ARMUTLU SİSMİK AĞI GENİŞBAND GÜRÜLTÜ ANALİZİ

T. Serkan Irmak[1], Berna Tunç[1], Deniz Çaka[1], Süleyman Tunç[2], B. Bengi Akşahin[1], Heiko Woith[3], Şerif Barış[1], Mithat Fırat Özer[1], Birger Lühr[3], Erwin Gunther[3], ve Jochen Zschau[3]

[1] Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
[2] Kocaeli Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Araştırma Merkezi, Kocaeli, Türkiye
[3] Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany
e-mail: irmakts@kocaeli.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada, Armutlu sismik ağında (ARNET) yer alan geniş-band sismoloji istasyonlarının arka plan gürültü seviyeleri analizi edilmiştir. Bunun için sismik ağda bulunan geniş-band sismometrelerin her bir bileşeninin gürültülerinin güç spektrumu yoğunluk fonksiyonları hesaplanmıştır. Her istasyondaki sismometrenin her bileşeni için, gece (02.00-05.00) ve gündüz (09.00-12.00) saatleri için, depremlerden temizlenmiş sismik kayıtların güç spektrumu yoğunluğu hesaplanıp Peterson (1993) tarafından önerilen yeni alçak ve yüksek gürültü modelleri ile karşılaştırılmıştır. Gürültü spektrumu üç frekans bandına ayrılmıştır: 10-100 sn (uzun periyod gürültü), 1-10 sn (mikrosismik gürültü) ve 0.1-1 sn (kısa periyod gürültü). İstasyonların gürültü seviyelerine bakıldığında, denize yakın olan istasyonlarda uzun periyod gürültü seviyesi yüksek iken, yarımada içlerinde kalan istasyonlarda uzun periyod gürültülerin daha düşük kaldığı görülmektedir. Tüm istasyonların aynı yalıtım koşullarına sahip olmaması nedeniyle, yalıtım koşulları kötü olan istasyonlarda kısa periyot gürültünün diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Arka plan gürültü analizinde gece-gündüz karşılaştırmasında ise, gündüz saatlerinde özellikle yatay bileşenlerdeki gürültünün arttığı görülmektedir. Yine de tüm istasyonlardaki arka plan gürültü seviyesinin yeni alçak ve yüksek gürültü modeline uyduğu görülmektedir. Bunun Engürücük, İlyasköy ve Kurna istasyonlarda 0.7 sn periyodunda keskin bir pik gözlenmektedir. Bu pikin istasyonlarda kullanılan cihazlardan kaynaklanan bir gürültü olduğu düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER : Armutlu Yarımadası, Mikrosismik Gürültü, Deprem, Geniş-Band Sismoloji

1. GİRİŞ

Armutlu Yarımadası, 1999 Kocaeli kırığının batı ucunda, Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) iki kolu arasında sıkışmış, tektonik yönden oldukça karmaşık, sismolojik olarak da oldukça aktif bir bölgedir. Yarımada ve çevresinde, son yıllarda orta büyüklükte birçok deprem meydana gelmiştir (20 Ekim 2006 Kuşgölü M=5.2, 24 Ekim 2006 Gemlik Körfezi M=5.2, 12 Mart 2008 Çınarcık M=4.8 ve 20 Ocak 2011 Değirmendere M=4.3). Bölgedeki mikro-deprem aktivitesi, hidrotermal aktivite ve tektonik özellikler arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla Armutlu Sismik Ağı (Armutlu Network -ARNET-) kurulmuştur.

