirlenmiştir. Bunun sebebi ise kaynak etkisinden kurtulmaya çalışmaktır (Rautian ve Khalturin 1978). Seçilen her kayma zamanı penceresi ve frekans için saçılmış değerler içinden geçirilen doğrunun eğimi ile Q_c hesaplanır. $Q_c(f)$ ' in hesaplanmasında koda zarfının kullanılan zaman penceresindeki RMS genlikleri kullanılır (Havskov ve Ottemöller 2010). Koda dalgası kalite faktörü Q_c ' nin frekans ilişkisi Denklem 4'te verilmiştir.

$$Q_c = Q_0 f^n \quad (4)$$

Burada Q_c , koda dalgası kalite faktörü olan Q_0 'ın 1 Hz frekanstaki Q_c değerini, f frekansı ve n ise Q_c 'nin frekans bağımlılık derecesini ifade etmektedir.

Deprem dalgalarının soğurulma özelliklerini, yer içinin fiziksel ve kimyasal karakteri ile ortamdaki tektonik kuvvetler belirlemektedir. Basınç, sıcaklık değişimi, kimyasal bileşim, sismik hız değerleri, yoğunluk, sismik dalga yayını, suya doygunluk ve daha birçok parametre sismik dalga enerjisine etki etmektedir. Soğurulmanın doğru olarak açıklanabilmesi için bu parametrelerin de belirlenmesi gerekmektedir. Bazı çalışmalarda sönüm oranları ile kalite faktörünün bulunması için laboratuvar yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak genellikle soğurulma faktörleri hesaplanırken bu çalışmada olduğu gibi deprem verileri kullanılmalıdır.

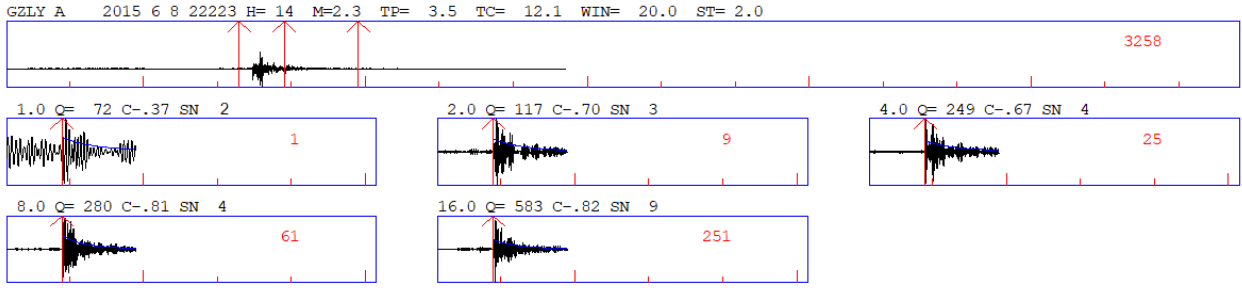
Depremlerin değerlendirilmesi için Seisan (Ottemöller ve diğ. 2015) programında yer alan CODAQ yazılımı kullanılmış, bölgeye ait soğurulma karakteristiğinin belirlenebilmesi için tek geri saçılma metodu ile koda dalgası kalite faktörü saptanmıştır. Koda Q analizleri için İzmirNET istasyonlarında kayıt edilmiş depremler kullanılmıştır. Yapılan analiz ve kullanılan girdi parametreleri şu şekildedir;

S dalgasının varış zamanından 2 kat fazla olacak şekilde kesme zamanı belirlenmiş ve V_p/V_s oranı 1.74'tür (Özer ve Polat 2017). Pencereleme süresi 20 saniye olarak belirlenmiştir. Saçılma parametresi 1, sabit v değeri 1, minimum sinyal/gürültü (S/G) oranı 2, sinyal öncesi gürültü penceresi 15, RMS penceresi uzunluğu ise 5 saniye seçilmiştir. Minimum korelasyon katsayısı 0.6, kullanılacak maksimum sayım 2000000 ve 5 merkez frekans belirlenmiştir. Bu merkez frekanslar 1,2,4,8,16 Hz' dir. Kullanılan frekans bantları ise 0,5, 1, 2, 4 ve 8 şeklindedir.

