



İZMİRNET İSTASYONLARINDA STANDART SPEKTRAL ORAN YÖNTEMİ KULLANILARAK ZEMİN TRANSFER FONKSİYONLARININ HESAPLANMASI

(ESTIMATION OF SOIL TRANSFER FUNCTIONS OF İZMİRNET STATIONS USING BY STANDART SPECTRAL RATIO)

Elçin GÖK¹, Murat KEÇECİOĞLU², Ulubey ÇEKEN³, Orhan POLAT²

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada İzmirNET ivme-ölçer istasyonlarındaki yerel zemin etkileri, standart spektral oran yöntemi (SSR) kullanarak hesaplanmıştır. Her zemin için azimutal dağılımı uygun seçilen altı adet depremin S dalgası seçilmiş ve spektrumu alınmıştır. Bu istasyonlar, daha sonra referans istasyon olarak seçilen MNV istasyonunun spektrumuna oranlanmış ve saptanan depremlere ait spektral oranların geometrik ortalaması istasyon bazında grafiklenmiştir. Zeminlerin özelliklerine göre farklı büyütme değerleri elde edilmiştir ve farklı frekanslara göre haritalanmıştır. Kaya zemin olan Paleosen kireçtaşları, Miosen volkanitleri ve flişlerde büyütme gözlenmemiştir. En büyük büyütme, eski Gediz deltası üzerindeki Mavişehir’de yer alan MVS istasyonunda tespit edilmiştir. Diğer belirgin büyütme pikleri ise Kuaterner alüvyonda yer alan Karşıyaka, Bostanlı, Balçova ve Konak istasyonlarında gözlenmiştir.

In this study, local site effects of İzmirNET accelerometric stations have been calculated by using the Standard Spectral Ratio (SSR) method. S-wave of six selected earthquakes have been chosen according to azimuthal distribution for each site and then their spectrums were computed. These stations have been divided by the reference station which was chosen as MNV and then, geometric mean of spectral ratio of selected events was illustrated as graphic for each station. Different amplifications were obtained regarding the soil characteristics and mapped for different frequencies. No amplifications were observed with respect to rock on Paleocene limestones, Miocene volcanics and flysch. Peak amplification was detected in Mavisehir where old Gediz River bed presents over there. Other remarkable peaks are observed on Quaternary alluvial in Karsiyaka, Bostanlı, Balcova and Konak stations.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Büyütme, İzmirNET, Zemin etkisi, Standart spektral oran, Kuvvetli yer hareketi ağı
Amplification, İzmirNET, Site effect, Standart spectral ratio, Strong-motion network

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, İZMİR, elcin.gok@deu.edu.tr

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İZMİR

³ T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, ANKARA

1. GİRİŞ

İzmir İl'i, İstanbul ve Ankara'dan sonra 3,5 milyon nüfusu ile Türkiye'nin üçüncü büyük İl'idir. İzmir ve çevresi aktif fay zonlarının üzerinde yer alır. Deprem üreten bu aktif fay zonlarının varlığı İzmir ve çevresini olası bir depremle tehdit etmektedir. Bu nedenle deprem sonucu oluşabilecek can ve mal kayıplarını önüne geçilmesi için zemin yapısının iyi bilinmesi gerekmektedir. Yapısal hasarların tespiti, yer hareketinin karakteristiği ve yerel zemin özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi ile mümkündür. Olası bir deprem anında, depremin kaynağından yayılan dalganın periyodu ile zemin üzerinde bulunan yapının periyodunun aynı olması durumunda yapının büyük bir hasar alması olasıdır. Zeminler kuvvetli yer hareketiyle karşılaştıklarında doğrusal olmayan davranışlar gösterirler. Yer hareketinin bu davranışı, kuvvetli yer hareketi kayıtları ile incelenebilir. Yer in büyümesi ölçüm alınan zeminin sağlamlığı ile ters orantılıdır. Alüvyon bir zeminde ilerleyen bir dalganın genliği, zemin gevsekliği ile orantılı olarak büyüyecektir. Kısaca zemin ne kadar sağlamsa büyüme değeri o kadar küçük; ne kadar zayıfsa o kadar büyük elde edilecektir.

Yerel zemin özellikleri, deprem hasarlarının ve etkilerinin azaltılmasında en önemli etkenlerden biridir. Deprem kaynağından aynı uzaklıkta ancak farklı zemin özelliklerine sahip bölgeler, deprem hareketine farklı tepki göstermektedir. Bu nedenle zeminlerin dinamik davranışlarını analiz etmek için birçok yöntem geliştirilmiş ve birçok araştırmacı tarafından uygulanmıştır. Yerel zemin etkilerinin incelenmesi için literatürde en çok iki yaklaşım kullanılmıştır. Bunlar; Standart Spektral Oran (SSR - referans istasyon yöntemi) ile Yatay Düşey Spektral Oran (HVSR) yöntemidir. Yatay düşey spektral oran yönteminde bir depremin yatay bileşenlerinin spektrumlarını düşey bileşen spektrumlarına bölerek zemin büyümesi belirlenebilmektedir (Lermo ve Chavez, 1993; Gök ve Polat, 2012).

İzmir İl'inin zemin özelliklerini araştırma ihtiyacından hareketle, 2008 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Deprem Dairesi Başkanlığı (DDB) desteğiyle, Tübitak Projesi kapsamında, İzmir İl'ine 16 istasyondan oluşan İzmirNET yerel ivme-ölçer deprem istasyon ağı kurulmuştur. Bu çalışmada kullanılan verilerin elde edildiği ivme-ölçer kayıtlara ait ayrıntılı bilgiler Polat vd.'de ayrıntılı olarak verilmiştir (Polat vd., 2009).