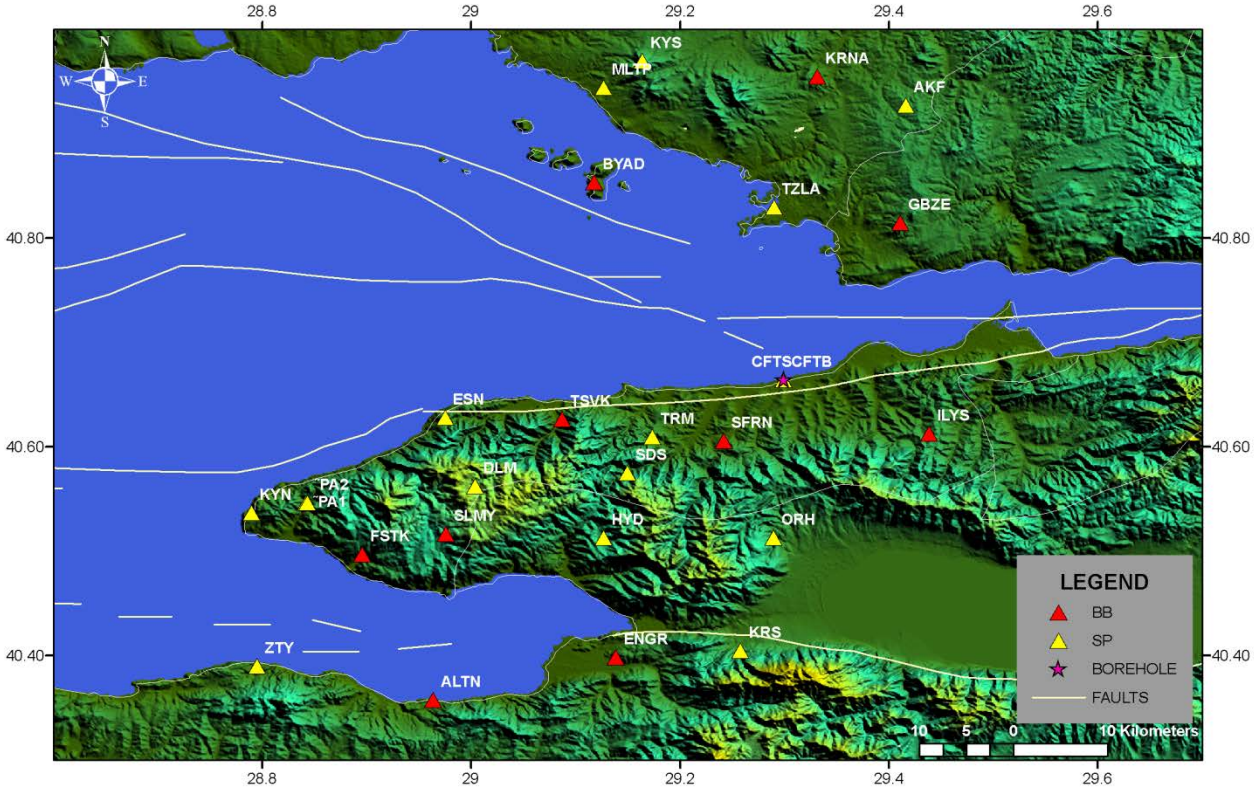
Armutlu Yarımadası jeotermal alanlar ile temsil edilmektedir. En sıcak termal alanlar yarımadanın kuzeyinde (Yalova Termal) ve batı ucunda (Armutlu) bulunmaktadır. Bu jeotermal alanlarda su sıcaklıkları 60°C - 70°C arasında değişmektedir. Diğer jeotermal kaynaklar güneyde, Gemlik, Orhangazi, Keramet ve Soğucak ilçelerindedir ve bu alanların sıcaklıkları ise 20°C - 30°C arasında değişmektedir. Yarımadadaki termal alanlar

ile bölgesel fayların birbirleri ile ilişkili oldukları görülmektedir (Eisenlohr 1997). ARNET'in kurulması, bölgedeki depremselliğin gelişimi, yarımadadaki deformasyon ve jeotermal sistemlerdeki sismik dalgalar ile gözenek-basıncı değişimleri arasındaki ilişkilerin ayrıntılı olarak incelenmesine yönelik çalışmaların yapılmasına olanak sağlamıştır.

2005 yılı Eylül ayında, Kocaeli Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Araştırma Merkezi (YUBAM) ve German Research Center for Geosciences (GFZ) ortaklığı ile kurulan ARNET sismik ağı, bugün 24 adet deprem istasyonu ile YUBAM önderliğinde işletilmeye devam etmektedir. Yarımadanın güneyine yerleştirilmesi planlanan istasyonlar ile bölgenin daha ayrıntılı olarak incelenmesi hedeflenmektedir. ARNET deprem istasyonlarının dağılımı Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