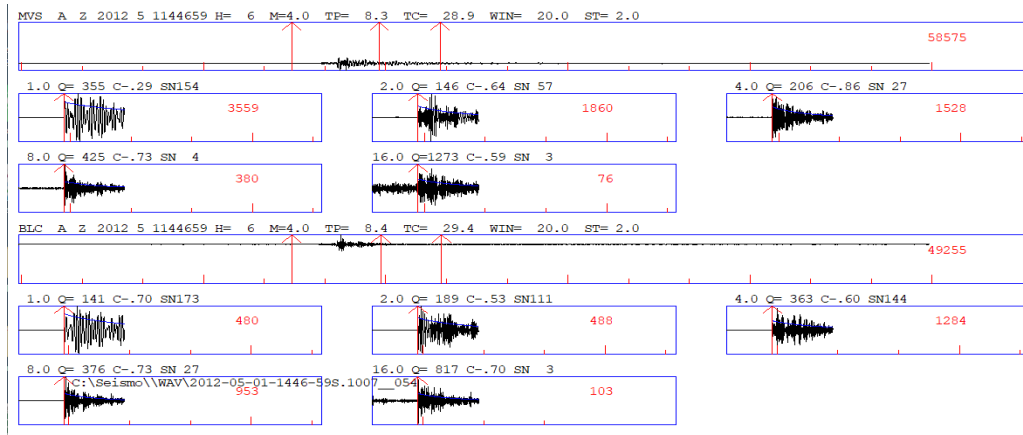
3. VERİ TABANI VE DEĞERLENDİRME

İzmirNET ağı tarafından 2008 yılından beri kayıt edilen depremlerin Seisan programıyla büyüklük ve lokasyon tayinleri yapılmıştır. Deprem istasyon ağı tarafından kaydedilen yaklaşık 2000 adet deprem incelenmiş ve deprem parametreleri belirlenmiştir. Daha sonra bu depremler arasından S/G oranı yüksek olanlar seçilerek 217 adet deprem CODAQ analizi ile değerlendirilmiştir. Bu depremlerin büyüklükleri M_c 2.3 ile 5.5 arasında değişmektedir. Tüm sismogramlara, belirlenmiş merkez frekanslarda Butterworth bant geçişli süzgeç uygulanmıştır. S dalgası sonrası oluşan Koda dalga penceresi süresi 20 saniyedir.

Şekil 2, 3 ve 4' te jeolojik özellikleri farklı istasyonlarda yapılan Koda dalgası analizi görülmektedir. Jeolojik birimi kireçtaşı olarak tanımlanan (Şekil 1) GZLY istasyonunda kaydedilen M2.3 büyüklüğündeki depremin sismogram görüntüsü ve seçilen Koda dalgası oklar ile üstte gösterilmiştir. Şeklin alt kısmında ise sırasıyla depremin S/G oranı 2 olan 1 Hz frekansı, S/G oranı 3 olan 2 Hz frekansı, S/G oranı 4 olan 4 Hz, S/G oranı 4 olan 8 Hz ve S/G oranı 16 Hz olan frekans ortamındaki görünüşleri ve her frekansa ait Q değerleri gözlenmektedir. En yüksek Q değeri 16 Hz' de iken en düşük Q değeri 1 Hz' de saptanmıştır (Şekil 2). Seçilen her bir frekansta saçılan değerler içerisinden geçirilen doğrunun eğimi ile kalite faktörü hesaplanmakta ve artan frekansa bağlı olarak Q değeri doğru orantılı olarak artış göstermektedir.

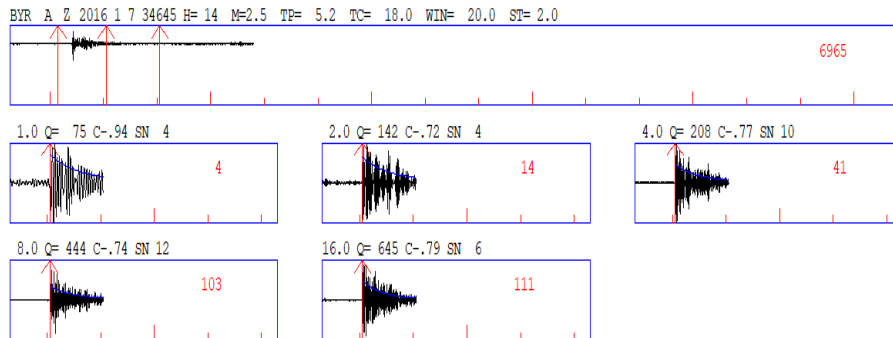


Şekil 2: İzmirNET ağındaki GZLY istasyonundan elde edilmiş Q değerlerinin Seisan-CODAQ programındaki gösterimi