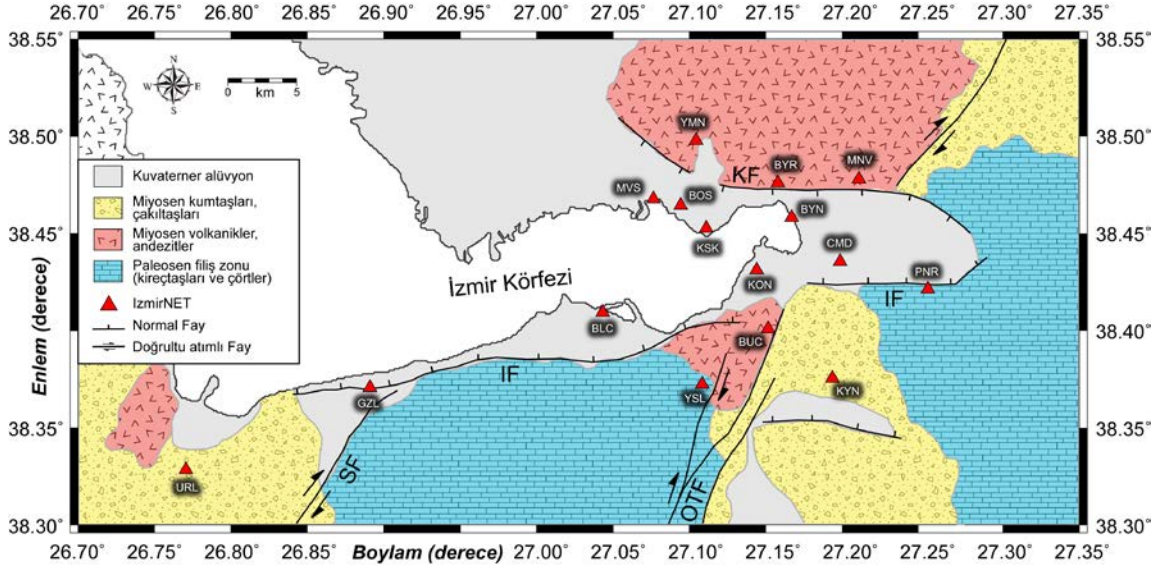
İzmirNET kuvvetli yer hareketi istasyonlarının bulunduğu jeolojik birimler, temelde 4 gruba ayrılmıştır. Bu gruplar; a) Kuvaterner yaşlı alüvyonlar (toplam 8 istasyon; BLC, BOS, BYN, CMD, GZL, KON, KSK, MVS), b) Miyosen kumtaşı ve çamurtaşı (toplam 2 istasyon; KYN, URL), c) Paleosen fliş ve kireçtaşı (toplam 2 istasyon; PNR, YSL ve d) Miyosen volkanikler ve andezitler (toplam 2 istasyon; BYR, MNV). BUC istasyonu andezit-kumtaşı sınırında, YMN istasyonu ise andezit-alüvyon sınırında olduğundan alterasyondan dolayı tam olarak sağlam zemin üzerine yer almamaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmada, ivme-ölçer istasyon lokasyonlarının zemin özellikleri, İzmirNET deprem istasyonları tarafından kaydedilen deprem verileri kullanılarak incelenmiştir. Farklı zeminlerdeki büyüme değerlerini saptamak için, İzmirNET tarafından kaydedilen depremler, SSR yöntemiyle değerlendirilmiştir.

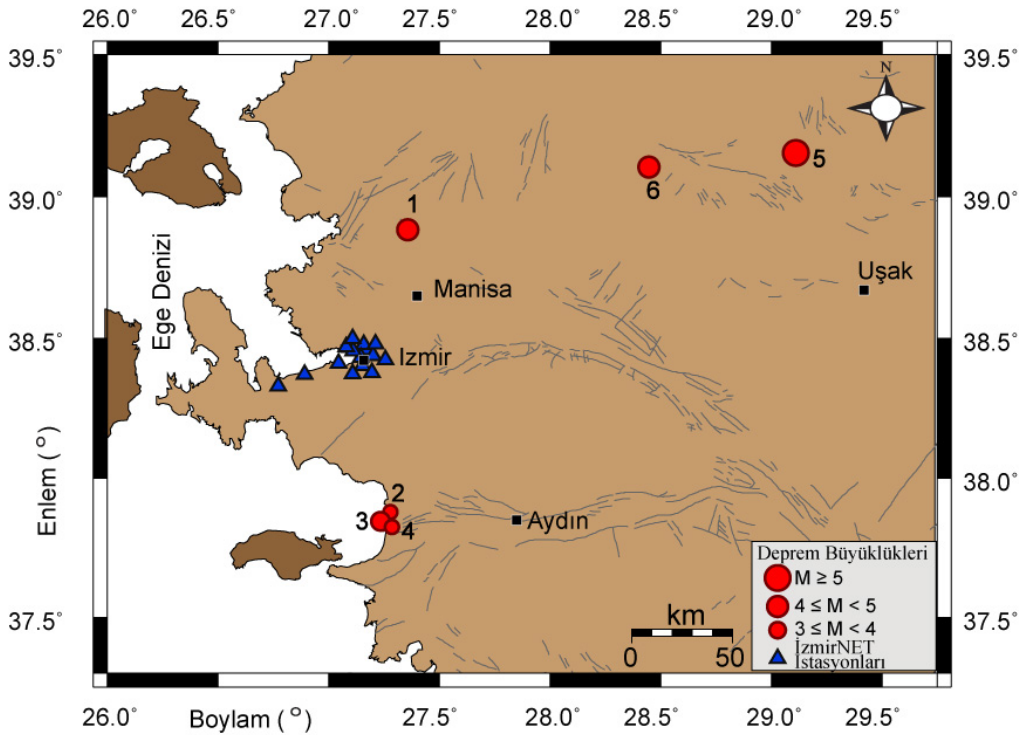
2. UYGULANAN YÖNTEM VE VERİ ANALİZİ

İstasyon lokasyonlarında zemin özelliklerini anlamaya yönelik farklı büyüklüğe ve uzaklığa sahip olan ve en az 14 istasyon tarafından kaydedilen 6 adet deprem verisi kullanılmıştır. Şekil 2'de istasyonların yeri ve depremlerin lokasyonları görülmektedir.