Deprem kayıt istasyonlarının kurulacağı bölgelerin arka plan gürültü seviyesinin önceden belirlenmesi daha uygun bir ağ yapısının oluşturulmasını ve daha temiz kayıtların elde edilmesini sağlayacaktır. Bununla birlikte yapılacak farklı çalışmalar için de bir kaynak oluşturarak gürültü seviyesinin yüksek olduğu bölgelere istasyon kurulmaması adına fikir verici bir etken olacaktır. Doğal veya kültürel kaynaklı gürültüler sismik sinyalleri bozarak bir detaylı analizlerin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Daha düşük gürültüye sahip olan bir istasyon, daha çok sayıda ve çok daha küçük ultra-mikro ve mikro depremleri kayıt edebilecektir. Böylelikle ultra-mikro ve mikrodeprem aktivitesi ve bu aktivitenin jeotermal sistemler ile olan ilişkisi daha iyi analiz edilebilecektir.

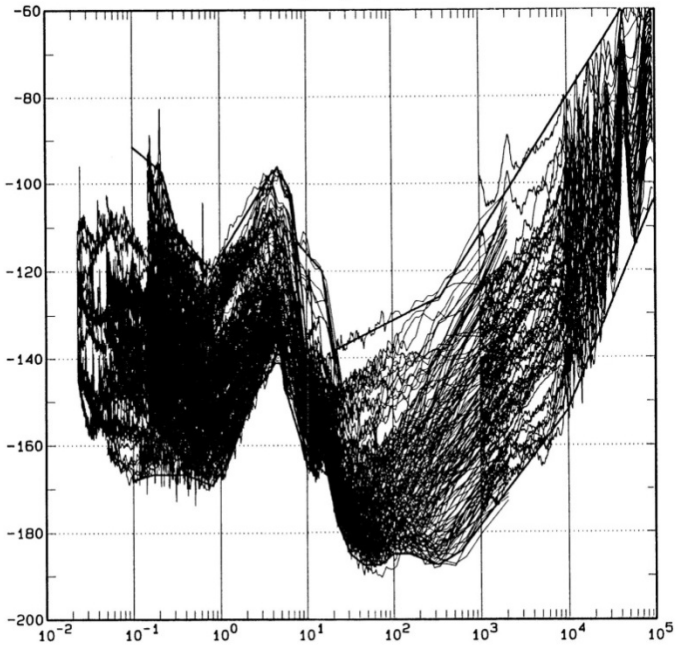
Bu çalışmada, ARNET sismik ağında yer alan genişband sismograf istasyonlarının, arka plan sismik gürültü seviyesi belirlenmiştir. Her istasyondaki her bileşen için, gece (02.00-05.00) ve gündüz (09.00-12.00) saatleri için güç spektrumu yoğunluğu hesaplanıp Peterson (1993) tarafından önerilen alçak ve yüksek gürültü modeli ile karşılaştırılmıştır. Gürültü spektrumu üç frekans bandına ayrılmıştır: 0.01-0.1 Hz (uzun periyod gürültü), 0.1-1.0 (mikrosismik gürültü) ve 1.0-10 Hz (kısa periyod gürültü). Denize yakın olan istasyonlarda uzun peryod gürültü seviyesi yüksek iken, yarımada içlerinde kalan istasyonlarda uzun periyod gürültülerin NHNM (New High Noise Model) ve NLNM (New Low Noise Model) arasında kaldığı görülmektedir. Ancak yine de, tüm istasyonlardaki her 3 bileşende uzun periyodlara doğru gidildikçe gürültünün arttığı gözlenmektedir. Gece-gündüz karşılaştırmasında, gündüz saatlerinde özellikle yatay bileşenlerdeki gürültü artmaktadır. Bunun yanı sıra Engürücük, İlyasköy, Kurna istasyonlarında 1.4 Hz civarında bir pik gözlenmektedir. Bu pikin kullanılan cihazların yarattığı bir gürültü olduğu düşünülmektedir. Kısa periyod gürültünün ise tüm istasyonlarda NHNM ve NLNM arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 1.1. ARNET sismik ağına ait deprem istasyonlarının Armutlu Yarımadası ve çevresindeki dağılımı. görülmektedir. Kırmızı üçgenler geniş-band, sarı üçgenler kısa periyot, kırmızı yıldız ise kuyu-içi sismometre istasyonlarını beyaz çizgiler ise bölgedeki olası aktif fayları temsil etmektedir..