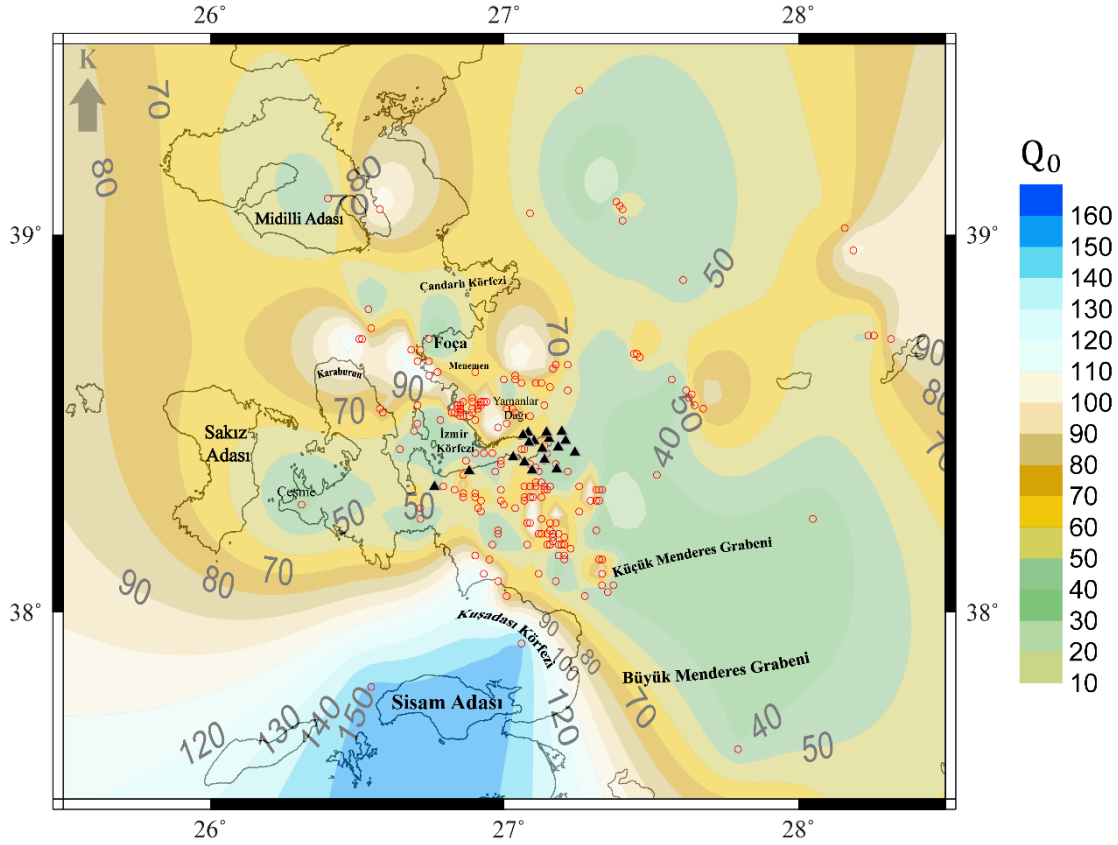
Şekil 3: MVS (Mavişehir) ve BLC (Balçova) istasyonlarında değerlendirilen 2012.05.11 tarihli, saat 11:44'te meydana gelmiş $M_c=4.0$ büyüklüğünde depremin koda dalgası analizi

Alüvyon üzerinde yer alan iki istasyon Şekil 3' te verilmiştir. Her iki istasyonda kaydedilen $M4.0$ büyüklüğündeki depremin sismogram görüntüleri ve seçilen koda dalgasını belirten oklar üstte gösterilmiştir. Aşağıda ise 1,2,4,8 ve 16 Hz frekanslarında analizi yapılan depremin S/G oranları ve her frekansa ait Q değerleri istasyon bazında gösterilmiştir. En yüksek Q değeri MVS istasyonu için 16 Hz' de iken en düşük Q değeri 2 Hz' de saptanmıştır. BLC istasyonu için de en yüksek Q değeri 16 Hz' de iken en düşük Q değeri 1 Hz' de hesaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 4: BYR (Bayraklı) istasyonunda değerlendirilen 2016.01.07 tarihli, saat 03:46'da meydana gelmiş $M_c=2.5$ büyüklüğündeki depremin koda dalgası analizi