Seçilen depremler, 11.11.2010–10.06.2011 tarihleri arasında meydana gelmiş olup büyüklükleri $3.0 \leq M_L \leq 5.7$ ve derinlikleri $6 \leq h \leq 34$ km arasındadır (Çizelge 1).



Şekil 1. İzmir'in sadeleştirilmiş jeolojik haritası (Sözbilir vd., 2008; 2010; Uzel vd., 2010'dan derlenmiştir). İzmirNET ivme-ölçer ağı kırmızı üçgenlerle gösterilmiştir. IF: İzmir fayı, KF: Karşıyaka fayı, OTF: Orhanlı-Tuzla fayı, SF: Seferihisar fayı



Şekil 2. Yerel zemin etkisini incelemek üzere İzmirNET istasyonlarını (üçgenler) çevreleyecek şekilde seçilen depremlerin azimutal dağılımı

SSR yöntemi ilk olarak Borchardt tarafından Nevada bölgesinde nükleer patlatmaları kullanarak, San Francisco Körfezi yakınlarındaki 37 lokasyonda büyütme değerlerini tespit etmek amacıyla kullanılmıştır (Borchardt, 1970). Ayrıca sonuçlar, San Francisco Körfezinde meydana gelmiş büyük depremlerle karşılaştırılmıştır. Farklı jeolojik birimlerde farklı sonuçlar elde edilmiştir. En fazla büyütme değerlerinin de yumuşak zeminlerde olduğu görülmüştür. Daha sonra kuvvetli yer hareketi verilerinin değerlendirme çalışmalarında, SSR yöntemi

oldukça fazla sayıda araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Field vd., 1992; Yalçınkaya ve Alptekin, 2005; Gök, 2011).

Çizelge 1. Seçilen depremlerin özellikleri

DEPREMLER	TARİH	SAAT	ENLEM	BOYLAM	BÜYÜKLÜK	DERİNLİK	LOKASYON
1	11.11.2010	20:08	38.880	27.360	4.7	28.06	İZMİR SELÇUK
2	13.01.2011	02:52	37.870	27.280	3.0	6.99	AYDIN
3	05.02.2011	02:37	37.850	27.250	4.1	20.99	AYDIN
4	30.03.2011	00:04	37.840	27.280	3.0	19.3	AYDIN
5	19.05.2011	20:15	39.150	29.100	5.7	24.46	KÜTAHYA SİMAV
6	10.06.2011	22:47	39.100	28.440	4.7	34.38	BALIKESİR SINDIRGI

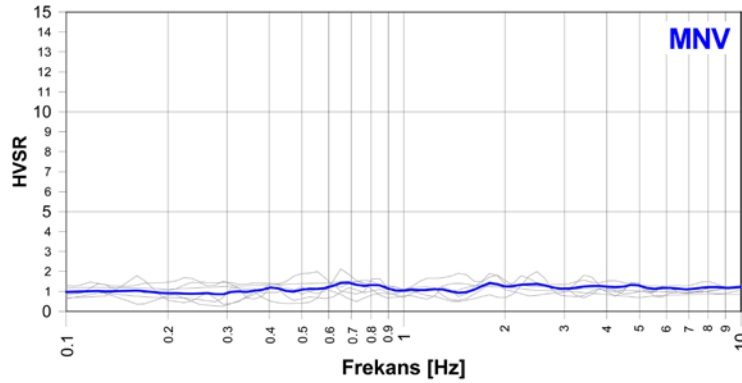
SSR yönteminin temeli, referans istasyonun sağlam kaya olarak seçilmesine dayanır. Referans istasyonun seçimi, yöntemin başarısını etkileyen belirleyici faktördür. Ancak bazı bölgelerde alterasyona uğramış ya da çatlaklı ana kayalar üzerine kurulmuş istasyonların referans istasyon olarak seçilmesinden dolayı doğru sonuçlar alınamamıştır (Steidl vd., 1996). SSR yöntemine göre, yaşlı kaya birimleri üzerine çökelmiş ve kaya zeminle önemli derecede yoğunluk farkı yaratan genç ve kalın çökellerin deprem dalgalarının genliklerini hangi frekansta ve ne değerinde büyüttükleri tespit edilmeye çalışılır (Field vd., 1992). Yumuşak zeminlerde elde edilen deprem spektrumunu, sağlam zememinde elde edilen deprem spektrumuna oranlamak yöntemin temelini oluşturur (Yalçınkaya ve Alptekin, 2005). Spektral oranlama yaparken aynı cihaz ve aynı deprem kullanılması ile alet ve kaynak etkisi, ayrıca oranlama yapılan iki istasyon arasındaki uzaklığın deprem kaynağına olan uzaklıktan az olması ile de yol bağımlı ortam etkisi de giderilmiş olur (Steidl vd., 1996). Zemin büyütmesini saptarken genellikle birden fazla deprem verisi kullanılarak, ortalama bir transfer fonksiyonu belirlenir. SSR yönteminde depremin enerjisinin en yüksek olduğu düşünülen S dalga fazlarının olduğu kısımlar pencereleme işlemi ile çıkarılır ve Fourier Genlik spektrumları alınır. İstasyondan alınan verilerden hesaplanan spektrum oranlanarak referans istasyon ile istasyon arasındaki transfer fonksiyonu hesaplanmış olur.