2. Gürültü Modeli Çalışmaları

Deprem kayıt istasyonlarının, yeni istasyon kurulumu için sağlıklı istasyon yeri seçimi ve bu sayede kayıtlardaki düşük genlikli sinyallerin daha iyi ayırt edilebilmesi amacıyla, arka plan sismik gürültü analizi çalışmaları Brune ve Oliver (1959) ile başlamıştır. Brune ve Oliver (1959), çalışmalarında daha çok kısa periyod üzerinde yoğunlaşmışlardır ancak bir karşılaştırabilme yapabilmek için gel-git etkisinden oluşan uzun periyot verileri de kullanmışlardır. Genlik eğrilerinin 5 sn den küçük periyotlarda aniden arttığını gözlenmiş, en çarpıcı genlik yükseliminin 5-8 saniyelik periyotlar arasında olduğu tespit etmişlerdir. Bu periyotlarda gözlenen baskınlığın sebebi ise mikroseizmdir. Brune ve Oliver (1959) çalışmalarını Pomeroy (1959), Franti (1962), Sutton ve Oliver (1964), Pomeroy (1969), Franti (1972), Peterson (1980), Rodgers (1987) ve Peterson (1993) izlemektedir. Günümüzde kullanılan gürültü modelleri Peterson (1993) tarafından geliştirilen gürültü modelinde yeryüzünde işletilen sismik ağlara (SRO, ASRO, WWSSN, CDSN, IRIS/USGS, IRIS/IDA, RSTN ve TERRASCOPE) bağlı istasyonlar kullanılmıştır. Peterson (1993) tarafından elde edilen gürültü modelleri yeryüzünün gürültü seviyesi düşük bölgelerindeki kayıtlardan elde edilen gürültü spektrumları ile gürültü seviyesi yüksek bölgelerdeki kayıtların gürültü spektrumlarının hesaplanıp üst üste bindirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Gürültü seviyesi yüksek ve düşük istasyonların kayıtlarına ait spektrumlarından elde edilen gürültü modeli, yatay eksen periyot, düşey eksen dB cinsinden genliği temsil etmektedir (Peterson, 1993).

1 sn ve daha düşük periyotlardaki gürültünün sebebi olarak rüzgar ve insan aktivitesi gösterilmektedir. Bu gürültüler periyodun artmasıyla birlikte azalmakta ve 1 sn den daha büyük peryodlarda etkili olamamaktadırlar. 1 ile 7 sn arasında gürültü seviyesi tekrar artmaktadır. 7 sn civarındaki bu pik mikrosismik pik olarak isimlendirilmektedir. Bernard (1938), bu periyodun okyanus dalgalarının periyodunun yarısı olduğunu göstermiştir. 14 sn civarındaki ikinci pikin kaynağı ise okyanuslardaki fırtınalar ve bunlara bağlı rüzgârlardır (Hasselmann, 1963). 15-40 sn arasında gürültü minimum seviyesine inmektedir ve 40 sn den sonra tekrar artış göstermektedir. Sorrells (1971) ve Sorrells ve diğ., (1971) atmosferik düzensizliklerin 20 – 100 sn arasındaki periyodlarda etkili olduğunu göstermişlerdir. Daha uzun peryodlardaki gürültünün kaynağı olarak gravitasyonel değişim gösterilmektedir (Müller and Zürn, 1983).