Volkanit ve andezitler üzerinde yer alan BYR istasyonunda kaydedilen M2.5 büyüklüğündeki depremin sismogram görüntüsü ve seçilen koda dalgası da oklar ile üstte gösterilmiştir. Farklı frekans ortamındaki görünüşleri ve her frekansa ait Q değerleri gözlenmektedir. En yüksek Q değeri yine 16 Hz' de elde edilirken en düşük Q değeri ise 1 Hz' de gözlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 5: 1 Hz merkez frekanstan elde edilmiş Q_0 değerlerinin İzmir ve çevresi için gösterimi (Siyah üçgenler İzmirNET ağına ait istasyonları, kırmızı daireler ise depremleri ifade etmektedir.)

Bu çalışmada Koda dalgalarının analizi sırasında belirlenen 5 merkez frekans arasından 1 Hz frekansına ait sonuçlar haritada değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Frekans artışına bağlı olarak Q_0 değerleri artış göstermektedir. 217 depremden elde edilmiş 1 Hz merkez frekansında bulunan Q_0 değerlerine göre en yüksek değeri KSK istasyonu (79.43), en düşük değeri YSL istasyonu (30) göstermektedir (Şekil 5). Sisam Adası ve çevresinde yüksek Q_0 değerleri göze çarpmaktadır. Foça, Menemen ve Çeşme gibi bölgelerde düşük Q_0 değerleri tespit edilmiştir (Şekil 5). Bu bölgelerdeki ısı akısına bağlı yüksek soğurulma sebebiyle Q_0 değerlerinin düşük olduğu düşünülmektedir. İzmir Körfezini çevreleyen kuvaterner yaşlı alüvyonal zeminlerin düşük soğurma özellikleri sebebiyle elde edilen düşük Q_0 değerleri birbirini desteklemektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada kullanılan depremler ile elde edilen Koda-Q değerleri tek tek deprem ve istasyon bazında değerlendirildiğinde genellikle 1 Hz' de düşük Q_0 değerleri, 16 Hz' de ise en yüksek Q_0 değerleri hesaplanmıştır. Koda-Q analizi yapılırken öncelikle büyük magnitudlü depremler değerlendirilmeye alınmıştır. Ancak, örneklerden de görüldüğü üzere beklenenin aksine

sinyal/gürültü oranı yüksek bazı mikro depremlerden de olumlu sonuçlar alınmıştır. Tüm depremler istasyon bazında değerlendirildiğinde istasyonun bulunduğu bölge için bir Q değeri elde edilmiş ve haritalandırılmıştır. Tüm depremler için 1 Hz frekansındaki Q değerleri elde edilebilirken bazı depremler için 2,4,8 ve 16 Hz için hesaplama yapılamamıştır. Bu nedenle bölgeye ait sadece 1 Hz frekansı için Q haritası elde edilmiştir. Deprem sayısı artırılarak diğer frekanslar için de bölgeye ait Q haritaları hesaplanabilir.