Bu çalışmada ise sağlam kaya olarak, HVSR (Yatay-Düşey Speltral Oran) yönteminde deprem kayıtlarında genelde 1'e yakın büyütme gösterdiğinden, MNV istasyonu referans istasyon (sağlam kaya) olarak kabul edilmiştir (Şekil 3). Volkanikler ile andezitler üzerine kurulu olan MNV istasyonu tarafından kaydedilen depremler, düşük genliğe sahiptir. MNV referans istasyonunun en uzaktaki kayıt istasyonuna (URL) olan uzaklığının 42 km olduğu düşünüldüğünde, seçilen depremlere bakıldığında yol bağımlı etki (path effect) tüm istasyon kayıtlarında benzerdir. Seçilen depremlerin azimutal dağılımları incelendiğinde, İzmirNET ağının kuzey ve güneyinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Veri işlem aşamasında depremlerin Kuzey-Güney (KG) ve Doğu-Batı (DB) bileşen kayıtlarına ait S-dalgası kullanılmış ve standart veri işlem tekniklerine tabii tutulmuştur. Her istasyon için geometrik ortalamalar hesaplanmış ve büyütme-hakim frekans değerleri bu ortalamalara göre yorumlanmıştır.

İzmirNET istasyonlarına ait SSR yöntemine göre bulduğumuz büyütme ve hakim frekanslar, istasyon bazında elde edilmiştir. Depremlerin S-dalga fazları kullanılmış, genelde 3 sn öncesi ve 7-10 sn sonrası alınmıştır. Verilerin baseline, trend etkisi giderilmiş ve Gibbs etkisini en aza indirmek için sinyalin her iki ucu % 10 işleçli kosinüs filtresi ile törpülenmiştir. Konno ve Ohmachi yuvarlatma faktörü 40 olacak şekilde Konno&Ohmachi algoritması kullanılmıştır (Konno ve Ohmachi, 1998). Fourier dönüşümü alınarak zaman ortamı veriler frekans ortamına aktarılmış, tek bir istasyonda kaydedilen tüm depremlere ait SSR spektrumlarının geometrik ortalaması alınarak, DB ve KG bileşen bazında çizdirilmiştir.

Bu işlemler daha sonra tüm istasyonlar için tekrarlanmıştır. Elde edilen verilerin işlenmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan, GEOPSY adlı yazılım kullanılmıştır (Sesame, 2004).



Şekil 3: HVSR yöntemi kullanılarak MNV istasyonu tarafından kaydedilen depremlerin spektral oranları

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tüm istasyonlar için elde edilen SSR grafikleri, Şekil 4 ve 5'te görüldüğü gibi çalışma alanının zemin özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. SSR yönteminde büyütme fonksiyonları hem DB, hem de KG bileşen bazında analiz edilmiştir. Şekillerde sol sütun DB bileşenden elde edilen sonuçları, sağ sütundaki grafikler ise KG bileşen için elde edilen sonuçları göstermektedir. Çizilen tüm grafiklerdeki kalın siyah çizgiler, geometrik ortalama eğrisidir. SSR grafiklerinin tamamına bakıldığında, İzmirNET genelinde zemin hakim frekanslarının 0.8 Hz ile 3.0 Hz, ortalama büyütmelerin ise 2 ile 5 arasında değiştiği görülür. KG bileşende büyütmenin 5 olarak gözlemlendiği Mavişehir (MVS) istasyonunda zemin hakim frekansı yaklaşık 1 Hz civarında tespit edilmiştir ki, NEHRP zemin sınıflamasında bu frekans değeri, özel zemin sınıfına giren oldukça dayanıksız turba/bataklık birimine eş değerdir (Rodriguez vd., 2001). MVS istasyonunun DB bileşenindeki büyütme ise yine 1 Hz. civarında yaklaşık 4 olarak elde edilmiştir.

Şekil 4a'ya baktığımızda alüvyon üzerinde yer alan BLC istasyonunda her iki bileşende de beklenenin aksine yüksek frekanslarda 4-5 civarı büyütme gözlenmiştir. Bunun nedeninin, BLC istasyonunun bulunduğu alüvyon zeminin sıkışmış bir zemin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu istasyon lokasyonunda, katılmış zemindeki sismik çalışmalarda 10 m ve daha düşük derinliklerde Vs hızının 275 m/sn olduğu rapor edilmiştir (Akgün, 2012). BOS istasyonunun DB bileşeninde 1-3 Hz, KG bileşeninde ise 1.2-2.8 Hz frekans aralığında yaklaşık büyütme değeri 4 olarak gözlenmiştir. BYN istasyonu DB bileşeni için elde edilen frekans aralığı 1.4-3.5 Hz, KG bileşeni için ise bu aralık 0.8 Hz-3.2 Hz arasında değişmektedir. Her ne kadar üst frekans (3.2 Hz) bandı yakın olsada, alt frekans değerlerinin bileşen bazında farklılık göstermesi (0.8, 1.4 Hz), Rodriguez tarafından güncellenen NEHRP zemin sınıflamasında ciddi farklılık (C, D tipi zemin) yaratmamaktadır (Rodriguez, 2001). BYN istasyonu için elde edilen büyütme değerleri 5-6 arasında değişmektedir. KON istasyonu DB bileşeninde de BYN'ye benzer bir görüntü elde edilmiştir. KG bileşende ise yaklaşık 0.8-4.0 Hz frekans aralığında yaklaşık 4 olacak şekilde büyütme gözlenmiştir. CMD istasyonunun bulunduğu zeminde ise düşük büyütme değerleri saptanmıştır. Her iki bileşende de yaklaşık 1-4 Hz frekans bandında 3.0-5.0 arasında değişen büyütme elde edilmiştir. GZL istasyonunda DB bileşende belirgin pik gözlenmemiş, KG bileşende ise 1.1 Hz'de yaklaşık 2 civarı bir büyütme tespit edilmiştir. KSK istasyon zeminini