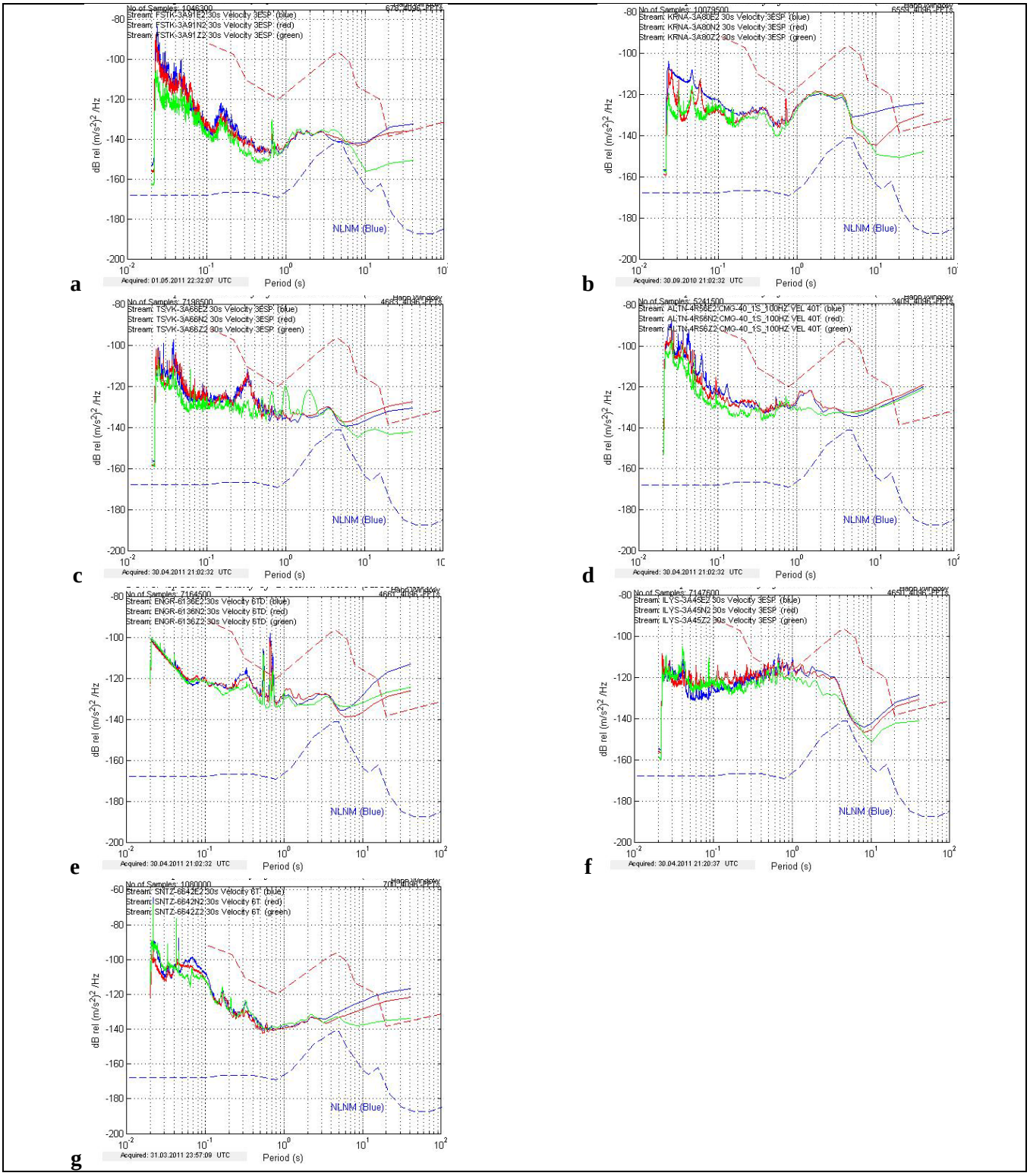
3. ARNET Ağı Geniş-Band Gürültü Analizi

Geniş-band cihazlar ile binlerce saniyeden milisaniyelere kadar olan tüm band aralığı izlenebilmektedir. Bu çalışmada, geniş-band sismik gürültü seviyeleri hesaplanmak üzere ARNET sismik ağına bağlı geniş-band deprem kayıt istasyonlarının 2010 ve 2011 yılına ait verileri seçilmiştir. Her bir istasyondaki her bir bileşen için 3 saatlik veri paketleri (gece 02:00-05:00, gündüz 09:00-12:00) hazırlanmıştır. Alet büyütmesinin giderilmesinden sonra güç spektrumları Welch (1967) izlenerek hesaplanmıştır. Her bir paket %50 bindirmeli olarak hazırlanmış ve Fourier spektrumu bu şekilde hesaplanmıştır. Hesaplanan spektrumların genlikleri gerçek genlik değerleri yerine dB'e çevrilmiş ve elde edilen değerler Peterson (1993) tarafından oluşturulan yüksek ve düşük gürültü modelleri arasında yerleştirilmiş ve istasyonların sismik gürültü seviyeleri hakkında sayısal değerler ortaya konmaya çalışılmıştır.