İzmir Körfezi'ni çevreleyen kuvaterner yaşlı alüvyonal zeminlerin düşük soğurma özellikleri sebebiyle düşük Q_0 değerlerinin elde edildiği düşünülmektedir. Bölgedeki normal ve doğrultu atımlı faylar ve diğer süreksizlikler, tektonik olarak aktif karmaşık yapının İzmir ve çevresinde düşük Q_0 değerlerine sebep olduğu düşünülmektedir. Bornova havzası ve Menemen ovası gibi çöküntü bölgelerinde de yine soğurulmanın yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Burada, Menemen'deki jeotermal alan ve kuvaterner yaşlı alüvyonal bölgelerin etkisinin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, Çandarlı Körfezi'nde gözlenen yüksek soğurulmanın, bölgedeki ısı akısıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Seferihisar bölgesindeki geç miyosen dönem sedimanları, bölgedeki KD-GB yönlü faylanma ve batısında bulunan Yağcılar ile Gülbağçe faylarının (Emre ve diğ. 2013) etkisiyle olduğu düşünülen düşük Q_0 değerleri gözlenmiştir. Büyük ve Küçük Menderes grabenlerinin bulunduğu bölgelerde düşük Q_0 değerleri gözlenmiştir (Şekil 5). Karaburun, Yamanlar gibi topoğrafik olarak yüksek ve volkanik kayaların bulunduğu bölgelerde ise düşük soğurulma olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında eğitim görmüş Berkay Kalkar'ın yüksek lisans tez çalışmasından faydalanılarak hazırlanmıştır (Kalkar 2019). Koda Q çalışmasında yapılan hesaplamalarda, Seisan v10.3 yazılımı kullanılmış ve hazırlanan şekiller GMT v5 (Wessel ve diğ. 2013) ile üretilmiştir. Bu çalışmada, 106G159 no'lu TÜBİTAK-1007 projesi kapsamında kurulan İzmirNET ağına ait deprem verileri kullanılmıştır. Çalışmalar boyunca bilgisayar altyapısından yararlandığımız DEÜ SismoLab' a teşekkür ederiz. Ayrıca, makalenin düzenlenmesinde yapmış oldukları katkılardan dolayı dergi hakemlerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Aki K., 1969. Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves, *Journal of Geophysical Research* 74, 615-631.

Aki K., 1980. Scattering and attenuation of shear waves in the lithosphere, *Journal of Geophysical Research* 85, 6496-6504.

Aki K., Chouet B., 1975. Origin of coda waves: source, attenuation and scattering effects, *Journal of Geophysical Research* 80, 3322-3342.

Akinci A., Taktak G., Ergintav S., 1994. Attenuation of coda waves in Western Anatolia, *Physcial Earth Planet Interiors* 87, 155-165.

Akyol N., 2015. Lapse time dependence of coda wave attenuation in Central West Turkey, *The International Journal of Integrated Solid Earth Sciences* 659, 53-62.

Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Şaroğlu F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası Ölçek 1:1.250.000, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi* 30, Ankara-Türkiye.

Havskov J., Ottemöller L., 2010. Routine data processing in earthquake seismology, Netherlands: Springer, 262-270.

Gök E., Polat O., 2011. İzmir Kuvvetli Yer Hareketi Deprem İstasyon Ağı: İzmirNET, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 15 (3), 233-243.

Gök E., Polat O., Keçecioglu M., Çeken U., 2012. İzmirnet İstasyonlarında Standart Spektral Oran Yöntemi Kullanılarak Zemin Transfer Fonksiyonlarının Hesaplanması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 41 (14), 1-11.

Kalkar B., 2019. İzmir ve çevresinde sismik dalgaların frekans bağımlı soğurulması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir, 47 s.

Knopoff L., 1964. Q, *Review of Geophysics* 2 (4), 625-660.

Knopoff L., MacDonald G.J.F., 1958. Attenuation of small amplitude stress waves in solids, *Reviews of Modern Physics* 30, 1178-1192.

Ottmøller L., Voss, P., Havskov J., 2015. Seisan Earthquake Analysis Software for Windows, Solaris, Linux and Macosx, Norway
ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/software/seisan/older_versions/seisan_10.3/

Özer Ç., Polat O., 2017. İzmir ve Çevresinin 1-B (Bir-Boyutlu) Sismik Hız Yapısının Belirlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 16, 147-168.

Rautian T.G., Khalturin V.I., 1978. The use of coda for determination of the earthquake source spectrum, *Bulletin of Seismological Society of America* 68 (4), 923-948.

Sato H., 1977. Energy propagation including scattering effects: single isotropic scattering approximation, *Journal of Physics of the Earth* 25, 27-41.

Sato H., Fehler M.C., 1998. Seismic Wave Propagation and Scattering in the Heterogeneous Earth, New York: Springer and Verlag Berlin Heidelberg 2, 297-308.

Sahin S., 2008. Lateral variations of coda Q and attenuation of seismic waves in Southwest Anatolia, *Journal of Seismology* 12, 367-376.

Wessel P., Smith W. H. F., Scharroo R., Luis J. ve Wobbe F., 2013. Generic Mapping Tools: Improved Version Released, *EOS Transactions American Geophysical Union* 94 (45), 409-410.