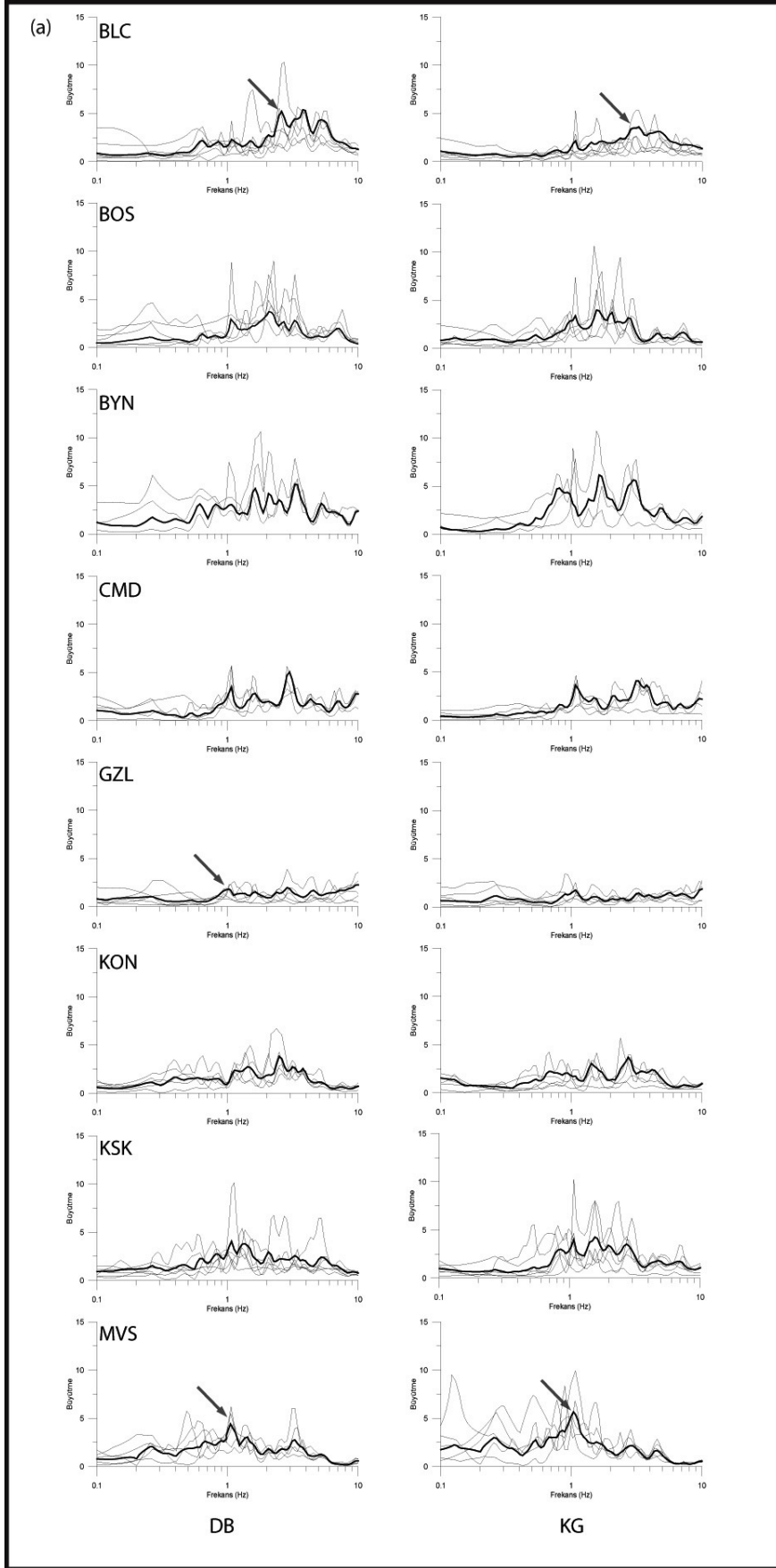
için elde edilen büyütme değeri DB bileşende 1.2 Hz'de yaklaşık 4.0'dır. KG bileşende ise 1.0-3.0 Hz frekans bandında yaklaşık 3.0 büyütme değeri gözlenmiştir. İstasyonlarda görülen belirgin pikler, Şekil 4a,c ve d'de ok ile gösterilmiştir.