4. Sonuçlar

ARNET Sismik Ağı'ndaki geniş-band istasyonlara ait gürültü analizine bakıldığında, genel olarak ARNET sismik ağındaki geniş-band istasyonların tümünde 1 sn ve altındaki periyotlarda gürültünün yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). İstasyonların elektrik ve ulaşım gibi lojistik desteklerinin sağlanabilmesi için yerleşim yerlerine yakınlıkları insan kaynaklı bu gürültülerin spektrumlarda yüksek olmasını sağlamıştır. Gece-gündüz gürültü karşılaştırılmasında, 1 sn den daha küçük periyodlar için gündüz saatlerinde (09:00-12:00) oluşan gürültü düzeyinin özellikle yatay bileşenlerde gece saatlerindeki (02:00-05:00) gürültü düzeyinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak ARNET istasyonundaki geniş-band sismik istasyonlarının hepsi aynı kurulum şekline sahip olmaması istasyonların tek tek değerlendirilmesinin daha uygun olacağını göstermektedir.

Geniş-band istasyonlar içinde Fıstıklı (FSTK) istasyonunun gürültü seviyesinin mevcut istasyonlar arasında en düşük olduğu görülmektedir. Gece – gündüz karşılaştırmasında gece gürültü seviyesinin daha düşük olduğu görülmektedir. Kültürel gürültü aralığı olarak değerlendirilen 0.01 – 1 sn arasındaki aralıkta, 15 dB civarındaki bu değişim özellikle bu farklılık yatay bileşenlerde daha belirginleştirmektedir. Günlük değişimlerde, uzun periyotlara doğru özellikle yatay bileşenlerdeki gürültünün artması, sıcaklık ve basınc değişiminden kaynaklanabilmektedir (Stutzmann ve diğ. 2000). Ancak bunun için sıcaklık ve basınç sensorleri ile bir değerlendirme yapılması daha doğru olacaktır. Kurna (KRNA) istasyonu gürültü seviyesi düşük olan bir diğer istasyon olarak karşımıza çıkmaktadır. 0.1 – 0.01 sn aralığındaki gürültü seviyesi ARNET sismik ağındaki en düşük gürültü seviyesine karşılık gelmektedir. Bu durumda etkili olan bir özellik ise istasyonun kireçtaşı birimler üzerine kurulu olmasıdır. Ancak 0.1 sn ve daha büyük periyotlarda gürültü seviyesi biraz daha artmaktadır. KRNA istasyonunda gürültü seviyesinden ziyade Armutlu Yarımadası'na olan uzaklığından ötürü yüksek frekanslı bileşenlerin çabuk sönümlenmesinden dolayı, Armutlu Yarımadası ve civarında meydana gelen 3 ve daha küçük büyüklükteki depremleri kayıt etmedeki başarısı düşmektedir. Teşvikiye (TSVK) istasyonu, kültürel gürültülerden az etkilenecek bir konuma sahiptir. Rüzgara açık oluşu ve çevresindeki ağaçların oluşturacağı etkiler dışında gürültü kaynağı görülmemekle birlikte 1 sn ve daha büyük periyotlarda gürültü düzeyinin beklenilenden yüksek olduğu görülmektedir. Denize 2 km uzaklıkta bulunan TSVK istasyonundaki bu durumun kaynağının deniz etkisi olduğu düşünülmektedir. Altıntaş (ALTN) istasyonu 0.1 sn ve altındaki periyotlarda NHNM değerlerine yakın bir gürültü içeriğine sahiptir. 0.1-1 sn arasındaki gürültü seviyesi, 0.1 sn ve daha küçük periyotlara göre düşüktür. 1 sn den büyük periyodlarda ise gürültünün artması deniz etkisi olarak düşünülmektedir. Denize (~100 m) ve rüzgara çok açık bir yerde olan ALTN istasyonu, ana kaya üzerine yerleştirilmesine rağmen mikro deprem kaydında çok başarılı bir istasyon değildir. Engürücük (ENGR) istasyonu için sismik gürültü seviyesine bakıldığında genel gürültü yapısının uzun periyotlarda da gürültülü olduğu görülmektedir. Bu istasyonun yerleşim yerine uzak olmasına karşın oldukça fazla rüzgar alan, ağaçlı ve yol kenarına yakın olması gürültü düzeyinin artmasında etkilidir. ENGR istasyonu mikrodeprem kaydında başarılı olmakla beraber, uzaklık arttıkça gürültü seviyesi nedeni ile mikrodepremlerde S okumaları yapılamamaktadır. ENGR istasyonundaki bir diğer dikkat çekici özellik 0.5 ve 0.7 sn lerdeki keskin piklerdir. 0.7 sn periyodundaki pik, Ilyasköy (ILYS), KRNA istasyonlarında da görülmektedir. Diğer istasyonlarda oldukça küçük genliğe sahip olan bu pikin teknik donanımlara bağlı bir pik olduğu düşünülmektedir. İlyasköy (ILYS), ARNET sismik ağındaki gürültü seviyesi en yüksek geniş-band sismik istasyon olarak görülmektedir. Özellikle 0.3 - 2 sn aralığındaki gürültü seviyesi NHNM'in üzerinde görülmektedir. Azimutal olarak önemli bir yerde bulunan ILYS istasyonunun iyileştirmeye yönelik çalışmaları yapılmalıdır.



Şekil 4.1. ARNET sismik ağı geniş-band cihazlara ait gürültü diyagramları. a) Fıstıklı, b) Kurna, c) Tesvikiye, d) Altıntaş, e) Engürücük, f) İlyasköy. NLMN:New Low Noise Model, NHNM: New High Noise Model

Mikrodeprem aktivitesinin doğru belirlenebilmesi, bölgedeki aktif fayların geometrilerinin ortaya konulması, hız yapısının doğru olarak belirlenebilmesi gibi birçok önemli sismolojik problemlerin çözümünü sağlamaktadır. Armutlu yarımadasının mikrodeprem etkinliğini incelemek için kurulan ARNET sismik ağındaki geniş-band sismik istasyonların gürültü düzeylerinin azaltılabilmesi için uygun izolasyon koşullarının sağlanması gerekmektedir. Kısa periyot sismik istasyonların gürültü analizlerinden sonra elde edilecek görüntüye göre gerekiyorsa gürültü seviyesi yüksek istasyonların yerlerinin değiştirilmesi daha doğru olacaktır.

KAYNAKLAR

Bernard, P. (1938). L'agitation microseismique au Japon, *Ann. Phys. Globe France outre-mer.* **5–29,** 135–136.

Brune, J.N., ve Oliver, J. (1959). The seismic noise of the Earth's surface. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **49**, 349-353.

Eisenlohr, T. (1997). The thermal springs of the Armutlu Peninsula (NW Turkey) and their relocationship geology and tectonic, *Active Tectonics of Northwestern Anatolia- The Marmara Poly- project*, ETH-Zürich.

Frantii, G.E., Willis, D.E., ve Wilson, J.T. (1962). Thespectrum of Earth noise", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 52,113-121.

Hasselmann, K. (1963). A statistical analysis of the generation of microseisms, *Rev. Geophys.* **1,** 177–209.

Muller, T., ve W. Zurn (1983). Observation of gravity changes during the passage of cold fronts, *J. Geophys.* **53,** 155–162.

Petersen, J (1980). Preliminary observations of noise spectra at the SRO and ASRO stations. *U.S. Department of Interior Geological Survey Report*, 80 - 992.

Petersen. J. (1993). Observations and modeling of seismic background noise. *U.S. Department of Interior Geological Survey Open File Report*, 93-322.

Pomeroy, P.W. (1959) Background and storm microseisms in the period range 11 to 22 Seconds (abstract). *Am. Geophy. Union Program 40. Annual Meeting.*

Rodgers, P.W., Taylor, S.R., ve Nakanishi, K.K. (1987). System and site noise in the regional seismic test network from 0.1 to 20 Hz. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **77**, 663-678.

Sorrells, G. G. (1971). A preliminary investigation into the relationship between long-period seismic noise and local fluctuations in the atmospheric pressure field, *Geophys. J. R. Astr. Soc.* **26,** 71–82.

Sorrells, G. G., J. A. McDonald, Z. A. Der, and E. Herrin (1971). Earth motion caused by local atmospheric pressure changes, *Geophys. J. R. Astr. Soc.* **26,** 83–98.

Sutton, G.H., ve Oliver, J. (1964). Seismographs of high magnification at long periods. *Annales deGeophysique*, **15, 4**, 423-431.

Welch, P. D. (1967). The use of Fast Fourier Transform for the estimation of power spectra: a method based on time averaging over short, modified periodograms, *IEEE Trans. Audio Electroacoust.* **AU15,** 70–73.