Diğer jeolojik birimleri temsil eden istasyon lokasyonlarında hesaplanan büyütme ve pik frekans değerleri de jeolojiyle uyumludur (Şekil 5). KYN istasyonunda herhangi bir pik gözlenmediği gibi, büyütme ortalaması 1.0 civarında olması nedeniyle, bu lokasyon da potansiyel bir referans istasyon olarak düşünülebilir. Aynı birimi (çalışma alanının batı kesiminde) temsil eden URL istasyonunda ise yüksek frekanslara doğru büyütme değerlerinde hafif bir artış gözlenmiştir. Miyosen volkanik ve andezitleri temsil eden PNR ve YSL istasyonlarında benzer tepkiler gözlenmiş, her iki istasyonda da yüksek frekanslara doğru büyütme belirgin bir tırmanış olduğu saptanmıştır. Ama yine de PNR istasyonundaki spektrum eğrisi, YSL'ye göre daha düzdür. PNR istasyonu Bornova havzasının en doğu ucunda yer almaktadır ve Nif dağıının eteğindedir. Havzaya göre nispeten eğimli bir topoğrafya üzerinde bulunmaktadır. Buna rağmen incelenen depremlerin bu lokasyonda büyütme göstermediği gözlenmiştir. YSL lokasyonundaki büyütme (DB bileşende~2.5), yüksek frekanslarda (~3.2 Hz) gözlenmiştir. KG bileşende ise 2 - 8 Hz frekans aralığında ~3.0 civarında büyütme elde edilmiştir. Deprem verilerinin kullanıldığı NEHRP (Rodriguez-Marek vd., 2001), TDY (DBYBHY, 2007), JRA (Zhao vd., 2006) gibi yaygın zemin sınıflamalarında 10 Hz ve sonrası için A-sınıfı kaya zemin (Rock Type) tanımlaması yapıldığı için, bu çalışma kapsamındaki grafik çizimlerde en büyük frekans bandı 10 Hz ile sınırlandırılmıştır (Rodriguez vd., 2001; Dbybhy, 2007; Zhao vd., 2006). Yüksek frekanslara doğru genliklerdeki artışlar; Miyosen volkanikler ve andezitler üzerinde yer alan YMN ve BYR istasyonlarında da gözlenmiştir ama sınırlı olmuştur. YMN ve BYR istasyonları ile aynı birim üzerinde yer alan BUC istasyonunda özellikle DB bileşende belirgin pik gözlenmemiştir. Ancak KG bileşende yaklaşık 1.1 Hz'de ~2.5 olacak şekilde (düşük) büyütme gözlenmiştir. Bunun nedeninin, BUC istasyonunun iki farklı birim arasındaki geçiş zonunda yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

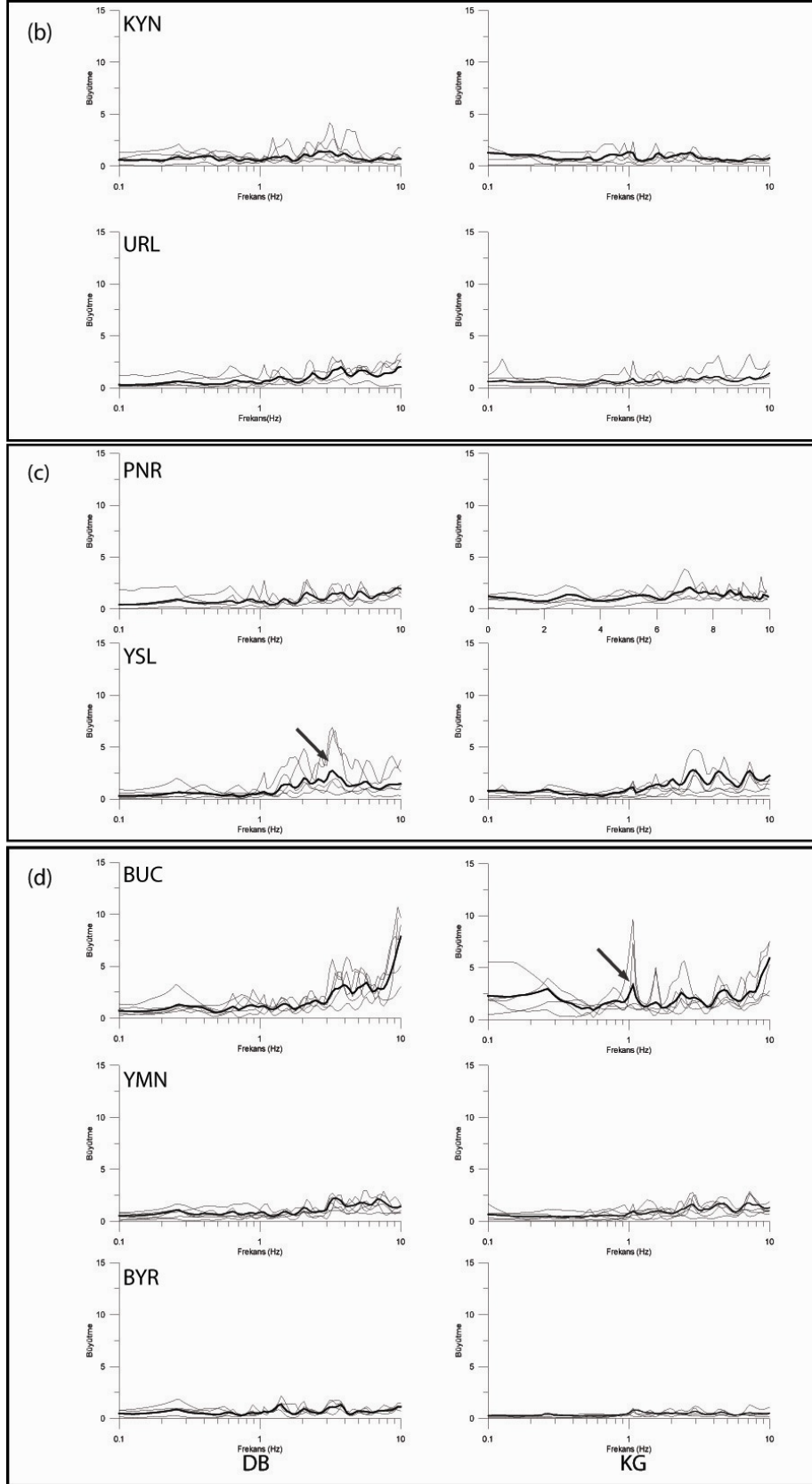
En fazla büyütme değerleri genelde şehir yerleşiminin büyük çoğunluğunu temsil eden alüvyal çökeller üzerinde bulunan istasyon lokasyonlarında gözlenmiştir.

15 adet istasyonda ölçülen SSR değerleri, seçilen bazı frekanslara göre haritalandırılmıştır(Şekil 5). 0.5 Hz'de DB bileşende büyütme değerlerinin bölgenin kuzeyinde 2 ile 3 arasında değiştiği, KG bileşende ise İzmir Körefizinin doğu sınırında aynı büyütme gözlenmiştir. Çalışma alanının Kuzeybatı tarafında verimiz olmadığı için kesin bir sonuç çıkarmak mümkün değildir. 0.7 Hz'de; KSK istasyonu ile BYN istasyonlarının olduğu bölgelerde özellikle DB bileşende büyütme değerinin 2 ile 3 arasında değiştiği bulunmuştur. 1 Hz'de öncelikle DB bileşende çalışma bölgesinin kuzeyinde MVS istasyonunun olduğu zeminde yüksek büyütme değerlerine (~5) ulaşılmıştır. KG bileşende ise yine en yüksek büyütme 1 Hz'de MVS istasyonunun bulunduğu zeminde gözlenmiştir. Yüksek frekanslardaki büyütme değerleri incelendiğinde; 3 Hz.'de DB bileşende körfezin kuzeyinde ve güneyinde düşük büyütme olduğu gözlenmiştir. 5 Hz'de ise bölgede oldukça düşük büyütme tespit edilmiştir.

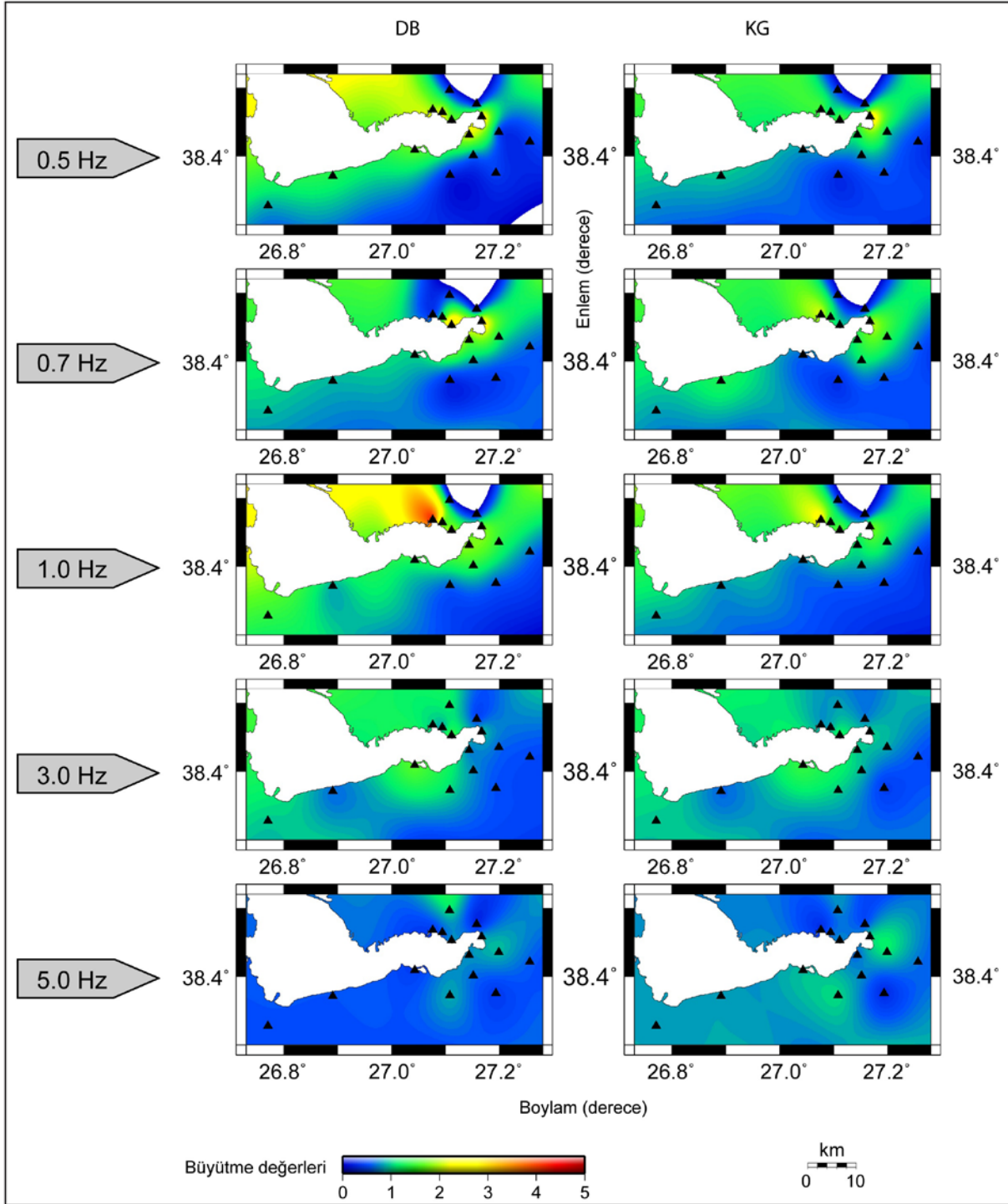
İzmir yerleşim alanının zemin büyütme ve hakim frekans özelliklerinin tespit edilmesi amaçlı yapılan bu çalışmada genel olarak bölgenin kuzeyinde, özellikle Mavişehir çevresinde büyütme değerlerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. İzmir ve çevresinin daha ayrıntılı çalışılması için kuvvetli yer hareketi istasyonlarının artırılması gerekmektedir. Öte yandan, SSR sonuçlarını göstermede kullanılan ortalama eğriler, o istasyon zemininin niteliğini her zaman tam ifade eden güvenilir bir sonuç olmayabilir. Bazen ortalama eğri, standart sapmanın yüksek olmasından dolayı o istasyondaki SSR hesaplamaları yeterince temsil etmiyor olabilir. Bu çalışmada istasyon lokasyonlarındaki ortalama eğriler kesin bir hakim frekans ve büyütme



Şekil 4a. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar üzerinde yer alan istasyonlarda elde edilen SSR grafikleri (Sol sütun DB, sağ sütundaki grafikler KG bileşenleri temsil etmektedir.)



Şekil 4b. Miyosen kumtaşları, çamurtaşları, marn, c) Miyosen volkanikler ve andezitler, d) Paleosen fliş ve kireçtaşları üzerindeki İzmirNET istasyonlarında elde edilen SSR grafikleri (Sol sütun DB bileşenleri, sağ sütundaki grafikler KG bileşenleri temsil etmektedir.)



Şekil 5. İstasyonlarda hesaplanan büyütme değerlerinin frekanslara göre değişimi (Sol sütun DB bileşenleri, sağ sütundaki grafikler KG bileşenleri temsil etmektedir.)

değerleri olarak algılanmamalıdır. Sonuçlar, uygun sayıda, büyüklükte ve nitelikte deprem meydana geldikçe güncellenecektir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, 106G159 no'lu TÜBİTAK-KAMAG projesi tarafından desteklenmiştir. Yapılan çalışmaya olan katkılarından dolayı Prof.Dr. Zafer Akçığ ve Dr. Murat Nurlu'ya teşekkür ederiz. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı çalışanlarına ve Dokuz Eylül Üniversitesi proje ekibi ile sismoloji laboratuvarında görev yapan kısmi zamanlı öğrencilere yardımlarından ötürü minnettarız. İlk gönderilen makale metninin geliştirilmesine büyük oranda katkı koyan ve yapıcı eleştiriler sunan hakemlere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akgün M. (2012): “Kişisel görüşme (16.07.2012)”, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeofizik Müh. Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, İzmir.
- Borcherdt R. D. (1970): “Effects of Local Geology on Ground Motions Near San Francisco Bay”, Bull. Seism. Soc. Am. Sayı 60, s.29-61.
- Dbybhy (2007): “Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında esaslar (EK)”, Türkiye Deprem Yönetmeliği, Ankara, ss.159.
- Field E. H., Jacob K. H., Hough S. E. (1992):“Earthquake Site Response Estimation: A Weak-motion Case Study”, Bull. Seism. Soc. Am. Sayı 82, s.2283-2307.
- Gök E. (2011): “Investigation of Earthquake Hazard ve Seismic Site Characteristic in the Examples of Bursa ve İzmir”, Doktora Tezi (ingilizce), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, s.170.
- Gök E. Polat O. (2012): “Microtremor HVSR Study of Site Effects in Bursa City (Northern Marmara Region, Turkey)”, Earthquake Research and Analysis-New frontiers in Seismology, Sebastiano D'Amico (Ed.), ISBN: 978-953-307-840-3, InTech.
- Konno K., Ohmachi T. (1998): “Ground-motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor”, Bulletin Seismological Society of America, Sayı 88, s.228–241.
- Lermo J., Chavez G. F. J. (1993): “Site Effect Evaluation Using Spectral Ratios with Only One Station”, Bulletin Seismological Society of America, Sayı 83, s.1574–1594.
- Polat O., Çeken U., Uran T., Gök E., Yılmaz N., Beyhan M., Koç N., Arslan B., Yılmaz D., Utku M. (2009): “ IzmirNet: A Strong-Motion Network in Metropolitan Izmir, Western Anatolia, Turkey”, Seism. Res. Lett. Cilt80, No. 5, s.831-838.
- Sesame (2004): “Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations: Measurements, Processing and Interpretation”, <http://sesame-fp5.obs.ujfgrenoble.fr/Delivrables/Del-D23>.
- Sözbilir H., Uzel B., Sümer O., İnci U., Ersoy Y., Koçer T., Demirtaş R., Özkaymak C. (2008): “Evidence for a Kinematically linked E-W Trending Izmir Fault and NE-trending Seferihisar Fault: Kinematic and Paleoseismological Studies Carried out on Active Faults forming the Izmir Bay, Western Anatolia”, Geological Bulletin of Turkey, Cilt 51, No. 2, s.91-114 (in Turkish with English abstract).
- Sözbilir H., Sarı B., Uzel B., Sümer O., Akkiraz S. (2010): “Tectonic Implications of Transtensional Supradetachment Basin Development in an Extension-parallel Transfer Zone: the Kocacay Basin, Western Anatolia, Turkey”, Basin Research doi: 10.1111/j.1365-2117.2010.00496.x.

- Steidl J. H., Tumarkin A. G., Archuleta R. J. (1996): "What is a reference site?", Bull Seism. Soc. Am., Cilt 86, s.1733-1748.
- Uzel B., Sözbilir H., Özkaymak C. (2010): "Neotectonic Evolution of an Actively Growing Superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of Izmir, Turkey", Turkish J. Earth Sci., doi: 10.3906/yer.0910.11.
- Yalçınkaya E., Alptekin Ö. (2005): "Site Effect and its Relationship to the Intensity and Damage Observed in the June 27, 1998 Adana-Ceyhan Earthquake", Pure Appl. Geophys., Cilt 162, s.913–930.
- Rodriguez M. A., Bray J. D., Abrahamson N. A. (2001): "An Empirical Geotechnical Seismic Site Response Procedure", Earthq. Spec., Cilt 17, No. 1, s.65-87.
- Zhao J. X., Irikura K., Zhang J., Fukushima Y., Somerville P. G., Asano A., Ohno Y., Oouchi T., Takahashi T., Ogawa H. (2006): "An Empirical Site-Classification Method for Strong-Motion Stations in Japan Using H/V Response Spectral Ratio", Bull. Seism. Soc. Am., Cilt 96, No.3, s.914-925.